



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/04.01.14.04-TDI

**DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA NO
MATO GROSSO ENTRE OS ANOS SAFRA DE
2000/2001 E 2017/2018**

Dênis Corte Vieira

Dissertação de Mestrado do
Curso de Pós-Graduação em
Sensoriamento Remoto, orientada
pelos Drs. Ieda Del'Arco Sanches,
e Marco Adami, aprovada em 11
de abril de 2019.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3T3D3GH>>

INPE
São José dos Campos
2019

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GBDIR)

Serviço de Informação e Documentação (SESID)

CEP 12.227-010

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/7348

E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):**Presidente:**

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CGCPT)

Membros:

Dra. Carina Barros Mello - Coordenação de Laboratórios Associados (COCTE)

Dr. Alisson Dal Lago - Coordenação-Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA)

Dr. Evandro Albiach Branco - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (COCST)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT)

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação - (CPG)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Cauê Silva Fróes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/04.01.14.04-TDI

**DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA NO
MATO GROSSO ENTRE OS ANOS SAFRA DE
2000/2001 E 2017/2018**

Dênis Corte Vieira

Dissertação de Mestrado do
Curso de Pós-Graduação em
Sensoriamento Remoto, orientada
pelos Drs. Ieda Del'Arco Sanches,
e Marco Adami, aprovada em 11
de abril de 2019.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3T3D3GH>>

INPE
São José dos Campos
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Vieira, Dênis Corte.

V673d Dinâmica de uso e cobertura da terra no Mato Grosso entre os anos safra de 2000/2001 e 2017/2018 / Dênis Corte Vieira. – São José dos Campos : INPE, 2019.

xxxiii + 185 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/04.01.14.04-TDI)

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2019.

Orientadores : Drs. Ieda Del'Arco Sanches, e Marco Adami.

1. Estimativa. 2. Extensificação. 3. Intensificação. 4. Redução da intensidade de uso da terra. 5. Dinâmica de transição. I.Título.

CDU 528.8:332.3(817.2)



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aluno (a): **Dênis Corto Vieira**

Título: "DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA NO MATO GROSSO ENTRE OS ANOS SAFRA DE 2000/2001 E 2017/2018"

Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de **Mestre** em

Sensoriamento Remoto

Dr. Camilo Daleles Rennó

Camilo Daleles Rennó

Presidente / INPE / SJCampos - SP

() Participação por Vídeo - Conferência

Aprovado () Reprovado

Dra. Ieda Del' Arco Sanches

Ieda Del'Arco Sanches

Orientador(a) / INPE / São José dos Campos - SP

() Participação por Vídeo - Conferência

Aprovado () Reprovado

Dr. Marcos Adami

p/ Camilo Daleles Rennó

Orientador(a) / INPE / Belém - PA

Participação por Vídeo - Conferência

Aprovado () Reprovado

Dr. Egidio Arai

Egidio Arai

Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

() Participação por Vídeo - Conferência

() Aprovado () Reprovado

Dr. Rodrigo Rizzi

p/ Camilo Daleles Rennó

Convidado(a) / UFFel / Capão do Leão - RS

Participação por Vídeo - Conferência

Aprovado () Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:

() maioria simples

unanimidade

São José dos Campos, 11 de abril de 2019

“Quando os ventos de mudança sopram, umas pessoas levantam barreiras, outras constroem moinhos de vento”.

Érico Veríssimo

A Deus ofereço.

Dedico este trabalho a meus pais Revaldino Militão Vieira (in memoriam) e Angelina Ivone Corte.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de vida, inspiração e fortaleza.

À Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo auxílio financeiro.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, pela oportunidade dada, que essa fonte nunca seque.

À Professora Dra. Ieda Del'Arco Sanches e ao Professor Dr. Marcos Adami pela orientação, amizade e companheirismo e por terem mostrado o caminho para realização deste trabalho.

Ao Professor e amigo, Dr. Rodrigo Rizzi por ter me iniciado no mundo do Sensoriamento Remoto.

A todos os professores, servidores e amigos do INPE que, direta ou indiretamente, contribuíram para que a realização deste trabalho fosse possível.

Ao pessoal do ASA35: Caio, Lucas, Nildson, Willian e Rebeca. De colegas a amigos para vida.

A galera do futebol na ADC, especialmente ao time do SERE, pelos bons momentos proporcionados.

A Espectral: Caio, Mateus, Túlio e Vitor pelos dias de música e alegria.

A Victor e Andeise por toda parceria nesse período.

Ao amigo Bruno Montibeler pela sua colaboração nesse trabalho.

A toda minha família, especialmente meus irmãos, pelo apoio em todos os momentos.

A meus pais, minha base, por todo apoio e incentivo que me deram em todos os momentos da vida.

RESUMO

O crescimento populacional demanda um aumento na produção de alimentos a fim de se manter a segurança alimentar. Esse aumento pode ocorrer por extensificação ou intensificação da área destinada a produção de alimentos. A extensificação está associada ao aumento da produção pela utilização de novas áreas, enquanto que a intensificação busca elevar produtividade para isto. Entretanto, pode ocorrer a redução, quando a intensidade de uso da terra é diminuída, seja pelo pousio ou pela diminuição do número de safras, por exemplo. Assim, o monitoramento do uso e cobertura da terra a fim de se observar e estimar o comportamento destes vetores é de fundamental importância para o planejamento de políticas públicas para gestão agrícola e de recursos naturais. Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo estimar a dinâmica bianual de uso e cobertura da terra no estado do Mato Grosso e em seus três biomas (Cerrado, Amazônia e Pantanal, entre os anos safra de 2000/2001 e 2016/2017, e para o ano safra de 2017/2018. As amostras foram classificadas por interpretação visual utilizando-se dados dos sensores TM, ETM+, OLI, MSI e produto MOD13Q1. Para isto foi desenvolvida uma interface utilizando a plataforma *Google Earth Engine*. Os resultados apontam que há um decréscimo nas áreas naturais, mais pronunciado até a safra 2004/2005. Área antrópica e agrícola apresentaram um crescimento contínuo, e pastagem expandiu-se até 2008/2009. As maiores estimativas de extensificação para o estado deram-se até o ano safra de 2004/2005, o mesmo observado para o Cerrado desse estado (Cerrado-MT). Para Amazônia Matogrossense (Amazônia-MT), tais estimativas ocorreram entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015. A intensificação apresentou sua maior estimativa entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013, tanto a nível estadual, quanto para Amazônia-MT e Cerrado-MT analisados individualmente. Para o estado de Mato Grosso e para o Cerrado-MT, a redução de intensidade de uso pela agricultura teve sua maior estimativa entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011. Já para a Amazônia-MT, tal estimativa deu-se entre 2014/2015 e 2016/2017. Considerando a extensificação, a transição mais representativa para expansão de área deu-se sobre áreas de pastagem. A intensificação deu-se principalmente pela adoção de cultivo duplo em áreas de cultivo único, enquanto que a redução da intensidade de uso da terra pela agricultura deu-se na mão inversa, quando áreas de cultivo duplo passaram a ser de cultivo único. As estimativas sugerem que políticas ambientais conservacionistas, variações climáticas e do mercado tem influência sobre a dinâmica do uso e cobertura da terra no Mato Grosso.

Palavras-chave: Abordagem multisensor. Sensoriamento remoto. Estimativa. Monitoramento. Extensificação. Intensificação. Redução da intensidade de uso da terra. Dinâmica de transição.

DYNAMICS OF LAND USE AND LAND COVER IN MATO GROSSO BETWEEN THE CROP YEARS 2000/2001 AND 2017/2018

ABSTRACT

Population growth demands an increase in food production in order to maintain food security. This increase can occur for extensification or intensification of the area destined to food production. Extensification is associated with increased production by the use of new areas, while intensification seeks to raise productivity for this. However, reduction can occur when the intensity of land use is reduced, or by fallow or by reducing the number of crops, for example. Thus, the monitoring of land use and land cover in order to observe and estimate the behavior of these vectors is of fundamental importance for the planning of public policies for agricultural management and natural resources. In this sense, the objective of this study was to estimate the biannual dynamics of land use and land cover in the Mato Grosso state and in its three biomes (Amazônia, Cerrado e Pantanal) between the 2000/2001 and 2016/2017 crop years and the 2017/2018 crop year. The samples were classified by visual interpretation using data from the sensors TM, ETM +, OLI, MSI and product MOD13Q1. For this, an interface was developed using the Google Earth Engine platform. The results indicate that there is a decrease in natural areas, more pronounced until the 2004/2005 crop year. Anthropogenic and agricultural area presented a continuous growth, and pasture expanded until 2008/2009. The highest extensification estimates for the state occurred until the 2004/2005 crop year, the same for the Cerrado from this state (Cerrado-MT). For Amazônia Mato Grosso (Amazônia-MT), these estimates occurred between the crop years of 2012/2013 and 2014/2015. The intensification presented its highest estimate between the crop years 2010/2011 and 2012/2013, both at the state level, as well as for the Amazon-MT and Cerrado-MT analyzed individually. For the Mato Grosso state and for the Cerrado-MT, the reduction of intensity of use by agriculture had its highest estimate between the crop years 2008/2009 and 2010/2011. For the Amazônia-MT, this estimate was between 2014/2015 and 2016/2017. Considering the extensification, the most representative transition for area expansion occurred on pasture areas. The intensification was mainly due to the adoption of double-crop in single-crop areas, while the reduction of the intensity of land use by agriculture occurred in the opposite hand, when areas of double-crop became single-crop. Estimates suggest that environmental conservation policies, climate and market variations influence the dynamics of land use and land cover in Mato Grosso.

Keywords: Multisensor approach. Remote sensing. Estimation. Monitoring. Extensification. Intensification. Reduction of land use intensity. Transition dynamics.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 3.1 - Localização da área de estudo.	15
Figura 3.2 - Fluxograma metodológico.....	18
Figura 3.3 – Amostras e estratos formados pela aproximação de pixels com indicativo de mudança.....	20
Figura 3.4 - Perfil temporal do EVI2 sem filtro (acima) e após a aplicação de um filtro de mínimos locais (abaixo). Perfis obtidos a partir de dados MOD09Q1 (em vermelho) e a partir de dados MOD13Q1 (em azul).	25
Figura 3.5 - Perfil temporal do NDVI sem filtro (acima) e após a aplicação de um filtro de mínimos locais (abaixo). Perfis obtidos a partir de dados MOD09Q1 (em vermelho) e a partir de dados MOD13Q1 (em azul).	26
Figura 3.6 - Comparativo entre perfis temporais de EVI2 (em vermelho) e NDVI (em azul) para: a) pastagem; b) Floresta ombrófila; c) Agricultura com cultivo duplo.....	28
Figura 3.7 - Interface de classificação das amostras no <i>Google Earth Engine</i>	30
Figura 3.8 - Painel de visualização de dados e classificação.....	31
Figura 3.9 - Exemplos de classificação de pixels de borda.	33
Figura 3.10 - Classes de uso e cobertura da terra e seus respectivos grupos.	34
Figura 3.11 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Floresta.	38
Figura 3.12 - Exemplo de interface para classificação de amostra de Floresta Sazonal.	39
Figura 3.13 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Savana.	40
Figura 3.14 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Campo.	41
Figura 3.15 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Água.	41

Figura 3.16 - Exemplo de interface para classificação de amostra como outras coberturas naturais.....	42
Figura 3.17 - Exemplo de interface para classificação de amostra como cultivo único.....	43
Figura 3.18 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Cultivo duplo.	44
Figura 3.19 - Exemplo de interface de classificação de amostra de cultivo múltiplo.....	45
Figura 3.20 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Cultivo Semiperene.....	46
Figura 3.21 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Cultivo Perene.....	47
Figura 3.22 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Pastagem.	48
Figura 3.23 - Exemplo de interface para classificação de amostra de Reflorestamento.....	49
Figura 3.24 - Exemplo de interface para classificação de amostra como outros usos (Uso Urbano).	49
Figura 3.25 – Exemplo de interface para classificação de amostra como Em Conversão.....	50
Figura 4.1 - Estimativas e taxas de alteração de área natural e antrópica para o estado do Mato Grosso.	54
Figura 4.2 - Estimativas e taxas de alteração de área natural e antrópica para a Amazônia-MT.....	55
Figura 4.3 - Estimativas e taxas de alteração de área natural e antrópica para o Cerrado-MT.....	57
Figura 4.4 - Estimativas e taxas de alteração de área natural e antrópica para o Pantanal-MT.....	58
Figura 4.5 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para floresta com dados de diferentes mapeamentos para o Mato Grosso.	59
Figura 4.6 - Comparativo entre a área mapeada pelo TerraClass e a área estimada para floresta na Amazônia-MT.....	60

Figura 4.7 - Área mapeada pelo PRODES e área estimada para desflorestamento na Amazônia-MT e no Cerrado-MT.	61
Figura 4.8 - Relação das estimativas de desmatamento para o (a) Mato Grosso, (b) Amazônia-MT e (c) Cerrado-MT com o preço médio da soja e do milho (CEPEA/ESALQ, 2019) para cada ano safra estudado. .	62
Figura 4.9 - Comparativo entre área mapeada pelo TerraClass Cerrado (2013) com os dados estimados por amostragem para o ano safra de 2012/2013 (a e b), e estimativas de área para classe Natural conforme TerraClass Cerrado e cobertura florestal para o Cerrado-MT (c).....	64
Figura 4.10 - Comparação entre a área estimada para agricultura anual com o preço médio da soja (a) e do milho (b) (CEPEA/ESALQ, 2019), e a área estimada por amostragem para agricultura e pastagem, e rebanho estimado anualmente (IBGE, 2018) (c), para cada ano safra estudado no estado de Mato Grosso.....	66
Figura 4.11 - Comparação entre a área estimada para agricultura anual com o preço médio da soja (a) e do milho (b) (CEPEA/ESALQ, 2019), e área estimada para agricultura e pastagem, e rebanho anual (IBGE, 2018) (c), na Amazônia-MT.....	68
Figura 4.12 - Comparação entre a área estimada para agricultura anual com o preço médio da soja (A) e do milho (B) (CEPEA/ESALQ), e área estimada por amostragem para agricultura e pastagem no Cerrado-MT, e rebanho estimado anualmente para cada ano safra (IBGE, 2018) (C), para o Cerrado-MT.....	69
Figura 4.13 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para pastagem com dados de diferentes mapeamentos no estado de Mato Grosso.....	70
Figura 4.14 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para pastagem com área mapeada pelo TerraClass para a Amazônia-MT.....	71

Figura 4.15 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para agricultura com dados de diferentes mapeamentos no estado de Mato Grosso.....	72
Figura 4.16 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para agricultura com área mapeada pelo TerraClass na Amazônia-MT.	73
Figura 4.17 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para Cultivo Semiperene com dados de diferentes mapeamentos no estado de Mato Grosso.....	74
Figura 4.18 - Comparação entre a área estimada para cultivo duplo com o preço médio da soja (a) e do milho (b) (CEPEA/ESALQ, 2019) em cada ano safra estudado, e estimativa de área para Cultivo único, duplo e múltiplo (c), no estado de Mato Grosso.	75
Figura 4.19 - Comparação entre a área estimada para cultivo duplo com o preço médio da soja e do milho (CEPEA/ESALQ, 2019) em cada ano safra estudado (a e b), e estimativa de área para Cultivo único, duplo e múltiplo (c), na Amazônia-MT.....	76
Figura 4.20 - Comparação entre a área estimada para cultivo duplo com o preço médio da soja e do milho (CEPEA/ESALQ, 2019) em cada ano safra estudado (a e b), e estimativa de área para Cultivo único, duplo e múltiplo (c), no Cerrado-MT.....	77
Figura 4.21 - Área estimada para extensificação, intensificação e redução em cada período de transição no estado de Mato Grosso.....	78
Figura 4.22 - Percentual de área a partir de onde se deu a extensificação em cada período de transição no estado de Mato Grosso.....	80
Figura 4.23 - Área de extensificação agrícola estimada em cada período de transição na Amazônia-MT e no Cerrado-MT.	81
Figura 4.24 - Percentual de área a partir de onde se deu a extensificação em cada período de transição na Amazônia-MT.....	83
Figura 4.25 - Percentual de área a partir de onde se deu a extensificação em cada período de transição no Cerrado-MT.....	84

Figura 4.26 - Percentual de área a partir de onde se deu a intensificação em cada período de transição.....	86
Figura 4.27 - Área de intensificação agrícola estimada em cada período de transição na Amazônia-MT e no Cerrado-MT.	87
Figura 4.28 - Percentual de área a partir de onde se deu a intensificação em cada período de transição na Amazônia-MT.....	88
Figura 4.29 - Percentual de área a partir de onde se deu a intensificação em cada período de transição no Cerrado-MT.....	89
Figura 4.30 - Percentual de área a partir de onde se deu a redução da intensidade de uso da terra pela agricultura em cada período de transição.....	90
Figura 4.31 - Área de redução de uso da intensidade da terra pela prática agrícola estimada em cada período de transição na Amazônia-MT e no Cerrado-MT.	91
Figura 4.32 - Percentual de área a partir de onde se deu a redução da intensidade de uso da terra pela agricultura em cada período de transição na Amazônia-MT.....	92
Figura 4.33 - Percentual de área a partir de onde se deu a redução da intensidade de uso da terra pela agricultura em cada período de transição no Cerrado-MT.....	93
Figura 4.34 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para o estado do Mato Grosso e seus biomas.....	95
Figura 4.35 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para o estado de Mato Grosso.....	97
Figura 4.36 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para a Amazônia-MT.....	98
Figura 4.37 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para o Cerrado-MT.....	98
Figura 4.38 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para o Pantanal-MT.	99

Figura 4.39 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre 2016/2017 e 2017/2018 para o estado do Mato Grosso e seus biomas.....	100
Figura 4.40 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2016/2017 e 2017/2018 para o estado de Mato Grosso.....	102
Figura 4.41 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2016/2017 e 2017/2018 para a Amazônia-MT.....	103
Figura 4.42 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2016/2017 e 2017/2018 para o Cerrado-MT.....	103
Figura 4.43 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 para 2017/2018 para o estado do Mato Grosso e seus biomas.....	104
Figura 4.44 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 no estado de Mato Grosso.	106
Figura 4.45 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 na Amazônia-MT.....	107
Figura 4.46 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 no Cerrado-MT.....	107
Figura 4.47 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 no Pantanal-MT.....	108
Figura C.1 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003.....	150
Figura C.2 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005.....	151
Figura C.3 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007.....	152
Figura C.4 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009.....	153
Figura C.5 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011.....	154

Figura C.6 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013.....	155
Figura C.7 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015.....	156
Figura C.8 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017.....	157
Figura C.9 – Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018.....	158
Figura C.10 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2000/2001 e 2002/2003.	159
Figura C.11 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2002/2003 e 2004/2005.	160
Figura C.12 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2004/2005 e 2006/2007.	161
Figura C.13 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2006/2007 e 2008/2009.	162
Figura C.14 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2008/2009 e 2010/2011.	163
Figura C.15 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2010/2011 e 2012/2013.	164
Figura C.16 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2012/2013 e 2014/2015.	165
Figura C.17 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2014/2015 e 2016/2017.	166

Figura C.18 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2016/2017 e 2017/2018.	167
Figura C.19 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2000/2001 e 2002/2003.	168
Figura C.20 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2002/2003 e 2004/2005.	169
Figura C.21 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2004/2005 e 2006/2007.	170
Figura C.22 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2006/2007 e 2008/2009.	171
Figura C.23 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2008/2009 e 2010/2011.	172
Figura C.24 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2010/2011 e 2012/2013.	173
Figura C.25 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2012/2013 e 2014/2015.	174
Figura C.26 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2014/2015 e 2016/2017.	175
Figura C.27 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2016/2017 e 2017/2018.	176

Figura C.28 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2000/2001 e 2002/2003.	177
Figura C.29 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2002/2003 e 2004/2005.	178
Figura C.30 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2004/2005 e 2006/2007.	179
Figura C.31 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2006/2007 e 2008/2009.	180
Figura C.32 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2008/2009 e 2010/2011.	181
Figura C.33 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2010/2011 e 2012/2013.	182
Figura C.34 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2012/2013 e 2014/2015.	183
Figura C.35 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2014/2015 e 2016/2017.	184
Figura C.36 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2016/2017 e 2017/2018.	185

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 3.1 - Fitofisionomias vegetais que ocorrem nos Biomas do estado de Mato Grosso e a classe a qual foram associadas.	35
Tabela 3.2 – Exemplo de matriz de transição.	51
Tabela 3.3 - Exemplo de matriz de Markov.	51
Tabela 3.4 - Matriz de transição para extensificação, intensificação agrícola e redução da intensidade de uso da terra por meio da pratica agrícola.	52
Tabela B.1 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003 em km ²	131
Tabela B.2 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005 em km ²	132
Tabela B.3 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007 em km ²	132
Tabela B.4 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009 em km ²	133
Tabela B.5 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011 em km ²	133
Tabela B.6 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013 em km ²	134
Tabela B.7 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015 em km ²	134
Tabela B.8 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017 em km ²	135
Tabela B.9 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018 em km ²	135
Tabela B.10 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003 em km ²	136

Tabela B.11 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005 em km ²	136
Tabela B.12 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007 em km ²	137
Tabela B.13 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009 em km ²	137
Tabela B.14 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011 em km ²	138
Tabela B.15 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013 em km ²	138
Tabela B.16 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015 em km ²	139
Tabela B.17 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017.	139
Tabela B.18 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018 em km ²	140
Tabela B.19 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003 em km ²	140
Tabela B.20 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005 em km ²	141
Tabela B.21 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007 em km ²	141

Tabela B.22 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009 em km ²	142
Tabela B.23 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011 em km ²	142
Tabela B.24 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013 em km ²	143
Tabela B.25 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015 em km ²	143
Tabela B.26 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017 em km ²	144
Tabela B.27 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018 em km ²	144
Tabela B.28 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003 em km ²	145
Tabela B.29 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005 em km ²	145
Tabela B.30 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007 em km ²	146
Tabela B.31 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009 em km ²	146

Tabela B.32 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011 em km ²	147
Tabela B.33 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013 em km ²	147
Tabela B.34 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015 em km ²	148
Tabela B.35 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017 em km ²	148
Tabela B.36 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018 em km ²	149

LISTA DE SIGLAS

AgRISTARS	<i>Agriculture and Resources Inventory Surveys Through Aerospace Remote Sensing</i>
AVHRR	<i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
ESA	<i>European Space Agency</i>
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
EVI	<i>Enhanced Vegetation Index</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
GEE	<i>Google Earth Engine</i>
GEOGLAM	<i>Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring Initiative</i>
GFT	<i>Google Fusion Tables</i>
GLAM	<i>Global Agriculture Monitoring</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMEA	Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LACIE	<i>Large Area Crop Inventory Experiment</i>
MoBARS	<i>Monitoring of Brazilian Agriculture by Remote Sensing</i>
MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
MSI	<i>MultiSpectral Instrument</i>
MT	Mato Grosso
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
PREVS	Projeto de Previsão e Acompanhamento de Safras
SPOT	<i>Satellite Pour l'Observation de la Terre</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>

USDA *United States Department of Agriculture*
USGS *United States Geological Survey*

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Hipótese.....	3
1.2 Objetivo geral.....	3
1.3 Objetivos específicos	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1 Uso e cobertura da terra	4
2.2 A Agricultura e o uso da terra	5
2.3 Representação da transição de uso e cobertura da terra	7
2.4 Sensoriamento remoto para monitoramento de terras agrícolas	8
2.5 Sensores ópticos utilizados para monitoramento de uso e cobertura da terra.....	11
2.5.1 <i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i> – MODIS	11
2.5.2 Sensores a bordo dos satélites <i>Landsat</i>	11
2.5.2.1 <i>Thematic Mapper</i> – TM.....	12
2.5.2.2 <i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i> – ETM+	12
2.5.2.3 <i>Operational Land Imager</i> – OLI.....	12
2.5.3 <i>MultiSpectral Instrument</i> – MSI	12
2.6 Amostragem de área para monitoramento da agricultura brasileira	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Área de estudo	15
3.1.1 Plataformas virtuais utilizadas	17
3.1.1.1 <i>Google Earth Engine</i>	17
3.1.1.2 <i>Google Fusion Tables</i>	17
3.1.2 Dados utilizados	18
3.2 Métodos	18
3.2.1 Obtenção dos estratos	19
3.2.2 Cálculo do tamanho amostral.....	20
3.2.3 Estimativas de área.....	21
3.2.4 Configuração das Imagens <i>Landsat-like</i>	22

3.2.5	Obtenção e seleção dos índices de vegetação e sua temporalidade .	23
3.2.5.1	Processamento dos índices de vegetação.....	23
3.2.5.2	Avaliação dos perfis temporais dos índices de vegetação MOD09Q1 e MOD13Q1	24
3.2.5.3	Definição dos perfis temporais de NDVI e EVI2 a serem utilizados .	27
3.2.6	Interface de classificação	29
3.2.6.1	Painel para visualização e manipulação de dados	31
3.2.7	Protocolo de classificação das amostras	32
3.2.7.1	Classes	34
3.2.7.1.1	Floresta.....	38
3.2.7.1.2	Floresta Sazonal.....	38
3.2.7.1.3	Savana	39
3.2.7.1.4	Campo	40
3.2.7.1.5	Água	41
3.2.7.1.6	Outras Coberturas Naturais	42
3.2.7.1.7	Cultivo Único.....	42
3.2.7.1.8	Cultivo Duplo	43
3.2.7.1.9	Cultivo Múltiplo	44
3.2.7.1.10	Cultivo Semiperene	45
3.2.7.1.11	Cultivo Perene	46
3.2.7.1.12	Pastagem	47
3.2.7.1.13	Reflorestamento	48
3.2.7.1.14	Outros Usos.....	49
3.2.7.1.15	Em Conversão	50
3.2.8	Proporção de transição	50
3.2.9	Estimativas de extensificação, intensificação e redução.....	51
3.2.10	Taxa de alteração	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1	Áreas estimadas para classes naturais e antrópicas.....	54
4.2	Estimativas de extensificação, intensificação e redução de uso da terra pela agricultura.....	78
4.2.1	Extensificação agrícola	79

4.2.2	A intensificação agrícola	85
4.2.3	Redução da intensidade de uso da terra pela agricultura	89
4.3	Dinâmica do uso e cobertura da terra.....	93
4.3.1	Transição entre 2000/2001 e 2002/2003.....	94
4.3.2	Transição entre 2016/2017 e 2017/2018.....	99
4.3.3	Transição entre 2000/2001 e 2017/2018.....	103
5	CONCLUSÕES.....	110
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
	APÊNDICE A – LINKS PARA ACESSO AOS SCRIPTS.....	130
	APÊNDICE B – MATRIZES DE TRANSIÇÃO.....	131
	APÊNDICE C – CADEIAS DE MARKOV	150

1 INTRODUÇÃO

Garantir a segurança alimentar global para os próximos anos é um dos diversos temas que integram as discussões científicas atuais. Isto porque, conforme estimativas da FAO (2017), o crescimento populacional, apesar de ocorrer com taxas menores a cada ano, levará a população mundial a atingir o número de 9,73 bilhões de pessoas em 2050, que precisarão ser alimentadas. Assim, será necessário um aumento na produção de alimentos para atender a esta demanda (GODFRAY et al., 2010). Esta relação entre o aumento populacional e o aumento da demanda por alimentos leva a dialética entre a abertura de novas áreas para a produção de alimentos e a preservação ambiental (DIAS et al., 2016; LAMBIN, 2012).

Cabe ressaltar que o aumento da produção agrícola pode ocorrer por dois caminhos: extensificação ou intensificação (LAMBIN et al., 2003). A extensificação está associada à alteração do uso ou da cobertura da terra, onde o aumento da produção agrícola dá-se pela incorporação de novas áreas, podendo estas serem oriundas de áreas antrópicas ou de ecossistemas naturais. A intensificação dá-se pela modificação de intensidade de uso da terra, pelo aumento da produtividade, podendo estar ou não associada à quantidade de safras que ali ocorrem. Desta maneira, a intensificação com sustentabilidade minimiza a pressão de expansão sobre áreas de vegetação nativa, pois o aumento da produção é obtido sem a necessidade de incorporar novas áreas (GODFRAY et al., 2010).

Entretanto, na contramão da intensificação, pode ocorrer a modificação da intensidade de uso da terra pela sua redução (BRIASSOULIS, 2002; TURNER II et al., 1995). Esta redução é exemplificada pela adoção de safra única em uma área onde anteriormente havia duas safras ao ano ou ainda pela substituição de uma área com cultivo agrícola por pastagem, por pousio ou abandono (SPERA et al., 2014). Assim, monitorar se há extensificação, intensificação ou redução, bem como obter dados e informações acerca do uso e cobertura da terra, são essenciais para o planejamento de políticas públicas

direcionadas a cadeia de produção de alimentos e de gestão de recursos naturais (FAO, 2014; FOLEY et al., 2005).

Neste contexto, destaca-se o caráter sinótico de dados de sensoriamento remoto (SR), os quais permitem a aquisição de informações acerca da atividade agrícola e de recursos naturais em diferentes escalas (THENKABAIL et al., 2012). Diversas metodologias utilizando dados de sensores orbitais foram desenvolvidas em distintas regiões do globo, e apresentaram resultados satisfatórios. Algumas destas baseiam-se em análises de séries temporais de dados de SR na identificação de padrões de uso e cobertura da terra (ADAMI et al., 2012; GALFORD et al., 2008; GIBBS et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2014; SPERA et al., 2014). Outra abordagem utilizada para estimar tais variáveis é a utilização combinada de dados provenientes de diferentes sensores, uma alternativa que tem mostrado-se eficiente principalmente pela limitação de obterem-se dados ópticos livres da cobertura de nuvens (DUONG; NASAHARA, 2018; NDUATI et al., 2019). Nesse sentido, a amostragem, tendo o pixel como unidade básica (ADAMI et al., 2010; HIXSON et al., 1979; KING et al., 2017; SONG et al., 2017), pode ser utilizada, tanto pela limitação de obterem-se dados para mapeamento agrícola devido a cobertura de nuvens (EBERHARDT et al., 2016; KING et al., 2017), quanto pela redução do tempo e dos custos empregados na realização do trabalho (ADAMI et al., 2007).

Entretanto, um fator limitante para estudos sobre grandes áreas com abordagem temporal multisensor, dá-se pelo elevado volume de dados utilizados e a necessidade de um considerável poder de processamento, o que pode tornar o trabalho moroso ou até mesmo inviável. Neste sentido, destaca-se a plataforma virtual *Google Earth Engine* (GEE). Esta plataforma foi idealizada com o objetivo de auxiliar estudos relacionados a problemas sociais de alto impacto, de modo que o usuário tem acesso a um banco de dados geoespaciais em escala planetária, além de recursos computacionais de alto desempenho para processamento destes dados em nuvem (GORELICK et al., 2017).

O Brasil, um dos maiores produtores de alimentos do mundo, é um local interessante para a integração de dados de SR no estudo da dinâmica de uso e

cobertura da terra em áreas agrícolas, devido a sua grande extensão e complexa dinâmica de uso da terra. Neste cenário, o estado de Mato Grosso é um exemplo da complexidade ambiental que envolve a atividade agrícola brasileira. Composto pelos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, o estado, que é o maior produtor de grãos do país (IBGE, 2019), representando aproximadamente 8% da produção mundial de soja (FAO, 2019; IBGE, 2019), enfrenta o desafio de combinar o aumento da produção e a preservação dos recursos naturais.

1.1 Hipótese

É possível estimar o uso e cobertura da terra, bem como a sua dinâmica, para áreas extensas e complexas (i.e. composta por diferentes biomas), como o Estado de Mato Grosso, utilizando séries temporais de dados de SR e amostragem probabilística aleatória estratificada.

1.2 Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a dinâmica bianual de uso e cobertura da terra para o estado do Mato Grosso e para seus biomas, entre os anos safra de 2000/2001 e 2016/2017, e para o ano safra de 2017/2018.

1.3 Objetivos específicos

Para subsidiar o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos para os anos safra de 2000/2001, 2002/2003, 2004/2005, 2006/2007, 2008/2009, 2010/2011, 2012/2013, 2014/2015, 2016/2017 e 2017/2018:

- i. estimar a área natural e antrópica e suas taxas de alteração;
- ii. estimar a área de desflorestamento;
- iii. estimar a área agrícola e de pastagem;
- iv. estimar áreas agrícolas com cultivo único, duplo e múltiplo;
- v. estimar a área de extensificação e intensificação agrícola, bem como a área com modificação por redução na intensidade de uso agrícola;
- vi. estimar a proporção de transição entre áreas antrópicas e naturais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir é apresentada a fundamentação teórica relativa a aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento e estudo da dinâmica do uso e cobertura da terra, e da agricultura. Além disso, são apresentados os sensores a partir dos quais foram obtidos os dados utilizados para a realização deste trabalho.

2.1 Uso e cobertura da terra

Uso da terra e cobertura da terra são dois termos distintos, sendo indispensável o entendimento desta diferença para obtenção de informação a partir de cada um deles. O uso da terra é definido como um conjunto de atividades desenvolvidas pelo homem com o objetivo de se obter um produto ou benefício por meio da manipulação dos atributos e recursos biofísicos da terra, assim, o uso da terra está ligado a uma ação antrópica (BIE et al., 1996; BRIASSOULIS, 2002; LAMBIN e GEIST, 2006). A cobertura da terra por sua vez refere-se ao estado biofísico da superfície, ou seja, como o próprio nome sugere, por aquilo que recobre a terra (BIE et al., 1996; BRIASSOULIS, 2002; LAMBIN e GEIST, 2006; MEYER; TURNER II, 1996; TURNER II et al., 1995).

Um exemplo desta diferença entre o uso e a cobertura da terra pode ser ilustrada por um talhão de determinada cultura agrícola em desenvolvimento vegetativo. Na descrição, a cobertura da terra seria vegetação, enquanto que o uso seria agricultura (BRIASSOULIS, 2002). Desse modo, nota-se que todo uso prediz uma cobertura da terra; entretanto, o oposto não faz-se verdadeiro.

Como os atributos biofísicos que recobrem a superfície da terra são temporalmente dinâmicos, o uso e a cobertura da terra estão em constante mudança (BIE et al., 1996; BRIASSOULIS, 2002). A mudança na cobertura da terra pode ocorrer pela conversão ou modificação. A conversão ocorre pela alteração de uma cobertura por outra, como por exemplo, floresta por pastagem. Já a modificação ocorre sem a substituição de uma cobertura por outra, e dá-se pelas alterações estruturais e fenológicas, como no caso de

vegetação decídua, que em períodos chuvosos apresentam um dossel verde e fechado, ao passo que em períodos secos perdem suas folhas (BRIASSOULIS, 2002; TURNER II et al., 1995).

Por definição, de maneira semelhante, a mudança no uso da terra, também ocorre por conversão ou modificação. A mudança de uso por conversão ocorre por meio da troca de um tipo de uso por outro, como por exemplo, uma área usada para pastoreio direto tem seu uso convertido para produção de feno. A mudança de uso por modificação está ligada à intensidade do uso da terra, de modo que ocorre quando a intensidade de uso de uma determinada área aumenta ou diminui (BRIASSOULIS, 2002; TURNER II et al., 1995).

Os dados de sensoriamento remoto multitemporais podem ser utilizados para determinar a cobertura da terra. Entretanto, o uso da terra requer outras informações como dados de campo, conhecimento a priori da área de estudo, ou pode ser inferido a partir da interpretação da cobertura da terra. Nesse cenário, quando busca-se identificar o uso da terra, o mapeamento da cobertura da terra surge como um passo intermediário (BIE et al., 1996). Assim, para se estudar a dinâmica de uso e cobertura da terra, a análise temporal de dados de sensoriamento remoto tem mostrado-se como uma eficiente alternativa.

A partir disso é possível também inferir sobre determinados fatores socioeconômicos e ambientais de uma região. Tais inferências podem, por exemplo, apontar o potencial agrícola de determinada região ou a pressão antrópica sobre ecossistemas naturais (FOLEY et al., 2005; KASTENS et al., 2017; SPERA et al., 2014).

2.2 A Agricultura e o uso da terra

Tilman et al. (2001) expõem o aumento do uso de terras para a prática agrícola entre os anos 1960 e 2000 no mundo e indicam uma tendência de manutenção desse crescimento para as próximas décadas. Para esses autores, o principal fator para esse aumento é o crescimento da população humana, que traz para o cenário agrícola a necessidade de se elevar a produção para dar suporte à

segurança alimentar. Esses autores comentam que essa necessidade gera impactos sobre os ecossistemas naturais podendo levar a redução de serviços ecossistêmicos e a extinção de espécies. Neste íterim, são necessários avanços em práticas agrícolas, desenvolvimento científico e mudanças políticas, a fim de se evitar e/ou minimizar os impactos ambientais causados pela atividade agrícola.

Para se entender a pressão que a expansão de áreas agrícolas pode causar ao meio ambiente, além de se conhecer os padrões de uso e cobertura de áreas agrícolas, também faz-se necessário o entendimento das estratégias empregadas nas mudanças destas áreas. Para Jones e Clark (1997), a mudança do uso da terra provocada pela agricultura pode ocorrer não apenas por conversão e modificação, mas também por intensificação, extensificação, marginalização e abandono.

A extensificação, também denominada de expansão, ocorre quando o aumento da produção faz-se via utilização de novas áreas que anteriormente não tinham uso agrícola, fossem essas áreas utilizadas como pastagens, fossem ecossistemas naturais (DIAS et al., 2016; FOLEY et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014). Notadamente, dos caminhos que a prática agrícola segue para alterar o uso da terra, a extensificação é o que mais causa pressão sobre os ecossistemas naturais (FOLEY et al., 2005). Por outro lado, a intensificação do uso da terra pela agricultura ocorre quando há o aumento da produção, por meio de cultivares melhoradas, irrigação, técnicas adequadas de manejo agrônômico e adoção de cultivo duplo, sem a conversão de novas áreas para uso agrícola (FOLEY et al., 2011; TRABAQUINI et al., 2017). Entretanto, a intensificação refere-se apenas a modificação quando há aumento na intensidade de uso. Por isso, nesse trabalho, quando a modificação se der por diminuição na intensidade de uso (e.g. conversão de cultivo múltiplo para cultivo duplo), será utilizado o termo: redução de intensidade de uso.

Neste cenário, a definição de redução de intensidade de uso pela agricultura está associada, por exemplo, a adoção de: i) cultivo duplo em áreas de cultivo múltiplo, ii) cultivo único em áreas com cultivo duplo e múltiplo, iii) conversão de

áreas agrícolas para pastagem, iv) pousio em áreas agrícolas, ou ainda a marginalização ou abandono de áreas agrícolas. Para um melhor entendimento, conforme Geist (2006), a marginalização ocorre quando a agricultura deixa de ser viável sob um sistema existente de uso da terra, sendo impulsionada por uma combinação de fatores sociais, econômicos, políticos e ambientais, onde a inviabilidade dá-se por restrições climáticas, empobrecimento dos solos e agricultura tradicional com utilização de poucos insumos. Já o abandono ocorre quando uma área de uso agrícola deixa de ser utilizada e sua cobertura segue o padrão do ecossistema natural local por crescimento de vegetação secundária (TURNER II et al., 1995).

2.3 Representação da transição de uso e cobertura da terra

A transição de uso e cobertura da terra dá-se quando um local tem sua cobertura ou seu uso alterado de um dado momento para outro. O entendimento desta transição entre classes de uso e cobertura da terra pode subsidiar análises para se mensurar ou estimar o impacto que a mudança de uso e cobertura da terra tem sobre os recursos naturais (KONADU et al., 2015; LAMBIN, 1997; MULLER e MIDDLETON, 1994).

Processos Markovianos podem descrever e quantificar esta transição entre classes de uso e cobertura da terra (MULLER e MIDDLETON, 1994). O processo Markoviano consiste em um processo estocástico onde a probabilidade condicional de qualquer evento futuro, dado qualquer evento passado e o estado presente, é independente do evento passado e depende somente do estado presente. Assim, um processo Markoviano pode representar a transição entre classes ou estados por meio de uma matriz simétrica. Considerando que para este estudo as classes representam estados discretos, serão chamadas de matrizes de transição as matrizes que apresentarem quantitativamente a transição de uma classe para a outra, enquanto que matrizes que apresentarem a probabilidade, chamada nesse estudo de proporção de transição de uma classe para a outra, serão chamadas de matrizes de Markov. Esta matriz de Markov pode ser representadas graficamente por uma cadeia de Markov. A cadeia de Markov representa um

processo estocástico com estados discretos, envolvendo a probabilidade de transição entre classes em dois momentos distintos no tempo, podendo assim, apresentar de forma gráfica a proporção de transição entre as classes de uso e cobertura da terra (LÓPEZ et al., 2001).

2.4 Sensoriamento remoto para monitoramento de terras agrícolas

A partir de séries temporais de dados obtidos por sensores remotos é possível estudar-se a dinâmica do uso e cobertura da terra, de acordo com seu objetivo (ANDERSON et al., 2005; MORTON et al., 2016; SAKAMOTO et al., 2005; TRABAQUINI et al., 2017). Becker-Reshef et al. (2010) comentam que dados de SR são utilizados para monitoramento agrícola desde a década de 70. Os autores apresentam um breve apanhado histórico sobre a evolução dessa tecnologia na agricultura, no qual apontam que o impulso no monitoramento agrícola em larga escala a partir de dados de sensores remotos foi dado pela necessidade de se prever a quebra de safra de alguma cultura.

Trabalhos que relacionavam as culturas com suas propriedades ópticas (ALLEN e RICHARDSON, 1968; KNIPLING, 1970) serviram como base teórica para os primeiros projetos de monitoramento agrícola. Um projeto da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), *United States Department of Agriculture* (USDA) e *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), iniciado em 1974, chamado *Large Área Crop Inventory Experiment* (LACIE) buscava gerar estimativas nacionais e internacionais para a previsão de safras e demonstrou a possibilidade de se realizar o monitoramento agrícola em larga escala (ATZBERGER, 2013; BECKER-RESHEF et al., 2010; HIXSON et al., 1979).

Os avanços trazidos pelo lançamento de novos sensores, como o *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) da NOAA, permitiram o monitoramento global diário da cobertura da terra. Com essa disponibilidade de dados, no início da década de 80, NASA, USDA e NOAA iniciaram um programa de monitoramento chamado *Agriculture and Resources Inventory Surveys Through Aerospace Remote Sensing* (AgRISTARS), a partir do qual se

explicitou o potencial do uso de dados obtidos por sensores remotos para monitorar e gerenciar terras com uso agrícola (ATZBERGER, 2013; BECKER-RESHEF et al., 2010). A partir de 2002, a NASA e o USDA iniciaram o projeto *Global Agriculture Monitoring (GLAM)*, que utiliza dados do sensor MODIS para realizar o monitoramento agrícola mundial e gerar estimativas de produção de culturas (BECKER-RESHEF et al., 2010).

Mais recentemente, em 2011, o G20, grupo dos vinte países mais ricos do mundo, lançou o *Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring Initiative (GEOGLAM)* com o objetivo de monitorar a agricultura global, com o uso de sensoriamento remoto, para realizar projeções de produção de culturas e previsão do tempo (GEOGLAM, 2018). No Brasil, é importante destacar os projetos desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Canasat (AGUIAR et al., 2011; RUDORFF et al., 2010), iniciado em 2003, e Cafesat (MOREIRA et al., 2008, 2007), iniciado em 2006, que tinham por objetivo realizar a espacialização e o monitoramento de áreas utilizadas para a produção de cana e café, respectivamente. Além desses, vale citar o Projeto GeoSafras, lançado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) que, utilizando amostragem, gerava estimativas de área cultivada e produtividade, a partir de dados de campo e de sensores remotos (FIGUEIREDO, 2005)

Pelo fato de que terras destinadas à prática agrícola apresentam uma dinâmica temporal de cobertura distinta das demais coberturas, sua identificação por meio de análise de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto faz-se possível (ARVOR et al., 2011; JONATHAN, 2005). A fim de analisar as alterações no uso e cobertura da terra, Galford et al. (2008) utilizaram séries temporais de dados obtidos pelo sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)* para estudar a extensificação e a intensificação agrícola em uma região do estado do Mato Grosso entre 2001 e 2006. Este trabalho apontou que o uso de séries temporais pode retornar padrões que permitem analisar rápidas mudanças no uso e cobertura da terra, identificando

a extensificação agrícola pelo aumento de áreas destinadas ao cultivo, e a intensificação agrícola pela adoção do cultivo duplo.

Spera et al. (2014) utilizaram dados do sensor MODIS para gerar mapas anuais e cruzar com características físicas para estudar padrões de extensificação e abandono de áreas agrícolas no estado de Mato Grosso entre os anos de 2000 e 2011. Sua abordagem permitiu identificar a distribuição de áreas destinadas ao uso agrícola em cada período, a partir de onde foi possível apontar as mudanças do uso da terra por extensificação e abandono. Maus et al. (2016) identificaram áreas de pastagem, cultivo duplo, cultivo simples e floresta a partir do perfil temporal de índices de vegetação gerado por meio de uma série temporal de dados MODIS, o que ilustra a potencialidade de discriminação destas classes.

Nesse cenário, outra abordagem que pode ser utilizada para se monitorar e gerar estimativas agrícolas por meio de dados de sensoriamento remoto é a amostragem tendo o pixel por unidade básica (ADAMI et al., 2010; HIXSON et al., 1979; KING et al., 2017; SONG et al., 2017). Neste caso, uma alternativa seria realizar a interpretação visual e classificação do pixel amostrado em uma fotografia aérea ou numa imagem obtida por meio de sensores remotos, sendo comumente utilizadas imagens com características semelhantes aquelas obtidas pelos sensores da família *Landsat*, como resolução espacial e posicionamento das bandas (FORMAGGIO e SANCHES, 2017).

A amostragem de pixels pode gerar estimativas de áreas tanto para áreas pequenas (i. e., municípios) quanto para áreas grandes (i. e., estados) (HIXSON et al., 1979). Como mencionado por Adami et al. (2007), a utilização da amostragem justifica-se principalmente pela redução do tempo e dos custos empregados na realização do trabalho. Eberhardt et al. (2016) comentam que a amostragem pode ser uma alternativa para se obter estatísticas de áreas agrícolas no caso da indisponibilidade de dados ópticos livres de nuvens para realizar mapeamento.

2.5 Sensores ópticos utilizados para monitoramento de uso e cobertura da terra

2.5.1 *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* – MODIS

O primeiro sensor MODIS foi à órbita em 18 de dezembro de 1999 a bordo do satélite Terra e iniciou a coleta de dados em fevereiro de 2000, posteriormente, em 4 de maio de 2002, foi lançado a bordo do satélite Aqua o segundo sensor MODIS (JUSTICE et al., 2002; RUDORFF et al., 2007). Possuindo 36 bandas que coletam dados de faixas do espectro eletromagnético entre 620 a 14.385 nm, este sensor foi desenvolvido para estudos relacionados a atmosfera, ao oceano e a superfície terrestre (JUSTICE et al., 2002; LATORRE et al., 2003).

A partir dos dados MODIS são gerados diversos produtos. Entre estes, existe o MOD09Q1 e o MOD13Q1. O MOD09Q1 é gerado a cada 8 dias com resolução espacial de 250m e possui as bandas 1 e 2 do sensor MODIS (VERMOTE et al., 2011). Já o MOD13Q1 possui os índices de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e *Enhanced Vegetation Index* (EVI) (DIDAN et al., 2015; HUETE et al., 1999, 2002), gerados a partir das bandas 1, 2 e 3 do sensor MODIS, sendo disponibilizado a cada 16 dias com pixel de 250m (HUETE et al., 1999; JUSTICE et al., 2002; LATORRE et al., 2003). São produtos amplamente utilizados em estudos que visam analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra (ANDERSON et al., 2005; SAKAMOTO et al., 2010; SHIMABUKURO e RUDORFF, 2006) e realizar o monitoramento agrícola (ADAMI, 2010; EBERHARDT et al., 2015; RIZZI et al., 2009).

2.5.2 Sensores a bordo dos satélites *Landsat*

Com o objetivo de coletar dados sobre a cobertura da terra com repetibilidade, a NASA lançou em 23 de julho de 1972 o satélite inicialmente chamado de *Earth Resources Technology Satellite-A*, que mais tarde viria a ser chamado de Landsat-1 (USGS, 1997). Desde então, sete outros satélites deram sequência ao objetivo (NASA, 2018), disponibilizando dados que são aplicados em estudos sobre monitoramento agrícola (AGUIAR et al., 2011; BAUER et al., 1979; RUDORFF et al., 2010; WULDER et al., 2019) uso e cobertura da terra e

detecção de mudanças (GÜLER et al., 2007; MAS, 1999; WULDER et al., 2019).

2.5.2.1 *Thematic Mapper – TM*

Lançado em 1 de março de 1984 (MORAN et al., 2001), o sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 ficou em atividade por quase 29 anos, até janeiro de 2013 (USGS, 2017). Coletando dados em sete diferentes bandas, este sensor *whiskbroom* (IRONS et al., 2012), possuía três bandas na região do visível, uma no infravermelho próximo e duas no infravermelho médio com 30 m de resolução espacial, e uma na região do infravermelho termal com 120 m de resolução espacial (MARKHAM et al., 2004).

2.5.2.2 *Enhanced Thematic Mapper Plus – ETM+*

O sensor ETM+ foi lançado em 15 de abril de 1999 a bordo do satélite Landsat-7 (MORAN et al., 2001). É um sensor *whiskbroom* que coleta dados em 8 bandas distribuídas em faixas do espectro eletromagnético entre 450 a 12.360 nm. Destas bandas uma é pancromática com resolução espacial de 15 m, três são da região do visível, uma da região do infravermelho próximo, duas do infravermelho médio, todas com resolução espacial de 30 m, e uma do infravermelho termal com resolução espacial de 60m (IRONS et al., 2012).

2.5.2.3 *Operational Land Imager – OLI*

O sensor OLI foi lançado a bordo do satélite Landsat-8 em 11 de fevereiro de 2013 (NASA, 2013). Knight e Kvaran (2014) descrevem o OLI como um sensor *pushbroom* que coleta dados em 9 bandas espectrais, dispostas em faixas do espectro eletromagnético, entre 433 a 2.300 nm. Destas, quatro bandas estão na faixa do visível, uma no infravermelho próximo e três na região do infravermelho de médio com 30 m de resolução espacial, e uma banda pancromática com resolução espacial de 15 m (IRONS et al., 2012).

2.5.3 *MultiSpectral Instrument – MSI*

A missão Sentinel-2 conta com dois satélites idênticos: Sentinel 2-A, lançado em 23 de junho de 2015; e, Sentinel 2-B, lançado em 7 de março de 2017

(ESA, 2018a). A *European Space Agency* (ESA) concebeu esta missão com o intuito de proporcionar o seguimento das missões *Satellite Pour l'Observation de la Terre* (SPOT) e Landsat, obtendo dados da cobertura terrestre global para geração de produtos operacionais, como monitoramento da cobertura terrestre, da detecção de mudanças e de variáveis geofísicas (DRUSCH et al., 2012).

Os satélites Sentinel-2A e 2B levam a bordo o sensor MSI que coleta dados em 13 bandas dispostas entre 443 a 2.190 nm. Possuem uma mesma órbita polar sincronizada com o sol com diferença de 180°. Seu tempo de revisita é de 10 dias para um satélite e 5 dias para os dois, e sua resolução espacial varia de 10 a 60 m (DRUSCH et al., 2012). Das 13 bandas, três bandas no visível e uma no infravermelho próximo possuem resolução espacial de 10 m, três bandas na borda do vermelho, uma no infravermelho próximo e duas no infravermelho médio possuem 20 m de resolução espacial, e, uma banda no visível, uma no infravermelho próximo e uma no infravermelho médio possuem 60 m de resolução espacial (ESA, 2018b).

2.6 Amostragem de área para monitoramento da agricultura brasileira

A *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) (1998) define amostragem de área como uma pesquisa amostral em que, pelo menos para uma etapa do processo, as unidades amostrais referem-se a áreas terrestres. Cochran (1977) e Congalton (1991) apontam que, em uma amostragem, o tamanho da amostra deve ser mantido ao mínimo a fim de se reduzir os custos, entretanto suficientemente grande para que sejam estatisticamente válidas as análises realizadas.

A amostragem de área para monitoramento e estimativa tem sido utilizada há muito tempo por diversas instituições ao redor do mundo, principalmente com relação à agricultura (FAO, 1998). No Brasil, o Projeto de Previsão e Acompanhamento de Safras (PREVS), desenvolvido entre 1986 e 1997, disponibilizava estimativas anuais de diversas culturas agrícolas para os estados do Distrito Federal, Paraná, Santa Catarina e São Paulo (FAO, 1998),

a partir de amostragem estratificada, integrando dados de campo e de sensores remotos (MUELLER et al., 1988).

Nesse cenário, a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) lançou o Projeto GeoSafras, que a partir de dados de campo e de sensores remotos buscava realizar o monitoramento agrícola gerando estimativas de área cultivada e de produtividade a partir de amostragem aleatória estratificada (FIGUEIREDO, 2005). O mais recente trabalho que ilustra a utilização de amostragem de área para monitoramento agrícola no Brasil é o *Monitoring of Brazilian Agriculture by Remote Sensing* (MoBARS), desenvolvido por pesquisadores do INPE para monitorar as culturas de cana-de-açúcar, milho e soja para os estados do Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo, utilizando amostragem aleatória estratificada e dados de sensores remotos com características semelhantes aos da família *Landsat*, para interpretação visual, gerando estimativas bimensais de área ocupada por cultura verde em pé (FORMAGGIO e SANCHES, 2017).

A FAO (2014) destaca a importância do monitoramento agrícola na geração de estimativas de áreas cultivadas e de produção para elaboração de políticas para o planejamento da agricultura e controle dos estoques de alimento. Como apontado por Foley et al. (2011), o aumento da população mundial leva ao desafio de se elevar a produção de alimentos sem causar degradação ao ambiente, mantendo a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, monitorar a dinâmica da transição do uso da terra pela agricultura também é um fator muito importante para entender a pressão que os ecossistemas naturais sofrem da prática agrícola (FOLEY et al., 2005).

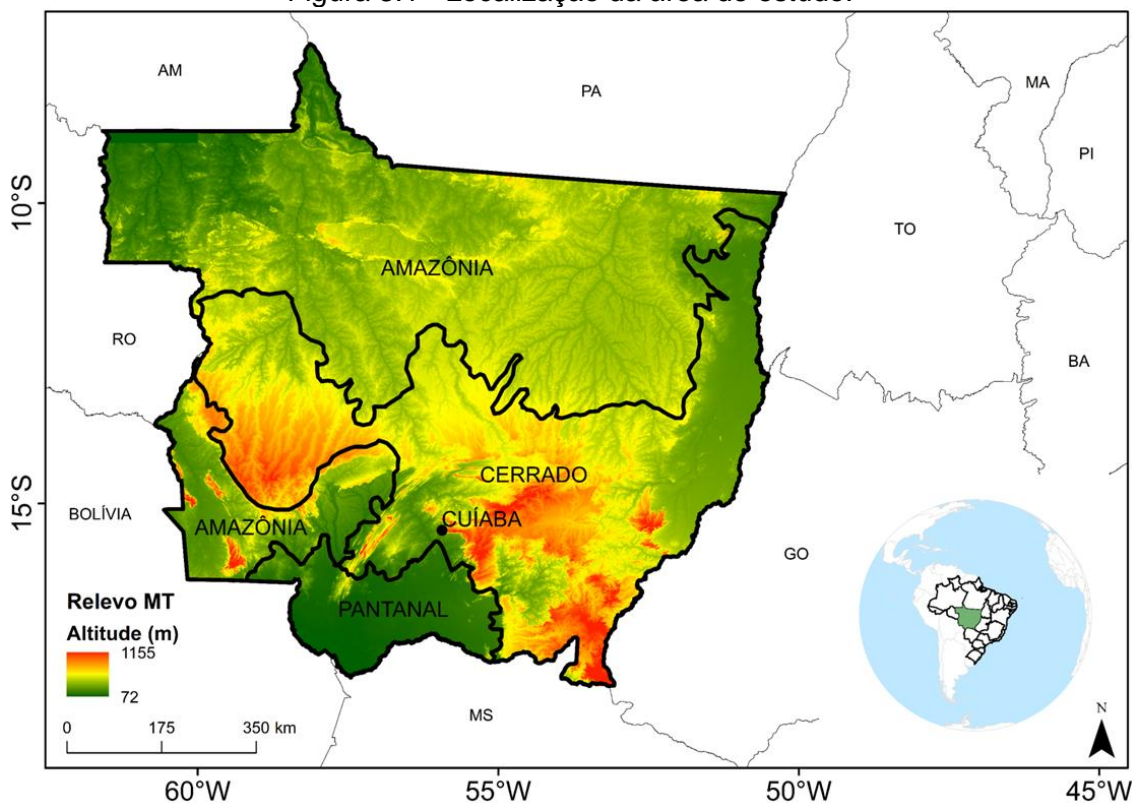
3 MATERIAL E MÉTODOS

Esse capítulo apresenta inicialmente a área de estudo. Em seguida apresenta os materiais e descreve todas as etapas da metodologia adotada para a realização deste trabalho.

3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende ao estado de Mato Grosso (Figura 3.1), com uma área de 903.357 km². Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2016, o estado respondeu a 18,86% da área ocupada por agricultura no Brasil, sendo o maior produtor agrícola do país (IBGE, 2016). Segundo dados da FAO (2019) e do IBGE (2019), este estado representa em torno de 8% da produção mundial de soja, sendo o maior produtor de grãos do Brasil.

Figura 3.1 - Localização da área de estudo.



Shapefiles adquiridos de *Center for Disease Control and Protection* (2013) e Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018), *raster* do relevo de Mato Grosso adquirido de EMBRAPA (2005a)).

Fonte: Produção do autor.

O estado de Mato Grosso é composto por três biomas: Amazônia (Amazônia-MT) em 54%, Cerrado (Cerrado-MT) em 39% e Pantanal (Pantanal-MT) em 7% de sua área (IBGE, 2004). Conforme Souza et al. (2013), segundo classificação climática de Köppen, o estado apresenta Clima Tropical de Savana (Aw) e Clima Temperado ou Tropical de Altitude (Cwa). De um modo geral, o estado de Mato Grosso possui duas estações climáticas bem definidas, sendo uma chuvosa que ocorre entre outubro e abril, e uma seca que dá-se entre maio e setembro. Suas temperaturas médias mensais variam entre 21,3°C (julho) e 28,4°C (novembro), e sua precipitação média mensal varia de 4,9 mm (julho) a 348,4 mm (fevereiro) (SOUZA et al., 2013).

Mato Grosso tem seu relevo sobre o Maciço Central. Para o sul apresenta suas maiores altitudes 800 a 1.220 m (Serra Azul) e 500 a 800 m (Chapada dos Guimarães). Ao Norte, as altitudes são médias, entre 200 e 500 metros, quebrados pelos relevos divisórios das serras dos rios que correm para o Amazonas (Serra Formosa, Serra dos Caiabis, Serra do Tombador e Serra do Norte) com altitudes entre 500 e 800m (EMBRAPA, 2005b). Quanto aos solos, predominam os Latossolos (42%), Argissolos (25%), Neossolos (13%), Plintossolos (7%) e Cambissolos (5%) (EMBRAPA, 2005c).

As características morfológicas e climáticas conferem uma grande aptidão para o desenvolvimento da agricultura no estado de Mato Grosso (EMBRAPA, 1989). Segundo estimativas do (IBGE, 2019), este estado é o maior produtor brasileiro de algodão, milho e soja. Na pecuária, o estado também destaca-se, possuindo o maior rebanho de bovinos do país (IBGE, 2018). Isso faz da agropecuária o carro chefe da economia deste estado e um dos principais vetores da conversão de áreas naturais em antrópicas nessa região (GIBBS et al., 2015; KASTENS et al., 2017; MORTON et al., 2006, 2016; RUDORFF et al., 2011; SPERA et al., 2014; ZALLES et al., 2019).

3.1.1 Plataformas virtuais utilizadas

3.1.1.1 Google Earth Engine

O *Google Earth Engine* (GEE) é uma plataforma que permite o acesso e processamento de dados espaciais em diversas escalas por meio de recursos computacionais de alto desempenho. O GEE possui um catálogo de dados pronto para análise, sendo acessado e controlado por meio de uma interface de programação acessível pela web em JavaScript. Foi concebido com o objetivo principal de estudar problemas sociais de alto impacto como seca, doenças, segurança alimentar, gerenciamento de água, monitoramento climático, proteção ambiental, dentre outros (GORELICK et al. 2017).

Devido ao grande volume de dados necessários para o desenvolvimento do estudo proposto, optou-se pela utilização desta plataforma para as etapas relacionadas aos cálculos dos índices de vegetação e de interpretação visual para classificação das amostras.

3.1.1.2 Google Fusion Tables

O *Google Fusion Tables* (GFT) é apresentado por Gonzalez et al. (2010a), como um serviço de integração e gerenciamento de dados em nuvem lançado em junho de 2009 e concebido com o intuito de gerenciar e disponibilizar dados *on-line*. Esta plataforma permite o *upload* e a manipulação de dados tabulares como planilhas com até 100 MB. Os dados podem conter objetos geográficos, como pontos, linhas e polígonos.

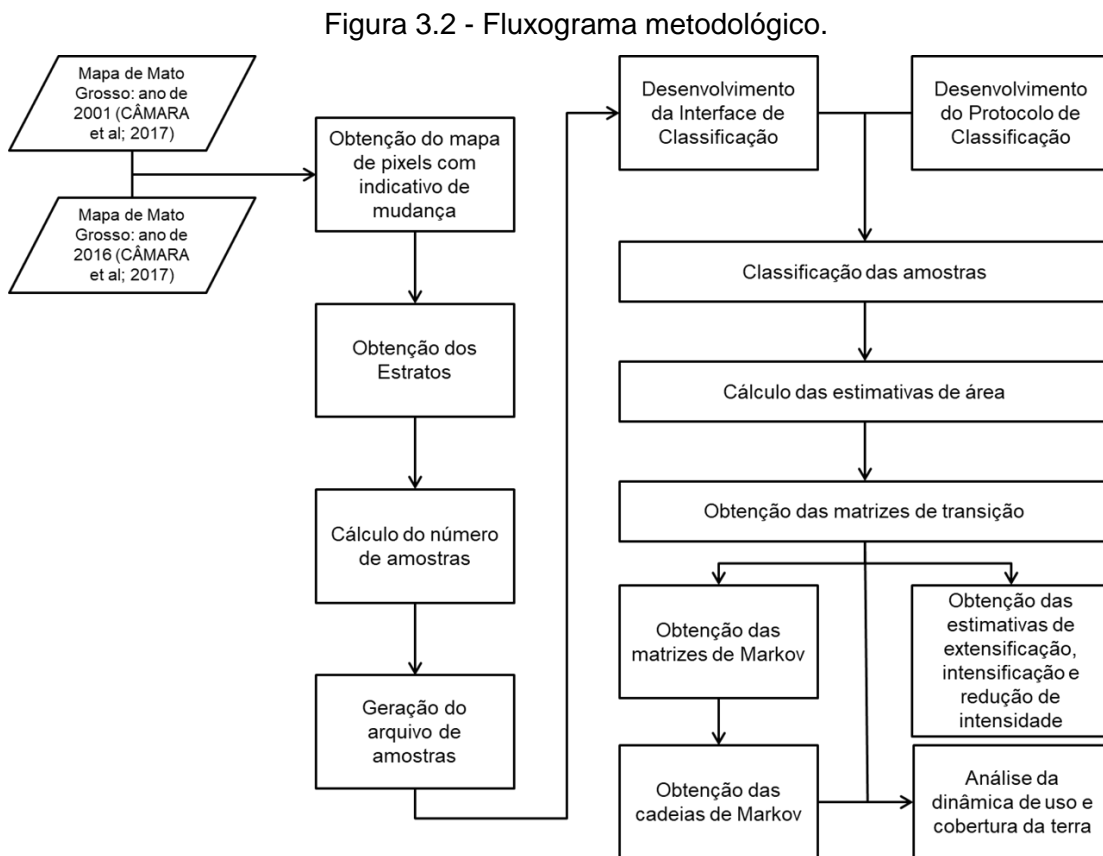
O GFT disponibiliza diversas formas de visualização para os dados como gráficos, mapas e *timelines*. Os usuários podem manter os dados privados, compartilhá-los com um conjunto selecionado de colaboradores ou torná-los públicos (GONZALEZ et al., 2010a). Esta possibilidade de compartilhamento dos dados possibilita a utilização não só por outros usuários, mas também em outras plataformas e/ou Interfaces de Programação de Aplicativos (GONZALEZ et al., 2010b).

3.1.2 Dados utilizados

Neste trabalho, foram utilizadas imagens *Landsat-like*. Chama-se de imagens *Landsat-like*, aquelas provenientes de sensores da família Landsat, ou de sensores com características semelhantes, como resolução espacial e posicionamento das bandas espectrais, por exemplo (FORMAGGIO e SANCHES, 2017). Assim utilizaram-se imagens obtidas pelos sensores Landsat 5, 7 e 8 (Tier 1), e Sentinel-2 (Level-1C). Também foram utilizados dados MOD13Q1 e MOD09Q1, a partir dos quais foram obtidos os perfis temporais de NDVI para cada amostra.

3.2 Métodos

A Figura 3.2 apresenta as etapas do trabalho organizadas em um fluxograma. Este trabalho partiu basicamente de três etapas distintas: i) obtenção de um mapa com indicativo de mudança, ii) desenvolvimento de uma interface de classificação amostral, e iii) desenvolvimento de um protocolo amostral.



A partir do mapa de pixels com indicativo de mudança foram obtidos os estratos e o número de amostras. Estas, foram sorteadas aleatoriamente e então classificadas na interface desenvolvida, seguindo o protocolo de classificação. Com as amostras classificadas obtiveram-se as estimativas e realizada a análise da dinâmica de transição entre as classes de uso e cobertura da terra. A seguir, são pormenorizadas as etapas da metodologia deste trabalho.

3.2.1 Obtenção dos estratos

Câmara et al. (2017) classificaram o uso e cobertura da terra anualmente no estado de Mato Grosso entre os anos de 2001 a 2016, a partir de dados do sensor MODIS, gerando como produto mapas anuais com 12 classes e com tamanho de pixel de 231,656 m. Com base neste trabalho foi realizada uma diferença de classes entre o mapa de 2016 com o mapa de 2001, a partir de onde obteve-se um mapa binário com pixels com indicativo de mudança (valor 1) e com pixels que apresentaram a mesma classe em ambos os mapas (valor 0). Em seguida, essa imagem foi segmentada conforme Adami et al. (2007).

Para cada segmento, foi calculado o total de pixels com indicativo de mudança. Em seguida, foi obtido o percentual de mudança em cada segmento (PMS), conforme:

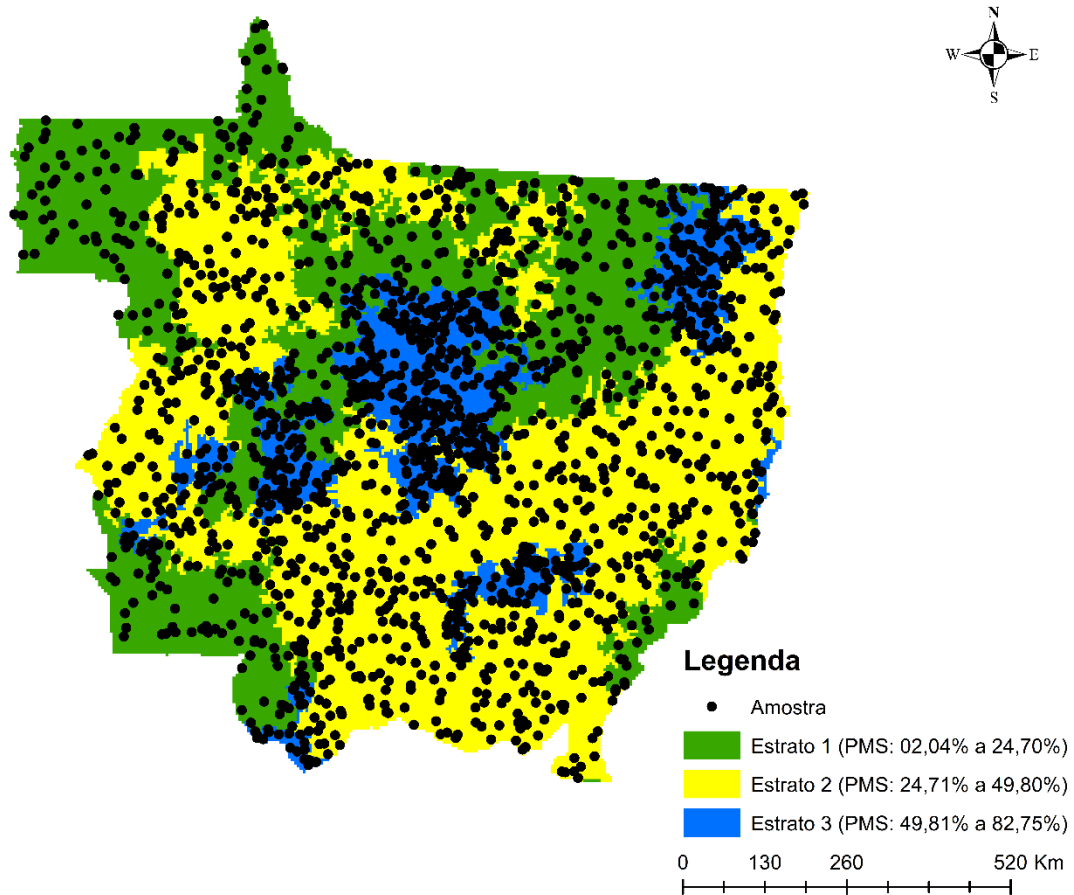
$$PMS = \left(\frac{A_{IMS}}{A_S} \right) * 100 \quad (3.1)$$

onde: A_{IMS} é a área do segmento em pixels ocupada por pixels com indicativo de mudança, A_S é a área total do segmento em pixels.

Em seguida, os segmentos foram divididos em três estratos, buscando reduzir a variância entre os elementos de cada estrato e maximizar a variância entre os estratos (JENKS, 1967) (Figura 3.3). A divisão dos estratos a partir do indicativo de mudança deu-se pelo fato destas áreas refletirem a dinâmica de uso da terra e indicar quais os principais usos antrópicos que se estabelecem sobre áreas naturais antropizadas. Assim, o Estrato 1 agrupou os segmentos com PMS entre 2,04% e 24,70%. O Estrato 2 agrupou os segmentos com PMS

entre 24, 71% e 49,80%. E por fim, o Estrato 3 constituiu-se pelo agrupamento de segmentos com *PMS* entre 49,81% e 82,75%.

Figura 3.3 – Amostras e estratos formados pela aproximação de pixels com indicativo de mudança.



Fonte: Produção do autor.

3.2.2 Cálculo do tamanho amostral

Com os estratos já divididos foi determinado o tamanho amostral (Figura 3.3). Inicialmente calculou-se o percentual médio de área ocupada por pixels com indicativo de mudança em cada estrato (*PME*), conforme Equação 3.3:

$$PME = \left(\frac{A_{IME}}{A_E} \right) * 100 \quad (3.2)$$

onde: A_{IME} é a área do estrato em pixels ocupada por pixels com indicativo de mudança, A_E é a área total do estrato em pixels.

Obteve-se *PME* de 14,12%, 31,92% e 59,25% para os Estratos 1, 2 e 3, respectivamente. A partir daí, considerando uma distribuição multinomial, utilizando 15 classes ($k=15$), intervalo de confiança de 95%, erro máximo da amostragem de 5%, realizou-se o cálculo do tamanho amostral para cada um dos estratos conforme Congalton e Green (2009), pela equação:

$$n = \frac{B\Pi_i(1 - \Pi_i)}{b_i^2} \quad (3.3)$$

$$B = \chi^2_{(1, 1-\frac{\alpha}{k})} \quad (3.4)$$

onde: n é o número de amostras, B é o valor $(\frac{\alpha}{k})$ multiplicado pelo centésimo percentil da distribuição χ^2 com 1 grau de liberdade, α é o nível de significância, e k é o número de classes, Π_i refere-se a probabilidade de se encontrar um pixel i com indicativo de mudança na área, b_i é o erro da amostragem.

O tamanho amostral calculado foi de 2.000 amostras, das quais 418 para o Estrato 1, 749 para o Estrato 2 e 833 para o Estrato 3. Em seguida realizou-se o sorteio aleatório das amostras dentro de cada estrato. Posteriormente, realizou-se a intersecção das amostras com o mapa de vegetação do IBGE (IBGE, 2004), a partir de onde extraiu-se, para cada amostra, a classe vegetal onde ela está inserida de acordo com este mapa.

O conjunto amostral corresponde a um arquivo no formato *shapfile* e após os procedimentos descritos acima, foi realizado seu *upload* na plataforma GEE para então se iniciar a classificação visual.

3.2.3 Estimativas de área

As estimativas de área para cada classe foram obtidas por expansão direta (COCHRAN, 1977; THOMPSON, 2012):

$$\hat{Z}_c = \sum_{h=1}^m e_h \sum_{i=1}^{n_{hc}} Z_{cih} \quad 3.5$$

onde: \hat{Z}_c é a área estimada da classe c ; sendo n_{hc} o número de amostras da classe c no estrato h , com $h = 1, \dots, m$, onde i é o índice que representa a amostra com $i = 1, \dots, n_{hc}$; e_h é o fator de expansão, definido por: $e_h = n_h/N_h$; Z_{cih} é a área da classe c , no i -ésimo elemento do estrato h , sendo i o índice que representa o elemento amostrado com $i = 1, \dots, n_h$; sendo n_h o número de amostras no estrato h ; e N_h o número total de elementos no estrato h .

Em seguida, estimou-se a variância (COCHRAN, 1977; THOMPSON, 2012):

$$VAR(\hat{Z}_c) = \sum_{h=1}^m N_h(N_h - n_h) \left(\frac{s_{ch}^2}{n_h} \right) \quad 3.6$$

onde: s_{ch}^2 é a variância estimada da classe c no estrato h , definida por:

$$s_{ch}^2 = \frac{1}{n_h - 1} \sum_{i=1}^{n_h} (Z_{cih} - \bar{z}_{ch})^2 \quad 3.7$$

onde: \bar{z}_{ch} é a área média da classe c no estrato h , definida por:

$$\bar{z}_{ch} = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} Z_{cih} \quad 3.8$$

Após, estimou-se o intervalo de confiança (IC_c), uma medida de incerteza associada a cada estimativa e indicando os limites inferior e superior de variação da média (OLOFSSON et al., 2013, 2014), para cada classe:

$$IC_c = \hat{Z}_c \pm g_{(\alpha/2)} \sqrt{VAR(\hat{Z}_c)} \quad 3.9$$

onde: g é o valor inverso da probabilidade tabelado para uma normal padrão com média zero e desvio padrão 1.

3.2.4 Configuração das Imagens *Landsat-like*

As imagens *Landsat-like* utilizadas foram obtidas em reflectância no topo da atmosfera. Optou-se por se utilizar somente imagens com menos de 25% de cobertura de nuvens a fim de reduzir o volume de dados utilizados, bem como diminuir a possibilidade de ocorrência de nuvens na área amostrada.

Para visualização das imagens, utilizou-se uma composição colorida falsa cor, com as bandas do infravermelho próximo, infravermelho médio e vermelho associadas as cores vermelha, verde e azul, respectivamente. A escolha de tal composição se deu, pois essa composição realça a vegetação verde sadia e facilita a diferenciação de alvos (FORMAGGIO e SANCHES, 2017; PONZONI, SHIMABUKURO e KUPLICH, 2012).

3.2.5 Obtenção e seleção dos índices de vegetação e sua temporalidade

Os índices de vegetação NDVI (ROUSE et al. 1973) e *Enhanced Vegetation Index* (EVI2) (JIANG et al. 2008) foram calculados a partir de dados dos produtos MOD09Q1 e MOD13Q1. O NDVI foi calculado a partir da equação:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (3.10)$$

NIR e *Red* referem-se aos valores obtidos pelas bandas localizadas na região do infravermelho próximo e do vermelho do espectro eletromagnético, respectivamente.

Para cálculo do EVI2, inicialmente o valor das bandas foi reescalado para valores entre 0 e 1 (DIDAN et al., 2015; HUETE et al., 1999; JIANG et al., 2008). Posterior a isso, utilizou-se a equação abaixo para seu cálculo:

$$EVI2 = 2,5 * \left(\frac{NIR - Red}{NIR + 2,4 * Red + 1} \right) \quad (3.11)$$

O valor de cada índice para cada amostra foi obtido por meio do pixel dos produtos MODIS interseccionados com o centroide da amostra.

3.2.5.1 Processamento dos índices de vegetação

Os perfis temporais dos índices de vegetação foram suavizados conforme método proposto por Wardlow, Kastens e Egbert (2006). A eficácia da utilização deste método já foi demonstrada por Scaramuzza et al. (2017) no mapeamento e classificação de uso e cobertura da terra no Cerrado brasileiro. Este método consiste em uma janela de tamanho 3 que é deslocada pela série

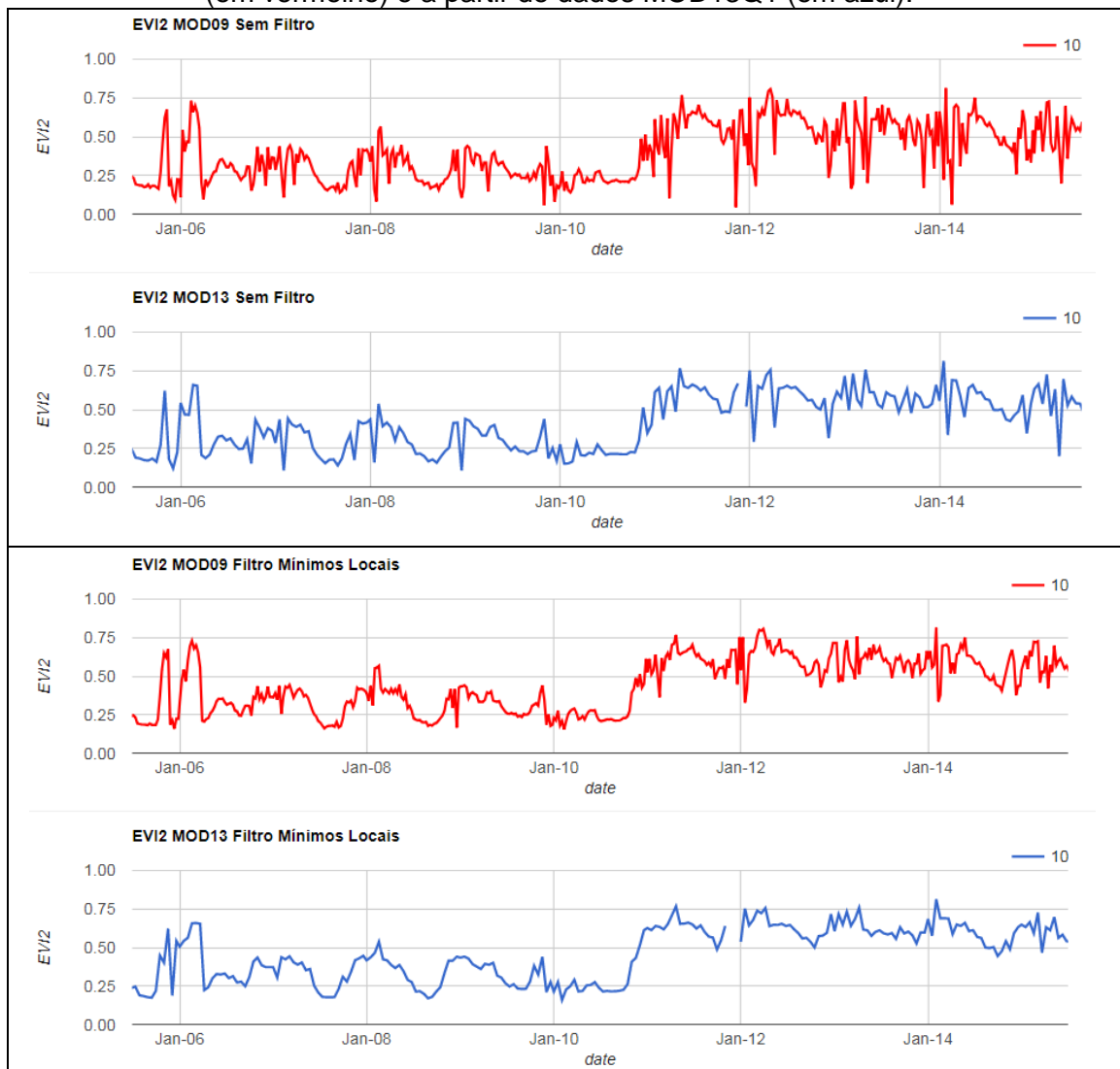
temporal identificando os mínimos locais, os quais correspondem a $IV_{T-1} > IV_T < IV_{T+1}$, sendo IV_T = Índice de Vegetação no tempo T. Todos os mínimos locais identificados recebem um novo valor, igual ao valor mínimo entre IV_{T-1} e IV_{T+1} . É um processo de suavização simples e conservador (WARDLOW, KASTENS e EGBERT, 2006), que mantém a tendência do comportamento do perfil do índice de vegetação e elimina de maneira satisfatória, do ponto de vista visual, ruídos oriundos da presença de nuvens.

Os dados processados foram exportados para o GFT. Tal opção justifica-se pelo fato de que ao se utilizar os dados previamente processados, é possível observar sua consistência antes de sua utilização na classificação. Assim, os dados carregados no GFT foram importados para o GEE e utilizados na plotagem do perfil temporal dos índices de vegetação de cada amostra.

3.2.5.2 Avaliação dos perfis temporais dos índices de vegetação MOD09Q1 e MOD13Q1

Com a finalidade de se analisar os perfis temporais dos índices de vegetação obtidos por meio de dados MOD09Q1 e MOD13Q1, avaliou-se visualmente os gráficos dos perfis temporais de dez “amostras teste”, observando principalmente a presença de ruídos. Estes perfis refletem a sazonalidade do alvo, informação de fundamental importância utilizada na determinação do uso e cobertura da terra (KASTENS et al., 2017; LAMBERT et al., 2011; THENKABAIL; WU, 2012). Para ilustrar essa avaliação, a Figura 3.4 e a Figura 3.5 apresentam como exemplo perfis suavizados e não suavizados.

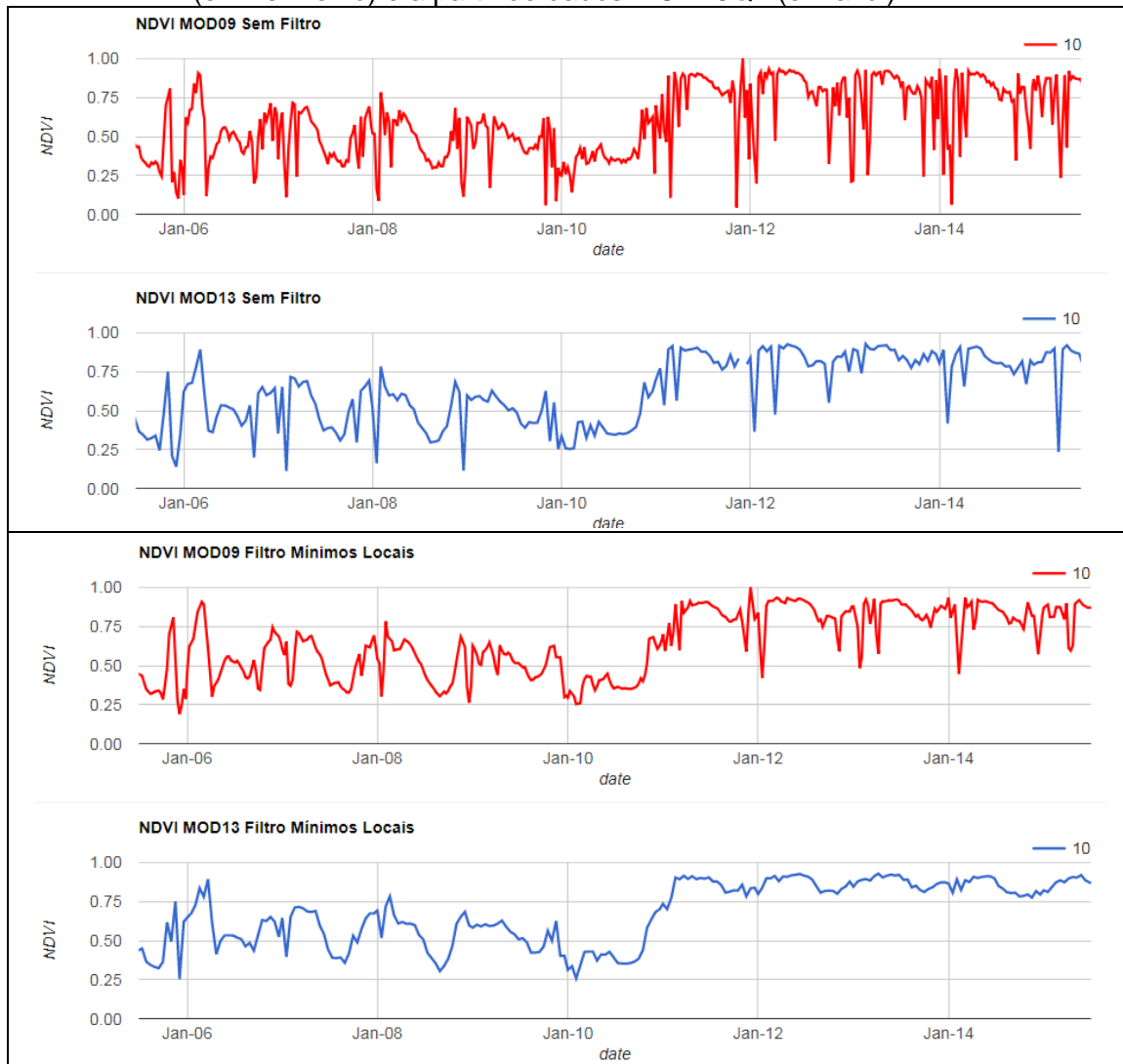
Figura 3.4 - Perfil temporal do EVI2 sem filtro (acima) e após a aplicação de um filtro de mínimos locais (abaixo). Perfis obtidos a partir de dados MOD09Q1 (em vermelho) e a partir de dados MOD13Q1 (em azul).



Fonte: Produção do autor.

Apesar do produto MOD09Q1 ter uma resolução temporal mais fina que o MOD13Q1, notadamente isto não repercutiu em um aumento na qualidade do perfil temporal dos índices de vegetação, uma vez que os dados MOD09Q1 apresentam-se mais ruidosos, de modo que mesmo após a suavização mostraram-se com qualidade visual inferior ao perfil temporal obtido a partir de dados MOD13Q1.

Figura 3.5 - Perfil temporal do NDVI sem filtro (acima) e após a aplicação de um filtro de mínimos locais (abaixo). Perfis obtidos a partir de dados MOD09Q1 (em vermelho) e a partir de dados MOD13Q1 (em azul).



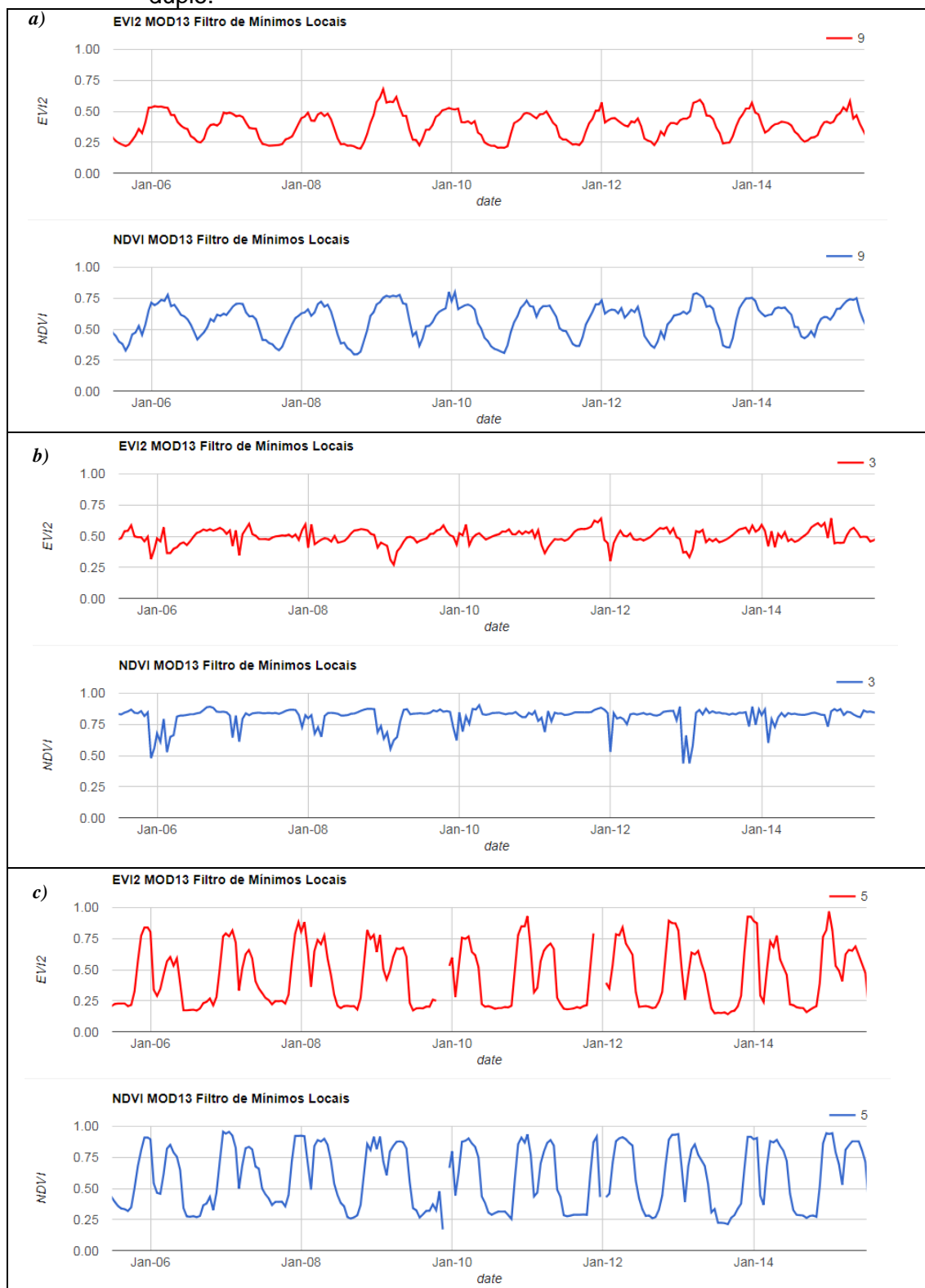
Fonte: Produção do autor.

3.2.5.3 Definição dos perfis temporais de NDVI e EVI2 a serem utilizados

Os perfis temporais de EVI2 e NDVI de diferentes alvos foram avaliados visualmente. Conforme observa-se na Figura 3.6, nota-se que na maioria das vezes, conforme apontado por Jiang et al. (2008), o EVI2 tende a apresentar valores menores que o NDVI, entretanto, ambos apresentam um comportamento temporal semelhante.

No presente trabalho optou-se em utilizar o NDVI, que é o índice mais utilizado em estudos relacionados a vegetação (XIE, SHA e YU, 2018). Apesar desse IV saturar sobre áreas com elevada concentração de biomassa (JIANG et al., 2008), visto que a utilização do NDVI nesse estudo se dá principalmente para observar o comportamento sazonal do alvo observado, tal saturação não configura empecilho ao seu uso.

Figura 3.6 - Comparativo entre perfis temporais de EVI2 (em vermelho) e NDVI (em azul) para: a) pastagem; b) Floresta ombrófila; c) Agricultura com cultivo duplo.

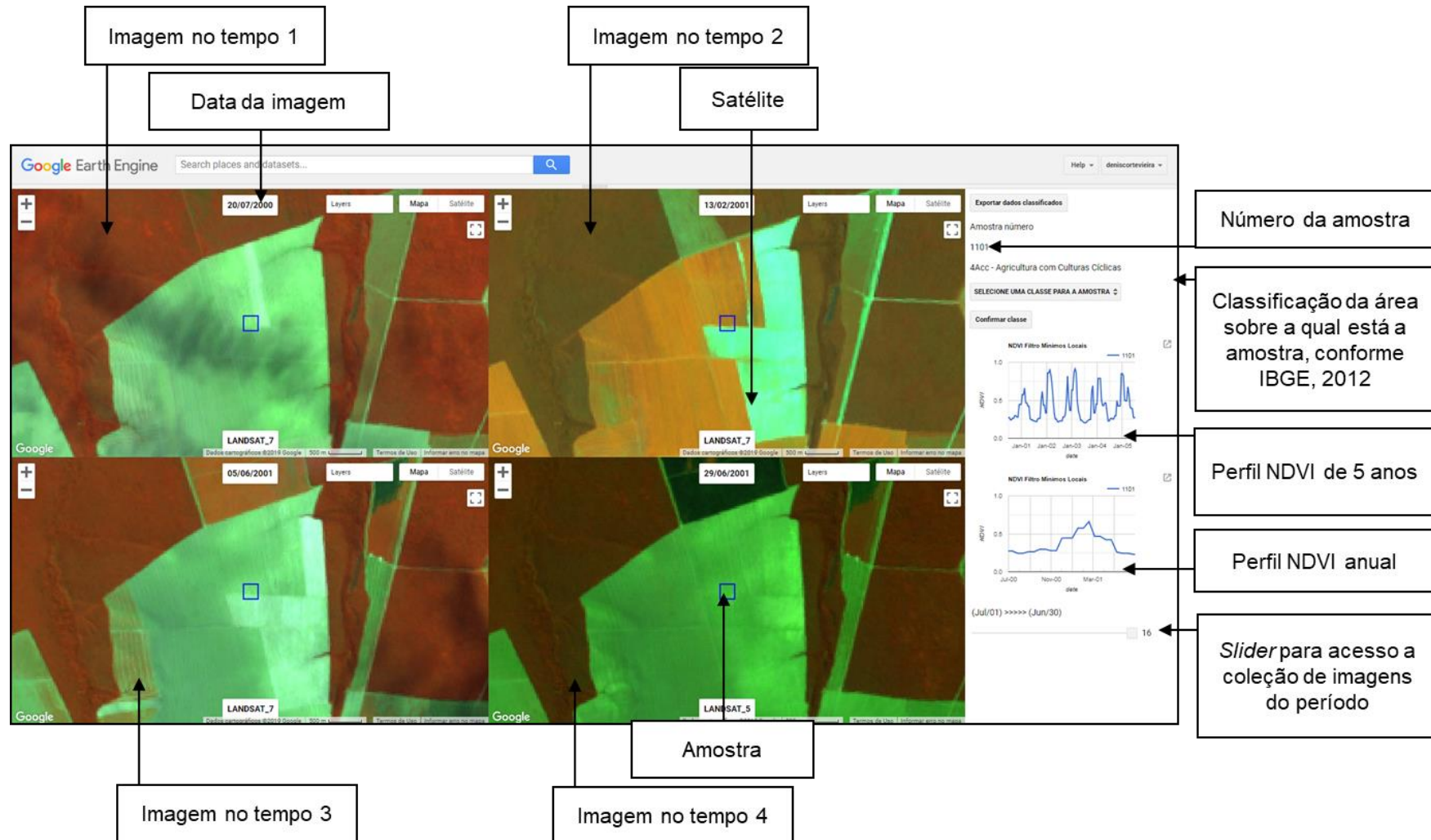


Fonte: Produção do autor.

3.2.6 Interface de classificação

A interface de classificação amostral (Figura 3.7) foi elaborada de modo que apresentasse a variação temporal de cada amostra. Nesse sentido, possui quatro imagens *landsat-like* plotadas em tempos distintos. Para isso, inicialmente é filtrada uma coleção de imagens para a amostra que será classificada e para um período requerido. Da lista de imagens que compõem essa coleção, a imagem na posição 0 da lista é plotada como 'Imagem no tempo 1' e a última imagem é plotada como 'Imagem no tempo 4'. As imagens para plotagem como 'Imagem no tempo 2' e 'Imagem no tempo 3' são determinadas da seguinte forma: i) inicialmente, obtém-se um número a partir do tamanho da coleção de imagens, o qual é dividido por três, sendo arredondado para o valor inteiro mais próximo; ii) adicionando um a esse valor, obtém-se a posição da 'Imagem no tempo 2' na coleção de imagens; iii) multiplicando esse valor por dois e adicionando um, obtém-se a posição da 'Imagem no tempo 3' na coleção de imagens. Cada uma das imagens ao ser plotada indica a sua data na parte superior, e o sensor pelo qual foi obtida na parte inferior, informação importante para indicar o momento ao qual a cena refere-se.

Figura 3.7 - Interface de classificação das amostras no *Google Earth Engine*.

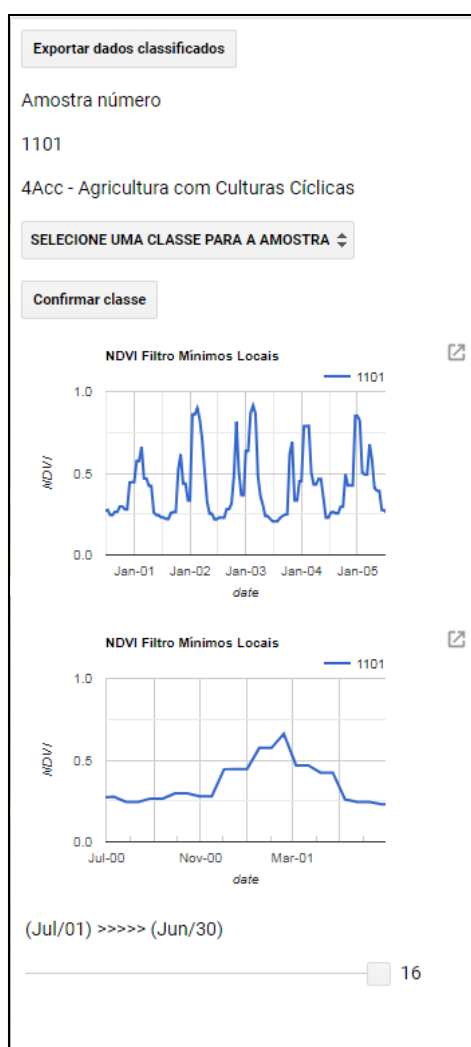


Fonte: Produção do autor.

3.2.6.1 Painel para visualização e manipulação de dados

O painel localizado à direita da interface apresenta os dados de cada amostra selecionada (Figura 3.8). Neste painel é possível visualizar o número da amostra que está sendo classificada, onde ela está inserida segundo a 'Descrição da vegetação, área natural ou antropismo do principal componente' do mapa de vegetação do IBGE (IBGE, 2004), e os perfis temporais do NDVI para a amostra que está sendo classificada.

Figura 3.8 - Painel de visualização de dados e classificação.



Fonte: Produção do autor.

Neste painel também estão localizados um botão para acesso ao menu de seleção da classe para a amostra que está sendo visualizada, um botão para

confirmação da classe selecionada, e um botão para exportar as amostras classificadas, o qual apenas exportará as amostras classificadas em todos os anos-safra estudados. Na parte inferior do painel existe uma barra deslizante para acesso a todas as imagens da coleção. Esta barra indica o número de imagens que compõem a coleção e acessa cada uma delas, sendo que cada imagem acessada por meio dela é plotada no espaço 'Imagem no tempo 4'.

3.2.7 Protocolo de classificação das amostras

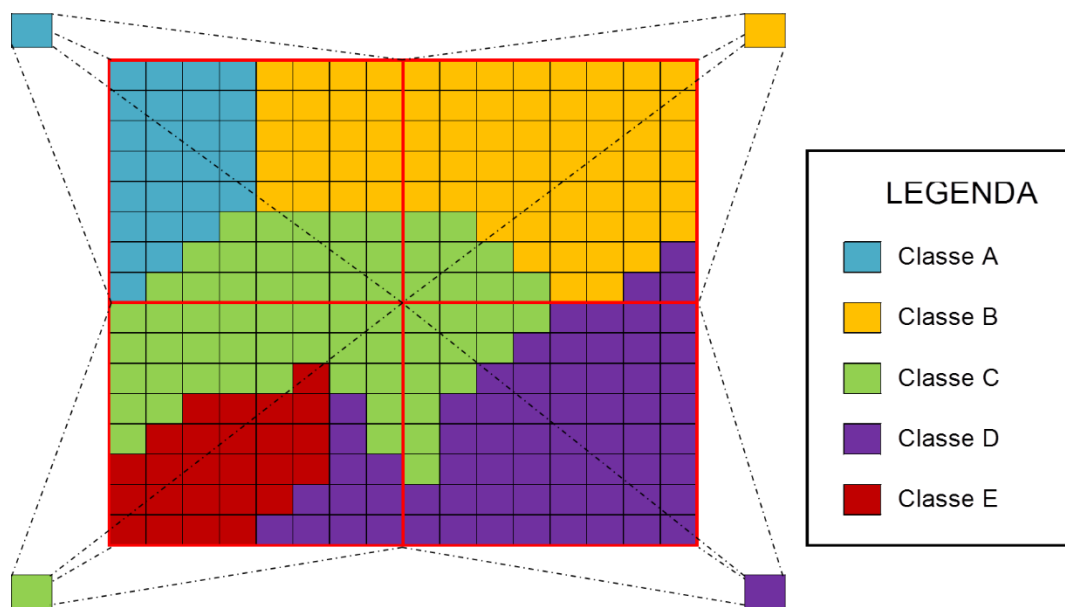
A classificação foi realizada principalmente com base na interpretação visual das imagens *Landsat-like*, na composição colorida falsa cor, com as bandas do infravermelho próximo (NIR), infravermelho de ondas curtas (SWIR) e vermelho (Red) associadas aos canais vermelho (R), verde (G) e azul (B), respectivamente. O perfil temporal do NDVI foi utilizado como informação auxiliar, indicando o comportamento anual da amostra, e também ao longo de cinco anos a partir do ano analisado. Também utilizou-se o mapa de vegetação do IBGE (IBGE, 2004) como informação auxiliar, principalmente para diferenciação entre classes naturais. Além desses dados, também foram utilizadas imagens do *Google Maps*, disponíveis no GEE.

A classificação das amostras dependentes foi realizada de modo que uma amostra fosse classificada para cada ano safra do período estudado, para então se passar para a classificação da próxima amostra. Isso permitiu ao classificador analisar a dinâmica temporal da amostra, dando maior confiabilidade à classificação e conseqüentemente à transição entre as classes. As amostras foram classificadas por um único interprete. Entretanto, amostras que apresentaram-se com classificação duvidosa contaram com o suporte de outros três interpretes.

Pixels amostrados localizados em bordas de talhões podem conter, em diferentes proporções, mais de uma classe em seu interior. Considerando esta possibilidade, o pixel localizado sobre bordas será classificado de acordo com a classe que representar a maior fração contínua de seu interior, conforme

Figura 3.9, o que conseqüentemente poderá ser o maior determinante do perfil temporal de seu índice de vegetação.

Figura 3.9 - Exemplos de classificação de pixels de borda.

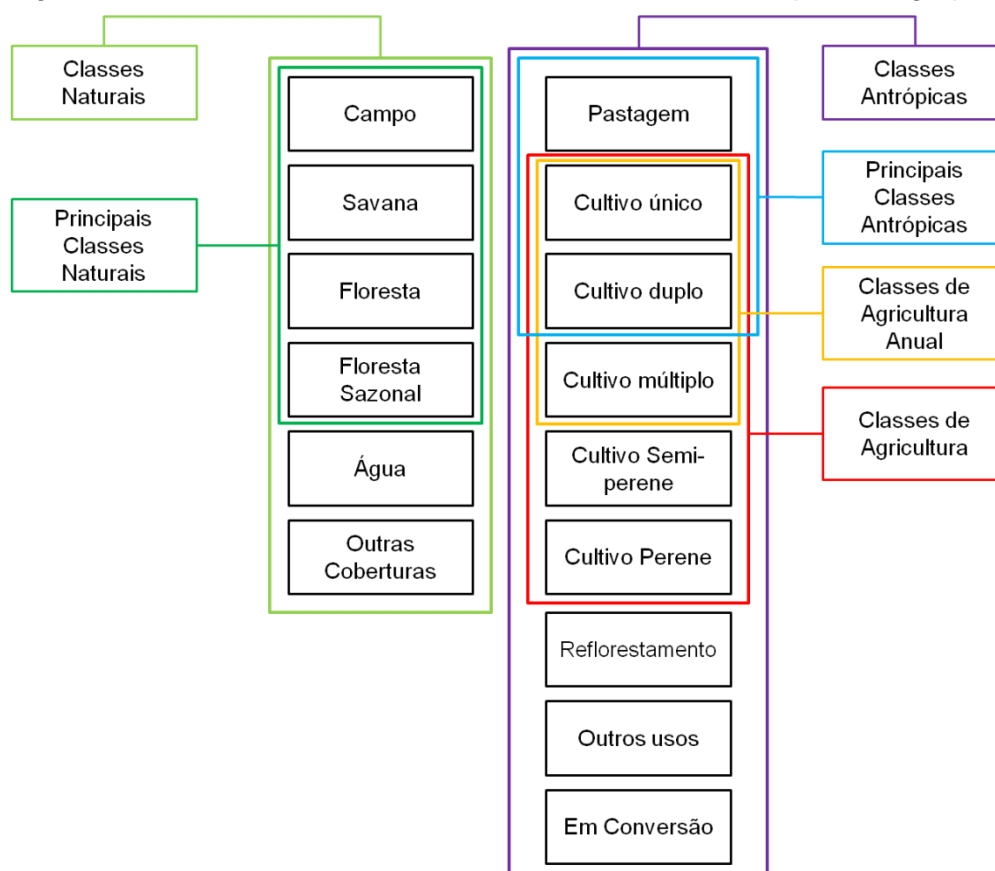


Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1 Classes

As quinze classes utilizadas neste mapeamento, sendo que seis delas representam as áreas naturais e nove classes as áreas antrópicas são apresentadas (Figura 3.10). As classes foram definidas a partir das fitofisionomias naturais e dos usos mais comuns na área de estudo, sendo descritas a seguir (Tabela 3.1).

Figura 3.10 - Classes de uso e cobertura da terra e seus respectivos grupos.



Fonte: Produção do autor.

A área de estudo é composta por três biomas, que contemplam 19 fitofisionomias vegetais (IBGE, 2012). Assim, foi realizado um estudo prévio para entender a estrutura e o comportamento sazonal destas diferentes vegetações. Com base nisso, as fitofisionomias foram agrupadas em quatro classes que buscam refletir a cobertura natural da região. A Tabela 3.1 sintetiza as características de cada uma delas de acordo com diferentes bibliografias, e indica a classe adotada neste estudo.

Tabela 3.1 - Fitofisionomias vegetais que ocorrem nos Biomas do estado de Mato Grosso e a classe a qual foram associadas.

Descrição	Veloso, Rangel Filho e Lima, 1991	Ribeiro e Walter, 1998	EMBRAPA INFORMÁTICA, 2007; FAGRO, 2007; FUNCATE, 2007	IBGE, 2012	Bioma de Ocorrência Comum	Classe
Floresta com dossel denso e sempre-verde, árvores de até 50m e chuvas distribuídas ao longo de todo ano.	Floresta Ombrófila Densa	-	Floresta Ombrófila Densa	Floresta Ombrófila Densa	Amazônia	Floresta
Floresta com dossel que pode apresentar aberturas pela presença de cocal, bambuzal, cipozal e sororocal, árvores de até 50m e chuvas distribuídas ao longo de todo ano.	Floresta Ombrófila Aberta	-	Floresta Ombrófila Aberta	Floresta Ombrófila Aberta	Amazônia	Floresta
Floresta com dossel uniforme e sempre-verde, árvores de 25 a 40m, com estação seca definida	-	Mata Seca Sempre-Verde	-	Floresta Estacional Sempre-Verde	Amazônia, Cerrado e Pantanal	Floresta
Floresta com dossel fechado , árvores de até 20m, com estação seca definida, onde há perda entre 20 a 50% das folhas	Floresta Estacional Semidecidual	Mata Seca Semidecidual	Floresta Estacional Semidecidual	Floresta Estacional Semidecidual	Amazônia, Cerrado e Pantanal	Floresta Sazonal
Floresta com dossel fechado , árvores de até 20m, com estação seca definida, onde há perda de mais de 50% das folhas	Floresta Estacional Decidual	Mata Seca Decidual	Floresta Estacional Decidual	Floresta Estacional Decidual	Amazônia, Cerrado e Pantanal	Floresta Sazonal
Floresta localizada na borda de rios de médio e grande porte, com largura média pós-leito de 100m	-	Mata Ciliar	-	-	Cerrado. Apesar de ser definida por Ribeiro e Walter (1998) em seu estudo sobre o Cerrado, pode ocorrer na Amazônia e no Pantanal	Floresta ou Floresta Sazonal (conforme comportamento temporal do Índice de Vegetação)
Floresta localizada na borda de rios de pequeno porte e córregos, com largura média pós-leito de 100m, árvores com altura de até 30m, normalmente circundada por vegetação não-florestal	-	Mata de Galeria	-	-	Cerrado. Apesar de ser definida por Ribeiro e Walter (1998) em seu estudo sobre o Cerrado, pode ocorrer	Floresta ou Floresta Sazonal (conforme comportamento temporal do Índice de Vegetação)

Descrição	Veloso, Rangel Filho e Lima, 1991	Ribeiro e Walter, 1998	EMBRAPA		Bioma de Ocorrência Comum	Classe
			INFORMÁTICA, 2007; FAGRO, 2007; FUNCATE, 2007	IBGE, 2012		
					na Amazônia e no Pantanal.	
Formação florestal, dossel com cobertura arbórea entre 50 a 90%, vegetais com folhas duras e/ou coriáceas. Mais comum ao Cerrado	Savana Florestada	Cerradão	Savana Florestada	Savana Florestada	Cerrado e Pantanal. Pode ocorrer na Amazônia	Floresta Sazonal
Vegetação raquítica de porte florestal, com dossel fechado, comum às bacias dos rios Negro, Orinoco e Branco	Campinarama Florestada	-	Campinarama Florestada	Campinarama Florestada	Amazônia	Floresta
Vegetação raquítica de porte arbóreo-arbustivo, comum às bacias dos rios Negro, Orinoco e Branco	Campinarama Arborizada	-	Campinarama Arborizada, Campinarama Arbustiva	Campinarama Arbustiva	Amazônia	Savana
Vegetação herbácea ocorre nas planícies encharcadas próximas aos rios de água preta	Campinarama Gramíneo-Lenhosa	-	Campinarama Gramíneo-Lenhosa	Campinarama Gramíneo-Lenhosa	Amazônia	Campo
Vegetação arbórea de porte baixo, com árvores tortuosas e inclinadas. Mais comum ao Cerrado	Savana Arborizada	Cerrado Sentido Restrito	Savana Arborizada	Savana Arborizada	Cerrado e Pantanal. Pode ocorrer na Amazônia	Savana
Vegetação herbácea com árvores esparsas e arbustos isolados ou em pequenos grupos. Mais comum ao Cerrado	Savana Parque	Parque de Cerrado, Vereda, Palmeiral, Campo-Sujo e Campo-Rupestre	Savana Parque	Savana Parque	Cerrado e Pantanal. Pode ocorrer na Amazônia	Campo
Vegetação herbácea entremeada por raros arbustos. Mais comum ao Cerrado	Savana Gramíneo-Lenhosa	Campo-Limpo	Savana Gramíneo-Lenhosa	Savana Gramíneo-Lenhosa	Cerrado e Pantanal. Pode ocorrer na Amazônia	Campo
Formação florestal, dossel com cobertura arbórea entre 50 a 90%. Não comum no Cerrado	Savana Estépica Florestada	-	Savana Estépica Florestada	Savana Estépica Florestada	Pantanal. Pode Ocorrer na Amazônia. Não comum no Cerrado	Floresta
Vegetação arbórea de porte baixo, com árvores tortuosas e inclinadas. Não comum no Cerrado	Savana Estépica Arborizada	-	Savana Estépica Arborizada	Savana Estépica Arborizada	Pantanal. Pode Ocorrer na Amazônia. Não comum no Cerrado	Savana
Vegetação herbácea com árvores esparsas e	Savana Estépica	-	Savana Estépica	Savana Estépica	Pantanal. Pode Ocorrer	Campo

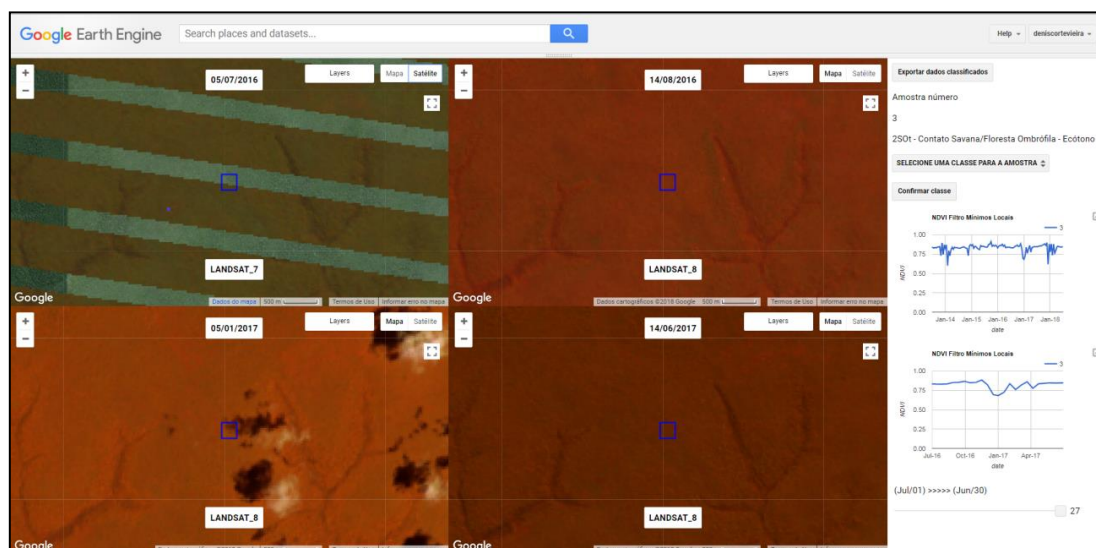
Descrição	Veloso, Rangel Filho e Lima, 1991	Ribeiro e Walter, 1998	EMBRAPA		Bioma de Ocorrência Comum	Classe
			INFORMÁTICA, 2007; FAGRO, 2007; FUNCATE, 2007	IBGE, 2012		
arbustos isolados ou em pequenos grupos. Não comum no Cerrado	Parque		Parque	Parque	na Amazônia. Não comum no Cerrado	
Vegetação herbácea entremeada por raros arbustos. Não comum no Cerrado	Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa	-	Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa	Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa	Pantanal. Pode Ocorrer na Amazônia. Não comum no Cerrado	Campo
Contato entre fitofisionomias com estruturas semelhantes, formando conjuntos geralmente muito homogêneos ou uniformes	Sistema de Transição/Ecótono	-	Sistem de Transição/Ecótono	Sistem de Transição/Ecótono	Amazônia, Cerrado e Pantanal	Conforme maior área contínua na amostra
Contato entre fitofisionomias com estruturas diferentes, onde há uma área de 'mistura'	Sistema de Transição/Enclave	-	Sistem de Transição/Enclave	Sistem de Transição/Enclave	Amazônia, Cerrado e Pantanal	Conforme maior área contínua na amostra
Vegetação diferenciada nos aspectos florístico e fisionômico da flora dominante de determinada região.	Refúgio Vegetacional	-	Refúgio Vegetacional	Refúgio Vegetacional	Amazônia, Cerrado e Pantanal	Conforme maior área contínua na amostra

Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.1 Floresta

A classe 'Floresta' refere-se a áreas com as fitofisionomias características da Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Sempre-Verde. Conforme exemplificado na Figura 3.11, em imagens em composição colorida com as bandas do NIR, SWIR e Red, associadas aos canais vermelho (R), verde (G) e azul (B), respectivamente, possuem coloração com tons tendendo ao marrom e ao laranja, com textura normalmente rugosa. Quanto ao NDVI, seu comportamento tende a apresentar valores elevados durante todo o ano, sem a ocorrência de sazonalidade.

Figura 3.11 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Floresta.



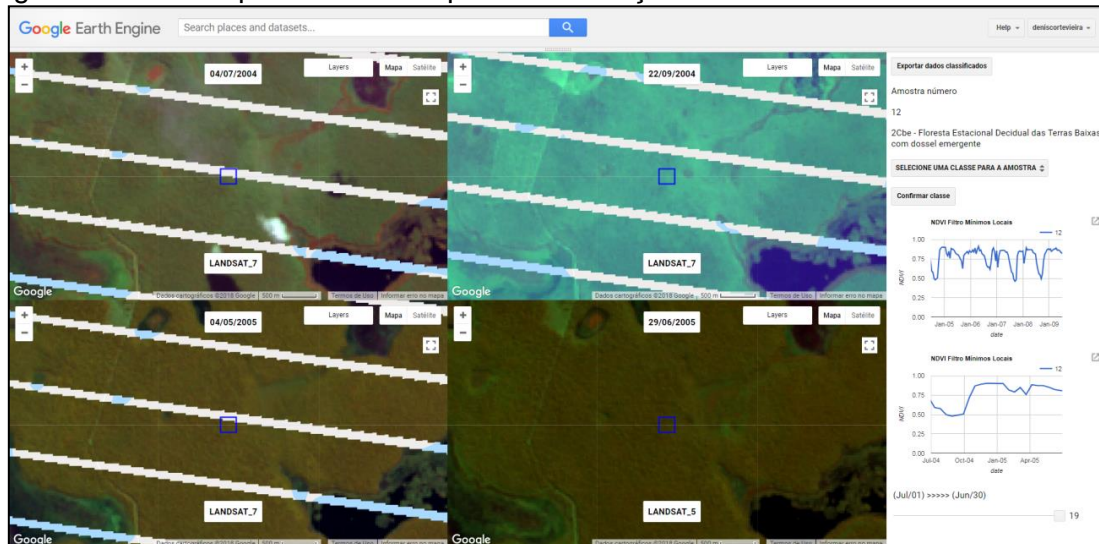
Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.2 Floresta Sazonal

A classe 'Floresta Sazonal' refere-se a áreas com as fitofisionomias características da Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Estacional Decídua e Savana Florestada. Conforme observa-se na Figura 3.12, na composição colorida de imagens adotada, estas áreas têm coloração com tons tendendo ao marrom e ao laranja na estação chuvosa, e tons esverdeados na estação seca, sendo sua textura normalmente rugosa. Quanto ao NDVI, seu comportamento está atrelado à ocorrência das estações seca e chuvosa, sendo que de acordo com sua deciduidade, tende a apresentar valores baixos

na estação seca e mais altos na estação chuvosa. Em comparação a classe savana e campo, floresta sazonal apresenta tanto seus valores de máximo quanto de mínimo NDVI maiores e amplitude menor, além disso, seu período de mínimo NDVI normalmente apresenta-se com menor duração.

Figura 3.12 - Exemplo de interface para classificação de amostra de Floresta Sazonal.

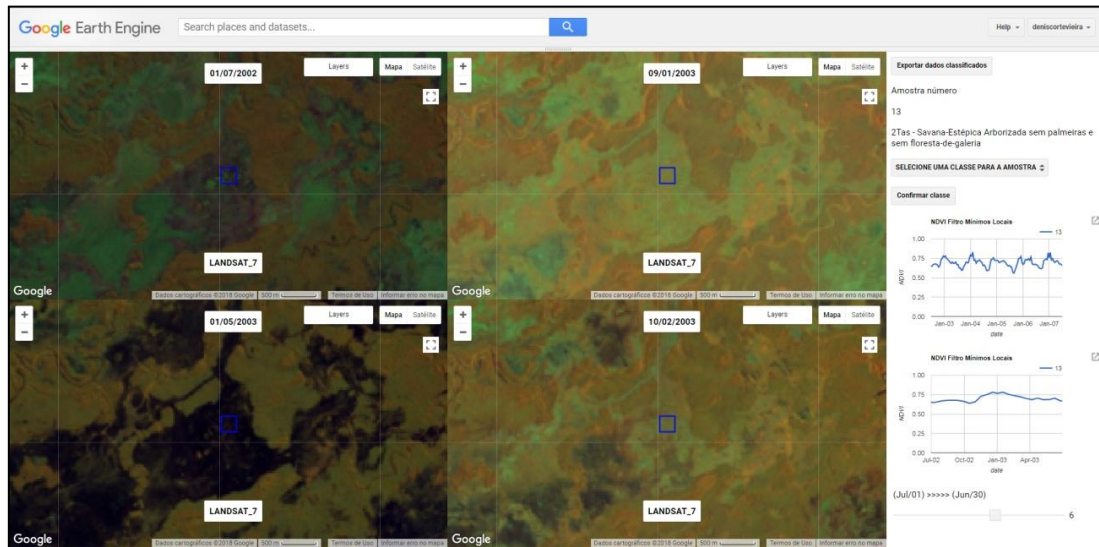


Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.3 Savana

Considerou-se como classe 'Savana' áreas com as fitofisionomias características da Savana Arborizada e Savana Estépica Arborizada, as quais possuem cor em tons tendendo do laranja ao vermelho nas imagens em composição RGB NIR-SWIR-Red, com textura de intermediária a rugosa, e forma geométrica irregular (SANO et al., 2010). Da mesma maneira que o campo, o comportamento espectro-temporal dessa classe está atrelado à ocorrência das estações seca e chuvosa, com valores baixos na estação seca e mais altos na estação chuvosa (Figura 3.13). As classes campo e savana apresentam um perfil temporal de NDVI e amplitude semelhantes, mas a savana possui valores máximos e mínimos de NDVI, bem como seu perfil temporal como um todo, com valores maiores.

Figura 3.13 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Savana.



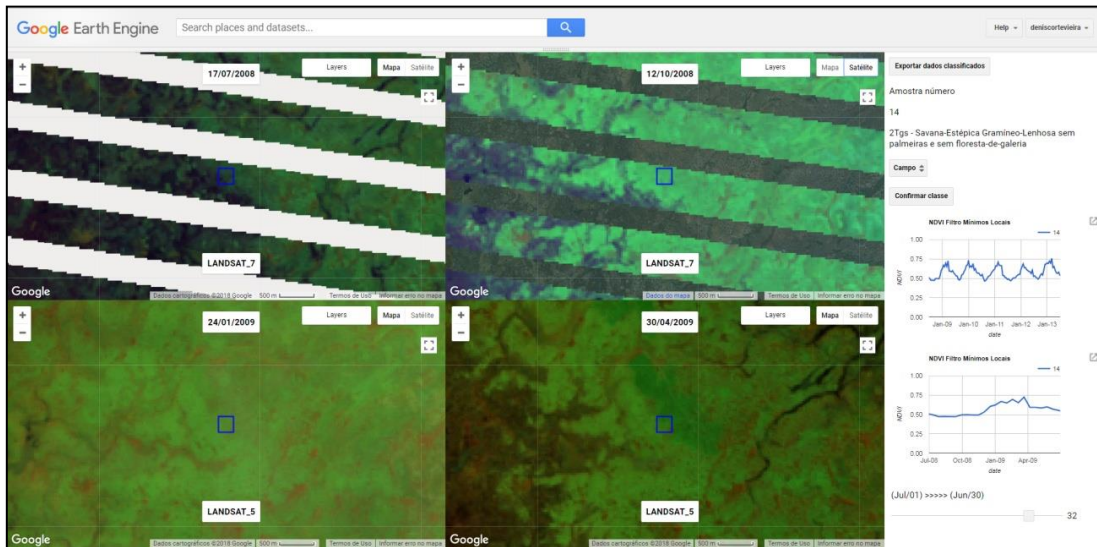
Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.4 Campo

Áreas com as fitofisionomias características da Savana Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa e Savana Estépica Parque, as quais apresentam tonalidade esverdeada em imagens em composição RGB NIR-SWIR-Red, textura intermediária a rugosa e forma geométrica irregular foram classificadas como 'Campo' (SANO et al., 2010). Quanto ao comportamento espectro-temporal, a variação dos valores de NDVI segue a sazonalidade da precipitação de chuva na região, estando atrelado às estações seca e chuvosa, com valores baixos na estação seca e mais altos na estação chuvosa.

A Figura 3.14 mostra uma amostra da classe 'Campo'. Além disso, mostra também as falhas nas imagens Landsat-7 ('Imagem no tempo 1' e 'Imagem no tempo 2'), comuns após o ano de 2003. Na 'Imagem no tempo 2' é possível notar a utilização de uma imagem do *Google Maps* entre as falhas da imagem.

Figura 3.14 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Campo.

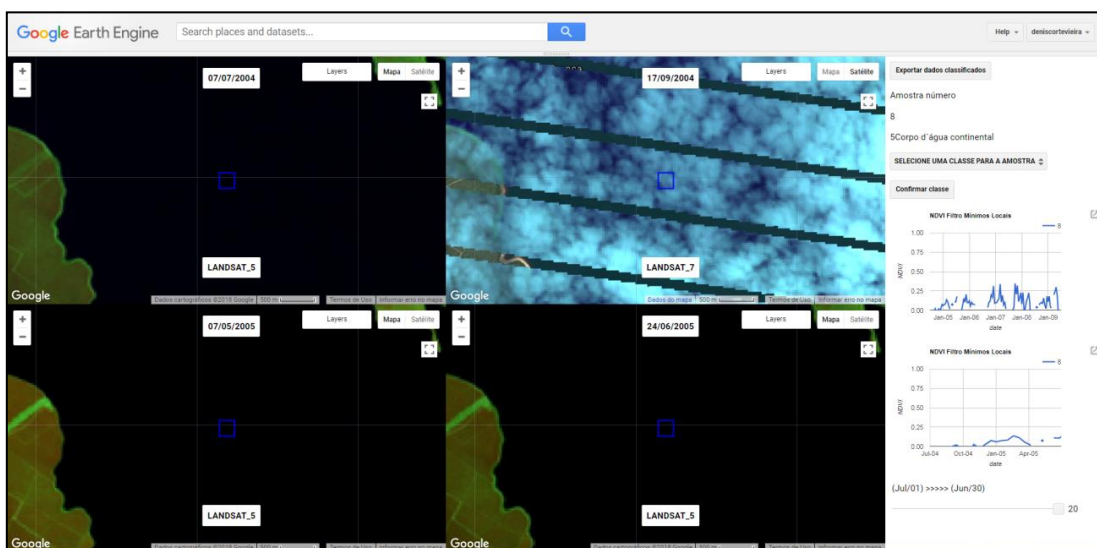


Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.5 Água

Área que apresente durante todo o ano observado cobertura por lamina d'água foi classificada como 'Água'. Possui preto ou azul-escuro como tonalidade característica em imagens em composição colorida RGB NIR-SWIR-Red e NDVI com valores próximos a zero, conforme Figura 3.15. Observou-se durante a análise dos dados de NDVI que grandes áreas cobertas com água, como lagos, por exemplo, apresentam muitos dados inválidos.

Figura 3.15 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Água.

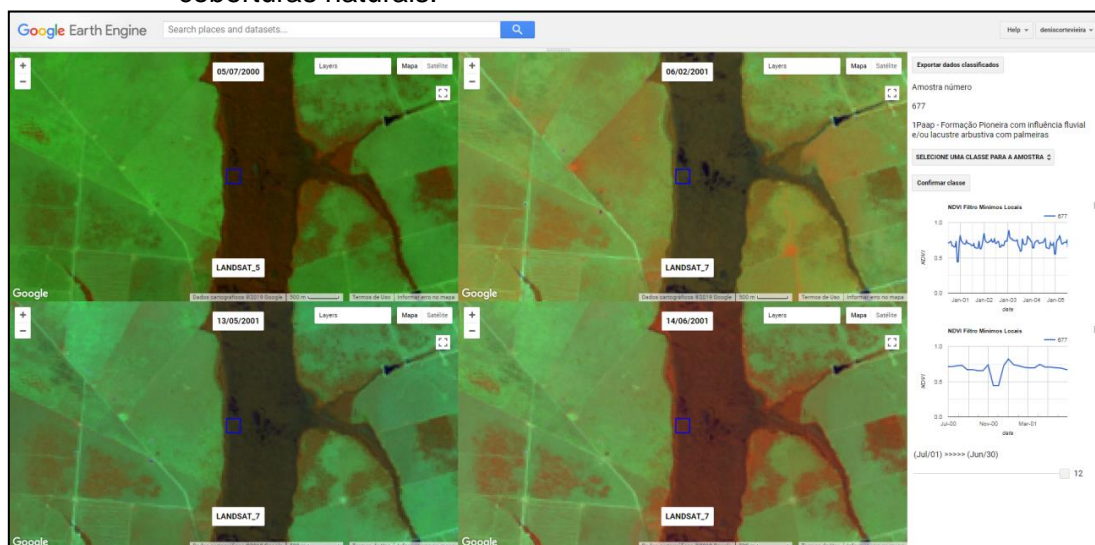


Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.6 Outras Coberturas Naturais

Qualquer cobertura natural que não se enquadre em nenhuma das anteriores, como por exemplo, areia de praia de rio, afloramento rochoso, ou formações pioneiras foi denominada de 'Outras Coberturas Naturais'. Na Figura 3.16 é dado um exemplo de uma amostra localizada sobre formação pioneira com influência fluvial, segundo IBGE (2004).

Figura 3.16 - Exemplo de interface para classificação de amostra como outras coberturas naturais.



Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.7 Cultivo Único

Inicialmente é necessário definir o termo “ano safra” para então se determinar o número de safras em um período de 12 meses. Neste trabalho, o termo ano safra refere-se a um período de 12 meses, iniciado em 1 de julho do ano n e terminado em 30 de junho do ano n+1, da mesma forma considerada pelo Plano Safra que fomenta a atividade agrícola no Brasil (MAPA, 2018).

Uma amostra foi considerada como ‘Cultivo Único’ quando apresentou apenas um cultivo no ano safra observado. Isto pode ser avaliado não somente pelas imagens ao longo do ano, mas também pelo perfil anual do NDVI, que é amplamente utilizado para identificação de culturas anuais (SCARAMUZZA et al., 2017).

O NDVI apresenta valores baixos nos períodos de plantio e de colheita, e valores elevados na época de máximo desenvolvimento vegetativo ou reprodutivo da cultura com apenas um pico de máximo valor de IV no ano (EMBRAPA, 2018), como é o caso apresentado na Figura 3.17, para o ano safra de 2000/2001, a amostra refere-se a uma área com um único cultivo durante o ano safra.

Figura 3.17 - Exemplo de interface para classificação de amostra como cultivo único.

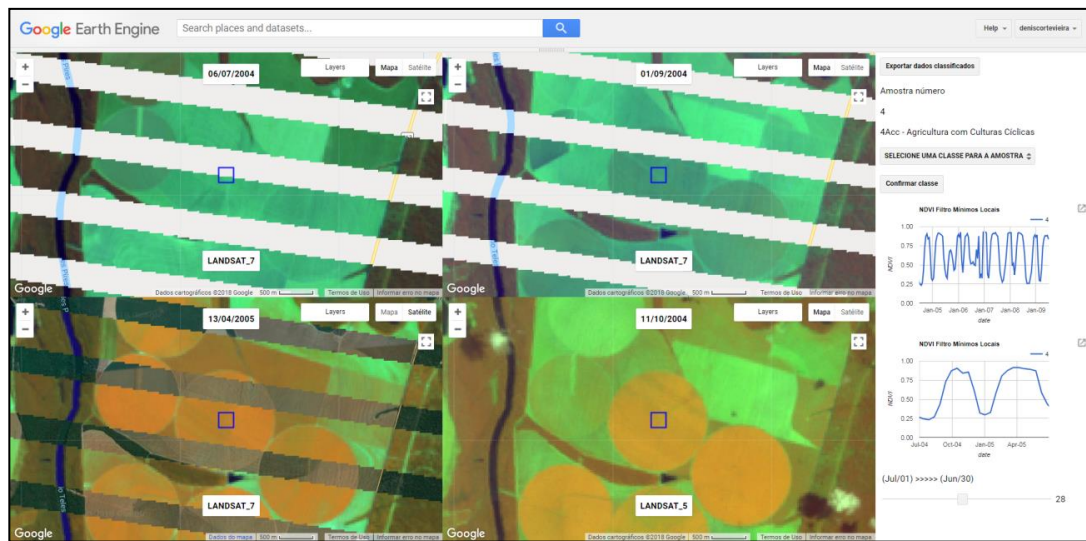


Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.8 Cultivo Duplo

Uma amostra foi considerada como 'Cultivo Duplo' quando apresentou dois cultivos durante o ano safra observado, o que pode ser notado para o ano/safra 2016/2017 (Figura 3.18). Além disso, o perfil anual do NDVI apresentou valores baixos nos períodos de plantio e colheita, e comportamento bimodal com valores elevados na época de máximo desenvolvimento vegetativo das culturas (EMBRAPA, 2018).

Figura 3.18 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Cultivo duplo.

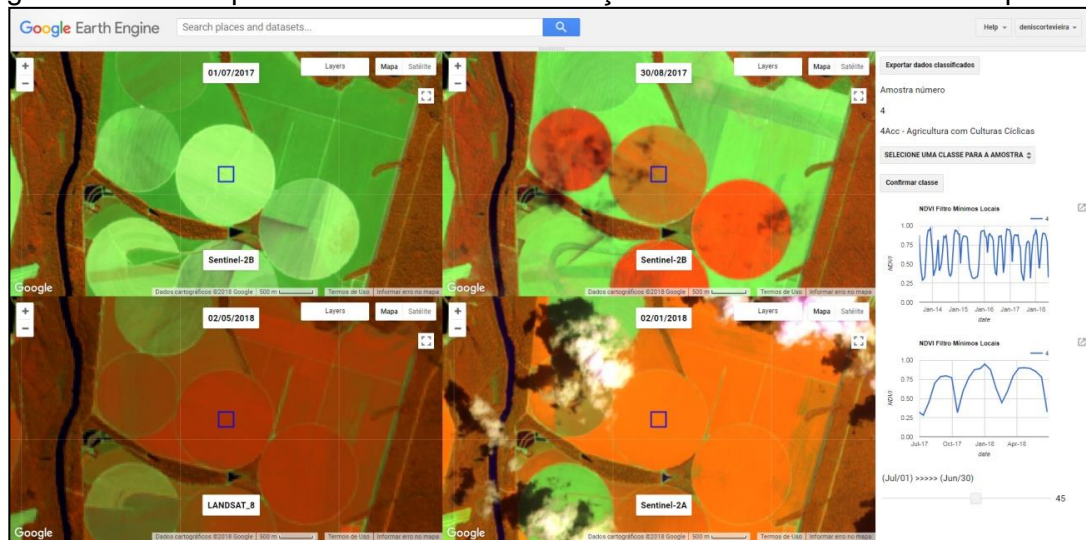


Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.9 Cultivo Múltiplo

Considerou-se como 'Cultivo Múltiplo' quando a amostra apresentou mais de dois cultivos no ano safra observado, o que pode ocorrer de forma mais comum em áreas irrigadas por pivô central, por exemplo (EMBRAPA, 2018). Observando a Figura 3.19, a ocorrência de três cultivos na safra 2017/2018 fica evidenciada não somente pelo que observa-se nas imagens, mas também pelo perfil anual do NDVI que apresenta um comportamento trimodal, indicando em seus valores mais elevados as épocas de máximo desenvolvimento vegetativo e em seus valores mais baixos as épocas de plantio e colheita.

Figura 3.19 - Exemplo de interface de classificação de amostra de cultivo múltiplo.

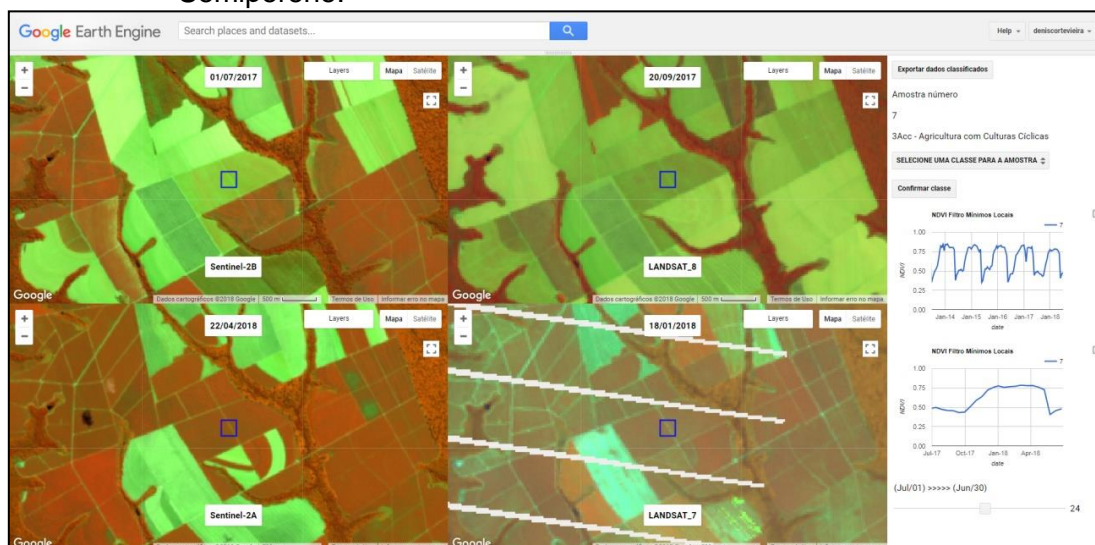


Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.10 Cultivo Semiperene

Uma área com cultivo agrícola que apresenta um único ciclo no ano, ciclo este caracterizado por uma única fase de crescimento e uma única fase de colheita, tendo seu período de crescimento vegetativo e de máximo desenvolvimento vegetativo correspondendo entre 12 a 18 meses é considerada como 'Semiperene', sendo que o plantio nesta área somente voltará a acontecer em um período superior a um ano (RUDORFF et al. 2010). Este comportamento fica evidente ao observarem-se as imagens, que apresentam na maior parte do ano cobertura vegetal, o que fica evidenciado no perfil anual do NDVI, que apresenta uma fase de crescimento, seguida de um comportamento constante com valores altos ao longo de toda fase de desenvolvimento, para então apresentar um abrupto decréscimo causado pela colheita (Figura 3.20). Nesse estudo, a classe Cultivo Semiperene refere-se a cultura da cana-de-açúcar.

Figura 3.20 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Cultivo Semiperene.



Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.11 Cultivo Perene

Áreas agrícolas são consideradas como de 'Cultivo Perene' quando após serem transplantadas e concluir seu ciclo produtivo mantêm pelo menos parte da sua estrutura aérea durante todo o ano, frutificando nas estações propícias, não havendo, portanto, necessidade de resemeadura. Assim, essas culturas apresentam um comportamento constante ao se observar uma série temporal de imagens *Landsat-like*, levando em conta o padrão sazonal da planta, e não considerando a fase de crescimento inicial (FORMAGGIO e SANCHES, 2017). Este comportamento com poucas mudanças também fica evidente no perfil temporal do NDVI, que apresenta valores elevados, denotando assim, cobertura vegetal constante no talhão. Na Figura 3.21, observamos um seringal, onde as imagens e o perfil temporal do NDVI explicitam o padrão decidual desta cultura perene.

Figura 3.21 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Cultivo Perene.

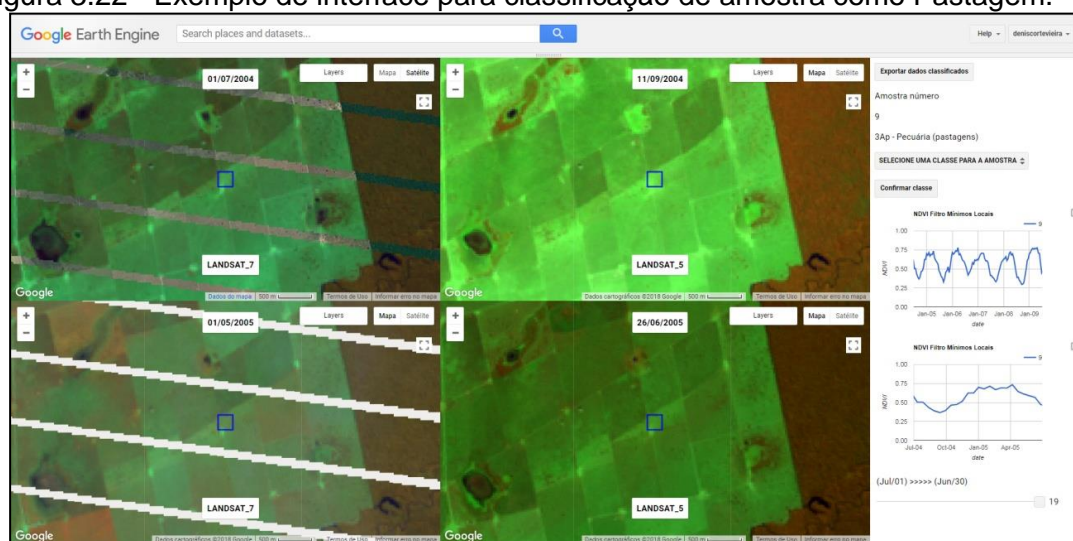


Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.12 Pastagem

Considerando a composição utilizada no presente estudo (RGB NIR-SWIR-Red), de acordo com Sano et al. (2010), alvos com cobertura vegetal pouco densa, como pastagem cultivada, por exemplo, apresentam coloração esverdeada, apresentando textura intermediária a lisa e um padrão geométrico regular (Figura 3.22). Ao se observar o NDVI, nota-se que ele apresenta um comportamento sazonal comum a áreas cultivadas, entretanto com o ciclo mais longo, com picos que normalmente coincidem com a estação chuvosa e valores mínimos com a estação seca (EMBRAPA, 2018).

Figura 3.22 - Exemplo de interface para classificação de amostra como Pastagem.



Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.13 Reflorestamento

Áreas reflorestadas costumam possuir cobertura vegetal densa, apresentando uma tonalidade avermelhada-escura nas imagens em composição RGB NIR-SWIR-Red (Eucalipto e *Pinus*), com textura variando de lisa a intermediária e um padrão geométrico regular com bordas bem definidas (Figura 3.23) (SANO et al., 2010). Quanto ao comportamento do NDVI, sabendo-se que áreas reflorestadas normalmente sofrem um manejo sistemático, envolvendo períodos de plantio, crescimento e corte da vegetação, espera-se um perfil que apresente a variação da fitomassa ao longo dos ciclos produtivos, que podem durar vários anos (EMBRAPA, 2018).

Figura 3.23 - Exemplo de interface para classificação de amostra de Reflorestamento.



Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.14 Outros Usos

Áreas antrópicas que apresentem qualquer outro uso que não se enquadre em nenhuma das classes antrópicas anteriores, como seria o caso de áreas de mineração e áreas urbanas (Figura 3.24), foram denominada 'Outros Usos'.

Figura 3.24 - Exemplo de interface para classificação de amostra como outros usos (Uso Urbano).



Fonte: Produção do autor.

3.2.7.1.15 Em Conversão

Uma amostra é considerada 'Em Conversão' quando ocorre uma mudança no seu uso e cobertura. Na Figura 3.25 é possível observar uma área que apresenta cobertura florestal no início do período estudado e passa a ser usada como pastagem posteriormente. Ao se observar o perfil anual do NDVI, safra 2000/2001 para essa área, é possível notar que no início do período os valores são elevados, próximos a 1 (agosto 2000 a outubro 2000), então ocorre uma variação brusca e passa a ter o comportamento com sazonalidade anual característico de áreas de pastagem, o que fica mais evidente ao se observar o perfil espectro-temporal do NDVI ao longo de 5 anos dessa área.

Figura 3.25 – Exemplo de interface para classificação de amostra como Em Conversão.



Fonte: Produção do autor.

3.2.8 Proporção de transição

Inicialmente foram montadas as matrizes de transição, contendo em ambos os eixos as classes de uso e cobertura da terra para os momentos t e $t + 1$, de modo que cada posição da matriz indicasse a área em transição (C_{axb}) de uma classe a (C_a) no momento t para uma classe b (C_b) no momento $t + 1$ (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Exemplo de matriz de transição.

		$t + 1$			
		C_{1t+1}	C_{2t+1}	C_{3t+1}	
t	C_{1t}	C_{1x1}	C_{1x2}	C_{1x3}	TC_{1t}
	C_{2t}	C_{2x1}	C_{2x2}	C_{2x3}	TC_{2t}
	C_{3t}	C_{3x1}	C_{3x2}	C_{3x3}	TC_{3t}

Fonte: Produção do autor.

A partir da matriz de transição foram calculadas as proporções de transição (PT_{axb}) da classe a para a classe b :

$$PT_{axb} = \frac{C_{axb}}{TC_{at}} \quad 3.12$$

onde: TC_{at} é o total da classe a no tempo t .

Em seguida foram montadas as matrizes de Markov (Tabela 3.3), a partir de onde foram obtidas as cadeias de Markov para apresentar a proporção de conversão de uma classe para outra entre dois instantes

Tabela 3.3 - Exemplo de matriz de Markov.

		$t + 1$		
		C_{1t+1}	C_{2t+1}	C_{3t+1}
t	C_{1t}	$PT_{C_1xC_1}$	$PT_{C_1xC_2}$	$PT_{C_1xC_3}$
	C_{2t}	$PT_{C_2xC_1}$	$PT_{C_2xC_2}$	$PT_{C_2xC_3}$
	C_{3t}	$PT_{C_3xC_1}$	$PT_{C_3xC_2}$	$PT_{C_3xC_3}$

Fonte: Produção do autor.

3.2.9 Estimativas de extensificação, intensificação e redução

Para se realizar o cálculo dos valores estimados de extensificação e intensificação agrícola, e redução da intensidade de uso da terra pela agricultura, as classes agrícolas foram agrupadas de acordo com o número de safras por ano que cada classe representaria. Assim, as classes Cultivo único, Cultivo Semiperene e Cultivo Perene foram agrupadas em uma única classe,

uma vez que todas referem-se a uma safra por ano, enquanto que as classes Cultivo duplo e Cultivo múltiplo seguiram em separado. Em seguida, juntou-se a classe Outros Usos com Em Conversão.

Tabela 3.4 - Matriz de transição para extensificação, intensificação agrícola e redução da intensidade de uso da terra por meio da prática agrícola.

		$t + 1$												
		Campo	Savana	Floresta	Floresta Sazonal	Água	Outras Cob, Nat.	Cultivo único	Cultivo duplo	Cultivo múltiplo	Pastagem	Refflorest	Em Conversão	Σ
t	Campo							E	E e I	E e I				$\Sigma E e \Sigma I$
	Savana							E	E e I	E e I				$\Sigma E e \Sigma I$
	Floresta							E	E e I	E e I				$\Sigma E e \Sigma I$
	Floresta Sazonal							E	E e I	E e I				$\Sigma E e \Sigma I$
	Água							E	E e I	E e I				$\Sigma E e \Sigma I$
	Outras Coberturas							E	E e I	E e I				$\Sigma E e \Sigma I$
	Cultivo único					R	R		I	I	R	R	R	$\Sigma R e \Sigma I$
	Cultivo duplo					R	R	R		I	R	R	R	$\Sigma R e \Sigma I$
	Cultivo múltiplo					R	R	R	R		R	R	R	$\Sigma R e \Sigma I$
	Pastagem							E	E e I	E e I				$\Sigma E e \Sigma I$
	Refflorest							E	E e I	E e I				$\Sigma E e \Sigma I$
	Em Conversão							E	E e I	E e I				$\Sigma E e \Sigma I$

Fonte: produção do autor.

A partir desta separação foram montadas as matrizes de transição conforme Tabela 3.4. Em seguida, a partir das somas simples foram obtidos os valores estimados de extensificação, intensificação e redução para a transição de t para $t + 1$.

$$\text{Extensificação} = \sum \Sigma E \quad 3.13$$

$$\text{Intensificação} = \sum \Sigma I \quad 3.14$$

$$\text{Redução} = \sum \Sigma R \quad 3.15$$

3.2.10 Taxa de alteração

A taxa de alteração (TA) refere-se ao percentual de acréscimo ou decréscimo de um valor de área estimado para uma classe em um determinado período de transição. As taxas de alteração são obtidas a partir de:

$$TA (\%) = \frac{(C_{x_{t+1}} * 100)}{C_{x_t}} - 100 \quad 3.16$$

onde: TA é a taxa de alteração em porcentagem, C_{x_t} é a área estimada para a classe C_x no momento n , e $C_{x_{t+1}}$ é a área estimada para a classe C_x no momento $t + 1$.

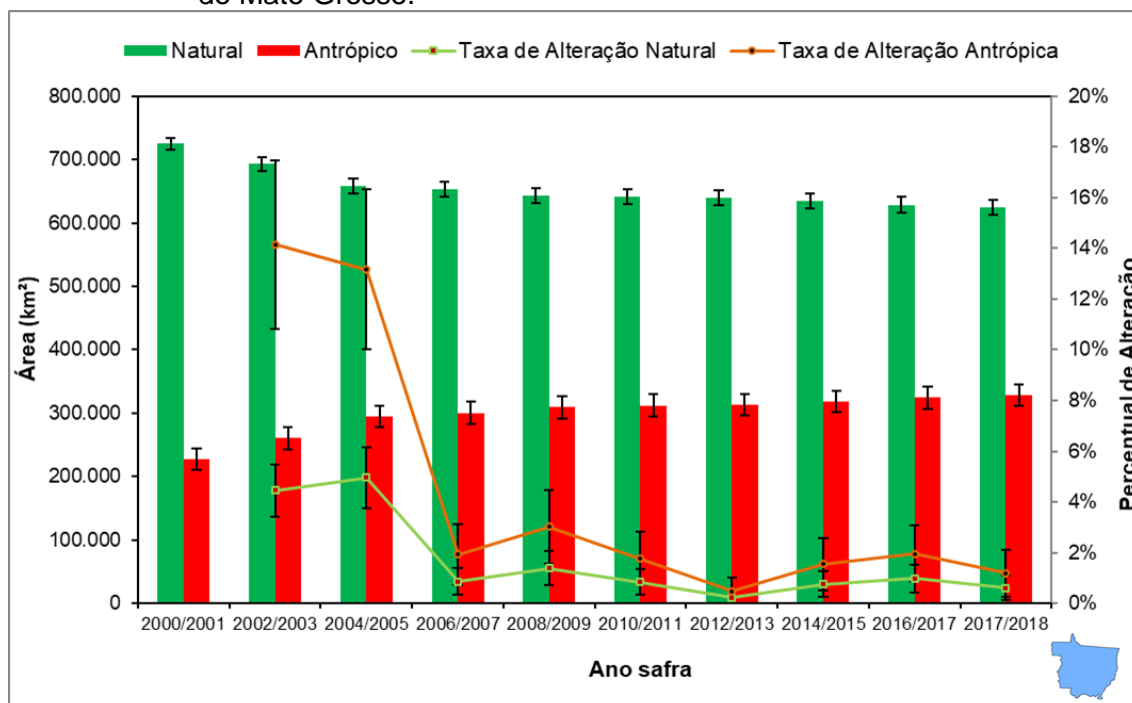
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados e discutidos os resultados referentes: i) as estimativas para as classes naturais e antrópicas; ii) a intensificação e a extensificação agrícola e a redução da intensidade de uso da terra pela agricultura; e iii) a dinâmica de uso e cobertura da terra.

4.1 Áreas estimadas para classes naturais e antrópicas

A Figura 4.1 apresenta as estimativas, o perfil das taxas de alteração para áreas antrópicas e naturais e os intervalos de confiança para cada estimativa. As maiores taxas de alteração ocorrem nas duas primeiras transições, sendo observadas nos anos safra de 2002/2003 e 2004/2005. Para estes anos as áreas antrópicas apresentaram taxas de alteração de 14,15% ($\pm 3,31\%$) e 13,16% ($\pm 3,17\%$), respectivamente.

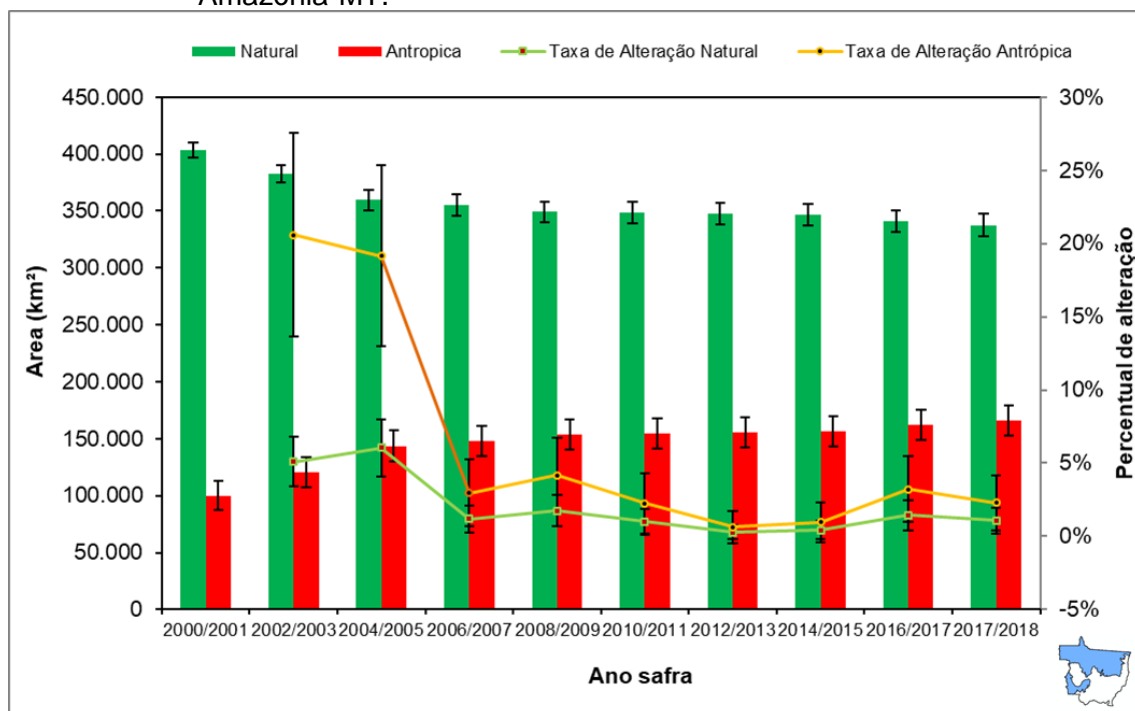
Figura 4.1 - Estimativas e taxas de alteração de área natural e antrópica para o estado do Mato Grosso.



Fonte: Produção do autor.

As taxas de alteração são reflexo do incremento na área antrópica no estado de Mato Grosso, de 228.143 km² (± 16.897 km²) para 294.705 km² (± 17.473 km²), entre 2000/2001 e 2004/2005. Nos anos safra posteriores, as taxas de alteração apresentaram valores menores, entre 0,48% (+0,54 e -0,48%) e 3,02% ($\pm 1,45\%$), sendo que ao final do período de estudo a área antrópica estimada foi de 328.268 km² (± 17.439 km²). Da mesma forma, as maiores reduções de área natural deram-se de 724.853 km² (± 9.203 km²) para 658.290 km² (± 11.206 km²), entre 2000/2001 e 2004/2005, chegando a 624.728 km² (± 12.136 km²) em 2017/2018. Esta redução nas taxas de alteração após 2004/2005 esta associada à redução da expansão de agricultura e pastagem por sobre áreas com cobertura natural, assim como apontado pelos trabalhos de Kastens et al. (2017), Macedo et al. (2011), Morton et al. (2016) e Zalles et al. (2019). De maneira geral, as estimativas indicam uma redução na área de cobertura natural do estado de Mato Grosso de 76% para 66% durante o período estudado.

Figura 4.2 - Estimativas e taxas de alteração de área natural e antrópica para a Amazônia-MT.

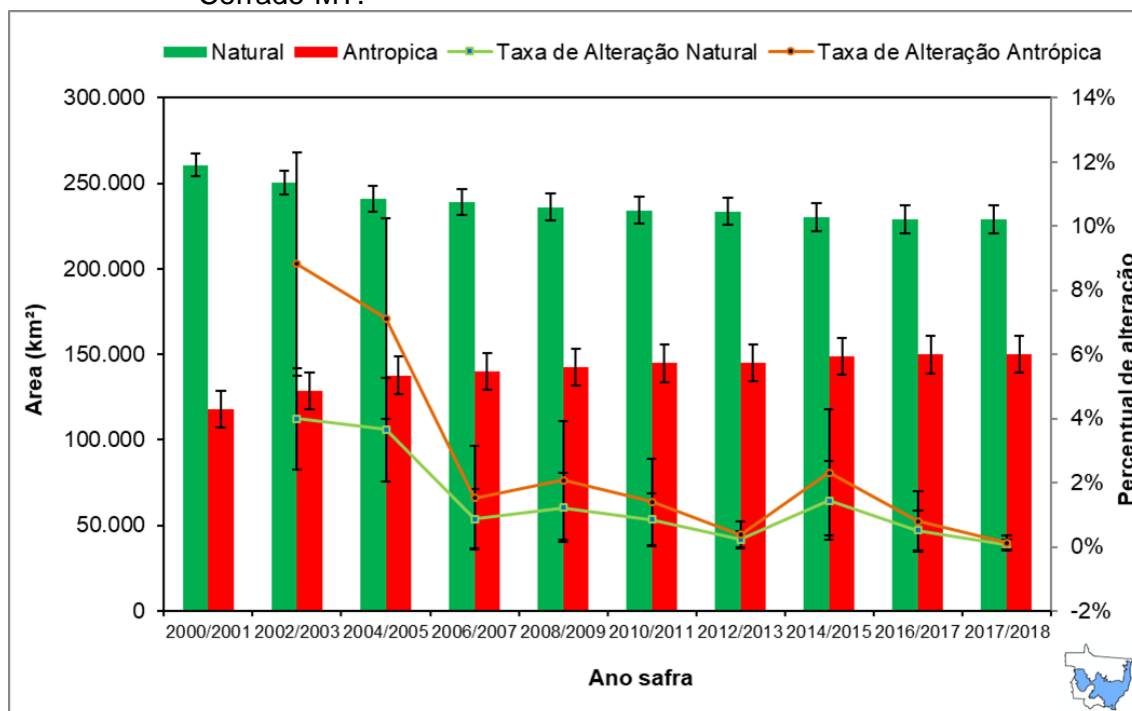


Fonte: Produção do autor.

Assim como observado para o estado de Mato Grosso (Figura 4.1), tanto para a Amazônia-MT (Figura 4.2) quanto para o Cerrado-MT (Figura 4.3) as taxas de alteração maiores ocorreram nos dois primeiros períodos de transição, sendo apontadas nos anos safra de 2002/2003 e 2004/2005. As taxas de alteração antrópica variaram ao redor de 20% ($\pm 7\%$) na Amazônia-MT e entre 7 e 9% no Cerrado, até 2004/2005, com considerável redução nos anos safra posteriores, onde variaram entre 0,62% ($\pm 1,1\%$) e 4,18% ($\pm 2,55\%$) para a Amazônia-MT e 0,37% ($\pm 0,42\%$) e 2,32% ($\pm 1,96\%$) para o Cerrado.

Entre 2000/2001 e 2004/2005, enquanto a área antrópica na Amazônia-MT aumentou de 99.921 km² (± 12.939 km²) para 143.547 km² (± 13.483 km²), para o Cerrado-MT estimou-se um incremento menor, sendo de 118.167 km² (± 10.754 km²) para 137.750 km² (± 10.798 km²). Apesar da redução apresentada pelas taxas de alteração, a área antrópica estimada para a Amazônia-MT e o Cerrado-MT alcançaram 165.515 km² (± 13.234 km²) e 150.008 km² (± 10.772 km²) em 2017/2018, respectivamente. Proporcionalmente a área natural apresentou uma redução de 80% para 67% 69% para 60% no Cerrado, entre 2000/2001 e 2017/2018 (Figura 4.2 e Figura 4.3).

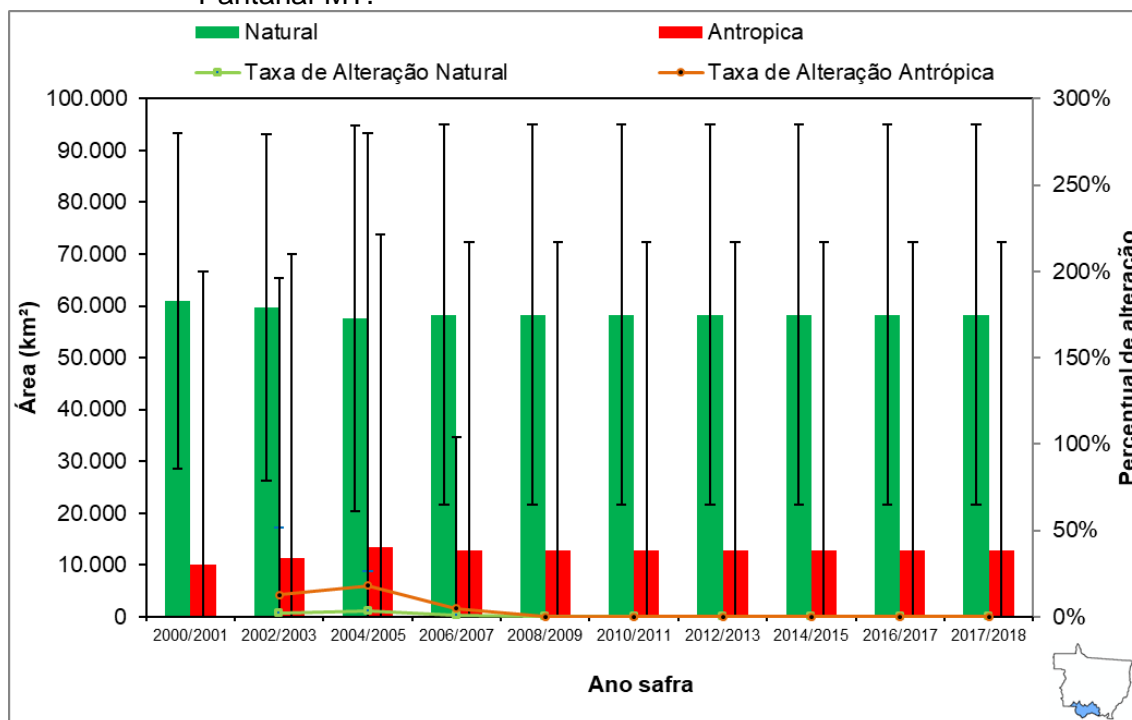
Figura 4.3 - Estimativas e taxas de alteração de área natural e antrópica para o Cerrado-MT.



Fonte: Produção do autor.

Para o Pantanal-MT (Figura 4.4) as taxas de alteração apresentaram-se nulas após 2006/2007, uma vez que as estimativas não indicaram nenhuma mudança de uso e cobertura após este ano safra. Nota-se também que a incerteza das estimativas é alta, de modo que considerando o intervalo de confiança de 95% para as estimativas de área antrópica e natural, não há como considerar que a cobertura natural é maior que a antrópica para este bioma no estado de Mato Grosso, o que é devido ao seu reduzido número de amostras. Este reduzido número de amostras no Pantanal-MT ocorreu pelo fato de que os estratos foram obtidos tendo como base o indicativo de mudança obtido por meio dos mapas de 2016 e 2001 (CÂMARA et al., 2017), sem considerar os biomas. Assim, como o indicativo de mudança para o Pantanal-MT foi pequeno, este bioma acabou ficando com uma menor quantidade de amostras.

Figura 4.4 - Estimativas e taxas de alteração de área natural e antrópica para o Pantanal-MT.



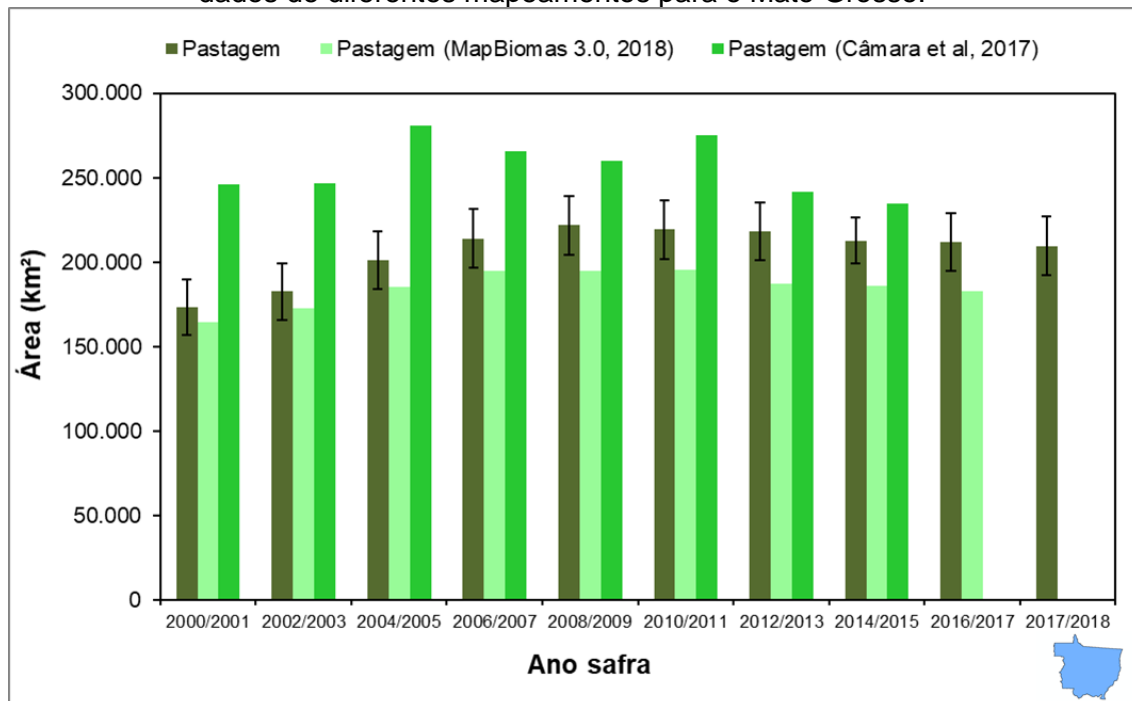
Fonte: Produção do autor.

A Figura 4.5 apresenta a área de floresta estimada por amostragem e a área de floresta mapeada por diferentes trabalhos. Apesar da redução na área de floresta no estado de Mato Grosso ser apontada em todos os trabalhos, a diferença entre a área de floresta estimada por amostragem com as áreas mapeadas pelos trabalhos de Câmara et al. (2017), Kastens et al. (2017) e MapBiomias (2018), superou o intervalo de confiança em todos os anos estudados.

Uma das possíveis causas para a diferença entre a área estimada por amostragem com os valores de área obtidos pelo trabalho de Câmara et al. (2017) pode ter se dado pelo fato de Câmara et al (2017) utilizaram um classificador *Support Vector Machine* (SVM) para classificar a série temporal do NDVI, EVI, infravermelho de ondas curtas e infravermelho próximo (PICOLI et al., 2018), o que pode ter levado áreas de floresta sazonal a serem classificadas como cerrado, por exemplo. Já Kastens et al. (2017) utilizaram a máscara de floresta do PRODES, que mapeia apenas o bioma Amazônia

(INPE, 2018a), com posterior reparação de erros de inclusão e exclusão, o que pode ter levado a essa diferença nos valores de área para esta classe.

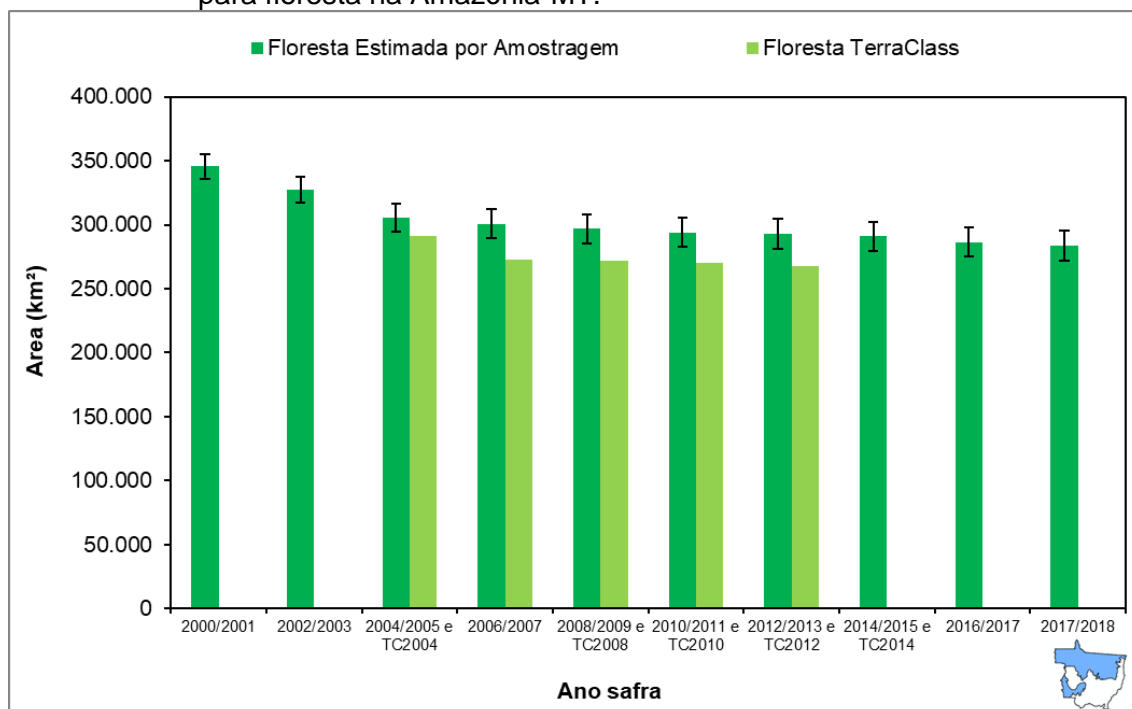
Figura 4.5 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para floresta com dados de diferentes mapeamentos para o Mato Grosso.



Fonte: Produção do autor.

A Figura 4.6 apresenta a área de floresta estimada por amostragem e pelo TerraClass para a Amazônia-MT. As estimativas indicam redução contínua na cobertura florestal. Entretanto, as estimativas de área para floresta obtidas por amostragem superestimaram os valores indicados pelo TerraClass (ALMEIDA et al., 2016; COUTINHO et al., 2013; INPE, 2018b), considerando o intervalo de confiança, em todas as comparações, apesar de indicar um mesmo comportamento na redução de área. Essa diferença pode ter ocorrido pelo fato de que no TerraClass, floresta e floresta secundária são referidas em classes distintas, enquanto que os valores estimados para floresta podem se referir também a floresta secundária, o que levaria as estimativas a serem maiores que os dados do TerraClass. De uma maneira geral, a Amazônia-MT teve sua cobertura florestal estimada reduzida de 345.498 km² (± 9.597 km²) em 2000/2001, para 305.379 km² (± 11.171 km²) em 2004/2005, e para 283.381 km² (± 11.717 km²) em 2017/2018.

Figura 4.6 - Comparativo entre a área mapeada pelo TerraClass e a área estimada para floresta na Amazônia-MT.

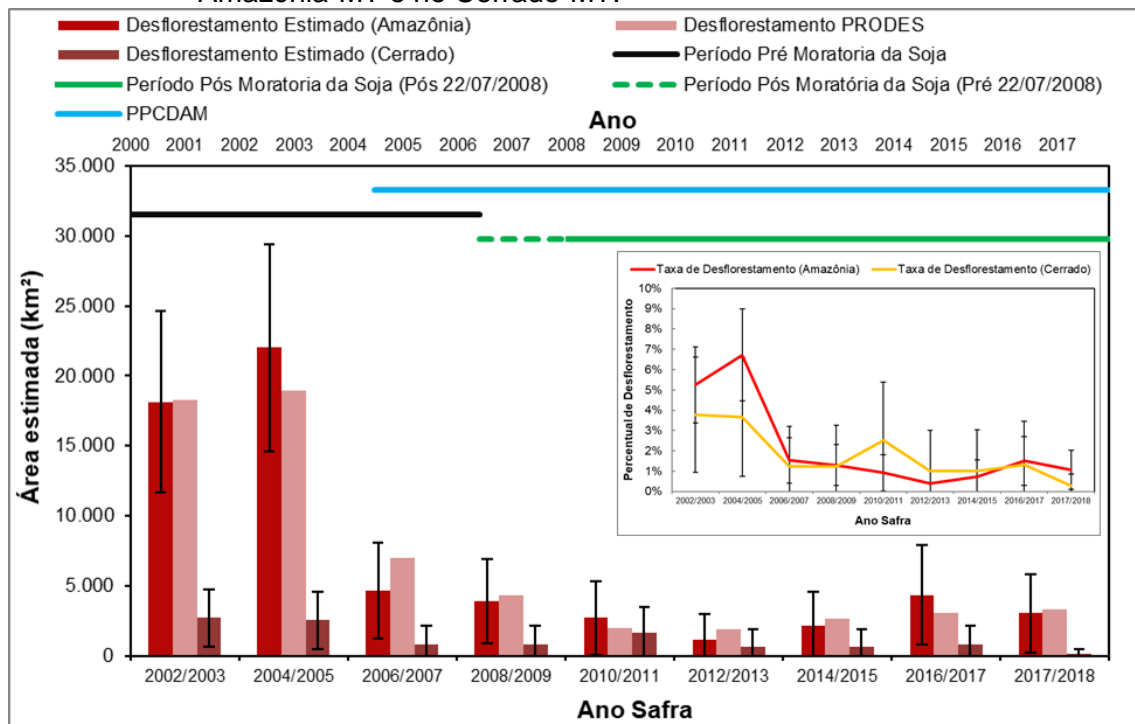


Fonte: Produção do autor.

Esta redução da cobertura florestal na Amazonia-MT reflete o desflorestamento que ocorre neste bioma no estado. Em comparação bianual aos dados de desflorestamento do PRODES (INPE, 2018a), os dados de desflorestamento estimados por amostragem, considerando o intervalo de confiança, não diferiram (Figura 4.7). Observa-se na Figura 4.7, que os valores de desflorestamento estimados para os 2002/2003 com 18.121 km² (± 6.466 km²), e 2004/2005 com 21.999 km² (± 7.403 km²) foram consideravelmente maiores que aqueles estimados nos demais anos safra estudados, os quais variaram entre 1.140 km² (± 1.852 km²) e 4.685 km² (± 3.404 km²). Este comportamento foi apontado nos estudos de Gibbs et al. (2015), Kastens et al. (2017), Macedo et al. (2012), Morton et al. (2016) e Zalles et al. (2019). Nesse cenário, a adoção de políticas públicas como o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) criado em 2004 (BRASIL, 2004), e políticas de iniciativa privada como a Moratória da Soja, estabelecida a partir de julho de 2006 (GIBBS et al., 2015; RUDORFF et al., 2011), podem ter sido os agentes que levaram a essa redução do desflorestamento no bioma da

Amazônia (GARRETT et al., 2018; GIBBS et al., 2015; KASTENS et al., 2017; MORTON et al., 2016; RUDORFF et al., 2011; ZALLES et al., 2019). Observando o desflorestamento estimado para o Cerrado-MT, até 2002/2003, foi menor que na Amazônia-MT. A partir de 2004/2005 as estimativas de desflorestamento para a Amazônia-MT e para o Cerrado-MT foram iguais, considerando o intervalo de confiança de 95%. Entretanto, quando comparamos as taxas de desflorestamento, considerando o intervalo de confiança de 95%, elas mostram-se iguais em todos os anos, o que sugere que as estimativas de desflorestamento maiores na Amazônia-MT até 2002/2003 podem ser reflexo de sua maior cobertura florestal (Figura 4.7).

Figura 4.7 - Área mapeada pelo PRODES e área estimada para desflorestamento na Amazônia-MT e no Cerrado-MT.

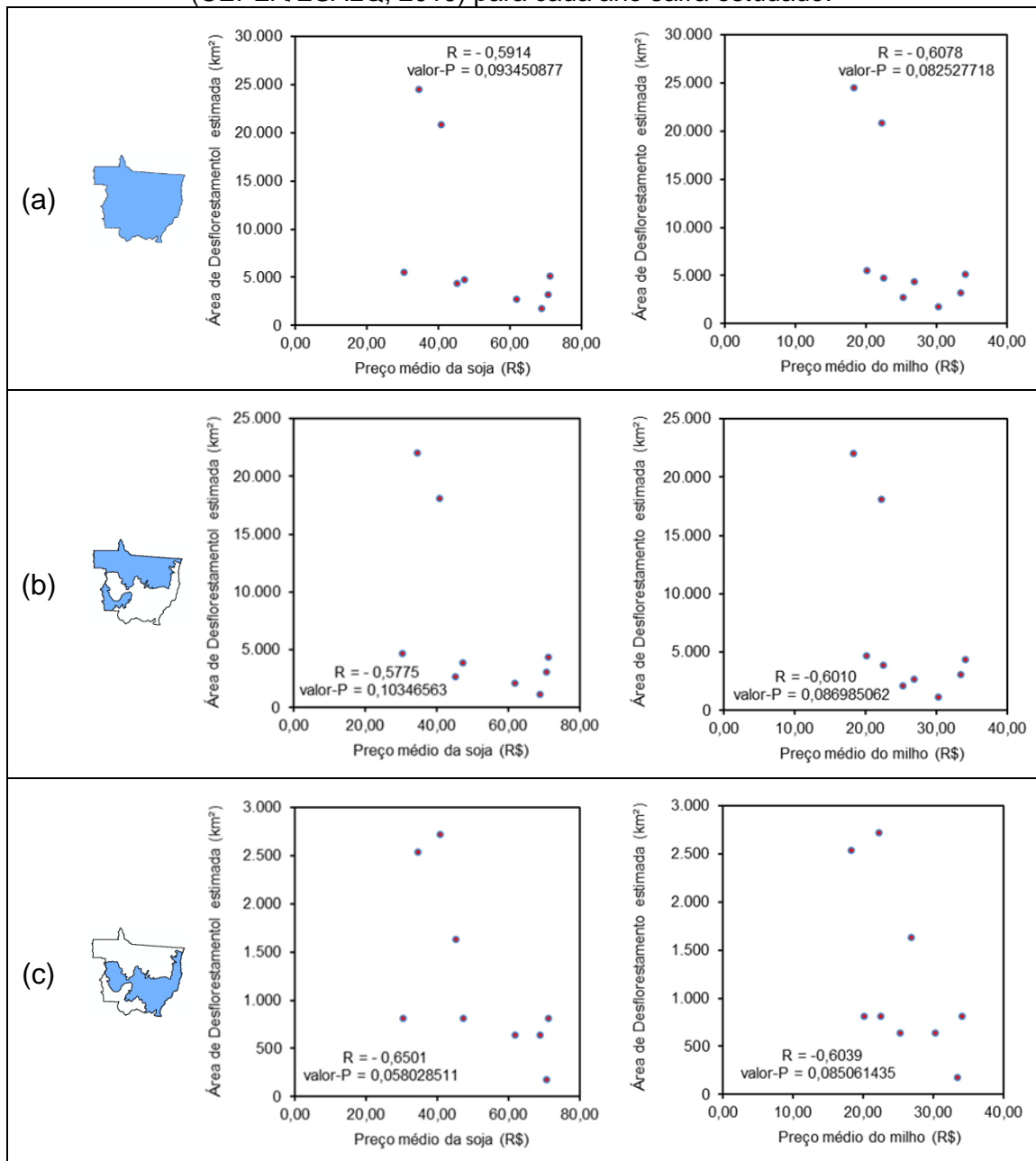


Fonte: Produção do autor.

Também foi verificada a relação entre os preços médios de soja e milho para cada ano safra estudado com as estimativas de desflorestamento, a Figura 4.8 apresenta a relação entre estes preços e as estimativas de desflorestamento para Mato Grosso e para Amazônia-MT e Cerrado-MT. Observamos que, considerando um intervalo de confiança de 95%, não houve uma relação

significativa entre o aumento nos preços médios e as estimativas de desflorestamento no período estudado. Tal resultado corrobora a Macedo et al. (2012), que indicam em seu trabalho que existe uma dissociação entre a expansão de áreas de soja e a evolução de seu preço com o desflorestamento no estado de Mato Grosso, principalmente a partir de 2005.

Figura 4.8 - Relação das estimativas de desmatamento para o (a) Mato Grosso, (b) Amazônia-MT e (c) Cerrado-MT com o preço médio da soja e do milho (CEPEA/ESALQ, 2019) para cada ano safra estudado.

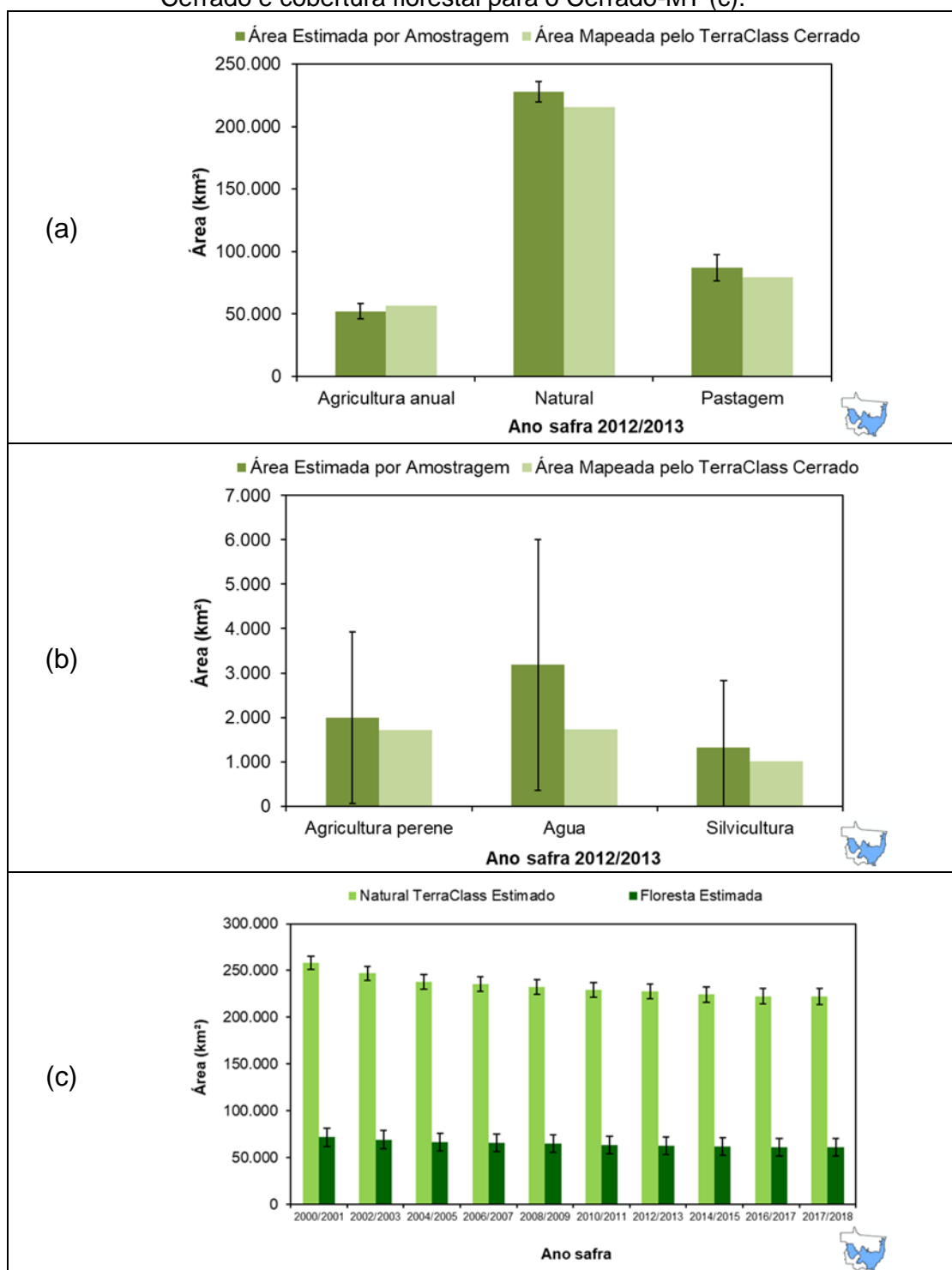


Fonte: Produção do autor.

A Figura 4.9 (a e b) apresenta a comparação entre os valores estimados para o ano safra de 2012/2013, com os valores de área mapeada pelo TerraClass Cerrado para o ano de 2013, e também apresenta as estimativas de área natural, considerando a definição do TerraClass Cerrado (SCARAMUZZA et al., 2017) e de cobertura florestal no Cerrado-MT durante todo o período estudado. Na comparação, os valores estimados por amostragem, considerando o intervalo de confiança, não diferiram dos valores de área mapeados pelo TerraClass Cerrado, exceto para a classe Natural, onde a área estimada por amostragem superestimou os valores indicados pelo TerraClass Cerrado.

Observa-se na Figura 4.9 (c), que a área de floresta não é a cobertura predominante dentre as classes naturais. Nota-se que as maiores reduções de área natural e de floresta deram-se até 2004/2005. Entre 2000/2001 e 2004/2005 a área estimada para floresta reduziu de 71.885 km² (± 9.879 km²) para 66.631 km² (± 9.712 km²), enquanto que a área natural reduziu de 258.020 km² (± 6.920 km²) para 237.981 (± 7.682 km²). Com reduções menores nos anos seguintes a área estimada para floresta e cobertura natural tiveram em 2017/2018, 61.091 km² (± 9.402 km²) e 222.359 km² (± 8.361 km²).

Figura 4.9 - Comparativo entre área mapeada pelo TerraClass Cerrado (2013) com os dados estimados por amostragem para o ano safra de 2012/2013 (a e b), e estimativas de área para classe Natural conforme TerraClass Cerrado e cobertura florestal para o Cerrado-MT (c).



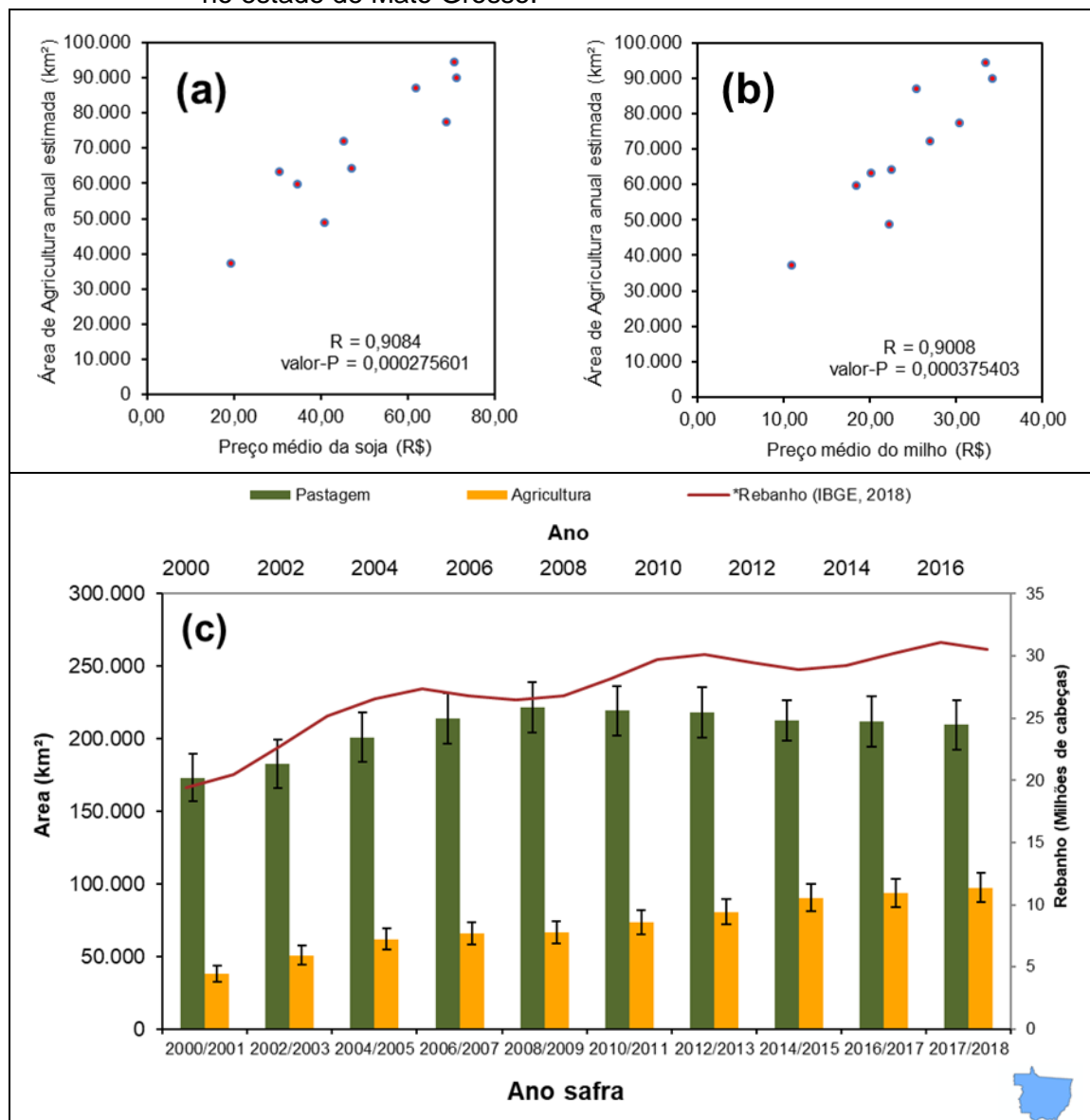
Natural TerraClass Estimado refere-se a soma das estimativas das classes, Floresta, Floresta Sazonal, Campo e Savana.

Fonte: Produção do autor.

A Figura 4.10 apresenta as estimativas de área agrícola e de pastagem, e a série histórica do rebanho. Os dados indicam um crescimento contínuo na área agrícola no estado de Mato Grosso. Proporcionalmente, os maiores incrementos na área agrícola deram-se até 2004/2005, conforme relatado por Macedo et al. (2012) e Zalles et al. (2019), que apontam que a expansão de áreas agrícolas está relacionada com as variações do mercado agrícola, principalmente o preço da soja. Entretanto, neste trabalho também observou-se a relação direta entre a expansão da área agrícola com o preço do milho.

A área destinada ao uso agrícola no estado cresceu de 38.324 km² (± 5.618 km²) em 2000/2001 para 97.394 km² (± 9.938 km²) em 2017/2018. Essa expansão também é apontada por Zalles et al. (2019), que apresenta um crescimento de 44 mil km² (± 5 mil km²) em 2000 para 97 mil km² (± 8 mil km²) em 2014. De uma forma geral, considerando o intervalo de confiança, as estimativas de área de agricultura obtidas por amostragem não diferem das estimativas apresentadas por Zalles et al. (2019). Já a área estimada para pastagem apresentou um comportamento diferente. Após mostrar um crescimento de 173.200 km² (± 16.395 km²) para 221.950 km² (± 17.309) de 2000/2001 a 2008/2009, a área estimada apresentou decréscimos sucessivos, chegando a 209.731 km² (± 17.100 km²) em 2017/2018. De maneira oposta ao comportamento da pastagem, o rebanho do estado de Mato Grosso apresentou uma tendência de crescimento entre 2000 e 2017, elevando o número de cabeças de 19,2 para 30,2 milhões, aproximadamente nesse período (Figura 4.10).

Figura 4.10 - Comparação entre a área estimada para agricultura anual com o preço médio da soja (a) e do milho (b) (CEPEA/ESALQ, 2019), e a área estimada por amostragem para agricultura e pastagem, e rebanho estimado anualmente (IBGE, 2018) (c), para cada ano safra estudado no estado de Mato Grosso.



*Rebanho refere-se a soma dos rebanhos de bovinos, bubalinos, caprinos, equinos e ovinos do estado (IBGE, 2018).

Fonte: Produção do autor.

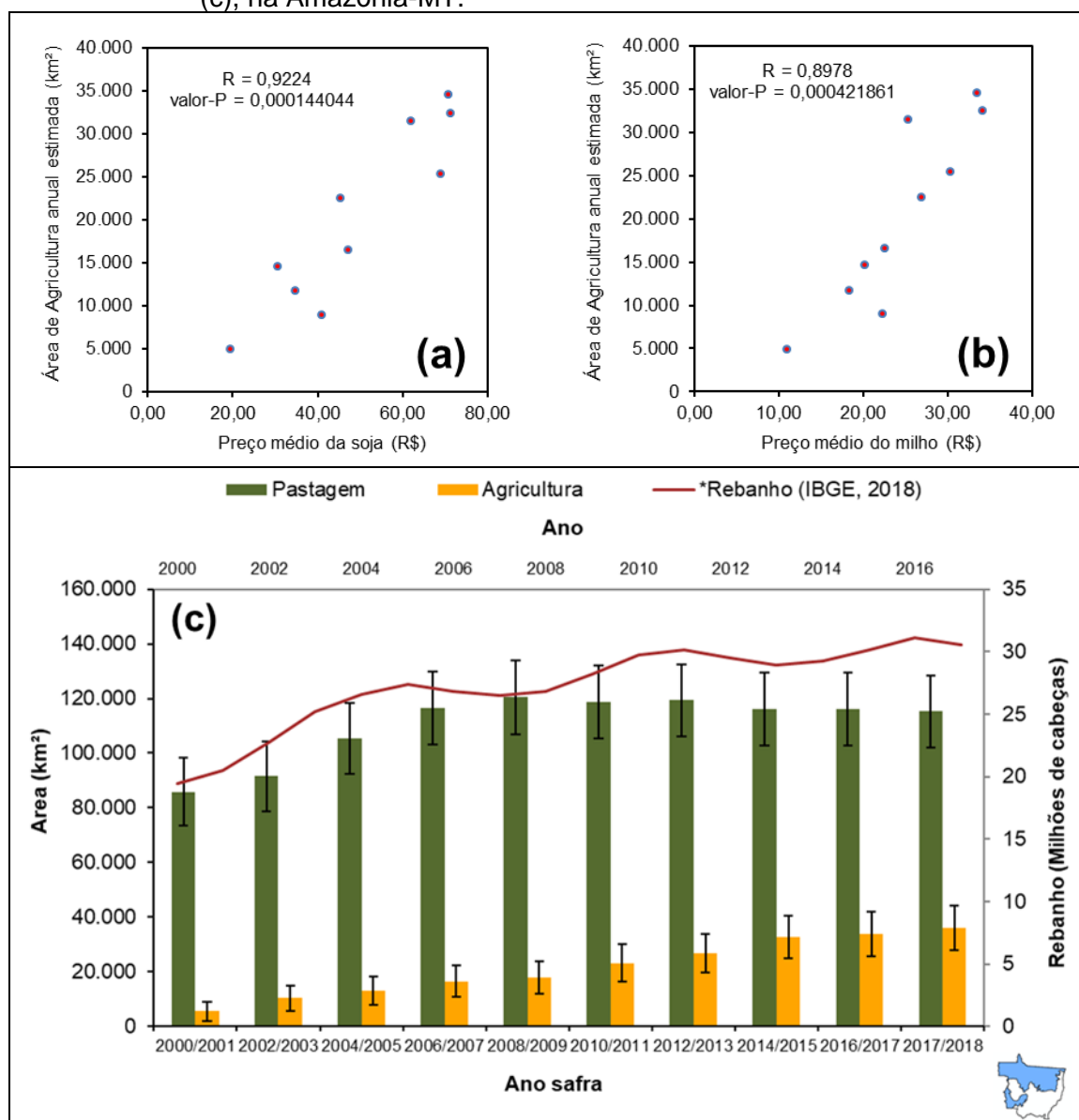
Este aumento do tamanho do rebanho no estado de Mato Grosso, associado a redução de áreas de pastagem, sugere a ocorrência de intensificação pecuária no estado, pelo fato de sinalizar um aumento na taxa de lotação animal (COHN et al., 2014). Considerando o total do rebanho, esta taxa parte de 1,15

cabeças.ha⁻¹ em 2000/2001 para 1,34 cabeças.ha⁻¹ em 2004/2005. No período subsequente, após uma seca no ano de 2005 (MARENGO et al., 2008), a taxa de lotação cai para 1,24 cabeças.ha⁻¹ em 2008/2009, tendo um aumento para 1,36 cabeças.ha⁻¹ em 2010/2011. Entretanto, na sequencia há uma redução na taxa de lotação para 1,34 cabeças.ha⁻¹ em 2012/2013, o que pode ser reflexo de uma queda no preço da arroba do boi vivo (CEPEA/ESALQ, 2019a) e de um período de seca (MARENGO et al., 2011). A partir daí com seguidos aumentos, a taxa de lotação chega a 1,45 cabeças.ha⁻¹ em 2017/2018.

Este cenário faz-se possível pela melhora das áreas de pastagem, que assim possuem uma capacidade de carga maior (OLIVEIRA et al., 2017). Como principal resultado desta intensificação temos a redução da conversão de áreas com cobertura natural para pastagem e a redução da emissão de gases do efeito estufa, conforme apontam Cohn et al. (2014), FGV (2016) e Oliveira et al. (2017). Além disto, deve ser levada em conta o aumento na taxa de desfrute do rebanho do estado durante este período, o que reflete na redução da idade de abate (IMEA, 2011) e com isso, há uma produtividade muito maior na produção de carne por unidade de área. Desta maneira, este trabalho reflete os resultados dos avanços tecnológicos tais como a integração lavoura/pecuária, fazendo com que ocorra um aumento da produtividade e minimizando os efeitos da demanda de alimentos sobre os ambientes naturais.

Nas Figura 4.11 e Figura 4.12 são apresentadas as estimativas de área para pastagem e agricultura na Amazônia-MT e no Cerrado-MT. Assim como observou-se para o estado de Mato Grosso, a área de pastagem apresenta um crescimento até 2008/2009 e decresce até o final do período de estudo. Entretanto, o incremento em área de pastagem estimada para a Amazônia-MT foi maior que para o Cerrado-MT em aproximadamente 24 mil km² até 2008/2009. Enquanto isso, o decréscimo observado na área de pastagem a partir de 2008/2009 até o final do período estudado foi de aproximadamente 5 mil km² para a Amazônia-MT e 7 mil km² para o Cerrado-MT. Quanto ao rebanho, não realizaram-se análises para cada bioma, uma vez que não há disponibilidade desse dado.

Figura 4.11 - Comparação entre a área estimada para agricultura anual com o preço médio da soja (a) e do milho (b) (CEPEA/ESALQ, 2019), e área estimada para agricultura e pastagem, e rebanho anual (IBGE, 2018) (c), na Amazônia-MT.



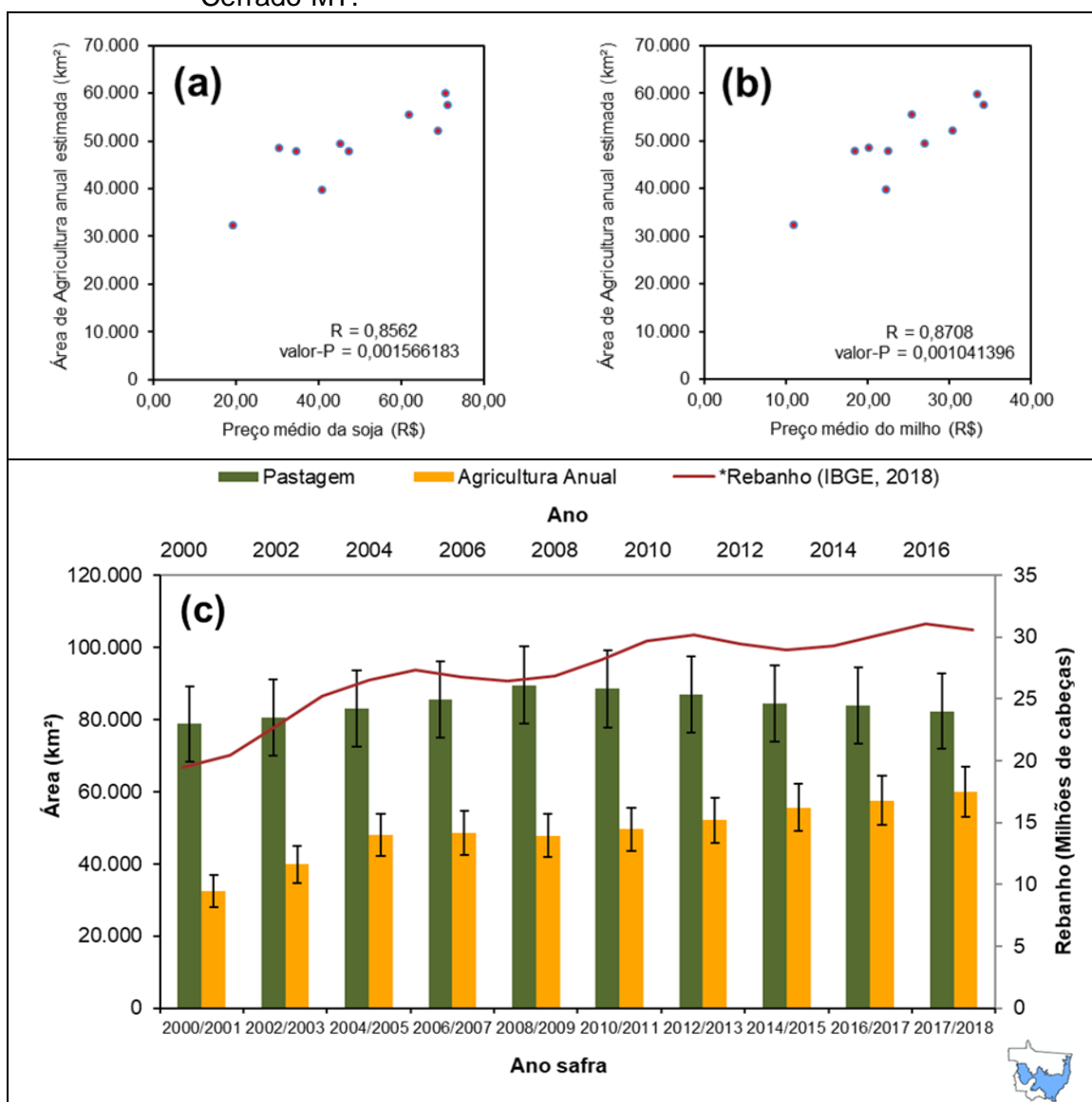
*Rebanho refere-se a soma dos rebanhos de bovinos, bubalinos, caprinos, equinos e ovinos do estado (IBGE, 2018).

Fonte: Produção do autor.

Conforme observa-se nas Figura 4.11 e Figura 4.12, do ponto de vista quantitativo, a área de agricultura estimada para ambos os biomas cresceu de maneira semelhante durante o período de estudo. Para a Amazônia-MT as estimativas indicam um crescimento de 5.615 km² (± 3.739 km²) para 35.915 km² (± 8.328 km²). Para o Cerrado-MT, o crescimento deu-se de 32.708 km²

(± 4.477 km²) para 61.478 km² (± 6.960 km²). Nota-se, porém, que para o Cerrado-MT os maiores incrementos em área agrícola deram-se até 2004/2005, enquanto que para Amazônia-MT não observa-se este comportamento. Assim, como observou-se para todo o estado, o preço da soja e do milho podem estar influenciando a expansão da área agrícola em ambos os biomas.

Figura 4.12 - Comparação entre a área estimada para agricultura anual com o preço médio da soja (A) e do milho (B) (CEPEA/ESALQ), e área estimada por amostragem para agricultura e pastagem no Cerrado-MT, e rebanho estimado anualmente para cada ano safra (IBGE, 2018) (C), para o Cerrado-MT.

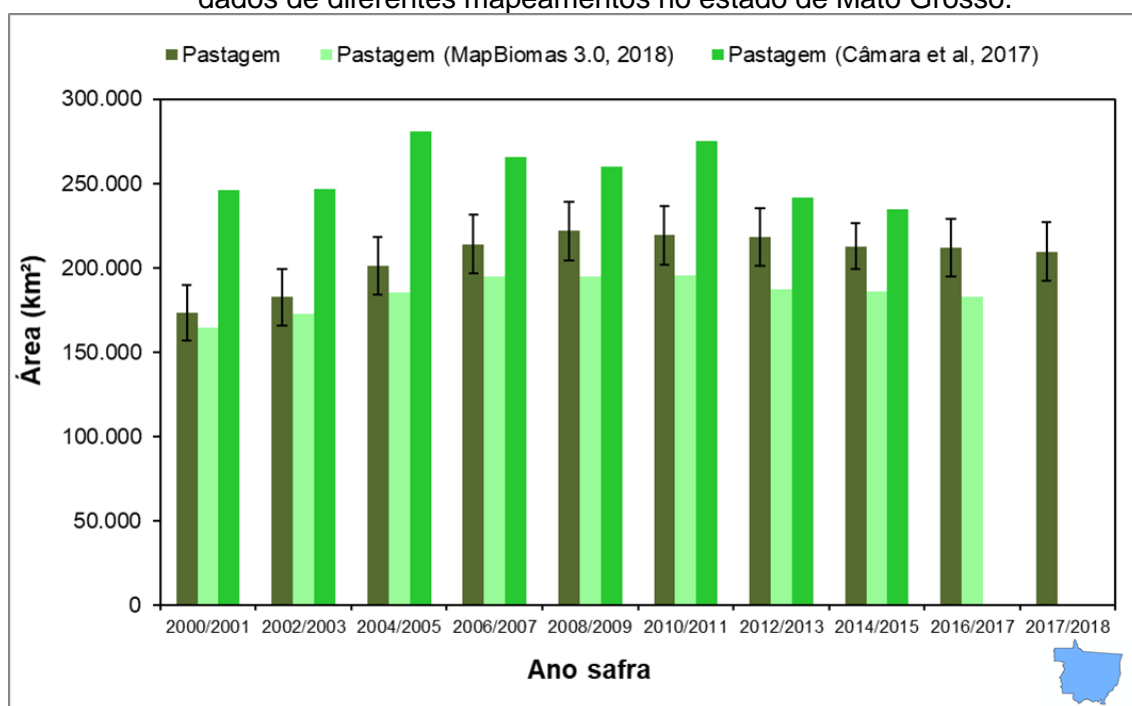


*Rebanho refere-se a soma dos rebanhos de bovinos, bubalinos, caprinos, equinos e ovinos do estado (IBGE, 2018).

Fonte: Produção do autor.

Quando compara-se a área da classe Pastagem estimada por amostragem com a área mapeada por Câmara et al. (2017) pode observar-se que mesmo considerando o intervalo de confiança para a área estimada por amostragem, os valores de área diferiram em todos os anos comparados (Figura 4.13). Essa diferença pode se dar pelo fato da metodologia utilizada na classificação (PICOLI et al., 2018), que pode ter classificado áreas de campo ou savana como pastagem dado a semelhança de seu comportamento sazonal.

Figura 4.13 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para pastagem com dados de diferentes mapeamentos no estado de Mato Grosso.

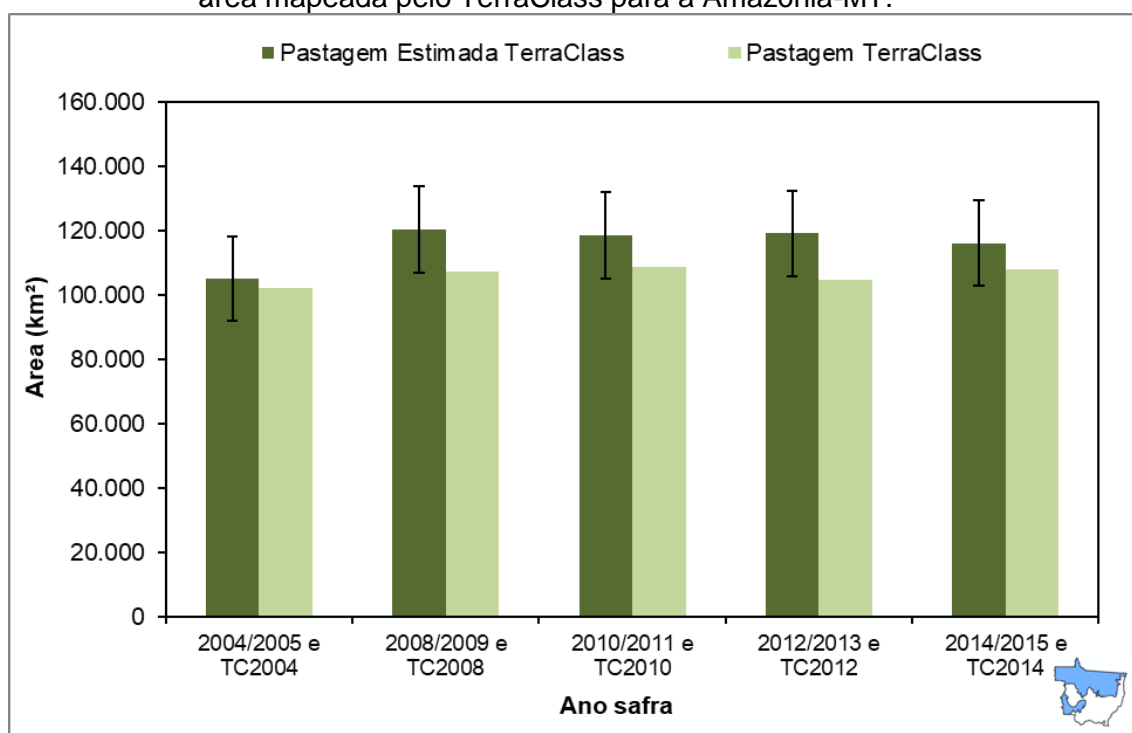


Fonte: Produção do autor.

Observando a área estimada por amostragem para classe Pastagem com a área mapeada pelo MapBiomias, nota-se que, considerando o intervalo de confiança, para os anos safra de 2000/2001 a 2004/2005 os valores de área para esta classe foram iguais. Entretanto, mesmo diferindo nos demais anos safra observados, pode-se ver que ambos os estudos apontam uma tendência semelhante para esta classe, com expansão de área até o ano safra de 2008/2009 e 2010/2011, respectivamente, seguido de consecutivos decréscimos (Figura 4.13). Ainda vale ressaltar que as estimativas apresentadas por Câmara et al. (2017) e pelo Mapbiomas, são obtidas por

meio de mapeamentos automáticos e não apresentam um intervalo de confiança. Observando a Amazônia-MT a área estimada para pastagem, considerando o intervalo de confiança, diferiu da área mapeada pelo TerraClass apenas no ano de 2012 (Figura 4.14).

Figura 4.14 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para pastagem com área mapeada pelo TerraClass para a Amazônia-MT.

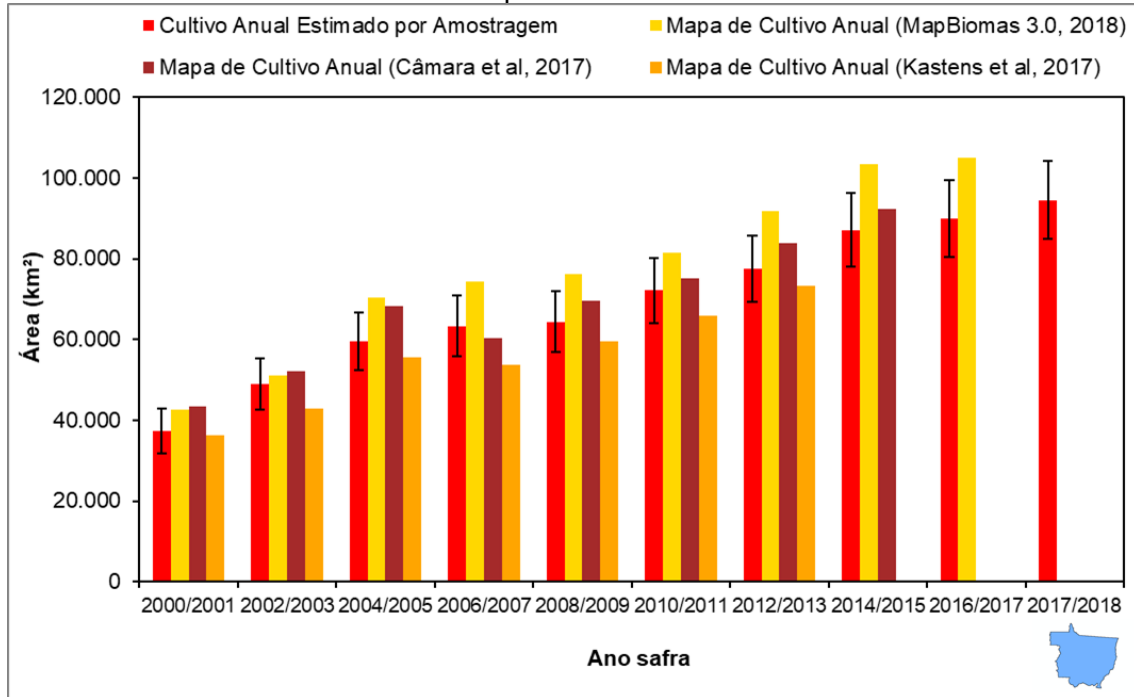


Fonte: Produção do autor.

Como apresentado na Figura 4.15, os dados dos diferentes trabalhos mencionados apontam um considerável crescimento na área de agricultura anual. Nota-se que a área estimada por amostragem diferiu da área mapeada por Câmara et al. (2017) dentro do intervalo de confiança nos anos de 2000/2001 e 2004/2005. Com a área mapeada por Kastens et al. (2017), a área estimada por amostragem, não foi igual, considerando o intervalo de confiança, em 2006/2007. Já com relação a área de agricultura anual mapeada pelo MapBiomas, apenas em 2000/2001 e 2002/2003 foram iguais a área estimada por amostragem, considerando o intervalo de confiança. Para a Amazônia-MT a área estimada por amostragem foi comparada com a área mapeada pelo TerraClass (Figura 4.16). Considerando o intervalo de confiança, houve

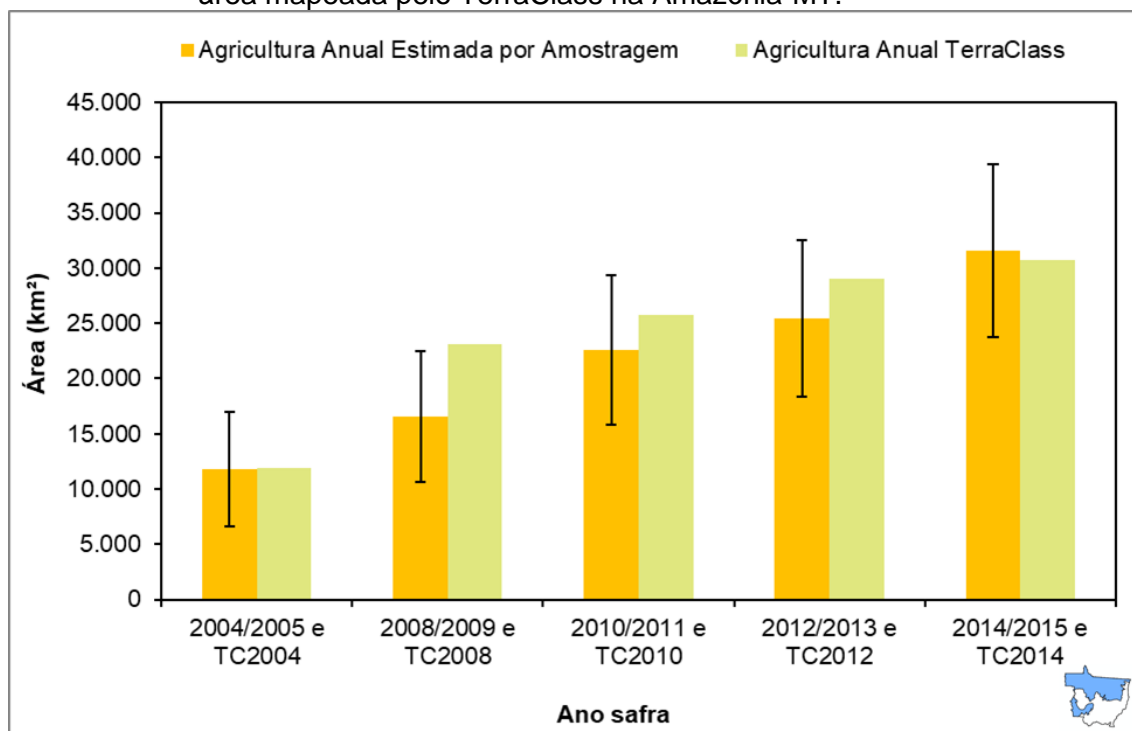
diferença somente entre a área estimada para 2008/2009 com a área mapeada pelo TerraClass 2008.

Figura 4.15 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para agricultura com dados de diferentes mapeamentos no estado de Mato Grosso.



Fonte: Produção do autor.

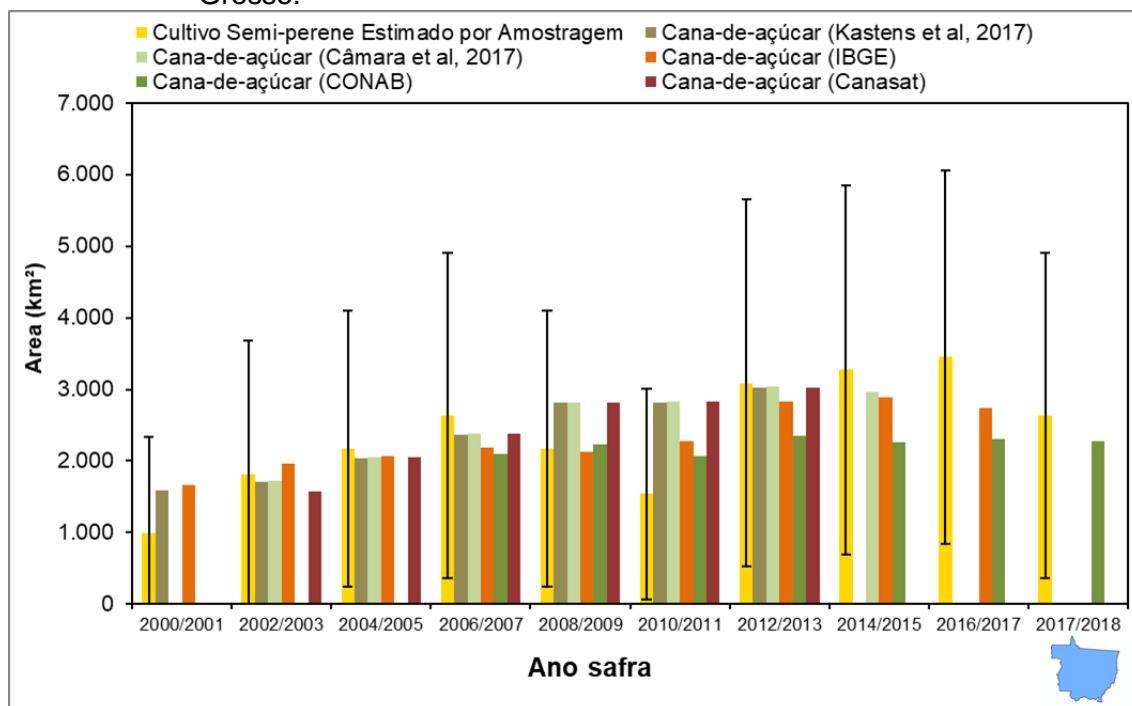
Figura 4.16 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para agricultura com área mapeada pelo TerraClass na Amazônia-MT.



Fonte: Produção do autor.

A classe Cultivo Semiperene no presente estudo refere-se a cultura da cana-de-açúcar. Comparando a área dessa cultura mapeada pelo CanaSat (AGUIAR et al., 2011; RUDORFF et al., 2010), Câmara et al. (2017) e Kastens et al. (2017), e estimativas da CONAB (CONAB, 2018) e IBGE (IBGE, 2019), a área estimada por amostragem não diferiu de nenhum deles em nenhum ano safra, considerando o intervalo de confiança (Figura 4.17). Entretanto, vale ressaltar a ocorrência de altos intervalos de confiança para as estimativas. Além disso, pelo fato da classe Cultivo Semiperene referir-se a cana-de-açúcar, e ser representada por poucas amostras, quando algumas destas estavam em período de reforma (i. e. 2010/2011) a média estimada apresentou uma maior diferença com relação as comparações, pois áreas em reforma acabaram sendo classificadas como Outros Usos.

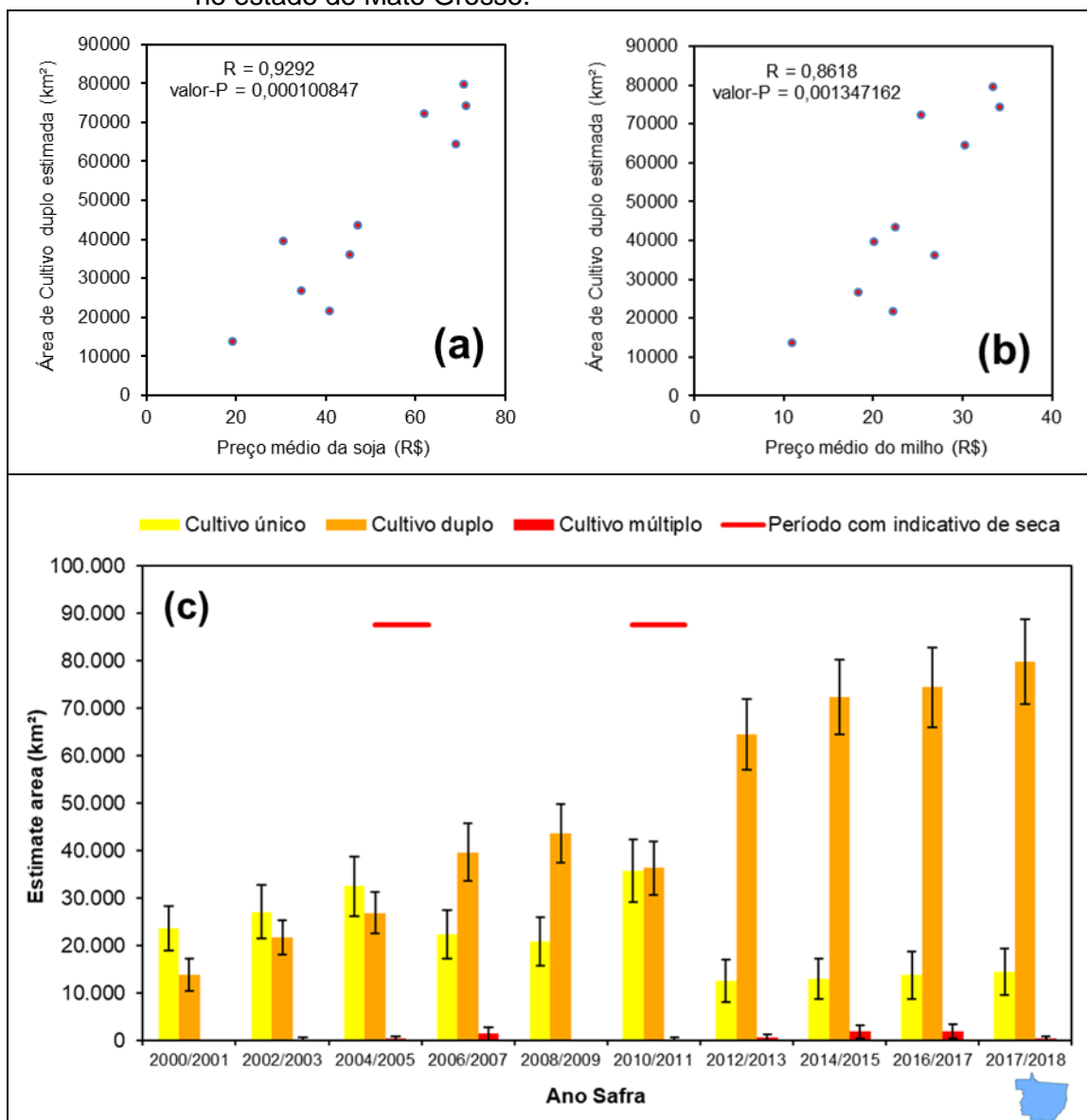
Figura 4.17 - Comparativo entre a área estimada por amostragem para Cultivo Semiperene com dados de diferentes mapeamentos no estado de Mato Grosso.



Fonte: Produção do autor.

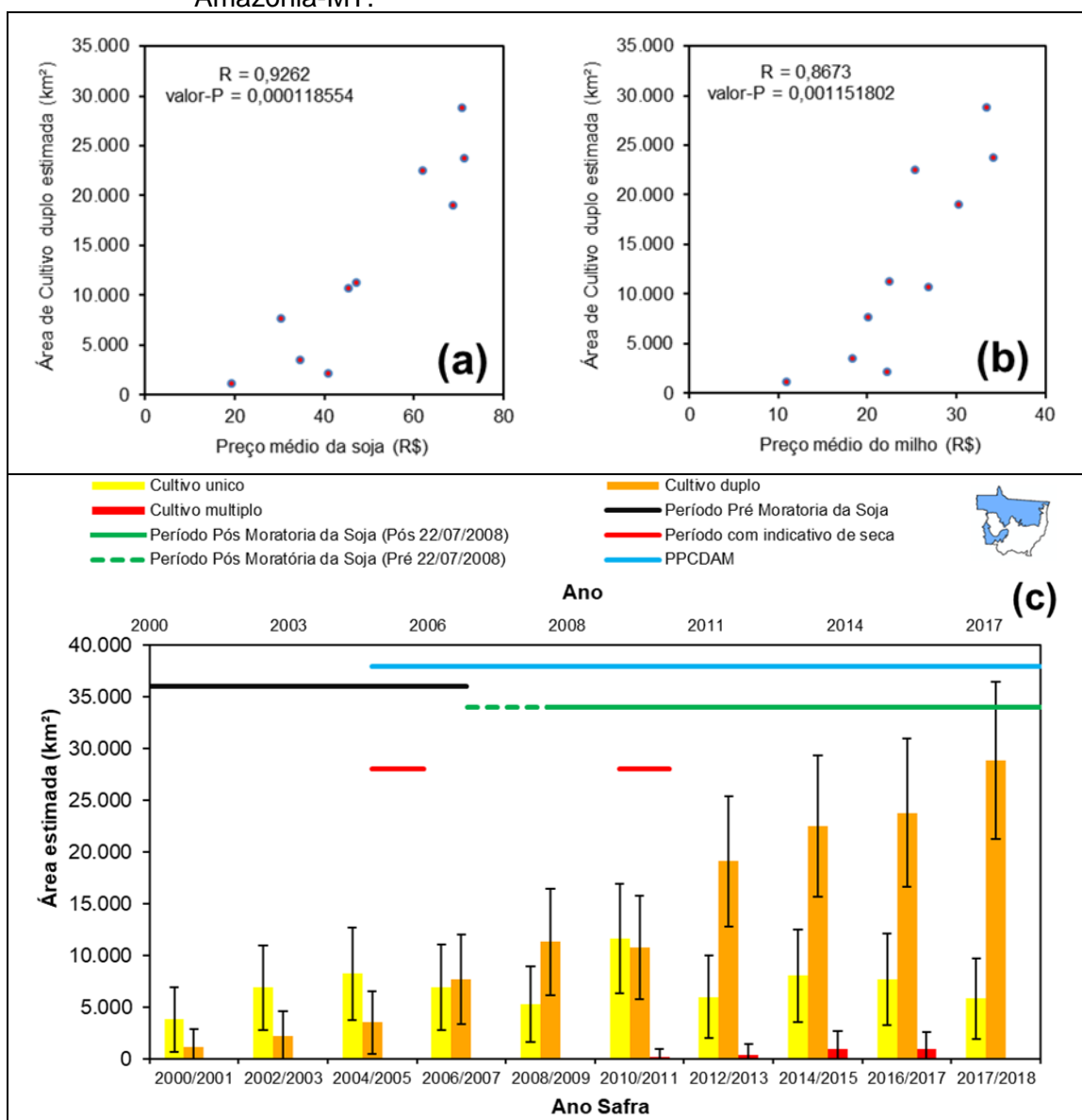
Na Figura 4.18 são apresentados os períodos de seca e as estimativas de área de cultivo único, duplo e múltiplo, as quais são comparadas com o preço médio da soja (CEPEA/ESALQ, 2019b) e do milho (CEPEA/ESALQ, 2019c) para cada ano safra estudado. Observa-se que até 2004/2005 a média das estimativas de cultivo único foram maiores que de cultivo duplo. A partir daí a área estimada para cultivo duplo aumentou, tornando-se a cada ano safra estudado maior que a área estimada para cultivo único. A exceção fica por conta do ano safra de 2010/2011, época que coincide com um período de seca que ocorreu em 2010 (MARENGO et al., 2011), e que pode ter levado a redução no cultivo da segunda safra, dada a adversidade climática. Este mesmo comportamento é observado para a Amazônia-MT (Figura 4.19) e para o Cerrado-MT (Figura 4.20).

Figura 4.18 - Comparação entre a área estimada para cultivo duplo com o preço médio da soja (a) e do milho (b) (CEPEA/ESALQ, 2019) em cada ano safra estudado, e estimativa de área para Cultivo único, duplo e múltiplo (c), no estado de Mato Grosso.



Fonte: Produção do autor.

Figura 4.19 - Comparação entre a área estimada para cultivo duplo com o preço médio da soja e do milho (CEPEA/ESALQ, 2019) em cada ano safra estudado (a e b), e estimativa de área para Cultivo único, duplo e múltiplo (c), na Amazônia-MT.

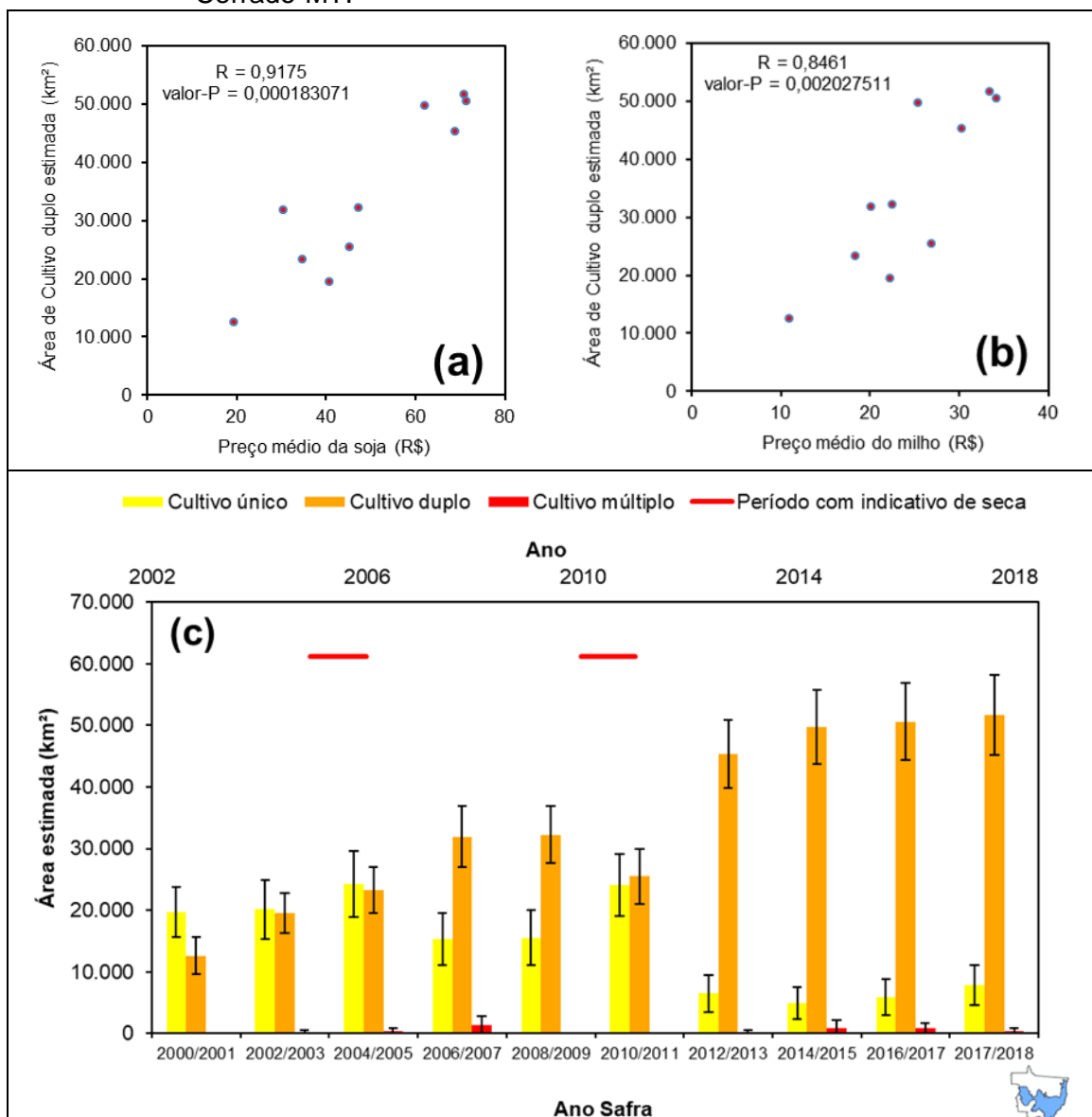


Fonte: Produção do autor.

Assim como apontado por Macedo et al. (2012), Morton et al. (2016) e Zalles et al. (2019), o crescimento da área agrícola no estado de Mato Grosso pode estar associado ao aumento no preço da soja ou sua rentabilidade. Desse modo, a tendência no aumento de áreas de cultivo duplo pode estar associada a crescente nos preços de soja e milho, uma vez que ambos se mostraram relacionados ao aumento da área de cultivo duplo (Figura 4.18, Figura 4.19 e Figura 4.20). Isso pode ser justificado pelo fato de que a cultura da soja é o

principal cultivo anual no estado de Mato Grosso (ARVOR et al., 2011; KAPPES, 2013), enquanto que o milho é a principal cultura de segunda safra (KAPPES, 2013). Tal tendência é observada tanto para o estado como um todo (Figura 4.18), quanto para Amazônia-MT (Figura 4.19) e Cerrado-MT (Figura 4.20).

Figura 4.20 - Comparação entre a área estimada para cultivo duplo com o preço médio da soja e do milho (CEPEA/ESALQ, 2019) em cada ano safra estudado (a e b), e estimativa de área para Cultivo único, duplo e múltiplo (c), no Cerrado-MT.

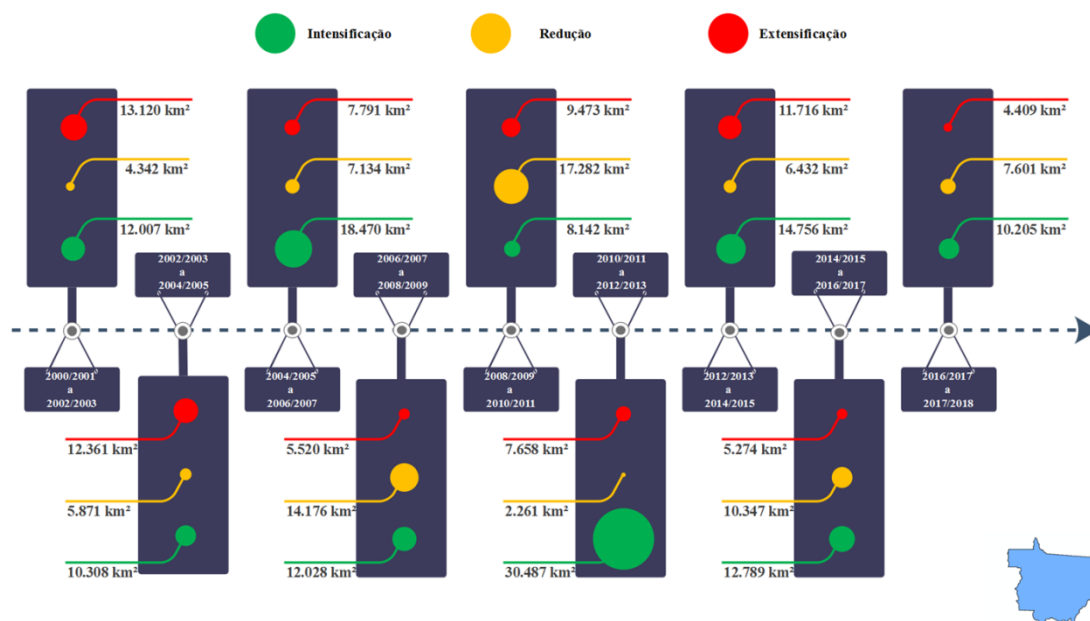


Fonte: Produção do autor.

4.2 Estimativas de extensificação, intensificação e redução de uso da terra pela agricultura

A partir da matriz de transição para cada período, foram obtidos os valores de área de extensificação, intensificação e redução da intensidade de uso da terra por meio da agricultura, onde estas variáveis são reflexo não só da expansão ou retração da agricultura, mas também do manejo agrícola adotado. A Figura 4.21 apresenta os valores de área estimada em km² para o estado de Mato Grosso. Entre os anos safra de 2000/2001 e 2004/2005, e 2008/2009 e 2010/2011 a área estimada para extensificação foi maior que a área estimada para intensificação. Entre os anos safra de 2006/2007 a 2010/2011, a redução na intensidade de uso por agricultura superou os valores estimados para extensificação e intensificação.

Figura 4.21 - Área estimada para extensificação, intensificação e redução em cada período de transição no estado de Mato Grosso.



Fonte: Produção do autor.

Conforme pode ser observado na Figura 4.21, as estimativas de área para extensificação variaram entre 4.409 km² a 13.120 km², para os períodos de transição entre os anos safra de 2016/2017 a 2017/2018 e 2000/2001 a 2002/2003, respectivamente. As duas estimativas mais altas ocorreram nos

dois primeiros períodos de transição (2000/2001 a 2002/2003, e 2002/2003 a 2004/2005), correspondendo a aproximadamente um terço do total estimado até 2017/2018. Estes resultados corroboram o apontado no trabalho de Morton et al. (2016), que indica que as taxas de extensificação agrícola foram mais altas até 2005.

Para intensificação, as estimativas de área apontaram o menor valor para o período de transição entre 2008/2009 a 2010/2011, com 8.142 km². Já, no período de transição seguinte: 2010/2011 a 2012/2013, observa-se o maior valor de área estimado, com 30.487 km² (Figura 4.21). Nota-se que a ocorrência da menor intensificação estimada coincide com um período de seca (MARENGO et al., 2011), e com uma época em que os preços da soja e do milho estavam em queda (CEPEA/ESALQ, 2019b, 2019c), enquanto que a maior deu-se num período pós seca e com elevação nos preços de soja e milho.

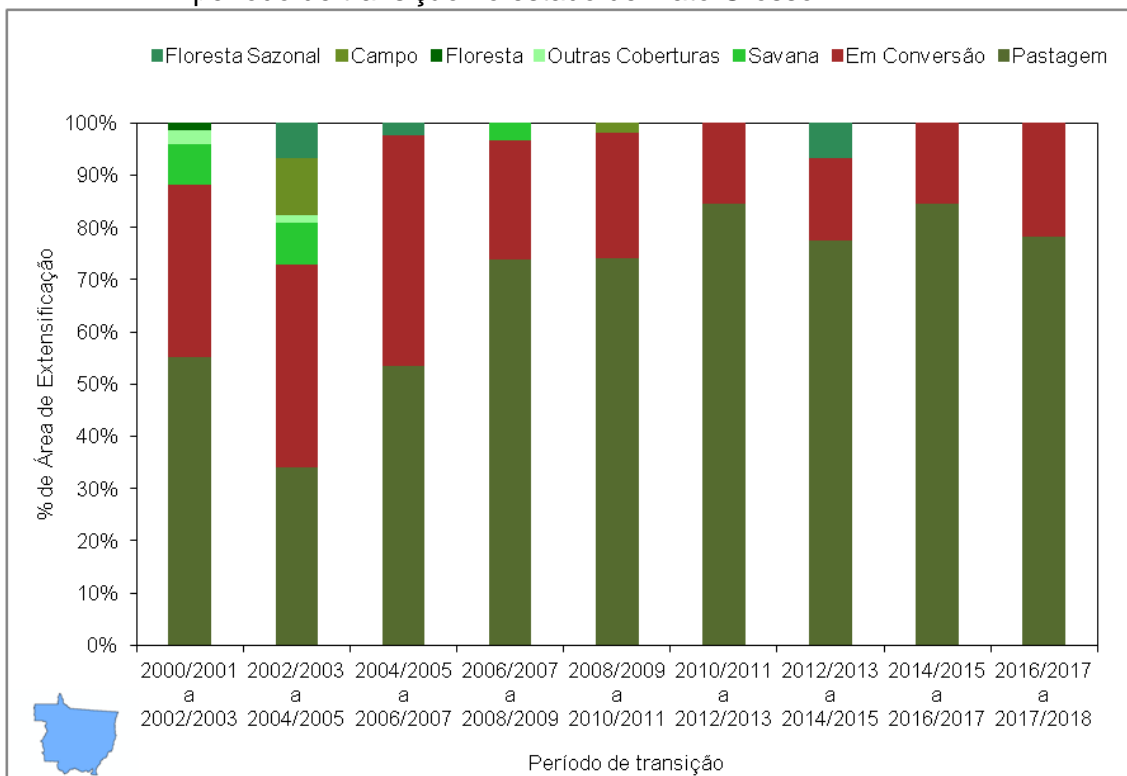
Oposta a intensificação, a redução na intensidade de uso por meio da agricultura teve sua maior estimativa de área em 17.282 km², no período de transição entre os anos safra de 2008/2009 a 2010/2011. No período de transição entre 2010/2011 a 2012/2013, com 2.261 km² deu-se a menor estimativa de área para redução de intensidade de uso agrícola. Estimou-se uma redução na intensidade de uso por meio da agricultura de aproximadamente 44 mil km² entre os anos safra de 2002/2003 e 2010/2011 (Figura 4.21). Em um período semelhante, entre 2002 e 2010, Spera et al. (2014) apontaram resultados semelhantes, com uma redução na intensidade de uso da terra por meio da agricultura de aproximadamente 37 mil km².

4.2.1 Extensificação agrícola

Observa-se na Figura 4.22, que a extensificação deu-se principalmente sobre áreas de Pastagem em todos os períodos de transição, o que pode ser reflexo não somente da expansão agrícola, mas também de manejos, como os adotados para recuperação de áreas de pastagem, que utilizam soja, que além de ser agente fixador de nitrogênio (ZIMMER et al., 2012), também pode gerar

bons rendimentos, ou ainda pela retomada de prática agrícola em áreas que estavam sendo temporariamente utilizadas como pastagem (RAMANKUTTY e FOLEY, 1998). Por sobre áreas classificadas como em conversão, sua ocorrência também foi considerável em todo o período estudado, o que pode sugerir um incremento indireto em áreas agrícolas a partir de áreas com cobertura natural, ou ainda pela retomada de prática agrícola em áreas de pousio (RAMANKUTTY e FOLEY, 1998). Observa-se também que há uma redução na extensificação agrícola, diretamente, por sobre áreas de Floresta, Savana e Campo, após o ano safra de 2004/2005. Isto pode ser reflexo da adoção de políticas conservacionistas como o PPCDAm (ARIMA et al., 2014; BRASIL, 2004; ROSA et al., 2013) e a Moratória da Soja (ARIMA et al., 2014; GIBBS et al., 2015; RUDORFF et al., 2011) que foram concebidas com o objetivo de reduzir o desflorestamento na Amazônia brasileira.

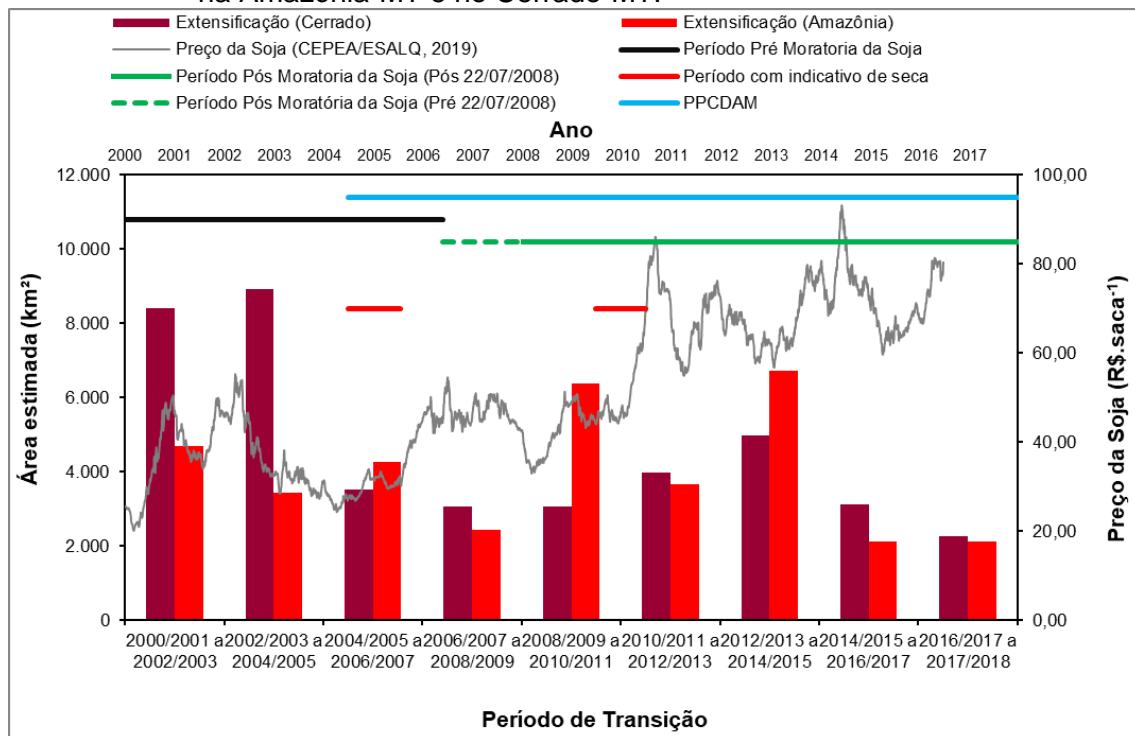
Figura 4.22 - Percentual de área a partir de onde se deu a extensificação em cada período de transição no estado de Mato Grosso.



Fonte: Produção do autor.

Na Figura 4.23 observa-se os valores de área estimada para extensificação agrícola na Amazônia-MT e no Cerrado-MT. Os valores de área estimados para a extensificação no Cerrado-MT foram superiores aos estimados para a Amazônia-MT, na maioria dos períodos de transições. As exceções ficam por conta das transições ocorridas entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007, 2008/2009 e 2010/2011, e 2012/2013 e 2014/2015. Gibbs et al. (2015) comentam que há uma maior vulnerabilidade do Cerrado, no que diz respeito a conversão de áreas com cobertura natural para uso agrícola, principalmente para cultivo de soja, uma vez que a este bioma não aplicam-se políticas conservacionistas como a Moratória da Soja. Outro fator importante dá-se no ponto de vista legal, uma vez que a área de reserva legal determinada para o Cerrado é menor que para a Amazônia (BRASIL, 2012). Assim, este cenário poderia ser o principal motivador da ocorrência de estimativas de extensificação agrícola maiores para o Cerrado-MT do que para a Amazônia-MT.

Figura 4.23 - Área de extensificação agrícola estimada em cada período de transição na Amazônia-MT e no Cerrado-MT.

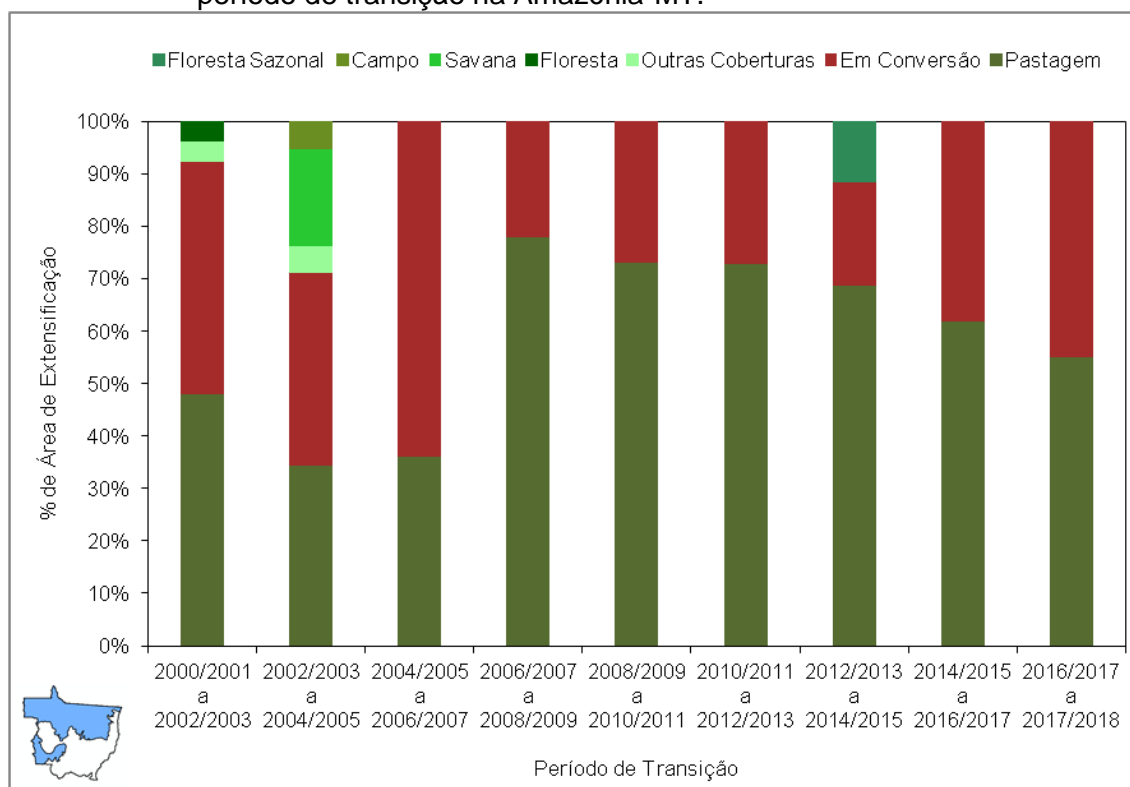


Fonte: Produção do autor.

Para a Amazônia-MT, o comportamento da extensificação agrícola estimada foi diferente. De uma maneira geral, durante o período estudado, os valores de área estimados alternaram decréscimos e acréscimos, respectivamente. A partir do ano safra de 2004/2005, a extensificação agrícola acumulada na Amazônia-MT foi maior que no Cerrado-MT, em aproximadamente 3,7 mil km². Observa-se também que seus dois maiores valores ocorrem no período pós-moratória da soja (Figura 4.23).

Na Amazônia-MT, a extensificação apesar de ter ocorrido principalmente sobre áreas de Pastagem, com exceção do período de transição entre os anos de 2004/2005 e 2006/2007, no qual deu-se em percentuais maiores sobre áreas classificadas como Em Conversão, contribuiu com percentuais de área menores, em comparação ao que observou-se para o Cerrado-MT. Porém, assim como observou-se no Cerrado-MT, a partir de 2004/2005 a extensificação sobre áreas de Pastagem teve percentuais maiores que nos períodos de transição anteriores. Entretanto, nota-se que a extensificação sobre áreas classificadas como Em Conversão deu-se em percentuais maiores que no Cerrado. Isso pode sugerir que a extensificação agrícola na Amazônia-MT, indiretamente sobre áreas classificadas como naturais, foi maior que no Cerrado-MT (Figura 4.24 e Figura 4.25).

Figura 4.24 - Percentual de área a partir de onde se deu a extensificação em cada período de transição na Amazônia-MT.



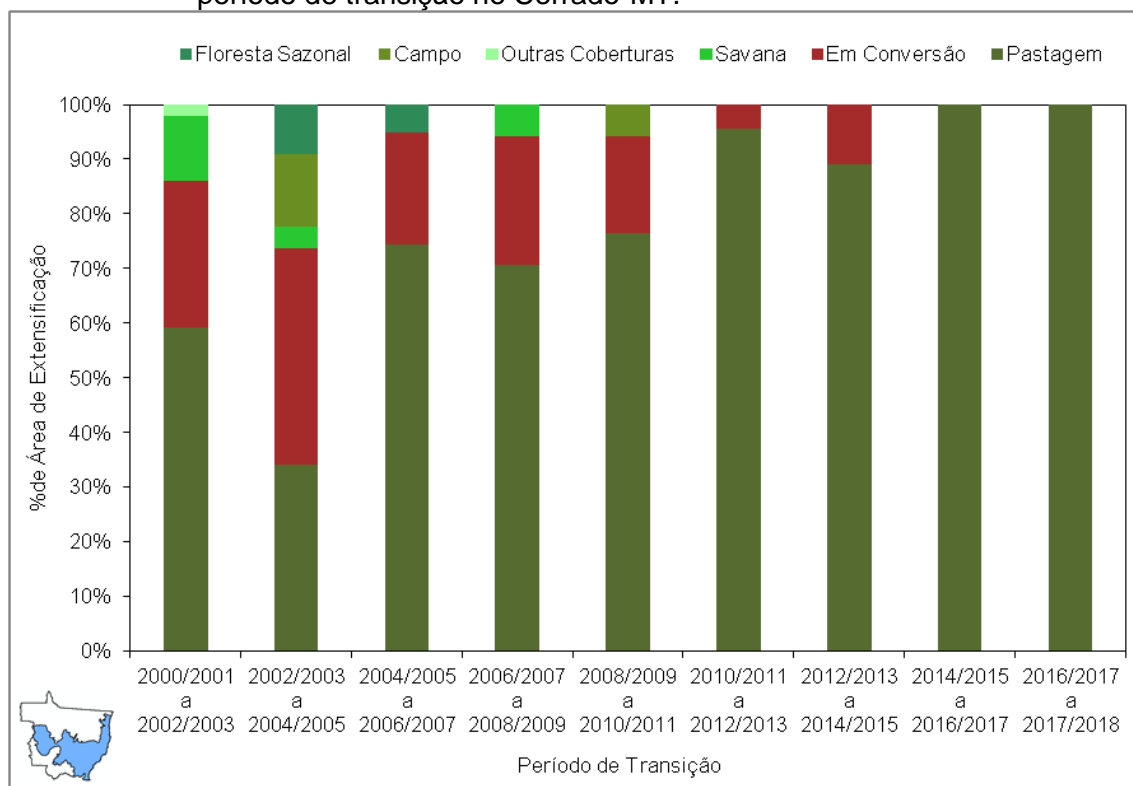
Fonte: Produção do autor.

Considerando ainda que áreas classificadas como Em Conversão possuíam cobertura natural no período anterior, observamos que indiretamente, até a transição entre 2004/2005 e 2006/2007, a extensificação agrícola deu-se a partir de áreas naturais em mais de 50% na Amazônia-MT. Tal mudança na extensificação agrícola deu-se pela diminuição da expansão de áreas agrícolas por sobre áreas naturais, que assim como apontado nos trabalhos de Arima et al. (2014), Gibbs et al. (2015), Kastens et al. (2017) e Macedo et al. (2012), deu-se pela implementação de políticas conservacionistas de cunho público (PPCDAm) e privado (Moratória da Soja).

Observa-se que para o Cerrado-MT as duas maiores estimativas referem-se aos dois primeiros períodos de transição (Figura 4.23), e coincidem com um período de crescimento no preço da soja, cultivo mais praticado no estado de Mato Grosso (ARVOR et al., 2011; KAPPES, 2013), e pré moratória da soja (GIBBS et al., 2015). Uma diminuição considerável na área estimada para

extensificação no Cerrado-MT dá-se no terceiro período de transição, entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007, época de queda nos preços da soja e também referente a um período de forte seca na Amazônia (MARENGO et al., 2008). As estimativas decrescem até o ano safra de 2010/2011, outra época com queda nos preços da soja e marcada por uma forte seca (MARENGO et al., 2011), a partir de então, apresenta um comportamento crescente até 2014/2015, para apresentar nova queda.

Figura 4.25 - Percentual de área a partir de onde se deu a extensificação em cada período de transição no Cerrado-MT.



Fonte: Produção do autor.

Percebe-se que no Cerrado-MT a extensificação deu-se em percentuais mais altos sobre Pastagem em todos os períodos de transição, de modo que a partir do ano safra de 2004/2005 o percentual de extensificação sobre Pastagem aumentou. Até 2010/2011, nota-se que a extensificação ocorreu diretamente sobre áreas naturais, sendo que até 2004/2005, essa ocorrência deu-se acima de 10% da área total. A extensificação também ocorreu sobre áreas classificadas como Em Conversão, o que pode sugerir expansão da agricultura

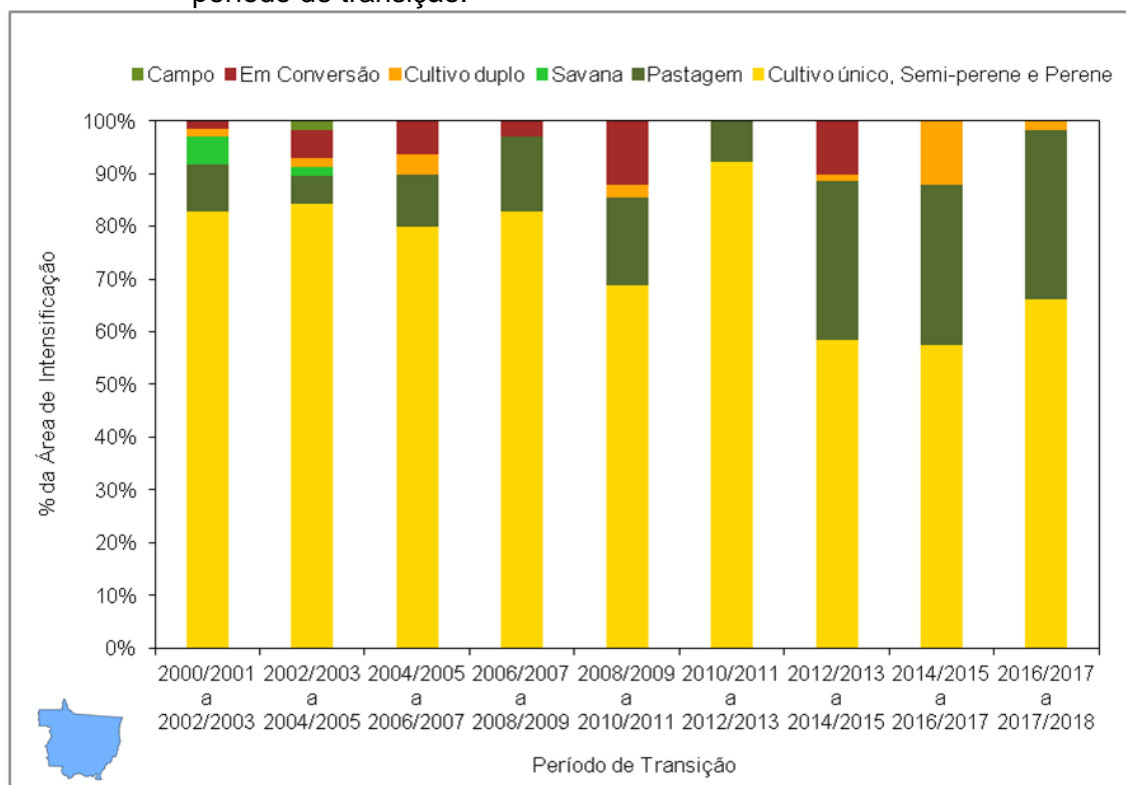
sobre áreas naturais do Cerrado-MT de maneira indireta. Entretanto, esta ocorrência reduziu ao longo do período estudado, de modo que nos últimos dois períodos de transição, não foi observada (Figura 4.25).

4.2.2 A intensificação agrícola

Conforme Figura 4.26, a intensificação agrícola deu-se principalmente pela adoção de Cultivo Duplo em áreas de Cultivo Único, o que refletiu ao longo do período estudado no aumento das estimativas de área de cultivo duplo e na redução de áreas de cultivo único. Isso sinaliza que a intensificação agrícola dá-se preferencialmente em áreas agrícolas já estabelecidas. Assim, a intensificação é um dos caminhos que possibilita o aumento da produção de alimentos sem a incorporação de novas áreas, uma alternativa que leva ao aumento da produtividade e reduz a pressão sobre ecossistemas naturais. Entretanto, vale a ressalva que os manejos adotados para se intensificar a produção em uma determinada área devem ser realizados de maneira sustentável, caso contrário a intensificação pode gerar danos ao meio ambiente. Nesse cenário a adoção de cultivo duplo em áreas de cultivo único pode ter sido impulsionada pela variação nos preços de soja e milho, que apresentaram correlação com as estimativas de Cultivo Duplo.

No que refere-se a classes não agrícolas, Pastagem foi a classe a partir de onde ocorreram os maiores percentuais de intensificação no estado, a que deu-se por meio da transição de Pastagem para Cultivo Duplo, o que assim como observa-se para extensificação pode estar associado não somente a expansão da agricultura, mas também pelo manejo adotado em recuperação de pastagens com o cultivo de soja (ZIMMER et al., 2012), bem como pela retomada de prática agrícola em áreas agrícolas temporariamente utilizadas como pastagem ou que encontravam-se em pousio (RAMANKUTTY e FOLEY, 1998). Nesse contexto, observa-se a ocorrência de intensificação e extensificação agrícola, num mesmo período de transição, sobre uma mesma área, sendo que a extensificação deu-se pelo início da prática agrícola sobre área não agrícola e a intensificação pela adoção de Cultivo Duplo (Figura 4.26).

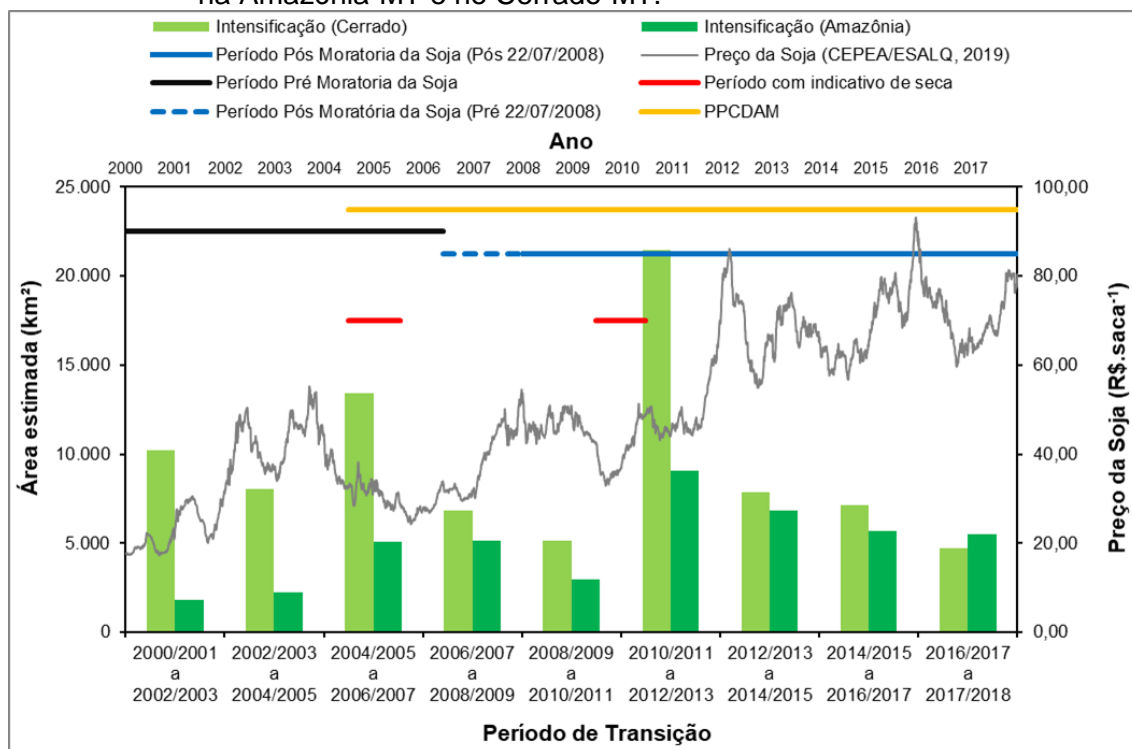
Figura 4.26 - Percentual de área a partir de onde se deu a intensificação em cada período de transição.



Fonte: Produção do autor.

Observando as estimativas para intensificação agrícola na Amazônia-MT e no Cerrado-MT (Figura 4.27), nota-se que as estimativas de intensificação no Cerrado-MT foram superiores as da Amazônia-MT, com exceção do período entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018. Isto pode se justificar pelo fato de que a intensificação dá-se principalmente pela adoção de Cultivo Duplo sobre áreas de Cultivo Único, assim, como a área de agricultura anual no Cerrado-MT é maior, a área de intensificação agrícola no Cerrado-MT também tende a ser maior. Nota-se também que para ambos os biomas, as maiores estimativas deram-se no período de transição entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013, no período pós moratória da soja, coincidindo ainda com uma época de pós-seca e de elevação nos preços da soja.

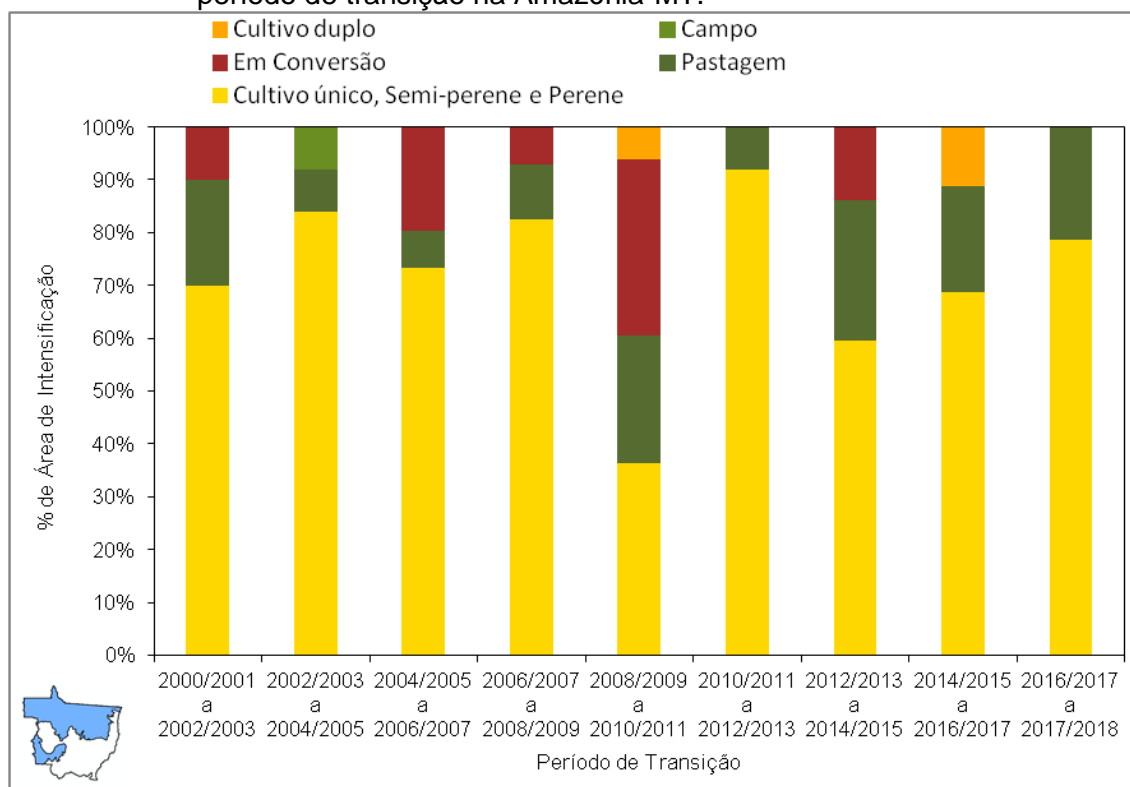
Figura 4.27 - Área de intensificação agrícola estimada em cada período de transição na Amazônia-MT e no Cerrado-MT.



Fonte: Produção do autor.

A intensificação na Amazônia-MT teve sua menor estimativa de área para o período de transição entre 2000/2001 a 2002/2003, com 1.805 km², enquanto que o maior valor de área estimado foi para o período de transição entre 2010/2011 a 2012/2013, com 9.054 km² (Figura 4.27). No período estudado, a intensificação agrícola na Amazônia-MT deu-se principalmente pela transição de Cultivo Único, Semiperene e Perene para Cultivo Duplo em todas as transições. Entretanto, para o período de transição entre 2008/2009 e 2010/2011, observa-se que a intensificação sobre áreas não agrícolas foi maior que sobre áreas agrícolas (Figura 4.28), apontando para a ocorrência simultânea de intensificação e extensificação.

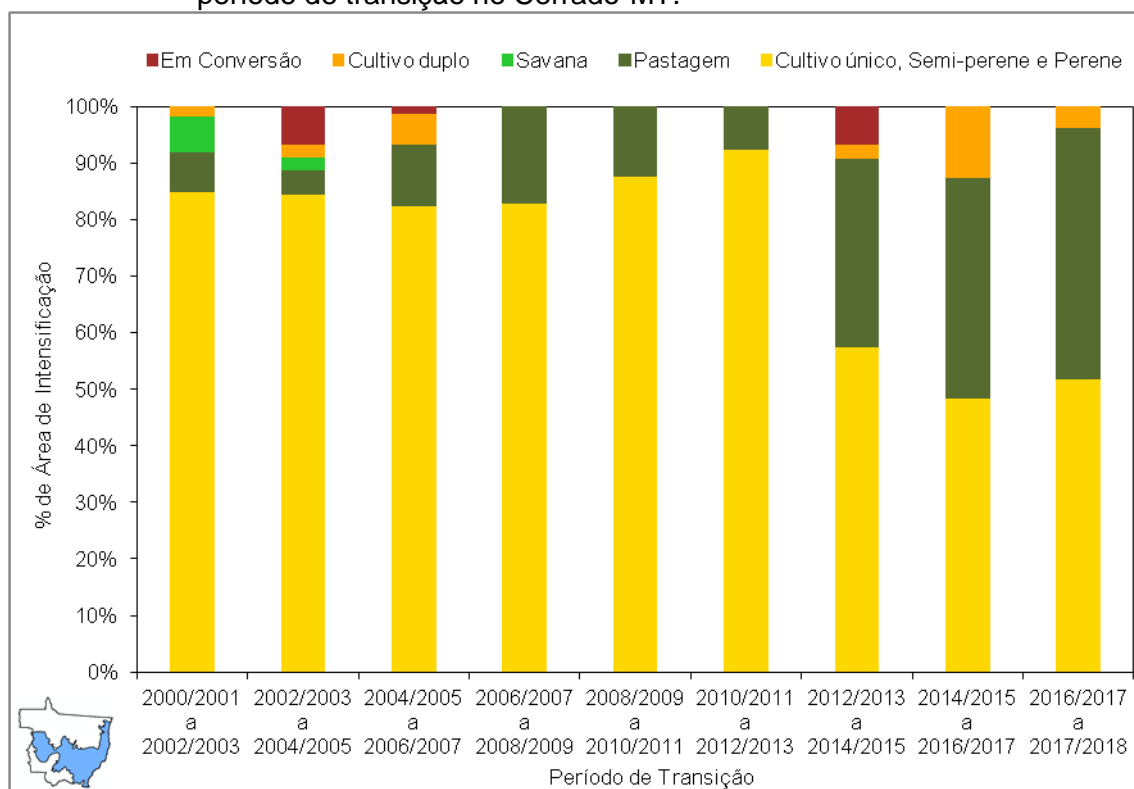
Figura 4.28 - Percentual de área a partir de onde se deu a intensificação em cada período de transição na Amazônia-MT.



Fonte: Produção do autor.

Para o Cerrado-MT, as estimativas de área de intensificação agrícola variaram entre 4.713 km² e 21.433 km². O maior valor estimado deu-se no período de transição entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013, assim como o observado na Amazônia-MT. Já a menor estimativa de maneira geral, deu-se na transição entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018. Considerando transições bianuais, o menor valor estimado ocorreu entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011 (Figura 4.27). Nota-se que em todos os períodos, a intensificação deu-se a partir da transição da classe Cultivo Único para Cultivo Duplo (Figura 4.29). Entretanto, observa-se na Figura 4.29, que a partir de 2012/2013 houve um considerável aumento na intensificação agrícola a partir de áreas de pastagem no Cerrado-MT.

Figura 4.29 - Percentual de área a partir de onde se deu a intensificação em cada período de transição no Cerrado-MT.



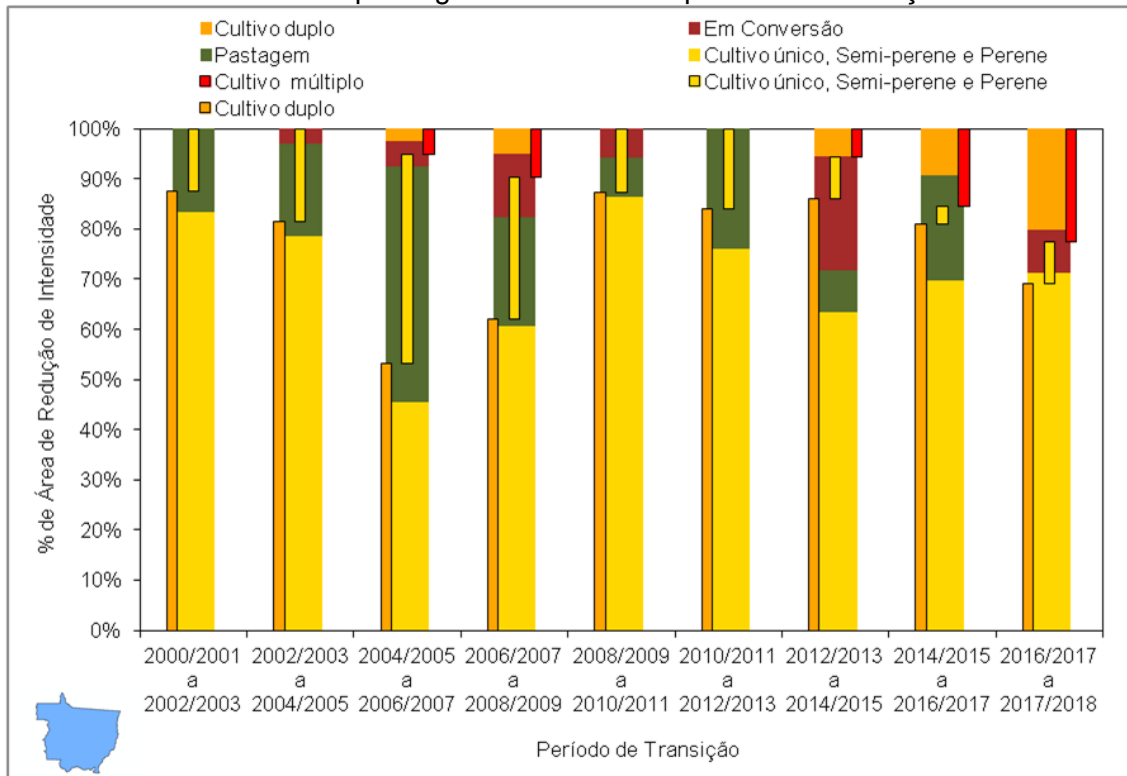
Fonte: Produção do autor.

4.2.3 Redução da intensidade de uso da terra pela agricultura

Observou-se para o estado de Mato Grosso que a redução na intensidade de uso da terra pela agricultura está atrelada a adoção de Cultivo Único em áreas com Cultivo Duplo (Figura 4.30). Observando as classes não agrícolas, a Pastagem mostrou-se como a principal classe redutora, normalmente sendo destino de áreas que recebiam Cultivo Único (Figura 4.30). Vale destacar que a redução da intensidade de uso da terra pela agricultura não está somente atrelada a marginalização ou abandono de áreas agrícolas, ou ainda a variações climáticas e do mercado. Assim como foi apontado, com relação a extensificação e intensificação, o manejo adotado também pode refletir nas estimativas de redução, uma vez que pode se referir a uma área de pastagem pós manejo de recuperação com cultivo de soja, por exemplo (ZIMMER et al., 2012), uma área agrícola temporariamente utilizada como pastagem ou em pousio (RAMANKUTTY e FOLEY, 1998), ou ainda, uma área agrícola em

recuperação, como é o caso do manejo integração lavoura-pecuária para o aporte de matéria orgânica em solos arenosos, por exemplo (FRANCHINI et al., 2016).

Figura 4.30 - Percentual de área a partir de onde se deu a redução da intensidade de uso da terra pela agricultura em cada período de transição.



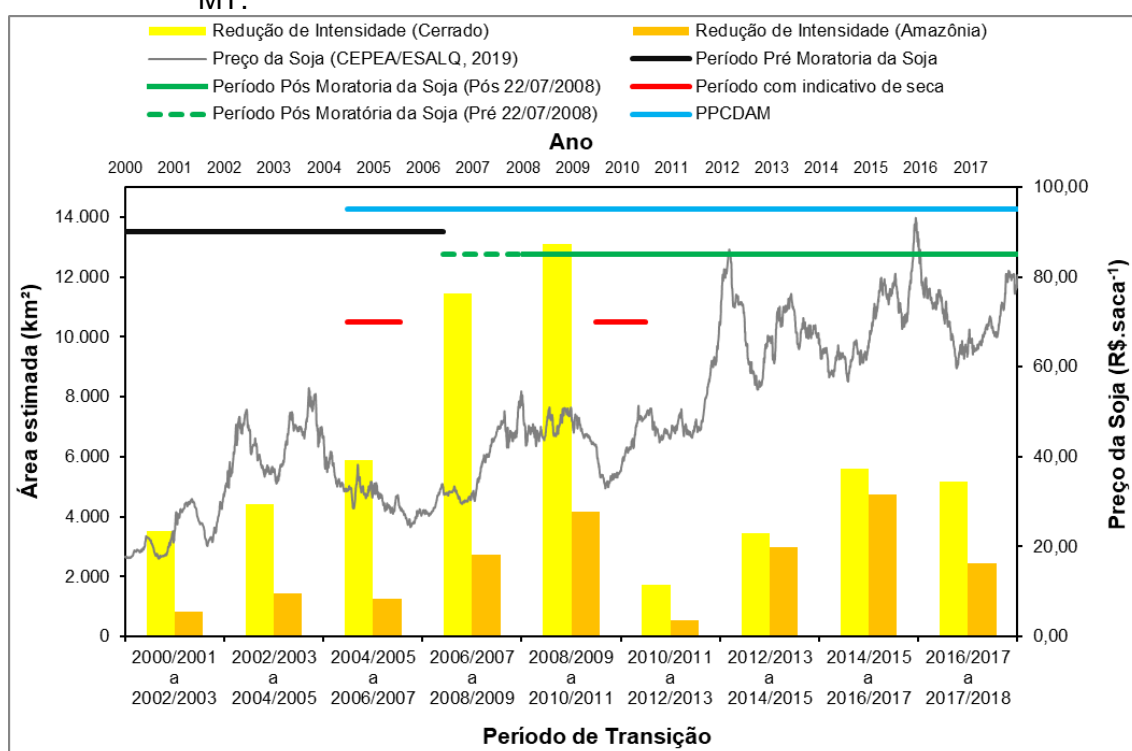
Colunas largas (sem borda) se referem as classes redutoras (uso posterior), colunas estreitas (com borda) se referem as classes reduzidas (uso anterior).

Fonte: Produção do autor.

Assim como o que observa-se para extensificação agrícola, a redução da intensidade de uso por meio da agricultura apresentou valores de área estimada para o Cerrado-MT maiores que os valores estimados para a Amazônia-MT. Isto deve-se provavelmente ao mesmo fato pelo qual os valores de intensificação agrícola mostraram-se maiores para o Cerrado-MT. Entretanto, observa-se um comportamento semelhante ao longo do tempo, com as estimativas crescendo período a período até o entre 2008/2009 e 2010/2011, a partir de onde observa-se uma queda abrupta entre 2010/2011 e 2012/2013 (Figura 4.31). De uma maneira geral, nota-se que as estimativas de

área mais altas para redução da intensidade de uso da terra por meio da agricultura, para ambos os biomas, deram-se no período entre 2008/2009 e 2010/2011, o que coincide com uma época com queda de preços da soja e com a ocorrência de seca. Por outro lado, os menores valores de área estimados deram-se num período pós-seca e com elevação dos preços da soja, entre 2010/2011 e 2012/2013 (Figura 4.31).

Figura 4.31 - Área de redução de uso da intensidade da terra pela prática agrícola estimada em cada período de transição na Amazônia-MT e no Cerrado-MT.

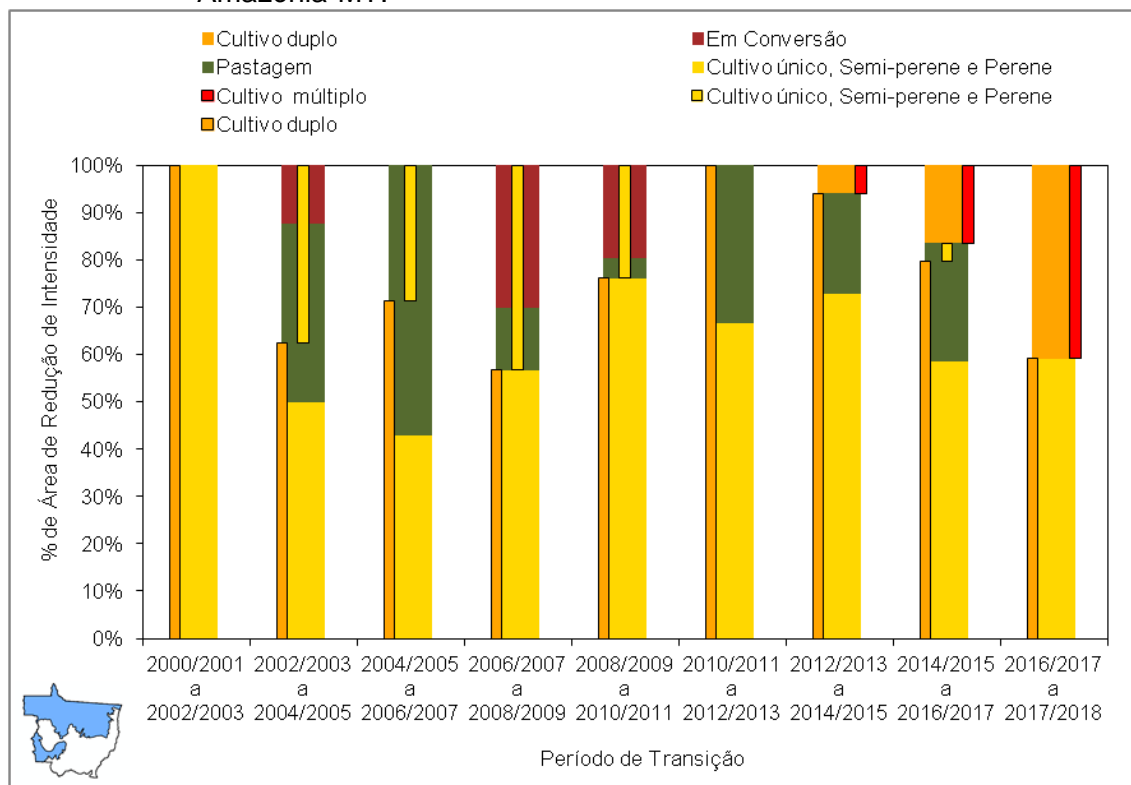


Fonte: Produção do autor.

Na Amazônia-MT, a redução na intensidade de uso da terra pela agricultura teve valores estimados entre 541 km² e 4.117 km². Sua maior estimativa de área deu-se no período de transição entre os anos safra de 2008/2009 a 2010/2011, enquanto que a menor estimativa de área ocorreu no período de transição entre 2010/2011 a 2012/2013, assim como o observado para o estado do Mato Grosso (Figura 4.21). A redução na intensidade de uso da terra pela agricultura, assim como observado para o Mato Grosso, em todas as transições deu-se principalmente pela transição de áreas de Cultivo Duplo para

Cultivo Único. Entretanto, nota-se que transições de classes agrícolas para Pastagem e Em Conversão foram uma considerável rota de redução da intensidade de uso da terra pela agricultura (Figura 4.32).

Figura 4.32 - Percentual de área a partir de onde se deu a redução da intensidade de uso da terra pela agricultura em cada período de transição na Amazônia-MT.



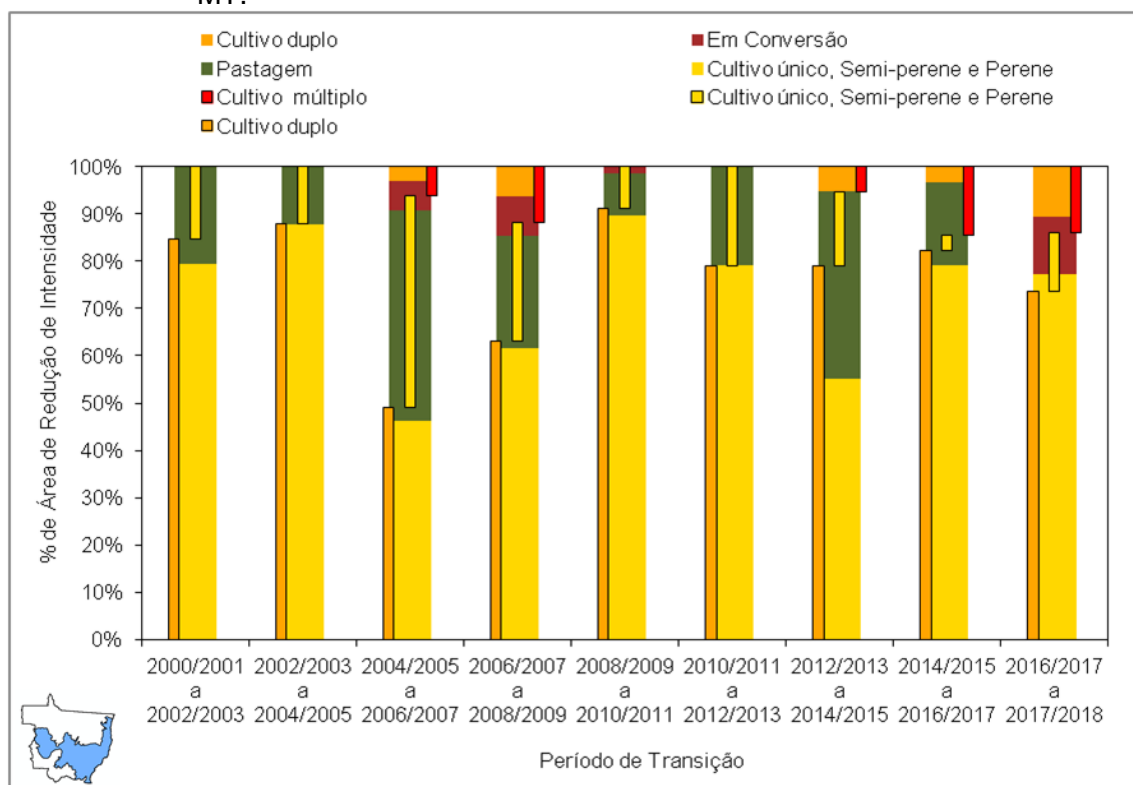
Colunas largas (sem borda) referem-se as classes redutoras (uso posterior), colunas estreitas (com borda) referem-se as classes reduzidas (uso anterior).

Fonte: Produção do autor.

Na Figura 4.31 observa-se que os maiores valores estimados para redução da intensidade de uso da terra pela agricultura no Cerrado-MT deram-se entre os anos safra de 2006/2007 e 2010/2011. O valor mais elevado estimado para redução da intensidade de uso por meio da prática agrícola foi de 13.110 km², e deu-se entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011, assim como o que observou-se para o estado de Mato Grosso (Figura 4.21). Da mesma forma, o menor valor estimado ocorreu entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013, com 1.720 km². A redução da intensidade de uso da terra por meio da prática

agrícola ocorreu principalmente a partir da transição da classe Cultivo Duplo para Cultivo Único, com exceção do período entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007, onde a redução da intensidade de uso da terra por meio da prática agrícola ocorreu por meio da transição da classe Cultivo Único para classes não agrícolas, as quais referem-se, nesse período de transição, especificamente, as classes pastagem e em conversão (Figura 4.33).

Figura 4.33 - Percentual de área a partir de onde se deu a redução da intensidade de uso da terra pela agricultura em cada período de transição no Cerrado-MT.



Colunas largas (sem borda) referem-se as classes redutoras (uso posterior), colunas estreitas (com borda) referem-se as classes reduzidas (uso anterior).

Fonte: Produção do autor.

4.3 Dinâmica do uso e cobertura da terra

A dinâmica de uso e cobertura da terra foi analisada a partir da transição entre classes de um momento para outro. As 15 classes foram reagrupadas em 8, sendo 4 classes naturais: Campo, Savana, Floresta Total (Floresta+Floresta Sazonal) e Outras Classes Naturais (Outras Coberturas Naturais+Água), e 4

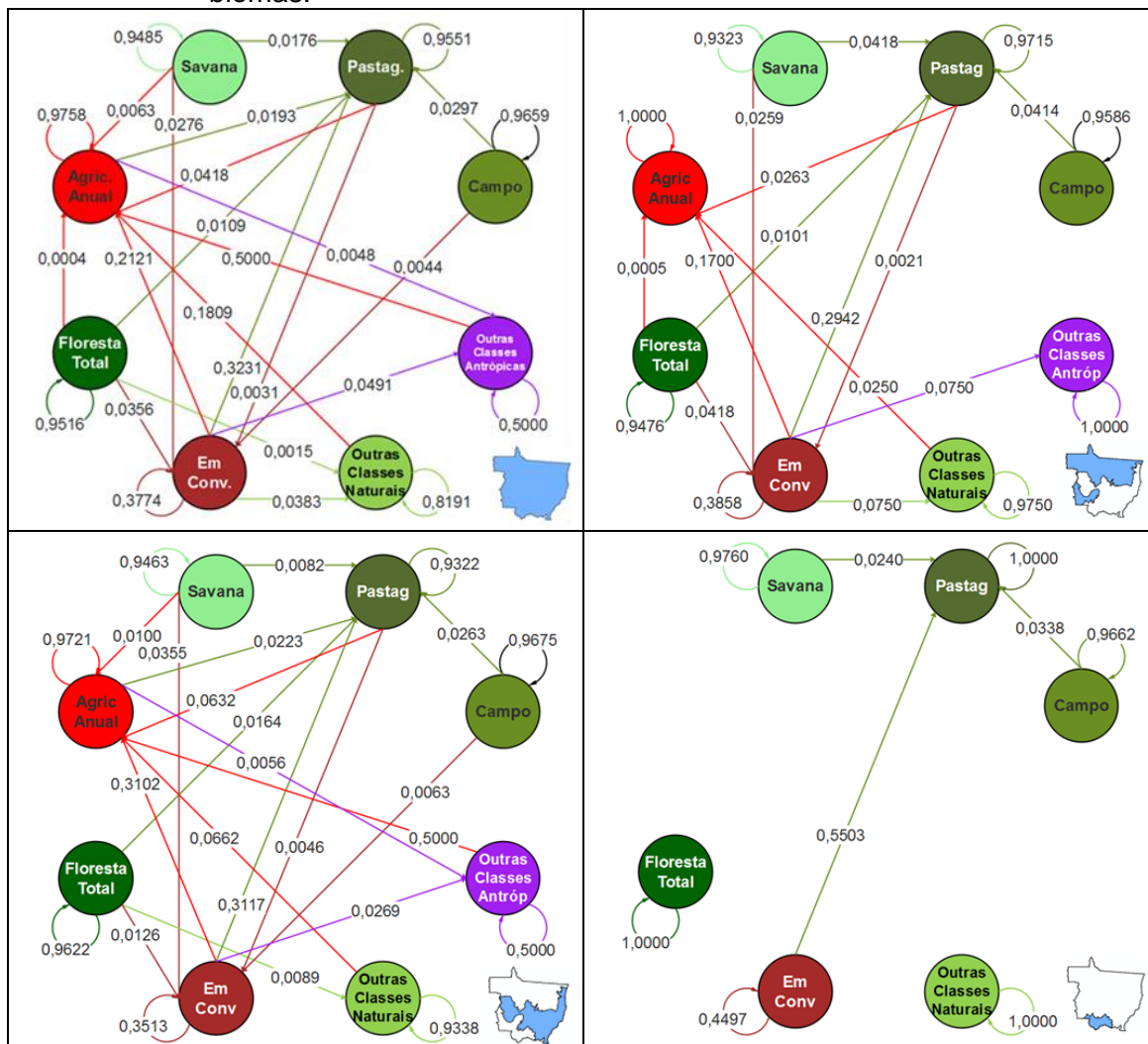
classes antrópicas: Agricultura Anual (Cultivo Único+Cultivo Duplo+Cultivo Múltiplo), Pastagem, Em Conversão (Em Conversão+Outros Usos) e Outras Classes Antrópicas (Cultivo Semiperene+Cultivo Perene+Reflorestamento). Por meio das matrizes de transição foram obtidas as matrizes Markovianas, a partir de onde foram elaboradas as cadeias de Markov para três períodos de transição: 2000/2001 a 2002/2003, 2016/2017 a 2017/2018 e 2000/2001 a 2017/2018.

4.3.1 Transição entre 2000/2001 e 2002/2003

Na Figura 4.34 são apresentadas as cadeias de Markov para a transição ocorrente entre 2000/2001 e 2002/2003 para o estado de Mato grosso e para seus biomas. De um modo geral observa-se que para o estado de Mato Grosso, nesse período, as classes naturais tiveram maior proporção de conversão para Pastagem e Em Conversão (Figura C.1). Nota-se que as maiores proporções de transição para Agricultura Anual se dão a partir de Outras Classes Antrópicas (50%), Em Conversão (21,21%), Outras Classes Naturais (18,09%) e Pastagem (4,18%), respectivamente. Neste período, a proporção de conversão de áreas de agricultura para outra classe é de apenas 2,42% enquanto que a de pastagem é de 4,49%, similar as classes de Savana (5,15%) e Floresta (4,84%).

Ao se observar as cadeias de Markov para cada um dos biomas na Figura 4.34, nota-se que para o Cerrado-MT há um maior número de transição entre classes, denotando que esta área é mais dinâmica. Quanto a transição ocorrida a partir de Classes Naturais, o Pantanal-MT (Figura C.28) apresenta a menor proporção de transição a partir destas classes, enquanto que a Amazônia-MT a maior (Figura C.10). Para o Cerrado, observa-se que há uma maior proporção de transição para Agricultura Anual (Figura C.19).

Figura 4.34 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para o estado do Mato Grosso e seus biomas.



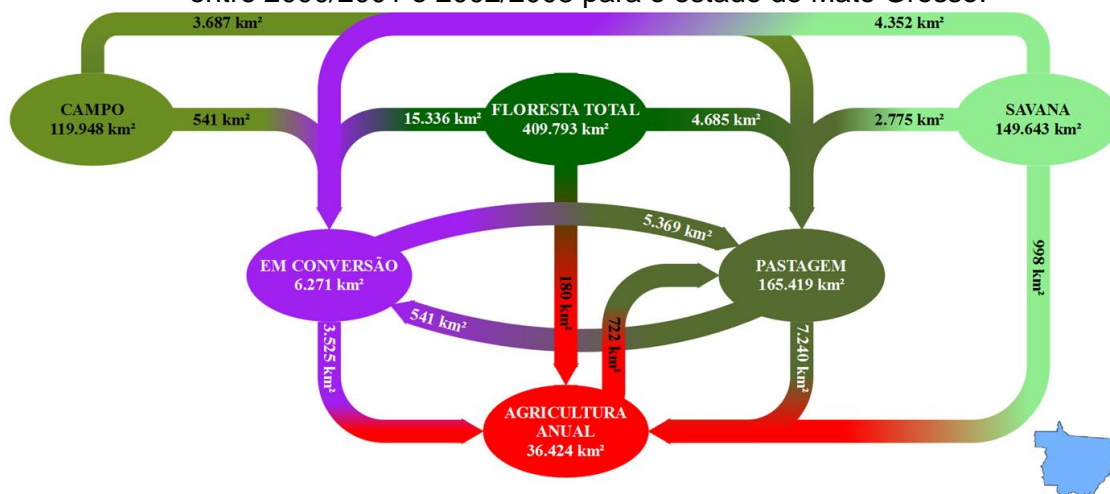
Fonte: Produção do autor.

Com relação a conversão de áreas naturais para Pastagem, os maiores percentuais foram observados na Amazônia-MT e Pantanal-MT, enquanto que para o Cerrado-MT foi observada a menor proporção. As maiores transições para agricultura para a Amazônia-MT deram-se a partir de Em Conversão (17%), Pastagem (2,63%), e Outras Classes Naturais (2,5%), e para o Cerrado-MT a partir de Outras Classes Antrópicas (50%), Em Conversão (31,02%), Outras Classes Naturais (6,62%), e Pastagem (6,32%). A classe Agricultura Anual foi nula no Pantanal-MT. Para a Amazônia-MT a proporção de transição de Agricultura Anual para outra classe foi nula, enquanto que para o Cerrado-

MT foi de 2,79%. Quanto a classe Pastagem, sua proporção de transição para outra classe foi de 2,85% na Amazônia-MT e de 6,78% no Cerrado-MT. Estas estimativas da proporção de transição de uma classe para outra permitem que conheça-se a dinâmica da conversão do uso e cobertura da terra, e são fundamentalmente importante para modelagem do fluxo de carbono (GALFORD et al., 2011; NUMATA et al., 2011) e do uso indireto da terra (ARIMA et al., 2011; VERSTEGEN et al., 2016).

A proporção de transição apresentada pelas cadeias de Markov reflete o fluxo de transição entre duas classes. Tal fluxo é apresentado na Figura 4.35 para o estado de Mato Grosso, a partir de onde é possível se observar quantitativamente como deram-se as transições entre 2000/2001 e 2002/2003. Para as Classes Naturais, enquanto Campo apresentou um fluxo de transição maior para Pastagem, Savana e Floresta Total apresentaram fluxo de transição maior para Em Conversão (Tabela B.1). Isso pode ser explicado pelo fato de que áreas cobertas com Floresta e Savana necessitam de um preparo maior e de um período de adequação para que sejam utilizadas conforme objetivo pelo qual foram convertidas (BROWN et al., 2005; RISSO, 2013). Assim, uma área natural é convertida e adequada, sendo usada também como pastagem nesse período de adequação, o que explicaria as principais transições para Agricultura Anual a partir de áreas de Pastagem e Em Conversão, respectivamente (Figura 4.35).

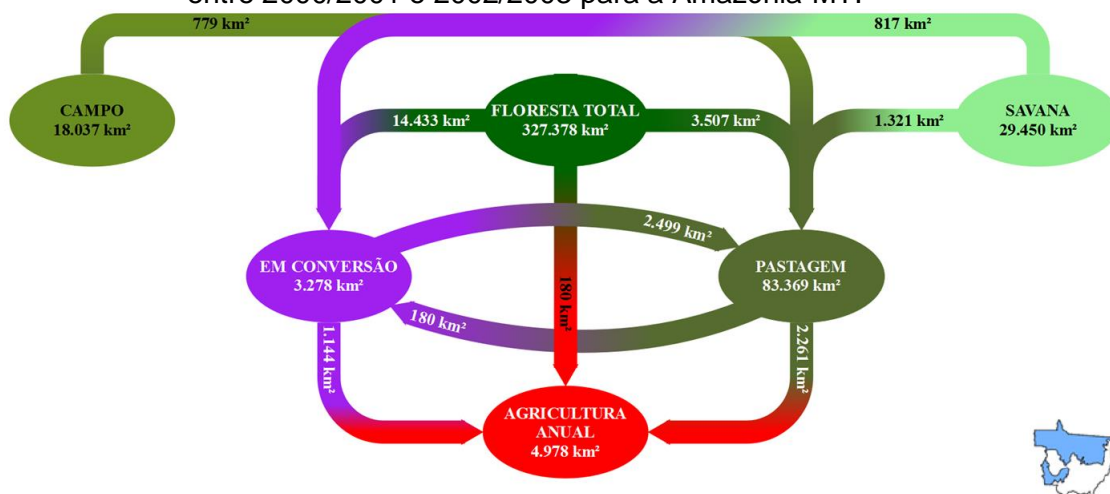
Figura 4.35 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para o estado de Mato Grosso.



Fonte: Produção do autor.

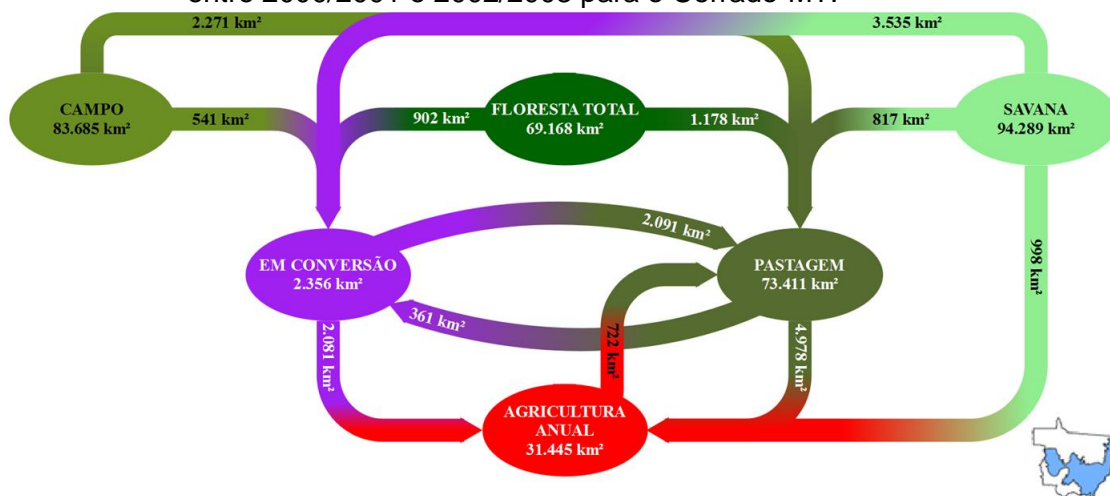
Na Figura 4.36, Figura 4.37 e Figura 4.38 são apresentados os fluxos de transição para cada um dos biomas separadamente. Observa-se que enquanto o maior fluxo de transição de Floresta Total deu-se na Amazônia-MT (Tabela B.10), o maior fluxo de transição de Savana deu-se no Cerrado-MT (Tabela B.19). Tal fato está associado a característica fitofisionômica de cada um desses biomas, pois enquanto a fitofisionomia dominante da Amazônia é a cobertura florestal, para o Cerrado é a cobertura savânica (VELOSO et al., 1991; RIBEIRO e WALTER, 1998; RIBEIRO e WALTER, 2008; IBGE, 2012). Para o Pantanal-MT, os fluxos de transição foram os menores observados, ocorrendo somente a partir das classes Campo, Savana e Em Conversão, sendo que todas as transições deram-se para a classe Pastagem (Tabela B.28).

Figura 4.36 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para a Amazônia-MT.



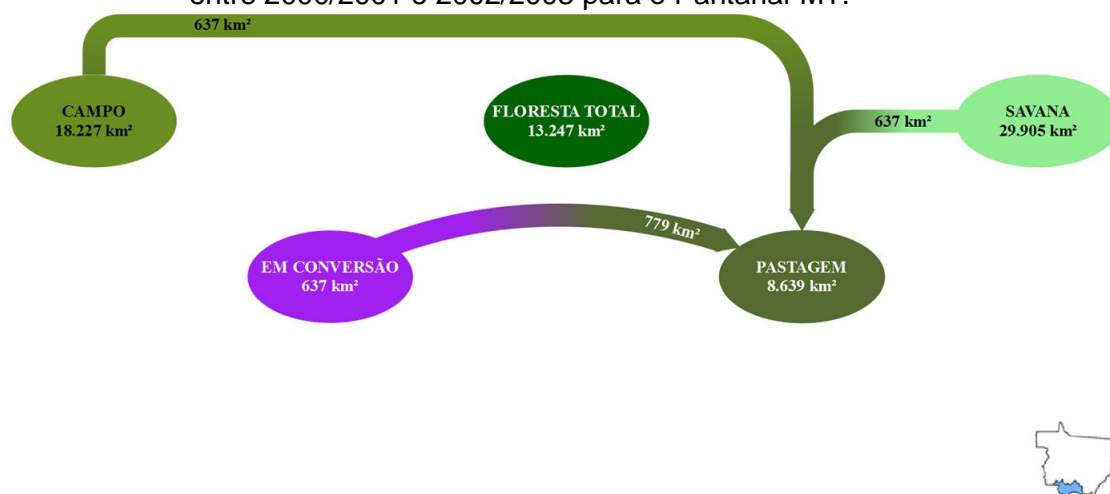
Fonte: Produção do autor.

Figura 4.37 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para o Cerrado-MT.



Fonte: Produção do autor.

Figura 4.38 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2000/2001 e 2002/2003 para o Pantanal-MT.

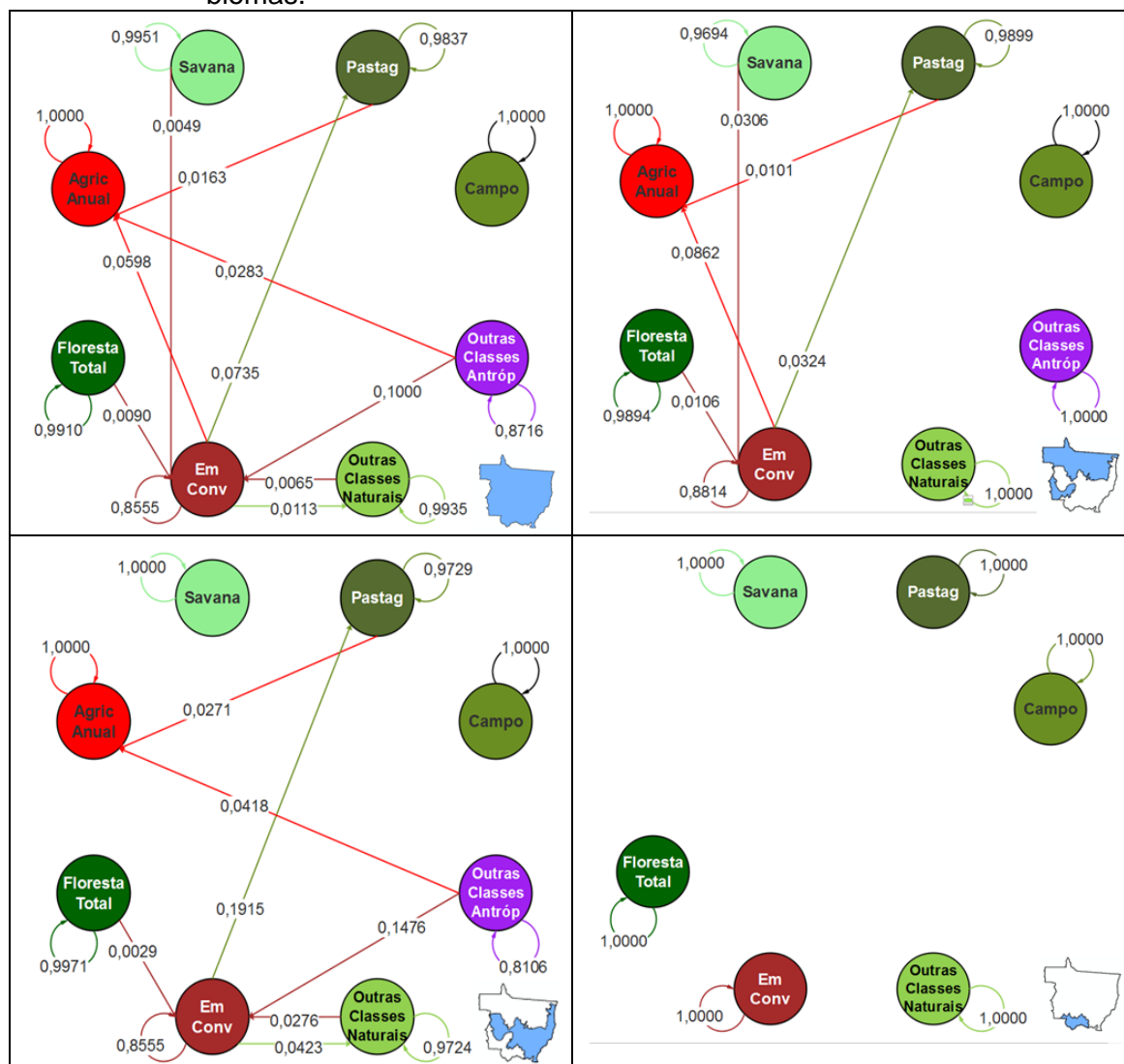


Fonte: Produção do autor.

4.3.2 Transição entre 2016/2017 e 2017/2018

As cadeias de Markov apresentadas na Figura 4.39 apresentam as proporção de transição entre as classes de uso e cobertura da terra entre 2016/2017 e 2017/2018. De maneira geral, observa-se que ocorrem menos transições nesse período em comparação ao período de transição de 2000/2001 a 2002/2003, o que pode estar associado não somente a redução da conversão de uso e cobertura da terra, mas também ao fato de que as transições do período anterior referem-se a um período bianual, enquanto que para este referem-se a um período anual. Além disso, a proporção de transição das classes naturais também mostra-se menor ao se comparar estes dois períodos (Figura C.1 e Figura C.9). Nota-se que as classes de Agricultura Anual e Pastagem não foram alvo de transições ocorridas a partir de Classes Naturais, as quais tiveram suas transições dando-se para a classe Em Conversão a partir de Floresta (0,9%), Savana (0,49%) e Outras Classes Naturais (0,65%). Enquanto as transições para a classe Pastagem deram-se somente a partir da classe Em Conversão (7,35%), para a classe Agricultura Anual, as transições se deram-se a partir das classes Em Conversão (5,98%), Outras Classes Antrópicas (2,83%) e Pastagem (1,63%).

Figura 4.39 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre 2016/2017 e 2017/2018 para o estado do Mato Grosso e seus biomas.



Fonte: Produção do autor.

Quanto as proporções de transição, a Figura 4.39 mostra que para a Amazônia-MT as classes Floresta Total e Savana apresentaram maior proporção de transição, enquanto que para o Cerrado-MT foram as classes Campo e Outras Classes Antrópicas. Tanto para a Amazônia-MT quanto para o Cerrado-MT, a classe Em Conversão apresentou proporção de transição para Pastagem e Agricultura Anual, o que é discriminado nas Figuras C.18 e C.27. Nota-se também, que para estes biomas a classe Agricultura Anual não apresentou proporção de transição para nenhuma outra classe, e foi alvo de transições que deram-se a partir das classes Pastagem e Em Conversão. Para

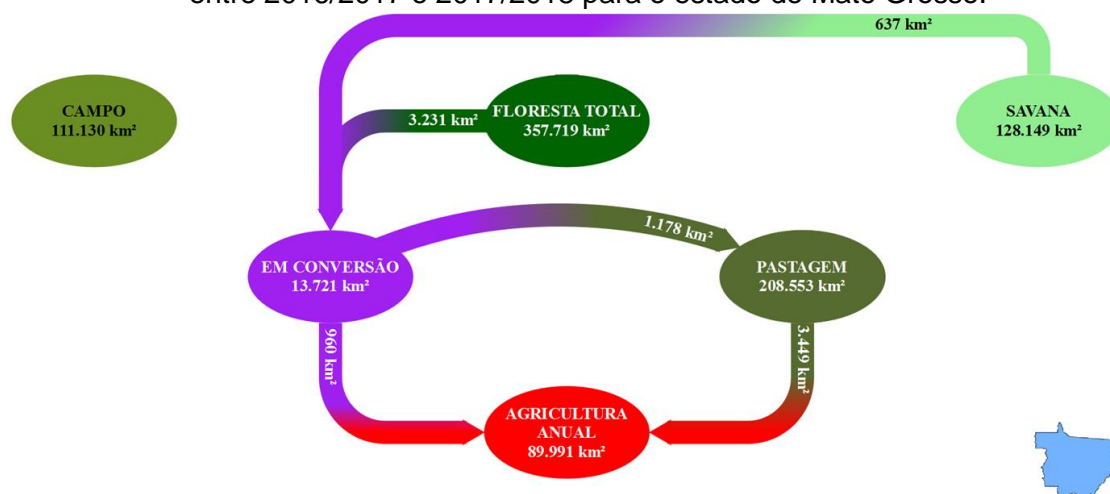
o Pantanal-MT nenhuma das classes apresentou proporção de transição para alguma outra classe.

Ao se comparar as proporções de transição entre 2000/2001 e 2002/2003 (Figura 4.34) com as deste período (Figura 4.39), pode-se perceber que há uma redução na proporção de transição entre as classes do primeiro período para o segundo, não somente no estado, mas também em seus biomas. A classe Floresta Total teve sua proporção de transição de outras classes reduzida de 4,84% para 0,9%, de 5,24% para 1,06%, e de para 0,29%, para o Mato Grosso, Amazônia-MT e Cerrado-MT, respectivamente. Para Savana a redução foi de 5,15% para 0,49% para o Mato Grosso, 6,77% para 3,06% para a Amazônia-MT, e 5,37% para 0% para o Cerrado-MT. Quanto ao Campo, a redução foi de 4,41%, 4,14% e 3,25% para 0% no Mato Grosso, na Amazônia-MT e no Cerrado-MT, respectivamente.

Considerando as classes antrópicas mais representativas, nota-se que do primeiro para o segundo período, também houve uma redução na proporção de transição para outras classes. Enquanto que Agricultura Anual apresentava, entre 2000/2001 e 2002/2003, proporção de transição para outras classes de 2,42% para o Mato Grosso e 2,79% para o Cerrado-MT, sendo nula para a Amazônia-MT, entre 2016/2017 e 2017/2018 foi nula para todos. Para pastagem a redução deu-se de 4,49% para 1,63%, de 2,85% para 1,01%, e 6,78% para 2,71%, no Mato Grosso, Amazônia-MT e Cerrado-MT, respectivamente.

Quanto ao fluxo de transição entre as classes de uso e cobertura da terra, observa-se na Figura 4.40, que em comparação ao período de transição entre 2000/2001 e 2002/2003 (Figura 4.35), houve uma redução considerável no estado do Mato Grosso. O fluxo de transição das classes naturais ocorreu somente para a classe Em Conversão, assim como já observou-se na Figura 4.39. Assim como observou-se para o fluxo de transição entre 2000/2001 e 2002/2003, o fluxo de transição entre 2016/2017 e 2017/2018, para o estado de Mato Grosso, indica que o maior incremento em área para Agricultura Anual dá-se a partir de áreas de Pastagem (Tabela B.9).

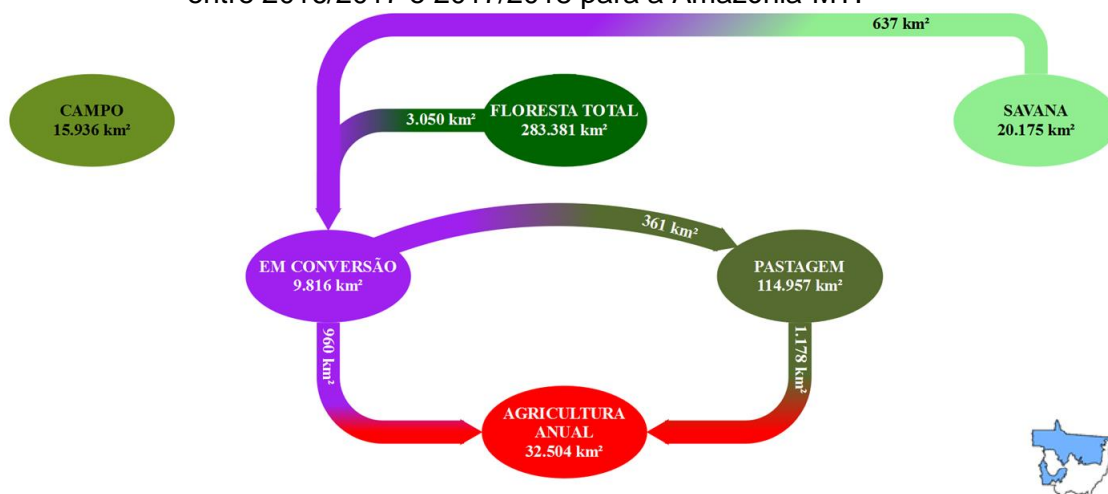
Figura 4.40 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2016/2017 e 2017/2018 para o estado de Mato Grosso.



Fonte: Produção do autor.

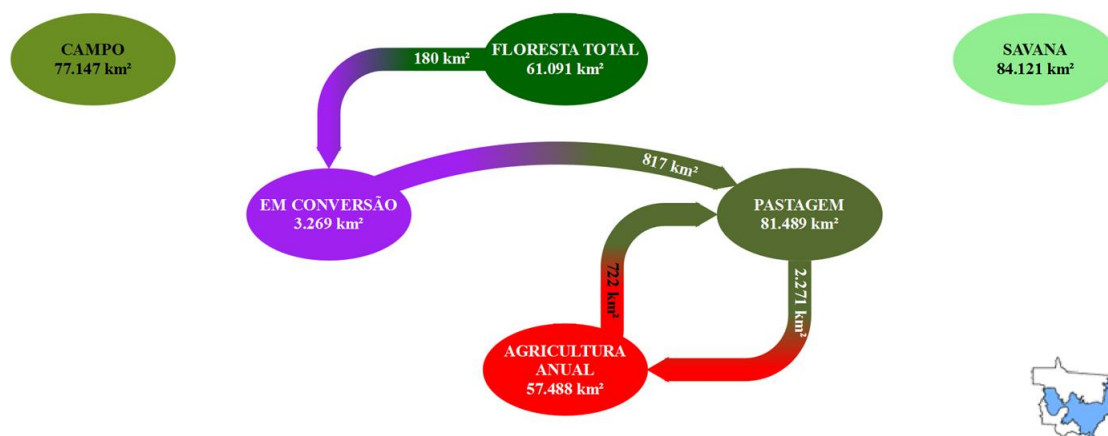
Ao se observar a Figura 4.41 e a Figura 4.42, nota-se que na Amazônia-MT houve uma maior conversão de área natural para área antrópica em comparação ao Cerrado-MT, o que deu-se principalmente pela transição de Floresta para a classe Em Conversão. Nestes dois biomas, o aumento de Agricultura Anual deu-se em quantias semelhantes, sendo que enquanto na Amazônia-MT deu-se por sobre áreas classificadas como Em Conversão e Pastagem (Tabela B.18), no Cerrado-MT deu-se somente por sobre áreas de Pastagem (Tabela B.27). De uma maneira geral, em ambos os biomas o incremento em Agricultura Anual deu-se quantitativamente semelhante, entretanto, na Amazônia-MT a conversão de áreas naturais em antrópicas foi consideravelmente maior.

Figura 4.41 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2016/2017 e 2017/2018 para a Amazônia-MT.



Fonte: Produção do autor.

Figura 4.42 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra entre 2016/2017 e 2017/2018 para o Cerrado-MT.



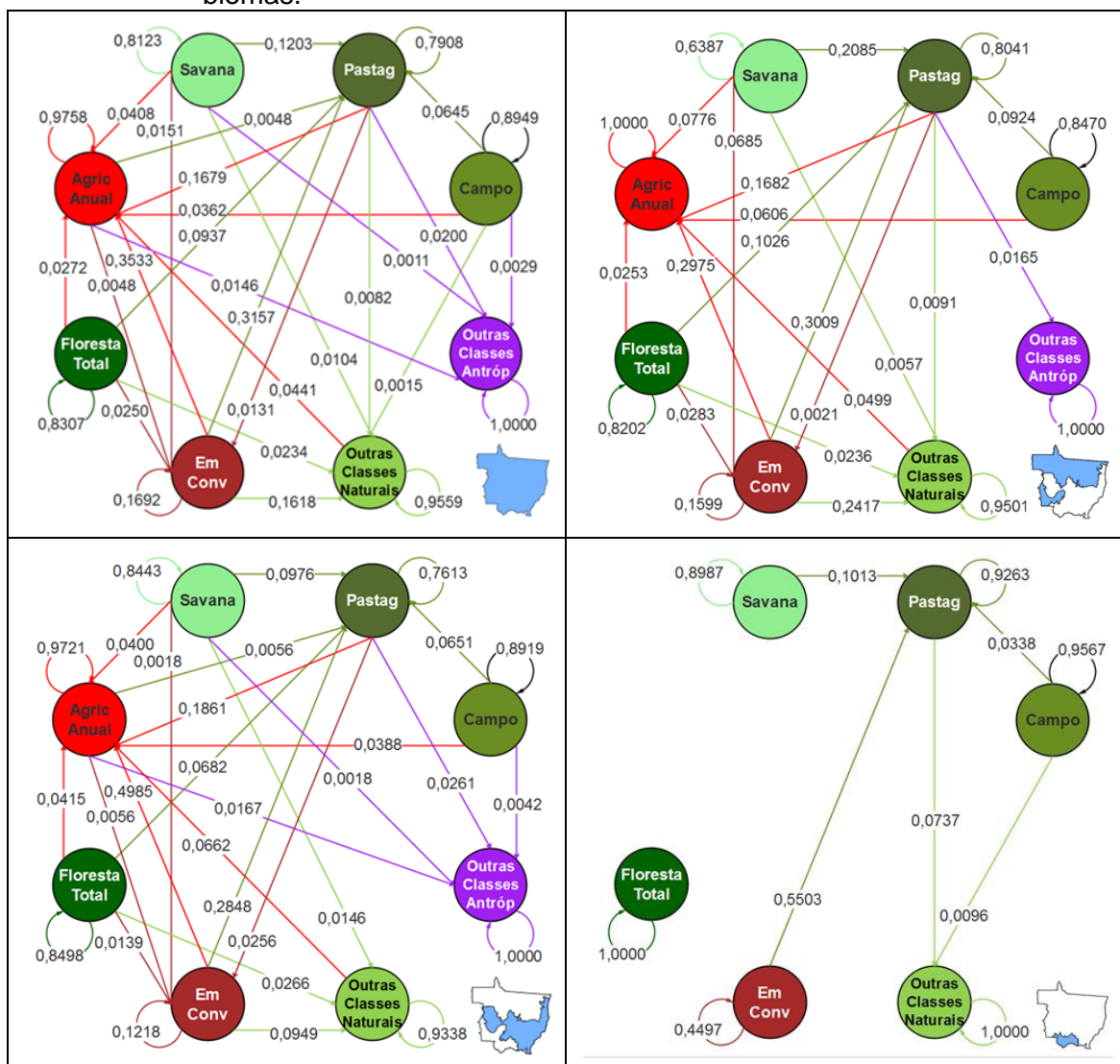
Fonte: Produção do autor.

4.3.3 Transição entre 2000/2001 e 2017/2018

O período de transição entre 2000/2001 e 2017/2018 reflete a mudança direta ocorrida entre as classes de uso e cobertura da terra entre estes dois anos safra. A Figura 4.43 apresenta as cadeias de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 para estado de Mato Grosso e seus biomas. Observa-se para o estado que dentre as classes

naturais, Savana e Floresta Total apresentaram maior proporção de transição para outras classes, respectivamente, dando-se com maior proporção para Pastagem. Entre as classes antrópicas, enquanto Agricultura Anual apresentou baixa proporção de transição para outras classes (2,42%), Em Conversão mostrou-se com elevada proporção de transição (83,18%), a qual deu-se principalmente para Agricultura Anual (35,33%) e Pastagem (31,57%).

Figura 4.43 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 para 2017/2018 para o estado do Mato Grosso e seus biomas.



Fonte: Produção do autor.

As transições para Outras Classes Naturais, dadas a partir de Floresta Total (2,34%), Savana (1,04%) e Campo (0,15%) no estado de Mato Grosso podem

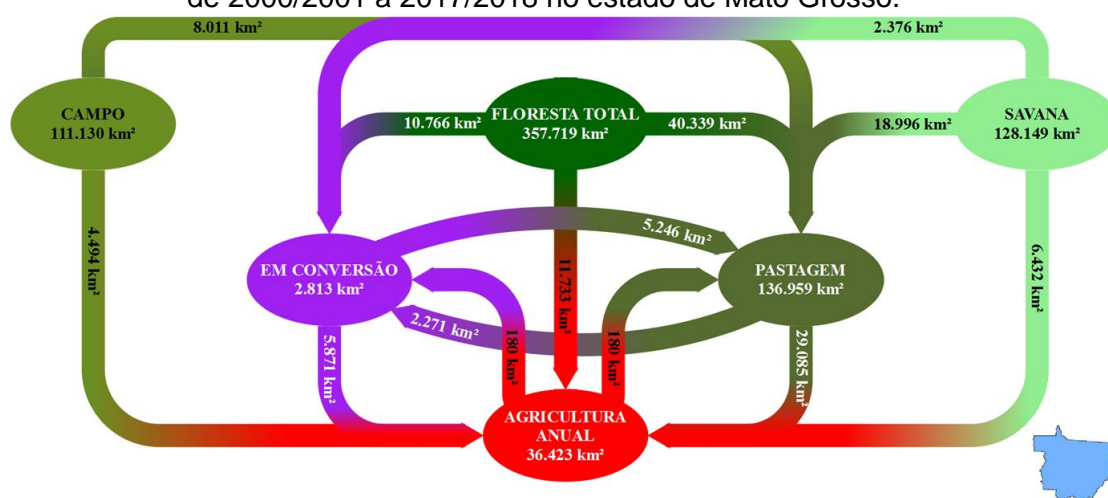
se referir a proporção destas áreas serem convertidas em áreas antrópicas e posteriormente abandonadas para seguir o padrão da cobertura natural da área por crescimento secundário. Nota-se que tanto para a Amazônia-MT (2,36%) quanto para o Cerrado-MT (2,66%), áreas antrópicas provenientes da conversão de Floresta apresentam maior proporção serem abandonadas. Cerrado-MT (1,46%) apresenta uma maior proporção de abandono de áreas antrópicas provenientes da conversão de Savana quando comparado a Amazônia-MT (0,57%). Já áreas antrópicas provenientes da classe Campo apresentaram proporção de abandono apenas no Pantanal-MT (0,96%) (Figura 4.43).

Ao se observar os biomas separadamente, nota-se que para o Cerrado-MT houve o maior número de transições, enquanto que para o Pantanal-MT o menor. Para o Pantanal-MT as conversões ocorreram principalmente para Pastagem, a partir das classes Em Conversão (55,03%), Savana (10,13%) e Campo (3,38%). Observando as transições na Amazônia-MT e no Cerrado-MT, nota-se que as classes naturais apresentam maior proporção de transição na Amazônia-MT, sendo que a classe Savana do bioma Amazônia-MT chama a atenção por apresentar uma proporção de transição para outras classes de aproximadamente 36%. Também observa-se que para ambos os biomas, a classe Pastagem apresenta-se com maior proporção de ser o destino de transições ocorridas a partir das classes naturais. Para Agricultura Anual, observa-se que para a Amazônia-MT, toda área de Agricultura Anual em 2000/2001, seguiu sendo de Agricultura Anual em 2017/2018, uma vez que a proporção de transição para outras classes foi nula. Já para o Cerrado-MT, há uma baixa proporção de transição para outras classes (2,79%). Tanto para a Amazônia-MT, quanto para o Cerrado-MT, as maiores proporções de transição para Agricultura Anual deram-se a partir das classes Em Conversão (29,75% e 49,85%) e Pastagem (16,82% e 18,61%), respectivamente (Figura 4.43).

A Figura 4.44 apresenta o fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 para 2017/2018 no estado de Mato Grosso. Observa-se que neste período, dentre as classes naturais, Floresta foi a que teve a maior área convertida, sendo que desta, a maior parte foi para

Pastagem. Nota-se que a área de Agricultura Anual em 2017/2018, passou a ocupar também áreas que, em 2000/2001, eram de Pastagem e que tinham cobertura natural, nas quantidades de aproximadamente 29 mil km² e 23 mil km², respectivamente. Enquanto isso, aproximadamente 67 mil km² de áreas com cobertura natural, principalmente Floresta, passaram a ser ocupadas por Pastagem.

Figura 4.44 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 no estado de Mato Grosso.

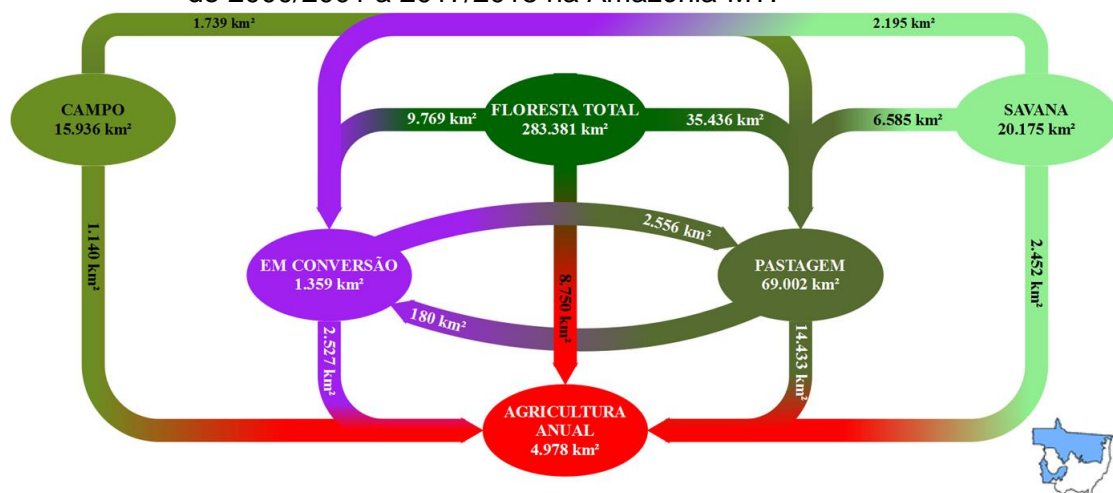


Fonte: Produção do autor.

Ao observar a Figura 4.45 e a Figura 4.46, que apresentam o fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 na Amazônia-MT e no Cerrado-MT, respectivamente, nota-se que a maior conversão de área de Floresta ocorreu na Amazônia-MT, enquanto que de Savana e Campo ocorreram no Cerrado-MT. Pastagem passou a ocupar em 2017/2018 áreas que em 2000/2001 apresentavam cobertura natural nas quantidades de aproximadamente 44 mil km² e 20 mil km² na Amazônia-MT e no Cerrado-MT, respectivamente. Para Agricultura Anual, os fluxos de transição apontam áreas semelhantes que passaram a ser ocupadas em 2017/2018, na Amazônia-MT e no Cerrado-MT, com valores de aproximadamente 29 mil km² e 28 mil km², respectivamente. No Cerrado-MT, observa-se uma transição de Agricultura Anual para Outros usos. Entretanto o fluxo aponta a transição de Agricultura Anual para Em Conversão, uma vez que

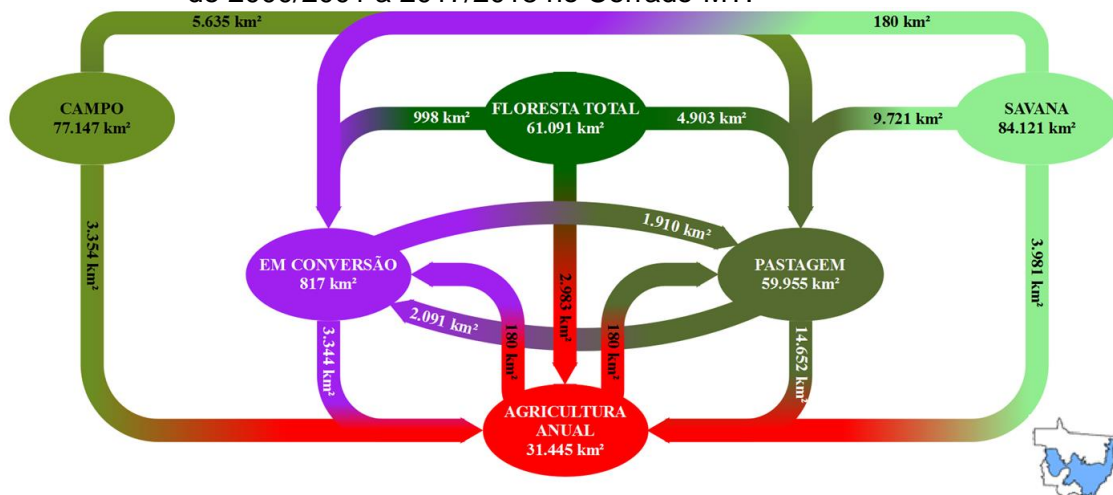
a classe Em Conversão se refere a soma das estimativas de Em Conversão e Outros usos. Para o Pantanal-MT o fluxo de transição apresentado na Figura 4.47 mostra, que em comparação a Amazônia-MT e ao Cerrado-MT, a conversão de área foi menor, dando-se principalmente de Savana e Campo para Pastagem.

Figura 4.45 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 na Amazônia-MT.



Fonte: Produção do autor.

Figura 4.46 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 no Cerrado-MT.

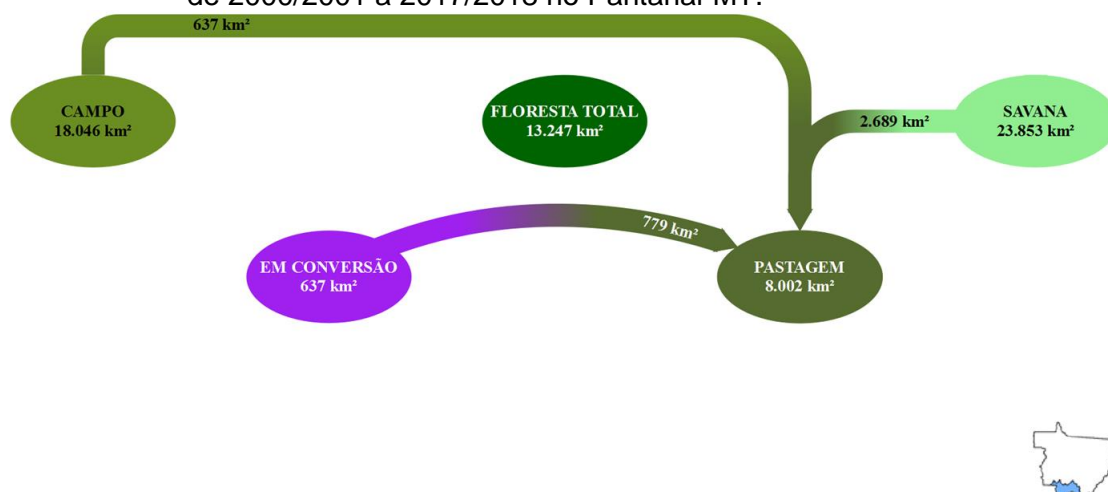


Fonte: Produção do autor.

Ao se observar os fluxos de transição para os períodos entre 2000/2001 a 2002/2003 (Figura 4.35) e 2016/2017 a 2017/2018 (Figura 4.40)

comparativamente com 2000/2001 a 2017/2018 (Figura 4.44), pode-se notar que nas transições obtidas para anos safra mais próximos as classes naturais tem a maior parte de sua área convertida para a classe Em Conversão, enquanto que para um período mais longo, como é o caso da transição 2000/2001 a 2017/2018, esta conversão dá-se em maior quantidade para as classes de Pastagem e Agricultura Anual, respectivamente. Isso pode reforçar o indicativo de que áreas naturais comumente passam por um período de adequação até terem seu uso inicialmente requerido, estabelecido. Isso reforça que agricultura e pastagem são agentes indiretos para conversão de áreas naturais em antrópicas.

Figura 4.47 - Fluxo de transição entre as principais classes de uso e cobertura da terra de 2000/2001 a 2017/2018 no Pantanal-MT.



Fonte: Produção do autor.

5 CONCLUSÕES

No ano safra de 2000/2001 a área natural estimada para o estado do MT foi de 724.853 km² (± 9.203 km²), enquanto que no ano safra de 2017/2018 foi estimada em 624.728 km² (± 12.136 km²), representando uma alteração de 100.125 km² durante o período estudado. Assim, a alteração média durante este período foi de 10.013 km² por ano. A transição de áreas naturais para antrópicas no estado de Mato Grosso ocorreu com taxas mais elevadas até o ano safra de 2004/2005, a partir de onde houve considerável redução, sendo que o mesmo observou-se para Amazônia-MT e Cerrado-MT. Entretanto, a taxa média de conversão de áreas naturais para antrópicas, bem como a área total estimada para tal conversão, foi maior na Amazônia-MT. A área natural com transição para antrópica na Amazônia-MT, foi duas vezes maior que no Cerrado-MT no período estudado.

O desflorestamento no Mato Grosso teve estimativas entre 24.535 km² (± 7.208 km²) no ano safra de 2004/2005, e 1.777 km² (± 2.033 km²) no ano safra de 2012/2013. O total desmatado no período estudado foi de 72.912 km², uma média de 8.101 km² por ano. Assim como no estado, Amazônia-MT e Cerrado-MT apresentaram estimativas e taxas mais altas até 2004/2005, não demonstrando relação com o preço da soja e do milho durante o período estudado. As estimativas de desflorestamento para a Amazônia-MT foram maiores que para o Cerrado-MT até 2004/2005, considerando o intervalo de confiança de 95%, entretanto, as taxas de desflorestamento não diferiram.

A área de uso agrícola estimada cresceu em aproximadamente 2,5 vezes no estado de Mato Grosso, o que significa um aumento de 59.070 km². O incremento nas estimativas de área agrícola deu-se em maior intensidade até 2004/2005, representando mais de um terço do aumento da área agrícola em todo o período estudado. Para o Cerrado-MT, o maior incremento na área estimada para agricultura também deu-se até 2004/2005, com aumento de aproximadamente 1,85 vezes na área estimada com uso agrícola. Para a Amazônia-MT a área agrícola estimada expandiu-se em aproximadamente 7 vezes, com o maior incremento percentual dando-se no primeiro período de

transição. Este crescimento na área agrícola do mato Grosso, Amazonia-MT e Cerrado-MT, mostrou-se relacionada com o preço da soja e do milho.

A área estimada para Pastagem expandiu-se até 2008/2009 no estado de Mato Grosso, alcançando sua maior estimativa com 221.950 km² (± 17.309 km²), a partir de onde decresceu para 209.731 km² (± 17.100 km²) em 2017/2018. Esse aumento até 2008/2009 seguido de decréscimo, foi observado para a Amazônia-MT e para o Cerrado-MT. Esta redução a partir de 2008/2009 está relacionada com a expansão de áreas de agricultura sobre áreas de pastagem. Tal redução associada ao crescimento do rebanho no estado, sugere uma crescente na intensificação da pecuária.

As estimativas de Cultivo Único no Mato Grosso, apesar de apresentarem um pico no ano safra de 2010/2011 em 35.714 km² (± 6.562 km²), tiveram estimativas menores após o ano safra de 2004/2005. O mesmo comportamento observado a nível estadual ocorreu na Amazônia-MT e no Cerrado-MT. Este pico na área estimada para 2010/2011 pode estar associado a ocorrência de seca no ano de 2010 e a uma queda no preço da soja nesse período. Já a redução de áreas de Cultivo Único após 2004/2005 pode ter sido causada pela moratória da soja, que teria impulsionado a prática de dois cultivos, uma vez que teria limitado a expansão da agricultura. Isto sinaliza que políticas conservacionistas, variações climáticas e no mercado tiveram influência na prática de Cultivo Único no estado de Mato grosso, no período estudado.

Do mesmo modo que para áreas de Cultivo Único, o comportamento das áreas de Cultivo Duplo pode ter sido influenciado pela adoção de políticas conservacionistas, variações climáticas e do mercado. O que teria impulsionado o aumento na sua área estimada de 13.822 km² (± 3.410 km²) em 2000/2001, para 79.749 km² (± 8.903 km²) em 2017/2018. Esse crescimento constante também foi observado na Amazônia-MT e no Cerrado-MT, dado principalmente pela adoção de dois cultivos em áreas classificadas como Cultivo Único.

A extensificação agrícola deu-se principalmente sobre áreas de Pastagem ou Em Conversão, entretanto mostrou-se como um vetor para conversão de áreas

naturais em antrópicas, mesmo de maneira indireta. Para o estado de Mato Grosso, como um todo, a extensificação agrícola foi maior até 2004/2005, com estimativas de 13.120 km² e 12.361 km², respectivamente. A ocorrência de valores mais elevados estimados nos períodos iniciais de transição também foi observado para o Cerrado-MT. Entretanto, para a Amazônia-MT foi maior entre 2008/2009 e 2010/2011, e 2012/2013 e 2014/2015, dando-se principalmente pela conversão a partir de áreas de Pastagem.

A intensificação agrícola deu-se principalmente pela adoção de Cultivo Duplo em áreas com Cultivo Único com a maior estimativa se dando entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013, com 30.487 km². O comportamento das estimativas de área intensificada foi semelhante para a Amazônia-MT e para o Cerrado-MT, e conseqüentemente para o estado de Mato Grosso como um todo. Os maiores incrementos percentuais deram-se em períodos de pós-seca e de elevação dos preços da soja, o que pode indicar que a intensificação agrícola no estado de Mato Grosso sofreu influência do mercado da soja e do clima no período estudado.

De maneira oposta a intensificação agrícola, a redução da intensidade de uso da terra por meio da atividade agrícola deu-se principalmente pela conversão de áreas com Cultivo Duplo para Cultivo Único, tendo sua maior estimativa se dado na transição de 2008/2009 para 2010/2011 com 17.282 Km². Tal redução pode ter sido influenciada, assim como as observações anteriores relacionadas ao comportamento de estimativas agrícolas, pelo mercado da soja e pela variação climática da região. Nesse sentido, as maiores reduções de intensidade de uso por meio da atividade agrícola coincidiram com períodos de seca e de redução no preço da soja.

Áreas de floresta possuem maior proporção de serem convertidas para uso antrópico, principalmente pastagem e agricultura, tanto para o estado de Mato Grosso, quanto para Amazônia-MT e Cerrado-MT. Para o estado essa proporção de transição foi de 2,72% e 9,37% (2000/2001 a 2017/2018), para Agricultura Anual e Pastagem, respectivamente. Do mesmo modo, áreas com cobertura florestal apresentaram maior proporção de transição para outras

classes naturais, o que denota, maior proporção de abandono, o que mostrou-se com maior proporção de ocorrência no Cerrado-MT.

Dentre as classes antrópicas, Agricultura Anual mostrou-se com baixa proporção de transição para outras classes, sendo nula na Amazônia-MT. Já Pastagem apresentou uma maior proporção de transição para outras classes, a qual dá-se em maior valor para Agricultura Anual, apresentando maiores valores no Cerrado-MT, com 18,61% (2000/2001 a 2017/2018).

As proporções de transição observadas para o período inicial do estudo mostraram-se consideravelmente maiores que aquelas observadas no período final, o que pode sugerir uma redução na intensidade da dinâmica de transição de uso e cobertura da terra no Estado de Mato Grosso. Estas informações referentes a proporção de transição entre classes de uso e cobertura da terra podem subsidiar estudos futuros relativos a modelagem do fluxo de carbono, biodiversidade e uso indireto da terra no estado de Mato Grosso e em seus biomas.

De um modo geral, a metodologia de amostragem adotada mostrou-se adequada para o estudo da dinâmica de uso e cobertura da terra no Mato Grosso, uma vez que os resultados obtidos vão de encontro com outros trabalhos relacionados ao tema e a área de estudo. Além disso, a adoção desta metodologia permite a obtenção de resultados com tempo e custo consideravelmente reduzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMI, M. **Estimativa da data de plantio da soja por meio de séries temporais de imagens MODIS**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19/2010/09.15.21.47>>.
- ADAMI, M.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, C. C.; FARIA, R. T.; DEPPE, F. Painel amostral para estimativa de áreas agrícolas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 81–88, 2007.
- ADAMI, M.; RIZZI, R.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T.; FERREIRA, C. C. Amostragem probabilística estratificada por pontos para estimar a área cultivada com soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 585–592, 2010.
- ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, R. M.; AGUIAR, D. A.; SUGAWARA, L. M.; MELLO, M. P. Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. **Sustainability**, v. 4, n. 4, p. 574–585, 2012.
- AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SILVA, W. F.; ADAMI, M.; MELLO, M. P. Remote sensing images in support of environmental protocol: monitoring the sugarcane harvest in São Paulo State, Brazil. **Remote Sensing**, v. 3, n. 12, p. 2682–2703, 2011.
- ALLEN, W. A.; RICHARDSON, A. J. Interaction of light with a plant canopy. **Journal of Optical Society of America**, v. 58, n. 8, p. 1023–1028, 1968.
- ALMEIDA, C. A. et al. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5 / TM and MODIS data. **Acta Amazônica**, v. 46, n. 3, p. 291–302, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v46n3/1809-4392-aa-46-03-00291.pdf>>.
- ALVES, D. S.; MORTON, D. C.; BATISTELLA, M.; ROBERTS, D. A.; SOUZA JUNIOR, C. The changing rates and patterns of deforestation and land use in Brazilian Amazonia. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P.S. (Eds.). **Amazonia and global change**. Washington: AGU, 2006.
- ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; LIMA, A.; MEDEIROS, J. S. Mapeamento da cobertura da terra do Estado do Mato Grosso através da utilização de dados multitemporais do sensor Modis. **Geografia**, v. 30, n. 12, p. 365–380, 2005.

ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; ARAÚJO, E.; SOARES-FILHO, B. Land use policy public policies can reduce tropical deforestation : lessons and challenges from Brazil. **Land Use Policy**, v. 41, p. 465–473, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.06.026>>. .

ARIMA, E. Y.; RICHARDS, P.; WALKER, R.; CALDAS, M. M. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letterw**, v.6, n.2, p.024010, 2011.

ARVOR, D.; JONATHAN, M.; MEIRELLES, M. S. P.; DUBREUIL, V.; DURIEUX, L. Classification of MODIS EVI time series for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 22, p. 7847–7871, 2011.

ATZBERGER, C. Advances in remote sensing of agriculture: context description, existing operational monitoring systems and major information needs. **Remote Sensing**, v. 5, n. 2, p. 949–981, 2013.

BAUER, M. E.; CIPRA, J. E.; ANUTA, P. E.; ETHERIDGE, J. B. Identification and area estimation of agricultural crops by computer classification of LANDSAT MSS data. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 1, p. 77–92, 1979.

BECKER-RESHEF, I. et al. Monitoring global croplands with coarse resolution Earth observations: the Global Agriculture Monitoring (GLAM) project. **Remote Sensing**, v. 2, n. 6, p. 1589–1609, 2010.

BIE, C. A.; VAN LEEUWEN, V. A.; ZUIDEMA, P. A. **The Land Use Database. A knowledge-based software programme for structured storage and retrieval of user-defined land use data sets**: users' reference manual. ,Enshede: ITC, 1996.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano agrícola e pecuário 2018 - 2019**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-agricola-e-pecuario>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado**: relatório final. Brasília: MMA, 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Download de dados geográficos**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

BRASIL. **Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na amazônia legal**. 2004. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/PPCDAM_fase1.pdf>.

BRASIL. **LEI Nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of land use change**: theoretical and modeling approaches. University of the Aegean, 2002. Disponível em:

<<http://www.rri.wvu.edu/webbook/briassoulis/contents.htm>>.

BROWN, J. C.; KOEPPE, M.; COLES, B.; PRICE, K. P.; CATARINA, S. Soybean production and conversion of tropical forest in the brazilian Amazonia: the case of Vilhena. **Rondo**, v. 34, n. 6, p. 462–469, 2005.

CÂMARA, G. et al. **Land cover change maps for Mato Grosso State in**

Brazil: 2001-2016. PANGAEA, 2017. Disponível em:

<https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.895495>.

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **EPI info**: shapefiles.

Disponível em: <<https://www.cdc.gov/epiinfo/html/shapefiles.htm#>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. New York: John Wiley and Sons, 1977.

COHN, A. S.; MOSNIER, A.; HAVLÍK, P.; VALIN, H.; HERRERO, M.; SCHMID, E.; HARE, M. O. Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global greenhouse gas emissions by sparing land from deforestation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 20, p. 7236–7241, 2014.

CONAB, C. N. A. **Série histórica das safras**. Disponível em:

<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?limitstart=0>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, n. 1, p. 35–46, 1991.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data**: principles and practices. Boca Raton: CRC, 2009.

COUTINHO, A. C.; ALMEIDA, C.; VENTURIERI, A.; ESQUERDO, J. C. D. M.; SILVA, M. **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal TerraClass 2008**. Brasília: Embrapa, 2013.

DIAS, L. C. P.; PIMENTA, F. M.; SANTOS, A. B.; COSTA, M. H.; LADLE, R. J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. **Global Change Biology**, v. 22, n. 8, p. 2887–2903, 2016.

DIDAN, K.; MUNOZ, A. B.; HUETE, A. **MODIS vegetation index user's guide (MOD13 series)**. Tucson: University of Arizona, 2015.

DRUSCH, M. et al. Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. **Remote Sensing of Environment**, v. 120, p. 25–36, 2012.

DUONG, P. C.; NASAHARA, K. Land cover change mapping and monitoring using a combination of high- resolution multi-sensor remote sensing imagery and ancillary data with machines learning technique in the tropical region. In: GLOBAL LAND PROGRAMME ASIA CONFERENCE, 2018, Taipei, Tawan. **Proceedings...** 2018.

EBERHARDT, I. D. R.; LUIZ, A. J. B.; FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. A. Detecção de áreas agrícolas em tempo quase real com imagens MODIS. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 605–614, 2015.

EBERHARDT, I. D. R. et al. Cloud cover assessment for operational crop monitoring systems in tropical areas. **Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p. 1–14, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Aptidão agrícola das terras do Estado De Mato Grosso**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA **Brasil em relevo**. Campinas-SP: Embrapa, 2005a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA **Estado do Mato Grosso: relevo**. Campinas-SP: Embrapa, 2005b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA **Estado de Mato Grosso: solos**. Campinas-SP: Embrapa, 2005c.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA **SATVeg**: biblioteca de padrões. Disponível em: <https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/login.html>. Acesso em 28 out. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA **Levantamento e mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Pantanal**. Campinas: Embrapa, 2007.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROS - ESALQ;
CEPEA. **Indicador do boi gordo ESALQ/B3**. Disponível em:
<<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/boi-gordo.aspx>>. Acesso em: 28 fev. 2019a.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROS - ESALQ;
CEPEA. **Indicador da soja CEPEA/ESALQ**: Paraná. Disponível em:
<<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/soja.aspx>>. Acesso em: 28 fev. 2019b.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROS - ESALQ;
CEPEA. **Milho**: média Campinas (SP). Disponível em:
<<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>>. Acesso em: 28 fev. 2019c.

EUROPEAN SPACE AGENCY - ESA. **Sentinel-2**. Disponível em:
<<https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-2>>. Acesso em: 25 jan. 2018a.

EUROPEAN SPACE AGENCY - ESA **Sentinel-2**: spatial resolution. Disponível em: <<https://earth.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>>. Acesso em: 30 jan. 2018b.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO **Multiple frame agricultural surveys** Rome: FAO, 1998. (FAO Statistical Development, 2) .

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO **Crop monitoring for improved food security**. Rome: FAO, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO **The future of food and agriculture**: trends and challenges. Roma: FAO, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO **FAOSTAT database**: crops. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>.

FIGUEIREDO, D. C. Projeto GeoSafras sistema de previsão de safras da Conab. **Revista de Política Agrícola**, v.14, n. 2, p. 110–120, 2005.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005. Disponível em:
<<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1111772>>.

FOLEY, J. A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337–342, 2011. Disponível em:
<<http://www.nature.com/doi/10.1038/nature10452>>.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

FRANCHINI, J. C.; VELLINI, C. L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; WATANABE, R. H. Integração lavoura-pecuária em solo arenoso e clima quente: duas décadas de experiência. **Embrapa Circular Técnicas**, v.118, 2016. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145060/1/CT118.pdf>.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIAS, APLICAÇÕES E TECNOLOGIA ESPACIAIS - FUNCATE **Uso e cobertura da terra na Floresta Amazônica**. São José dos Campos: FUNCATE, 2007.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. **Intensificação da pecuária brasileira: seus impactos no desmatamento evitado, na produção de carne e na redução de emissões de gases de efeito estufa**. Rio de Janeiro: FGV, 2016.

GALFORD, G. L.; MELILLO, J. M.; KICKLIGHTER, D. W.; MUSTARD, J. F.; CRONIN, T. W.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Historical carbon emissions and uptake from the agricultural frontier of the Brazilian Amazon. **Ecological Applications**, v. 21, n. 3, p. 750–763, 2011.

GALFORD, G. L.; MUSTARD, J. F.; MELILLO, J.; GENDRIN, A.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 2, p. 576–587, 2008.

GARRETT, R. D.; KOH, I.; LAMBIN, E. F.; POLAIN, Y.; WAROUX, D.; KASTENS, J. H.; BROWN, J. C. Intensification in agriculture-forest frontiers: land use responses to development and conservation policies in Brazil. **Global Environmental Change**, v. 53, p. 233–243, 2018.

GEIST, H. J. **Our Earth's changing land: an encyclopedia of land-use and land-cover change**. Westport: Greenwood Press, 2006.

GIBBS, H. K. et al. Brazil's soy moratorium. **Science**, v. 347, n. 6220, p. 377–378, 2015. Disponível em:
<<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.aaa0181>>.

GLOBAL AGRICULTURAL MONITORING - GEOGLAM **About Geoglam.**

Disponível em: <http://www.geoglam.org/index.php/en/about-suite>. Acesso em: 28 jan. 2018.

GODFRAY, H. C. J. et al. The challenge of food security. **Science**, v. 327, p. 812–818, 2010. Disponível em: <<http://www.elgaronline.com/view/9780857939371.xml>>.

GONZALEZ, H.; HALEVY, A.; JENSEN, C. S.; LANGEN, A.; MADHAVAN, J.; SHAPLEY, R.; SHEN, W. Google fusion tables : data management , integration and collaboration in the cloud. In: ACM SYMPOSIUM ON CLOUD COMPUTING, 2010. **Proceedings...** 2010. p. 175–180.

GONZALEZ, H. et al. Google Fusion Tables : Web-Centered Data Management and Collaboration. In: ACM SIGMOD INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT OF DATA, 2010, Indianapolis, Indiana. **Proceedings...** 2010. p. 1061–1066.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>>.

GÜLER, M.; YOMRALIOĞLU, T.; REIS, S. Using landsat data to determine land use/land cover changes in Samsun, Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 127, n. 1–3, p. 155–167, 2007. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10661-006-9270-1>>.

HIXSON, M. M.; BAUER, M. E.; DAVIS, B. J. Sampling for area estimation: a comparison of full-frame sampling with the sample segment approach. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON REMOTELY SENSED DATA, 5., 1979, Lafayette, LA. **Proceedings...** 1979.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n.1/2, p. 195–213, 2002.

HUETE, A.; JUSTICE, C.; LEEUWEN, W. VAN. MODIS vegetation index algorithm theoretical basis. **Environmental Sciences**, n.3, p. 129, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE **Mapa de biomas e de vegetação.** Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE

Produção agrícola municipal. Disponível em:

<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE **PPM:**

Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível em:

<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA E AGROPECUÁRIA - IMEA

Caracterização da bovinocultura mato-grossense. Cuiabá: IMEA, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE **PRODES:**

monitoramento da Floresta Amazônica brasileira por satélite. INPE, 2018a.

Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodesdigital/metodologia.html>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE **TerraClass**.

2018. Disponível em:

<http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php>. Acesso em: 12 dez. 2018b.

IRONS, J. R.; DWYER, J. L.; BARSI, J. A. The next Landsat satellite: the Landsat data continuity mission. **Remote Sensing of Environment**, v. 122, p. 11–21, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.026>>.

JENKS, G. F. The data model concept in statistical mapping. **International Yearbook of Cartography**, v. 7, p. 186–190, 1967.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

JIANG, Z.; HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3833–3845, 2008.

JONATHAN, M. **Classificação do uso e cobertura do solo em escala regional a partir de seqüências temporais de dados MODIS**. 2005. 160p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

JONES, A.; CLARK, J. **Driving forces behind european land use change: an overview**. Wageningen: [s.n.], 1997.

JUSTICE, C. O. et al. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1/2, p. 3–15, 2002.

KAPPES, C. Sistemas de cultivo de milho safrinha no mato grosso. In: SEMINÁRIO NACIONAL ESTABILIDADE E PRODUTIVIDADE, 12., 2013, Dourados, MS. **Anais...** 2013. Disponível em: <<https://www.cpa0.embrapa.br/cds/milhosafriinha2013/palestras/5CLAUDINEIKAPPES.pdf>>.

KASTENS, J. H.; BROWN, J. C.; COUTINHO, A. C.; BISHOP, C. R.; ESQUERDO, J. C. D. M. Soy moratorium impacts on soybean and deforestation dynamics in Mato Grosso, Brazil. **PLoS ONE**, v. 12, n. 4, p. 1–21, 2017.

KING, L. A. et al. A multi-resolution approach to national-scale cultivated area estimation of soybean. **Remote Sensing of Environment**, v. 195, p. 13–29, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.047>>.

KNIGHT, E. J.; KVARAN, G. Landsat-8 operational land imager design, characterization and performance. **Remote Sensing**, v. 6, n. 11, p. 10286–10305, 2014.

KNIPLING, E. B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 1, p. 155–159, 1970.

KONADU, D. D.; SOBRAL, Z.; ALLWOOD, J. M.; RICHARDS, K. S.; KOPEC, G.; MCMAHON, R.; FENNER, R. Land use implications of future energy system trajectories: the case of the UK 2050 carbon plan. **Energy Policy**, v. 86, p. 328–337, 2015.

LAMBERT, J.; JACQUIN, A.; DENUX, J. P. Comparison of two remote sensing time series analysis methods for monitoring forest decline. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ANALYSIS OF MULTI-TEMPORAL REMOTE SENSING IMAGES (Multi-Temp), 6. 2011. **Proceedings...** IEEE, 2011. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6005056>.

LAMBIN, E. F. Modelling monitoring land-cover change processes in tropical regions. **Progress in Physical Geography**, v. 21, p. 375–393, 1997.

LAMBIN, E. F. Global land availability : Malthus versus Ricardo. **Global Food Security**, v. 1, n. 2, p. 83–87, 2012.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. **Land-use and land-cover change**: local processes and global impacts. Berlin: Springer-Verlag, 2006.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, n. 1, p. 205–241, 2003. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>>.

LATORRE, M. L.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Sensor MODIS: características gerais e aplicações. **Espaço e Geografia**, v. 6, n. 1, p. 91–121, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/11077>>.

LÓPEZ, E.; BOCCO, G.; MENDOZA, M.; DUHAU, E. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe a case in Morelia city, Mexico. **Landscape and Urban Planning**, v. 55, p. 271–285, 2001.

MACEDO, M. N.; DEFRIES, R. S.; MORTON, D. C.; STICKLER, C. M.; GALFORD, G. L. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.109, n.4, p.1341-1346, 2012.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas, versão 3.0**. 2018. Disponível em: <http://mapbiomas.org/>.

MARENGO, J. A. et al. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, p. 495–516, 2008.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n.12, p. 1–5, 2011.

MARKHAM, B. L.; STOREY, J. C.; WILLIAMS, D. L.; IRONS, J. R. Landsat sensor performance: history and current status. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 42, n. 12, p. 2691–2694, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/TGRS.2004.840720>>.

MAS, J. F. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 1, p. 139–152, 1999.

MAUS, V.; CÂMARA, G.; CARTAXO, R.; R.; SANCHEZ, A.; RAMOS; F. M., DE QUEIROZ, G. R. A time-weighted dynamic time warping method for land-use and land-cover mapping. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 9, n. 8, p. 3729–3739, 2016.

MEYER, W.; TURNER II, B. L. Land-use/land-cover change: challenges for geographers. **GeoJournal**, v. 39, n. 3, p. 237–240, 1996. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/BF00188373>>.

MORAN, M. S. et al. A refined empirical line approach for reflectance factor retrieval from Landsat-5 TM and Landsat-7 ETM+. **Remote Sensing of Environment**, v. 78, n. 1–2, p. 71–82, 2001.

MOREIRA, M. A.; BARROS, M. A.; FARIA, V. G. C.; ADAMI, M. Tecnologia de informação : imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 241, p. 27–37, 2007.

MOREIRA, M.; BARROS, M.; RUDORFF, B. Geotecnologias no mapeamento da cultura do café em escala municipal. **Sociedade e Natureza**, v. 20, n. 1, p. 101–110, 2008.

MORTON, D. C. et al. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 39, p. 14637–14641, 2006. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606377103>>.

MORTON, D. C.; NOOJIPADY, P.; MACEDO, M. M.; GIBBS, H.; VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L. Reevaluating suitability estimates based on dynamics of cropland expansion in the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, v. 37, p. 92–101, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.02.001>>. .

MUELLER, C. C.; SILVA, G.; VILLALOBOS, A. G. Pesquisa agropecuária do Parana - safra 1986/87: Programa de Aperfeiçoamento das Estatísticas Agropecuárias. **Revista Brasileira de Estatística**, p. 55-84, 1988.

MULLER, M. R.; MIDDLETON, J. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. **Landscape Ecology**, v. 9, n. 2, p. 151–157, 1994.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA **Landsat 8 launch**. Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/launch/index.html#.WnDDUK6nGUK>. Acesso em: 27 jan. 2018.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA **A Landsat timeline**. Disponível em: <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/a-landsat-timeline/>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

NDUATI, E.; SOFUE, Y.; MATNIYAZ, A.; PARK, J. G.; YANG, W. Cropland mapping using fusion of multi-sensor data in a complex urban / peri-urban area. **Remote Sensing**, p. 1–24, 2019.

NUMATA, I.; COCHRANE, M. A.; SOUZA JUNIOR, C. M.; SALES, M. H. Carbon emissions from deforestation and forest fragmentation in the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v.6, n.044003, 2011.

NUMATA, I.; COCHRANE, M. A.; ROBERTS, D. A.; SOARES, J. V.; SOUZA JUNIOR, C. M.; SALES, M. H. Biomass collapse and carbon emissions from forest fragmentation in the Brazilian Amazon. **Journal of Geophysical Research Biogeosciences**, v. 115, n.G3, 2010.

OLIVEIRA, J. C.; TRABAQUINI, K.; EPIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R.; GALVÃO, L. S.; ADAMI, M. Analysis of agricultural intensification in a basin with remote sensing data. **GIScience e Remote Sensing**, v. 51, n. 3, p. 253–268, 2014. Disponível em:
<<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15481603.2014.909108>>.

OLIVEIRA, R. et al. Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 201–211, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2017.02.001>>.

OLOFSSON, P.; FOODY, G. M.; HEROLD, M.; STEHMAN, S. V.; WOODCOCK, C. E.; WULDER, M. A. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote Sensing of Environment**, v. 148, p. 42–57, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>>.

OLOFSSON, P.; FOODY, G. M.; STEHMAN, S. V.; WOODCOCK, C. E. Making better use of accuracy data in land change studies: estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. **Remote Sensing of Environment**, v. 129, p. 122–131, 2013. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2012.10.031>>.

PICOLI, M. et al. Big Earth observation time series analysis for monitoring brazilian agriculture. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 145, p. 328–339, 2018.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. MO. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

RAMANKUTTY, N.; FOLEY, A. Characterizing patterns of global land use : An analysis of global croplands data. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 12, n. 4, p. 667–685, 1998.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa, 1998.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília: Embrapa, 2008.

RISSO, J. **Diagnóstico espacialmente explícito da expansão da soja no Mato Grosso de 2000 a 2012**. 2013. 132p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DKND9B>>.

RIZZI, R.; RISSO, J.; EPIPHANIO, R. D. V.; RUDORFF, B. F. T.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERNANDES, S. L. Estimativa da área de soja no Mato Grosso por meio de imagens MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 387–394.

ROSA, I.; ROSA, I. M. D.; PURVES, D.; SOUZA, C.; EWERS, R. M. Predictive Modelling of Contagious Deforestation in the Brazilian Amazon. **PloS One**, v.8, n.10, e77231, 2013.

ROUSE, W.; HAAS, H.; SCHELL, J.; DEERING, W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with erts**. Washington: NASA, 1973. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022614.pdf>,

RUDORFF, B. F. T. et al. The soy moratorium in the Amazon biome monitored by remote sensing images. **Remote Sensing**, v.3, n.1, p. 185–202, 2011. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/3/1/185>>.

RUDORFF, B. F. T.; DE AGUIAR, D. A.; DA SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo state (Brazil) using Landsat data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057–1076, 2010.

RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Parentese, 2007.

SAKAMOTO, T.; WARDLOW, B. D.; GITELSON, A. A.; VERMA, S. B.; SUYKER, A. E.; ARKEBAUER, T. J. A two-step filtering approach for detecting maize and soybean phenology with time-series MODIS data. **Remote Sensing**

of Environment, v. 114, n. 10, p. 2146–2159, 2010. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.04.019>>.

SAKAMOTO, T.; YOKOZAWA, M.; TORITANI, H.; SHIBAYAMA, M.;
ISHITSUKA, N.; OHNO, H. A crop phenology detection method using time-
series MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, v. 96, n. 3/4, p. 366–
374, 2005.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento do
uso do solo e cobertura vegetal: bioma Cerrado ano - base 2002**. Brasília:
MMA, 2010.

SCARAMUZZA, C. A. D. M. et al. Land-use and land-cover mapping of the
brazilian Cerrado bases mainly on Landsat-8 satellite images. **Revista
Brasileira de Cartografia**, v. 6, p. 1041–1051, 2017.

SHIMABUKURO, Y. E.; RUDORFF, B. F. T. Dados do sensor MODIS para o
mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal e uso da terra. In:
SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006. **Anais...** 2006.
p. 929–938.

SONG, X. P. et al. National-scale soybean mapping and area estimation in the
United States using medium resolution satellite imagery and field survey.
Remote Sensing of Environment, v. 190, p. 383–395, 2017. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.008>>.

SOUZA, A. P.; LIMA, L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.;
PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado
de Mato Grosso., v. 1, n. 1, p. 34–43, 2013.

SPERA, S. A.; COHN, A. S.; VANWEY, L. K.; MUSTARD, J. F.; RUDORFF, B.
F. T.; RISSO, J.; ADAMI, M. Recent cropping frequency, expansion, and
abandonment in Mato Grosso, Brazil had selective land characteristics.
Environmental Research Letters, v. 9, n. 6, p. 064010, 2014. Disponível em:
<<http://stacks.iop.org/1748-9326/9/i=6/a=064010?key=crossref.82dfaeb0e2217b59a9ba8db4ceb99ee4>>.

THENKABAIL, P. S. et al. Assessing future risks to agricultural productivity,
water resources and food security: how can remote sensing help?
Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 78, n. 8, p. 773–782,
2012. Disponível em:
<<http://digital.ipcprintservices.com/publication/?i=120539ep=el=em=ever=epp=>
>.

THENKABAIL, P. S.; WU, Z. An automated Cropland Classification Algorithm (ACCA) for Tajikistan by combining Landsat, MODIS, and secondary data. **Remote Sensing**, v.4, n.10, p. 2890–2918, 2012.

TILMAN, D. et al. Forecasting agriculturally driven environmental change. **Science**, v. 292, p. 281–284, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/292/5515/281.abstract>>.

TRABAQUINI, K.; GALVÃO, L. S.; FORMAGGIO, A. R.; DE ARAGÃO, L. E. O. E. C. Soil, land use time, and sustainable intensification of agriculture in the Brazilian Cerrado region. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 2, 2017.

TURNER II, B. L.; SKOLE, D.; SANDERSON, S.; LEEMANS, S.; FRESCO, L.; LEEMANS, R. **Land-use and land-cover change: science/research plan**. Stockholm e Geneva: IGBP, 1995.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **Landsat data**. 1997. Disponível em: <<http://www.usgs.gov>>.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **The final journey of Landsat 5: a decommissioning story**. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/final-journey-landsat-5-decommissioning-story>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VERMOTE, E. F.; KOTCHENOVA, S. Y.; RAY, J. P. **MOD09: MODIS basis document**. 2011. Disponível em: http://modis-sr.ltdri.org/guide/MOD09_UserGuide_v1_3.pdf.

VERSTEGEN, J. A.; VAN DER HILST, F.; WOLTJER, G.; KARSSENBERG, D.; DE JONG, S. M.; FAAIJ, A. P. C. What can and can't we say about indirect land-use change in Brazil using an integrated economic - land-use change model? **GCB Bioenergy**, v. 8, n. 3, p. 561–578, 2016.

WARDLOW, B. D.; KASTENS, J. H.; EGBERT, S. L. Using USDA crop progress data for the evaluation of greenup onset date calculated from MODIS 250-meter data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 72, n. 11, p. 1225–1234, 2006.

WULDER, M. A. et al. Remote sensing of environment current status of Landsat program, science and applications. **Remote Sensing of Environment**, v. 225, p. 127–147, 2019.

XIE, Y.; SHA, Z.; YU, M. Remote sensing imagery in vegetation mapping : a review. **Journal of Plant Ecology**, v. 1, n. 1, p. 9–23, 2018.

ZALLES, V. et al. Near doubling of Brazil's intensive row crop area since 2000. **Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 116, n. 2, 2019.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G..
Degradação, recuperação e renovação de pastagens. Brasília: Embrapa, 2012.

APÊNDICE A – LINKS PARA ACESSO AOS SCRIPTS

- Script utilizado para obtenção dos perfis temporais de NDVI para as amostras:

<https://code.earthengine.google.com/b00fda05b8e2221ceca1055a4ba83d6d>;

- Script utilizado para classificação amostral:

<https://code.earthengine.google.com/6274d8ec85fd2b59f21a3f61f00f46b5>.

APÊNDICE B – MATRIZES DE TRANSIÇÃO

Cm: Campo; Sn: Savana; Ft: Floresta; FS: Floresta Sazonal; FT: Floresta Total (Ft+FS); Ag: Água; OC: Outras Coberturas; Nt: Natural (Cm+Sn+FT+Ag+OC); CU: Cultivo único; CD: Cultivo duplo; CM: Cultivo múltiplo; AA: Agricultura anual (CU+CD+CM); CS: Cultivo Semiperene; CP: Cultivo Perene; Pt: Pastagem; Rf: Reflorestamento; OU: Outros usos; EC: Em Conversão; At: Antrópica (AA+CS+CP+Pt+Rf+OU+EC).

Tabela B.1 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003 em km².

		2002/2003														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2000/2001	Cm	119.948	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.687	0	180	361
	Sn	0	149.643	0	0	0	0	361	637	0	0	0	2.775	0	902	3.449
	Ft	0	0	254.978	0	0	0	180	0	0	0	0	3.050	0	2.775	7.307
	FS	0	0	0	154.815	637	0	0	0	0	0	0	1.634	0	1.359	3.896
	Ag	0	0	0	0	9.399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	2.518	361	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	12.855	9.927	0	180	0	541	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	3.620	9.842	180	0	0	180	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	180	0	0	817	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	6.157	1.083	0	0	0	165.419	0	541	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	1.624	0	0	817	0	1.454	0	4.133	0
	EC	0	0	0	0	0	637	1.720	180	0	0	0	3.915	0	2.138	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.2 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005 em km².

		2004/2005														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2002/2003	Cm	116.632	0	0	0	0	0	1.178	180	0	0	0	1.777	0	0	180
	Sn	0	140.236	0	0	0	0	817	180	0	0	0	5.958	0	817	1.634
	Ft	0	0	238.120	0	0	0	0	0	0	0	0	3.411	0	5.968	7.479
	FS	0	0		147.137	0	779	817	0	0	0	0	541	0	1.995	3.544
	Ag	0	0	0	0	10.035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	2.975	180	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	16.931	8.683	0	361	0	902	0	180	0
	CD	0	0	0	0	0	0	4.607	16.700	180	0	0	180	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.815	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	3.677	541	0	0	0	177.801	0	637	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	1.416	1.805	361	0	0	0	3.136	0	5.312	0
	EC	0	0	0	0	0	960	2.442	180	0	0	0	7.355	0	4.076	0

Fonte: produção do autor.

Tabela B.3 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007 em km².

		2006/2007														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2004/2005	Cm	115.216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.416	0	0	0
	Sn	0	138.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	361	0	817	960
	Ft	0	0	234.889	0	0	0	0	0	0	0	0	361	0	0	2.870
	FS	0	0	0	144.866	0	0	180	0	0	0	0	0	0	637	1.454
	Ag	0	0	0	0	10.035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	6.130	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	14.897	14.118	637	0	0	2.622	0	0	180
	CD	0	0	0	0	0	0	3.068	22.315	722	0	0	722	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	180	180	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.995	0	0	0	180	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	817	1.720	1.815	0	637	0	194.801	0	637	637
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	1.597	2.081	998	0	0	0	6.462	0	7.848	0
	EC	0	0	0	0	0	960	180	180	0	0	0	7.374	180	3.962	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.4 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009 em km².

		2008/2009														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2006/2007	Cm	113.762	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.454	0	0	0
	Sn	0	135.010	0	0	0	0	180	0	0	0	0	637	0	180	2.091
	Ft	0	0	233.075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.178	637
	FS	0	0	0	141.958	0	0	0	0	0	0	0	180	0	2.091	637
	Ag	0	0	0	0	10.035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	9.503	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	8.959	9.947	0	0	0	2.261	0	361	779
	CD	0	0	0	0	0	0	7.962	30.828	0	0	0	817	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	637	722	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	180	0	0	1.815	0	0	0	637	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	2.356	1.720	0	0	0	209.863	0	180	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0
	OU	0	0	0	0	0	180	541	361	0	180	0	5.322	180	7.316	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	1.416	637	3.868	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.5 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011 em km².

		2010/2011														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2008/2009	Cm	113.582	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	132.919	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	637	817
	Ft	0	0	231.079	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	1.815
	FS	0	0	0	139.602	0	637	0	0	0	0	0	0	0	541	1.178
	Ag	0	0	0	0	10.035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	9.503	0	0	0	0	0	0	0	0	180
	CU	0	0	0	0	0	0	13.672	5.605	0	180	0	1.178	0	180	0
	CD	0	0	0	0	0	0	14.925	28.292	180	0	0	180	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.359	0	0	0	817	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	5.673	1.359	0	0	0	214.197	361	180	180
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	998	0	0
	OU	0	0	0	0	0	3.193	1.263	361	0	0	0	1.634	0	9.360	0
	EC	0	0	0	0	0	637	0	637	0	0	0	1.454	779	637	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.6 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013 em km².

		2012/2013														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2010/2011	Cm	112.945	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	0
	Sn	0	132.377	0	0	0	0	0	0	0	0	0	361	0	180	0
	Ft	0	0	230.119	0	0	0	0	0	0	0	0	779	0	0	180
	FS	0	0	0	138.785	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	637
	Ag	0	0	0	0	10.035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	12.373	0	0	0	0	0	0	0	180	1.416
	CU	0	0	0	0	0	0	7.392	27.780	180	0	0	361	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	1.083	34.353	0	637	0	180	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	180	180	0	1.178	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	960	3.497	2.166	180	637	0	211.062	0	0	779
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.321	637	180
	OU	0	0	0	0	0	1.454	180	0	0	637	180	2.632	0	7.450	0
	EC	0	0	0	0	0	637	180	0	0	0	0	2.091	180	1.083	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.7 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015 em km².

		2014/2015														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2012/2013	Cm	111.310	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0	637	0	180	637
	Sn	0	130.563	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	637	541
	Ft	0	0	229.302	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	180
	FS	0	0	0	136.827	0	0	779	0	0	0	0	180	0	0	998
	Ag	0	0	0	0	10.035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	15.424	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	3.164	7.212	1.416	180	0	541	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	3.896	58.769	180	180	0	0	0	0	1.454
	CM	0	0	0	0	0	0	0	361	180	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	180	0	0	2.908	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	637	4.628	4.447	0	0	0	206.481	0	1.454	637
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	541	960	0
	OU	0	0	0	0	0	541	180	722	0	0	0	1.501	0	6.585	0
	EC	0	0	0	0	0	0	180	779	0	0	0	637	779	817	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.8 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017 em km².

		2016/2017														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2014/2015	Cm	111.130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0
	Sn	0	128.786	0	0	0	0	0	0	0	0	0	817	0	0	960
	Ft	0	0	226.851	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	2.271
	FS	0	0	0	134.100	0	0	0	0	0	0	0	637	0	1.454	637
	Ag	0	0	0	0	10.216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	15.604	0	0	0	0	0	0	0	180	817
	CU	0	0	0	0	0	0	5.131	7.154	180	180	0	361	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	7.212	62.361	1.539	0	0	1.178	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	960	180	0	0	637	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.269	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	637	637	541	3.915	0	0	0	206.016	0	960	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.321	0	0
	OU	0	0	0	0	0	637	817	0	0	0	0	817	1.416	6.946	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.359	0	1.634	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.9 - Matriz de Transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018 em km².

		2017/2018														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2016/2017	Cm	111.130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	128.149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637
	Ft	0	0	224.617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.233
	FS	0	0	0	133.102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	998
	Ag	0	0	0	0	10.852	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	16.697	0	0	0	0	0	0	0	0	180
	CU	0	0	0	0	0	0	7.126	6.575	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	5.244	68.965	180	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	180	1.539	180	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	180	0	2.632	0	0	0	637	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	180	3.269	0	0	0	208.553	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.737	0	0
	OU	0	0	0	0	0	180	960	0	0	0	0	998	0	8.257	960
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	4.504	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.10 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003 em km².

		2002/2003															
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC	
2000/2001	Cm	18.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	779	0	0	0	
	Sn	0	29.450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.321	0	180	637
	Ft	0	0	244.259	0	0	0	180	0	0	0	0	0	2.689	0	2.775	7.126
	FS	0	0	0	83.119	0	0	0	0	0	0	0	0	817	0	1.178	3.354
	Ag	0	0	0	0	4.533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	2.518	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	2.537	1.263	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	817	361	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	1.900	361	0	0	0	0	83.369	0	180	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	722	0	0	0	637	0	180	0	1.682	0
	EC	0	0	0	0	0	637	541	180	0	0	0	0	2.318	0	1.597	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.11 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005 em km².

		2004/2005															
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC	
2002/2003	Cm	17.077	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	779	0	0	0	
	Sn	0	26.361	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0	1.454	0	0	998
	Ft	0	0	227.582	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.411	0	5.968	7.298
	FS	0	0	0	77.798	0	779	0	0	0	0	0	0	541	0	1.178	2.822
	Ag	0	0	0	0	4.533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	2.975	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	4.437	1.900	0	0	0	0	361	0	180	0
	CD	0	0	0	0	0	0	722	1.263	0	0	0	0	180	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.273	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	998	180	0	0	0	0	89.660	0	637	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	1.416	722	0	0	0	0	0	2.414	0	3.040	0
	EC	0	0	0	0	0	960	541	0	0	0	0	0	6.538	0	3.078	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.12 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007 em km².

		2006/2007														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2004/2005	Cm	16.297	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	779	0	0	0
	Sn	0	25.221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	960
	Ft	0	0	224.351	0	0	0	0	0	0	0	0	361	0	0	2.870
	FS	0	0	0	76.344	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.454
	Ag	0	0	0	0	4.533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	6.130	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	4.161	3.715	0	0	0	361	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	541	2.622	0	0	0	361	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.273	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	541	361	0	637	0	103.163	0	637	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	1.597	1.539	998	0	0	0	4.552	0	5.397	0
	EC	0	0	0	0	0	779	180	0	0	0	0	6.738	180	3.240	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.13 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009 em km².

		2008/2009														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2006/2007	Cm	16.117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0
	Sn	0	22.950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	2.091
	Ft	0	0	222.716	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	998	637
	FS	0	0	0	74.073	0	0	0	0	0	0	0	180	0	1.454	637
	Ag	0	0	0	0	4.533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	8.505	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	2.166	4.257	0	0	0	361	0	180	0
	CD	0	0	0	0	0	0	1.539	6.157	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.273	0	0	0	637	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	1.359	541	0	0	0	114.595	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0
	OU	0	0	0	0	0	180	180	361	0	0	0	3.687	180	4.684	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.416	0	3.868	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.14 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011 em km².

		2010/2011														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2008/2009	Cm	16.117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	22.313	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637
	Ft	0	0	220.901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	1.634
	FS	0	0	0	73.170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	541	361
	Ag	0	0	0	0	4.533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	8.505	0	0	0	0	0	0	0	0	180
	CU	0	0	0	0	0	0	3.800	1.083	0	0	0	180	0	180	0
	CD	0	0	0	0	0	0	3.174	7.962	180	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	0	637	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	3.953	722	0	0	0	115.565	0	180	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	361	0	0
	OU	0	0	0	0	0	2.556	722	361	0	0	0	1.454	0	6.908	0
EC	0	0	0	0	0	637	0	637	0	0	0	1.454	0	637	0	

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.15 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013 em km².

		2012/2013														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2010/2011	Cm	16.117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	22.133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0
	Ft	0	0	219.942	0	0	0	0	0	0	0	0	779	0	0	180
	FS	0	0	0	72.990	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	4.533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	10.282	0	0	0	0	0	0	0	0	1.416
	CU	0	0	0	0	0	0	3.316	8.333	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	361	10.223	0	0	0	180	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	960	1.957	541	180	0	0	114.235	0	0	779
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	180
	OU	0	0	0	0	0	180	180	0	0	637	0	2.452	0	5.815	0
EC	0	0	0	0	0	637	180	0	0	0	0	1.273	0	722	0	

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.16 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015 em km².

		2014/2015															
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC	
2012/2013	Cm	15.936	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	
	Sn	0	21.772	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	361
	Ft	0	0	219.124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	180
	FS	0	0	0	71.669	0	0	779	0	0	0	0	0	180	0	0	361
	Ag	0	0	0	0	4.533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	12.059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	1.900	3.316	779	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	2.176	16.284	0	0	0	0	637	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	180	180	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.273	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	637	2.813	1.815	0	0	0	0	113.380	0	637	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0
	OU	0	0	0	0	0	541	180	180	0	0	0	0	1.321	0	4.314	0
	EC	0	0	0	0	0	0	180	779	0	0	0	0	0	779	817	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.17 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017.

		2016/2017															
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC	
2014/2015	Cm	15.936	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sn	0	20.812	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	960
	Ft	0	0	216.673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	2.271
	FS	0	0	0	69.759	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	637	637
	Ag	0	0	0	0	4.533	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	12.240	0	0	0	0	0	0	0	0	180	817
	CU	0	0	0	0	0	0	3.953	3.715	180	0	0	0	180	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	2.775	18.146	637	0	0	0	998	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	779	180	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.273	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	637	0	180	1.140	0	0	0	0	113.418	0	779	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	779	0	0
	OU	0	0	0	0	0	637	817	0	0	0	0	0	180	0	4.494	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	722	0	180	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.18 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018 em km².

		2017/2018															
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC	
2016/2017	Cm	15.936	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sn	0	20.175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637
	Ft	0	0	214.439	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.233
	FS	0	0	0	68.942	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	817
	Ag	0	0	0	0	5.170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	12.877	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	3.411	4.314	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	1.444	22.337	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	998	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.273	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	0	1.178	0	0	0	0	114.957	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	779	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	960	0	0	0	0	0	180	0	4.352	960
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	4.504	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.19 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003 em km².

		2002/2003														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2000/2001	Cm	83.685	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.271	0	180	361
	Sn	0	94.289	0	0	0	0	361	637	0	0	0	817	0	722	2.813
	Ft	0	0	10.719	0	0	0	0	0	0	0	0	361	0	0	180
	FS	0	0	0	58.448	637	0	0	0	0	0	0	817	0	180	541
	Ag	0	0	0	0	2.547	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	10.318	8.663	0	180	0	541	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	2.803	9.481	180	0	0	180	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	180	0	0	180	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	4.257	722	0	0	0	0	73.411	0	361
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	902	0	0	180	0	1.273	0	1.815	0
	EC	0	0	0	0	0	0	1.178	0	0	0	0	817	0	541	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.20 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005 em km².

		2004/2005														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2002/2003	Cm	81.328	0	0	0	0	0	1.178	0	0	0	0	998	0	0	180
	Sn	0	90.022	0	0	0	0	180	180	0	0	0	2.452	0	817	637
	Ft	0	0	10.539	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180
	FS	0	0	0	56.092	0	0	817	0	0	0	0	0	0	817	722
	Ag	0	0	0	0	3.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	12.494	6.783	0	361	0	541	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	3.886	15.437	180	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	541	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	2.679	361	0	0	0	77.450	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	1.083	361	0	0	0	722	0	1.634	0
	EC	0	0	0	0	0	0	1.900	180	0	0	0	817	0	998	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.21 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007 em km².

		2006/2007														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2004/2005	Cm	80.692	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	0
	Sn	0	89.024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	817	0
	Ft	0	0	10.539	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	55.275	0	0	180	0	0	0	0	0	0	637	0
	Ag	0	0	0	0	3.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	10.736	10.403	637	0	0	2.261	0	0	180
	CD	0	0	0	0	0	0	2.527	19.693	722	0	0	361	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	180	180	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	722	0	0	0	180	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	180	1.178	1.454	0	0	0	79.530	0	0	637
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	541	0	0	0	0	1.910	0	1.815	0
	EC	0	0	0	0	0	180	0	180	0	0	0	637	0	722	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.22 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009 em km².

		2008/2009															
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC	
2006/2007	Cm	79.418	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.273	0	0	0	
	Sn	0	88.207	0	0	0	0	180	0	0	0	0	637	0	0	0	
	Ft	0	0	10.358	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	
	FS	0	0	0	54.638	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	
	Ag	0	0	0	0	3.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	OC	0	0	0	0	0	361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CU	0	0	0	0	0	0	6.793	5.690	0	0	0	0	1.900	0	180	779
	CD	0	0	0	0	0	0	6.422	24.672	0	0	0	0	817	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	637	722	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	180	0	0	541	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	998	1.178	0	0	0	0	83.160	0	180	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	361	0	0	180	0	1.634	0	1.995	0	
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	637	0	0	

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.23 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011 em km².

		2010/2011															
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC	
2008/2009	Cm	79.238	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sn	0	86.753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	637	180	
	Ft	0	0	10.178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	
	FS	0	0	0	53.184	0	637	0	0	0	0	0	0	0	0	817	
	Ag	0	0	0	0	3.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	OC	0	0	0	0	0	361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CU	0	0	0	0	0	0	9.872	4.522	0	180	0	998	0	0	0	
	CD	0	0	0	0	0	0	11.752	20.330	0	0	0	180	0	0	0	
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	722	0	0	0	180	0	
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pt	0	0	0	0	0	0	1.720	637	0	0	0	0	86.524	361	0	180
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0
	OU	0	0	0	0	0	637	541	0	0	0	0	0	180	0	1.815	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	779	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.24 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013 em km².

		2012/2013														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2010/2011	Cm	78.601	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	0
	Sn	0	86.392	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	180	0
	Ft	0	0	10.178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	52.547	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637
	Ag	0	0	0	0	3.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	1.454	0	0	0	0	0	0	0	180	0
	CU	0	0	0	0	0	0	4.076	19.448	180	0	0	361	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	722	24.130	0	637	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	180	180	0	541	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	1.539	1.624	0	637	0	84.720	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.140	637	0
	OU	0	0	0	0	0	1.273	0	0	0	0	180	180	0	998	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	817	180	361	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.25 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015 em km².

		2014/2015														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2012/2013	Cm	77.328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	637
	Sn	0	84.938	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	637	180
	Ft	0	0	10.178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	51.911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637
	Ag	0	0	0	0	3.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	2.727	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	1.263	3.896	637	180	0	541	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	1.720	42.485	180	180	0	817	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	180	0	0	1.634	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	1.815	2.632	0	0	0	80.994	0	817	637
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	541	779	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	541	0	0	0	180	0	1.634	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.26 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017 em km².

		2016/2017														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2014/2015	Cm	77.147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0
	Sn	0	84.121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	817	0	0	0
	Ft	0	0	10.178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	51.094	0	0	0	0	0	0	0	0	0	817	0
	Ag	0	0	0	0	3.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	2.727	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	1.178	3.439	0	180	0	180	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	4.437	44.215	902	0	0	180	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	637	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.995	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	637	361	2.775	0	0	0	80.491	0	180	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	541	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	1.416	1.815	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	1.454	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.27 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018 em km².

		2017/2018														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2016/2017	Cm	77.147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	84.121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ft	0	0	10.178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	50.913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180
	Ag	0	0	0	0	3.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	3.184	0	0	0	0	0	0	0	0	180
	CU	0	0	0	0	0	0	3.715	2.261	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	3.800	46.628	180	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	180	541	180	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	180	0	1.359	0	0	0	637	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	180	2.091	0	0	0	81.489	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.957	0	0
	OU	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	817	0	3.269	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.28 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003 em km².

		2002/2003														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2000/2001	Cm	18.227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	0
	Sn	0	25.905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	0
	Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	13.247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	2.318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.639	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	779	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.29 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005 em km².

		2004/2005														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2002/2003	Cm	18.227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	23.853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.053	0	0	0
	Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	13.247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	2.318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.691	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.30 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007 em km².

		2006/2007														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2004/2005	Cm	18.227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	23.853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	13.247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	2.318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0	12.107	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.31 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009 em km².

		2008/2009														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2006/2007	Cm	18.227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	23.853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	13.247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	2.318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.107	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.32 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011 em km².

		2010/2011														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2008/2009	Cm	18.227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	23.853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	13.247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	2.318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.107	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.33 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013 em km².

		2012/2013														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2010/2011	Cm	18.227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	23.853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	13.247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	2.318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.107	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.34 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015 em km².

		2014/2015														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2012/2013	Cm	18.046	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	23.853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	13.247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	2.318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.107	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

Tabela B.35 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017 em km².

		2016/2017														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2014/2015	Cm	18.046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	23.853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	13.247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	2.499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.107	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

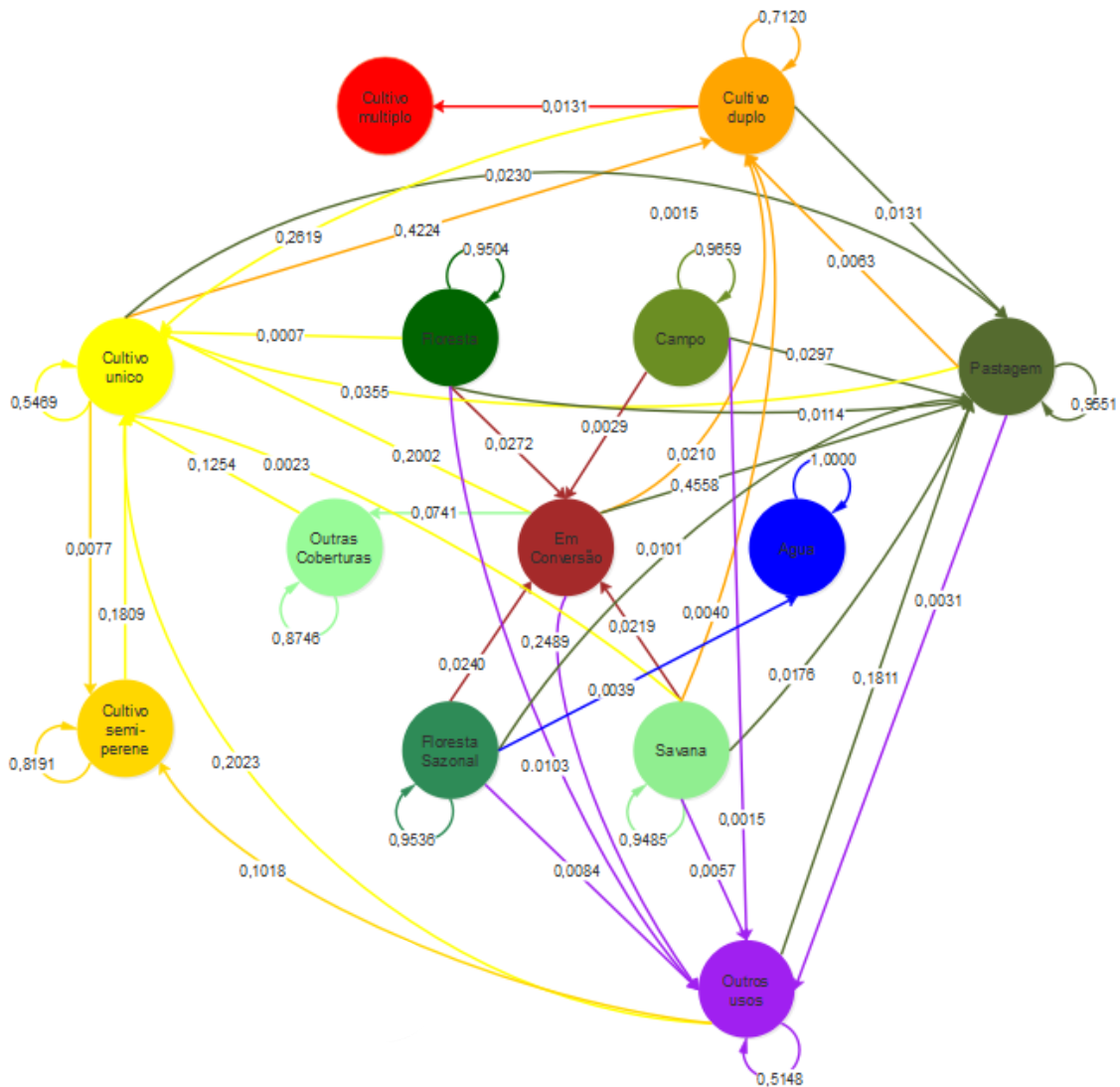
Tabela B.36 - Matriz de Transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018 em km².

		2017/2018														
		Cm	Sn	Ft	FS	Ag	OC	CU	CD	CM	CS	CP	Pt	Rf	OU	EC
2016/2017	Cm	18.046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sn	0	23.853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FS	0	0	0	13.247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ag	0	0	0	0	2.499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OC	0	0	0	0	0	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.107	0	0	0
	Rf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0
	EC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Produção do autor.

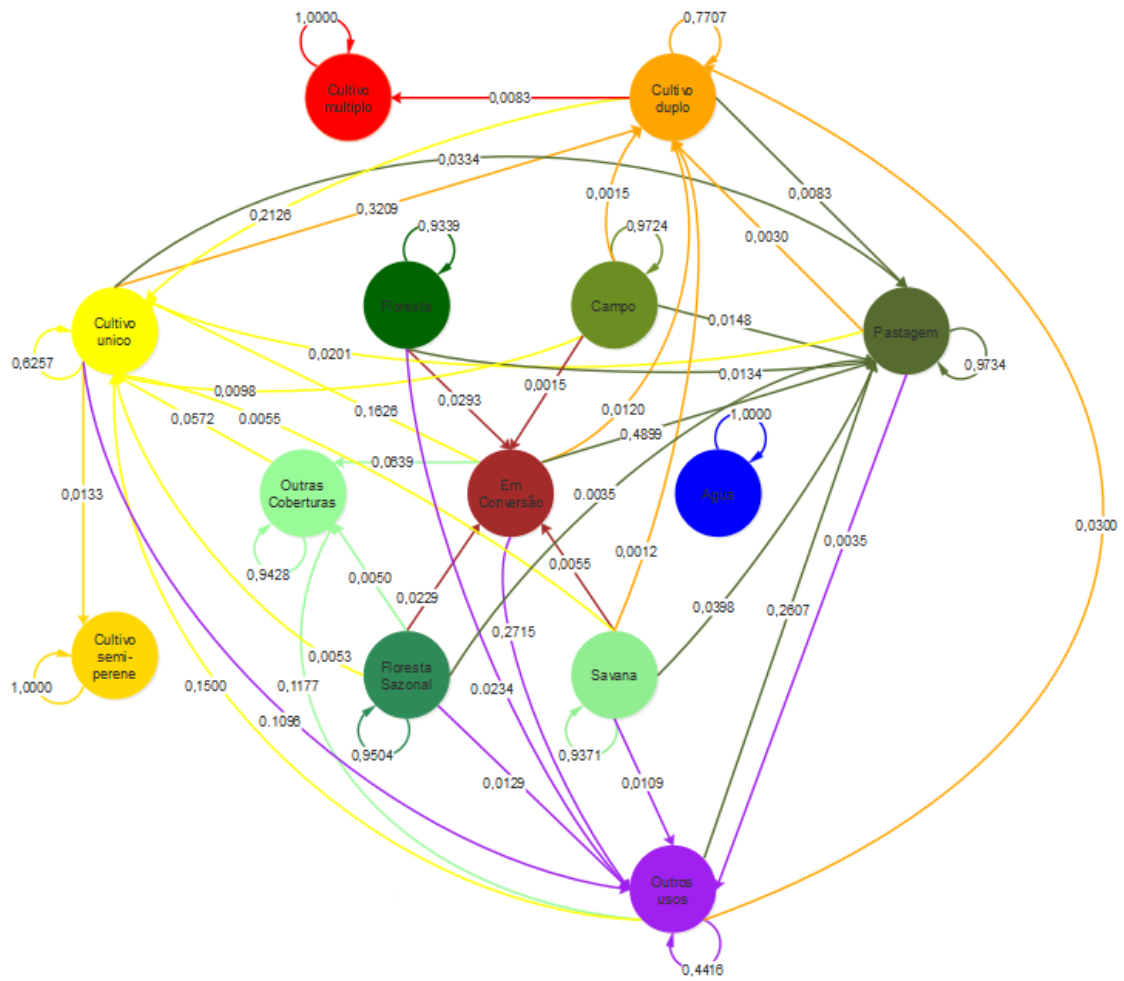
APÊNDICE C – CADEIAS DE MARKOV

Figura C.1 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2000/2001 e 2002/2003.



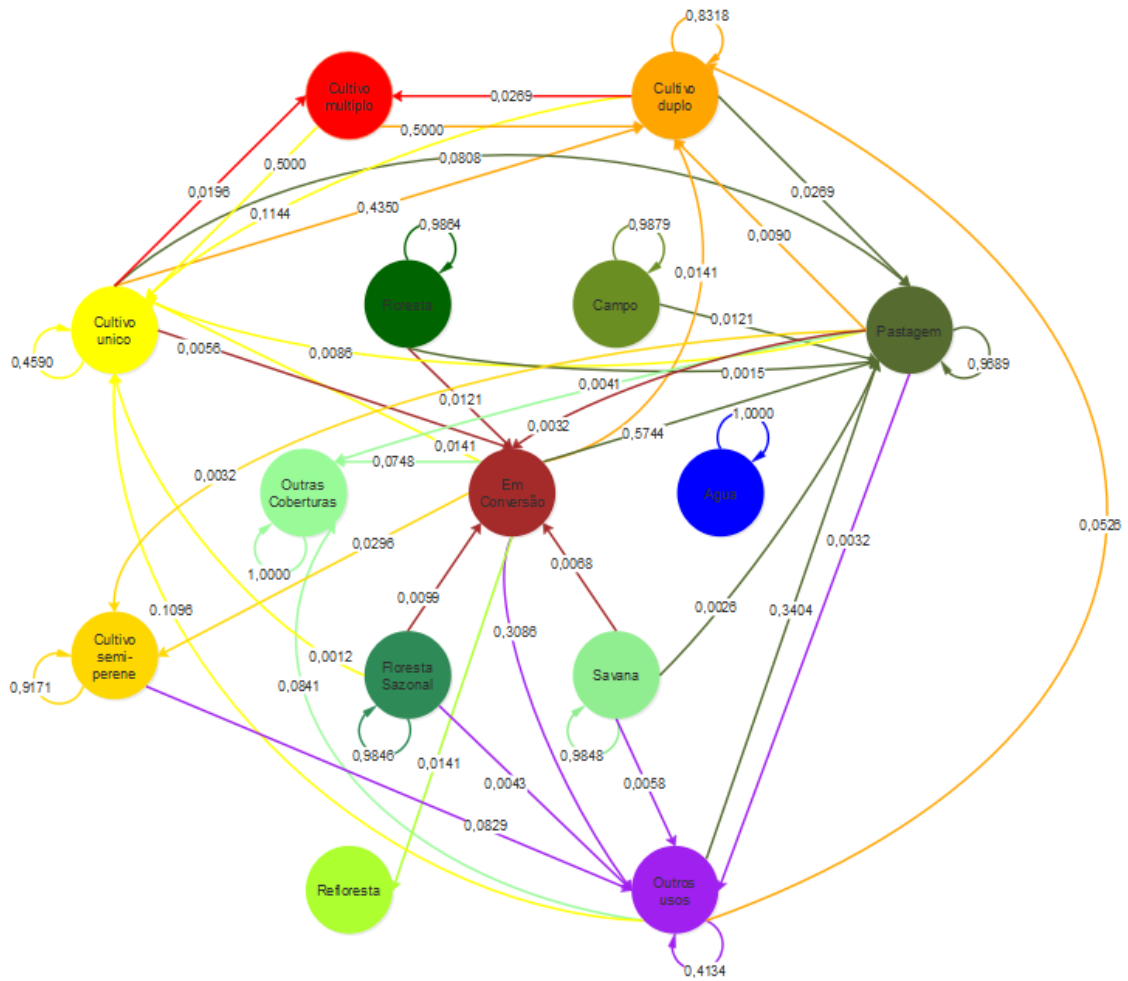
Fonte: Produção do autor.

Figura C.2 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2002/2003 e 2004/2005.



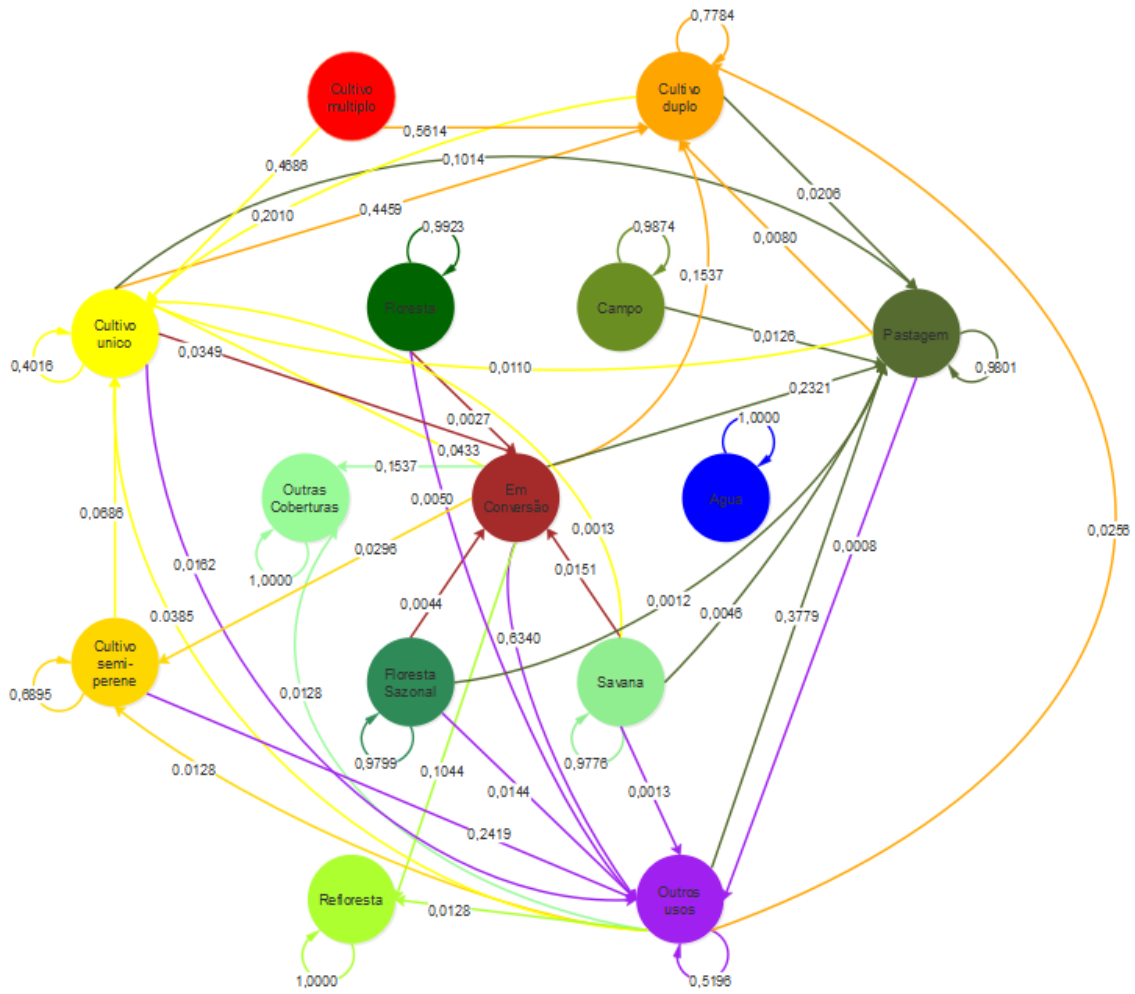
Fonte: Produção do autor.

Figura C.3 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2004/2005 e 2006/2007.



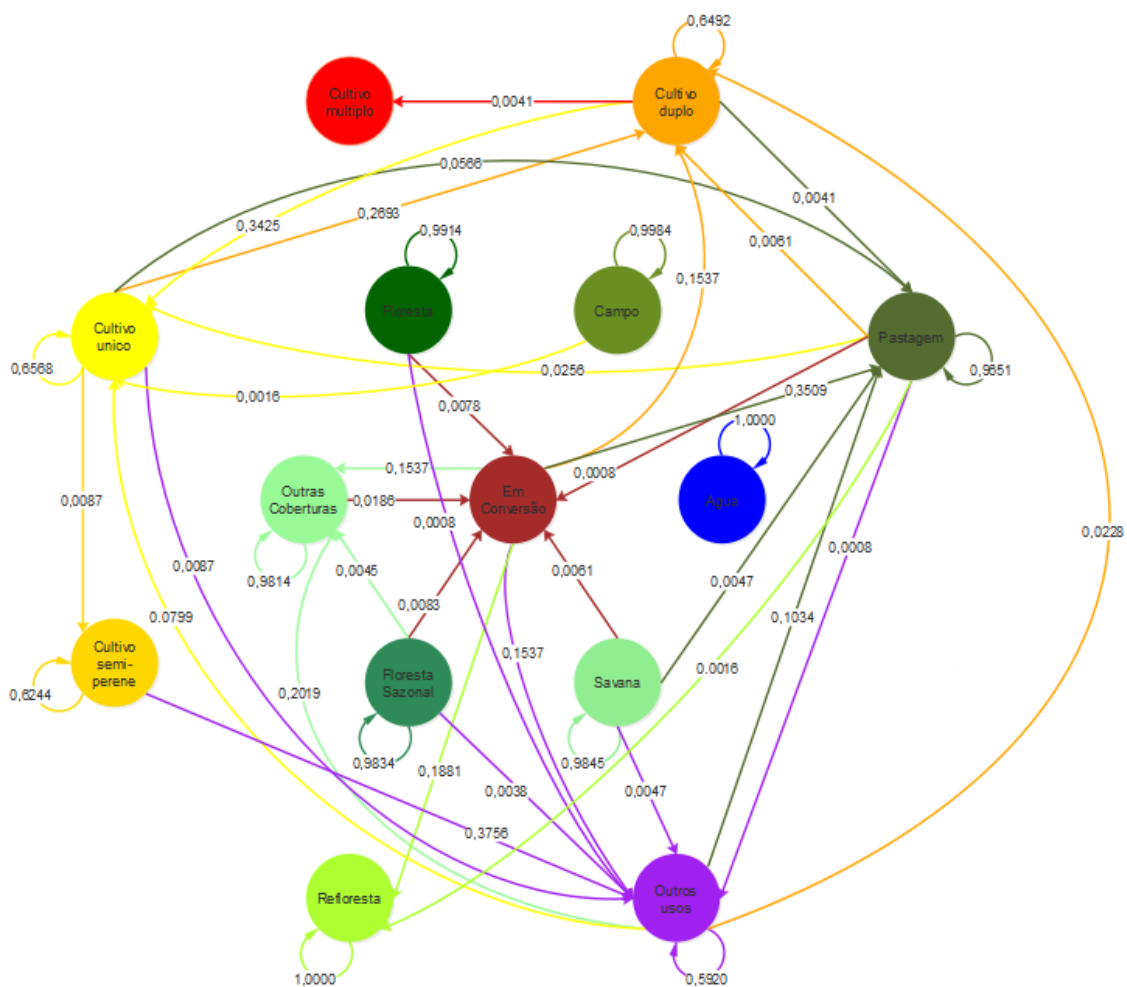
Fonte: Produção do autor.

Figura C.4 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2006/2007 e 2008/2009.



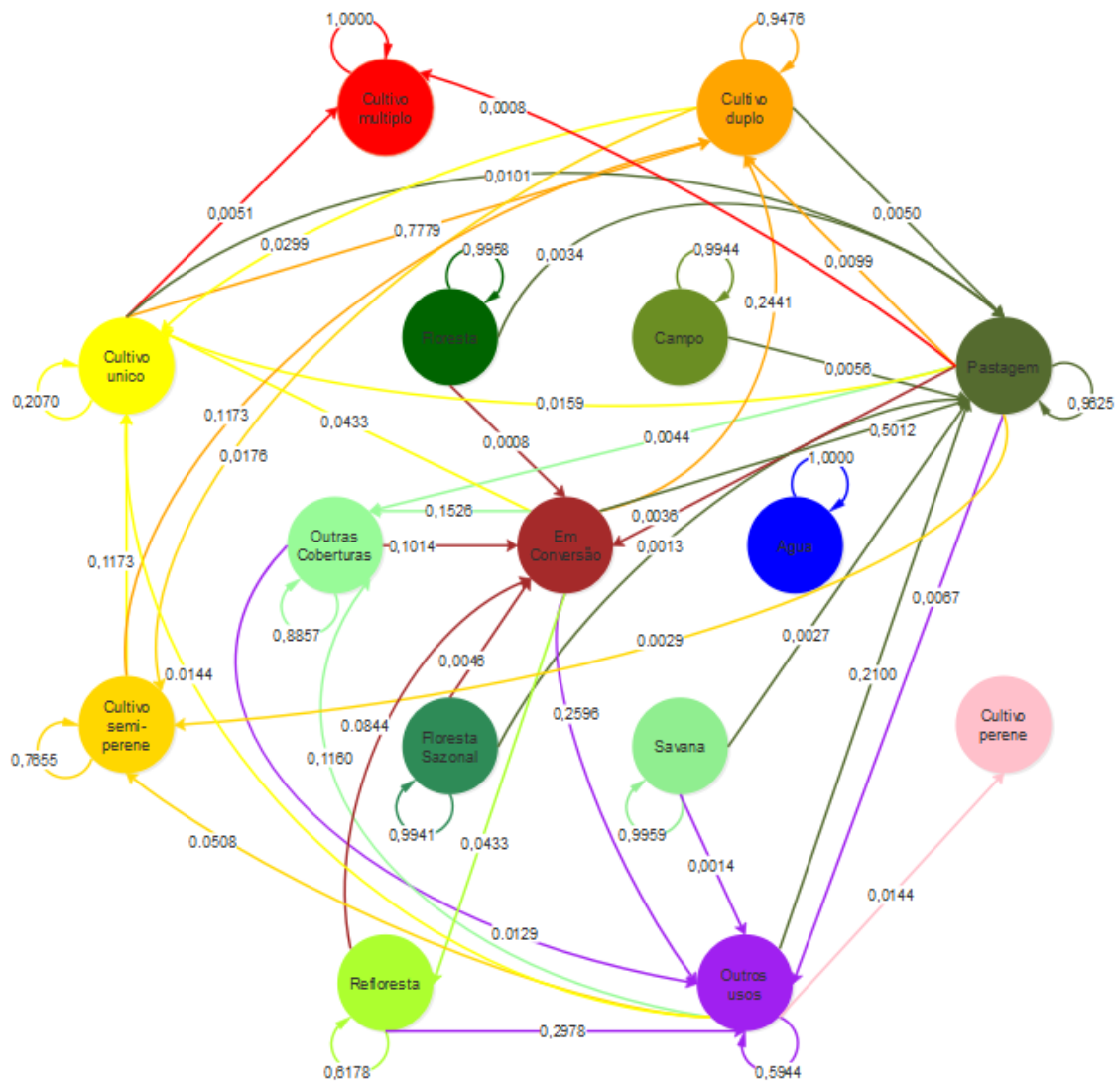
Fonte: Produção do autor.

Figura C.5 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2008/2009 e 2010/2011.



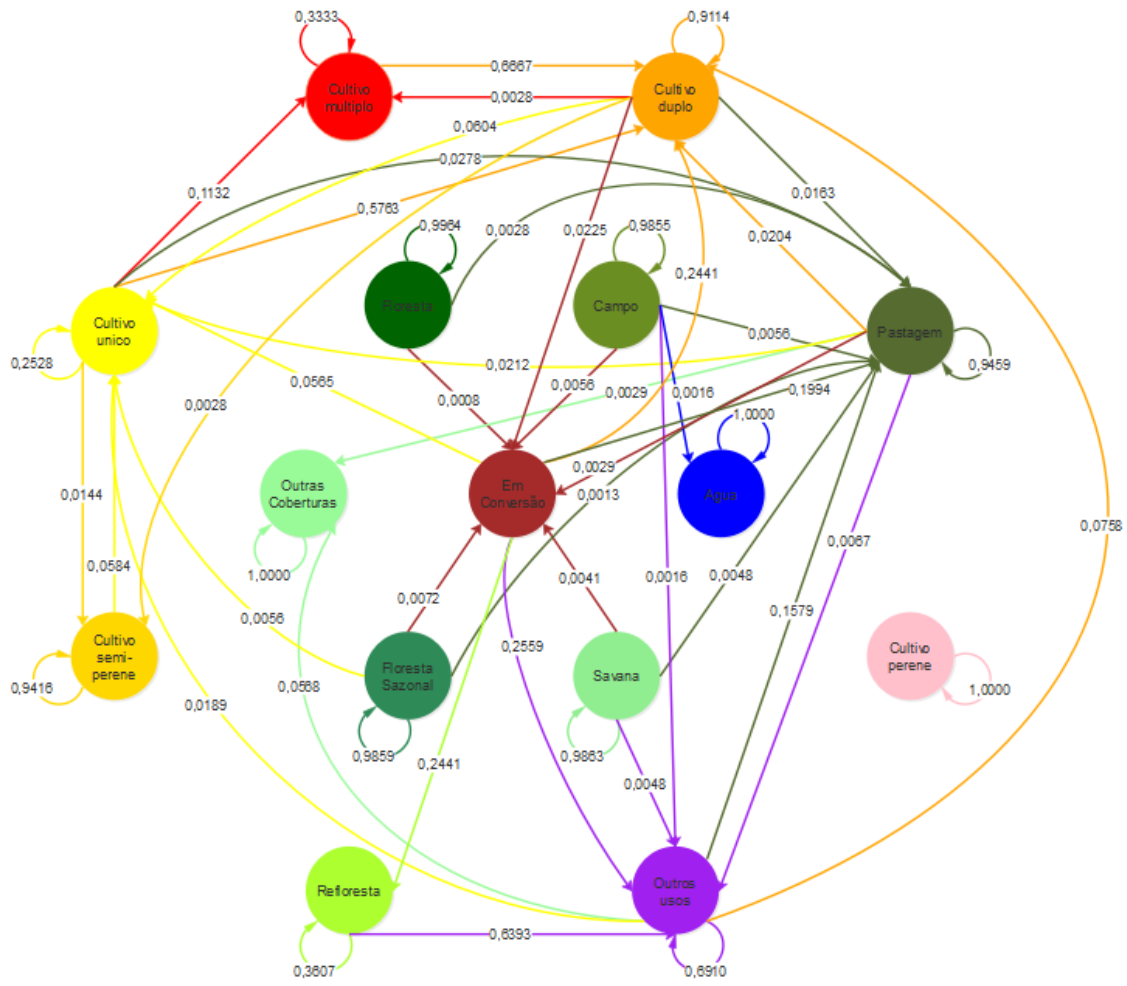
Fonte: Produção do autor.

Figura C.6 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2010/2011 e 2012/2013.



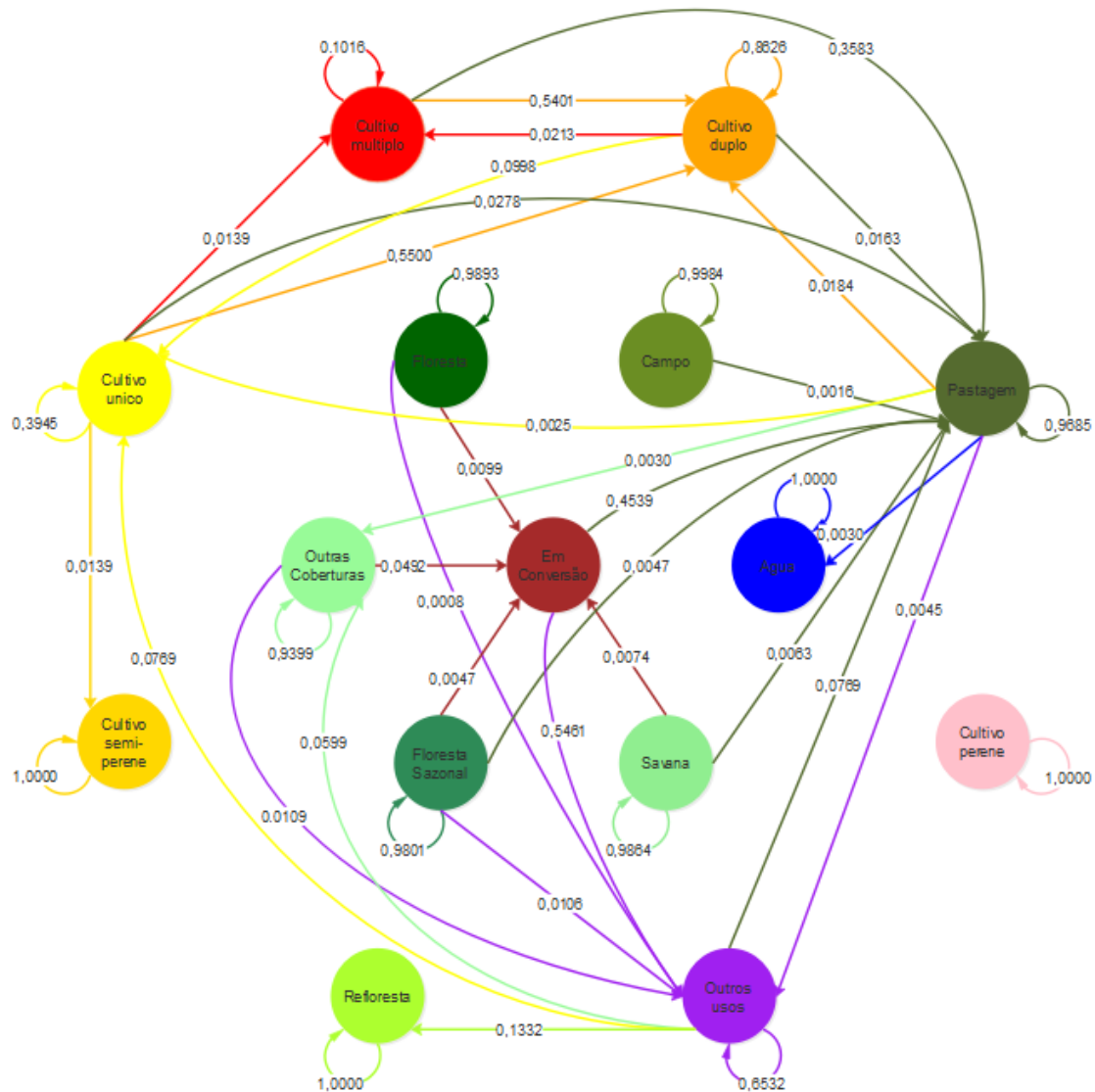
Fonte: Produção do autor.

Figura C.7 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2012/2013 e 2014/2015.



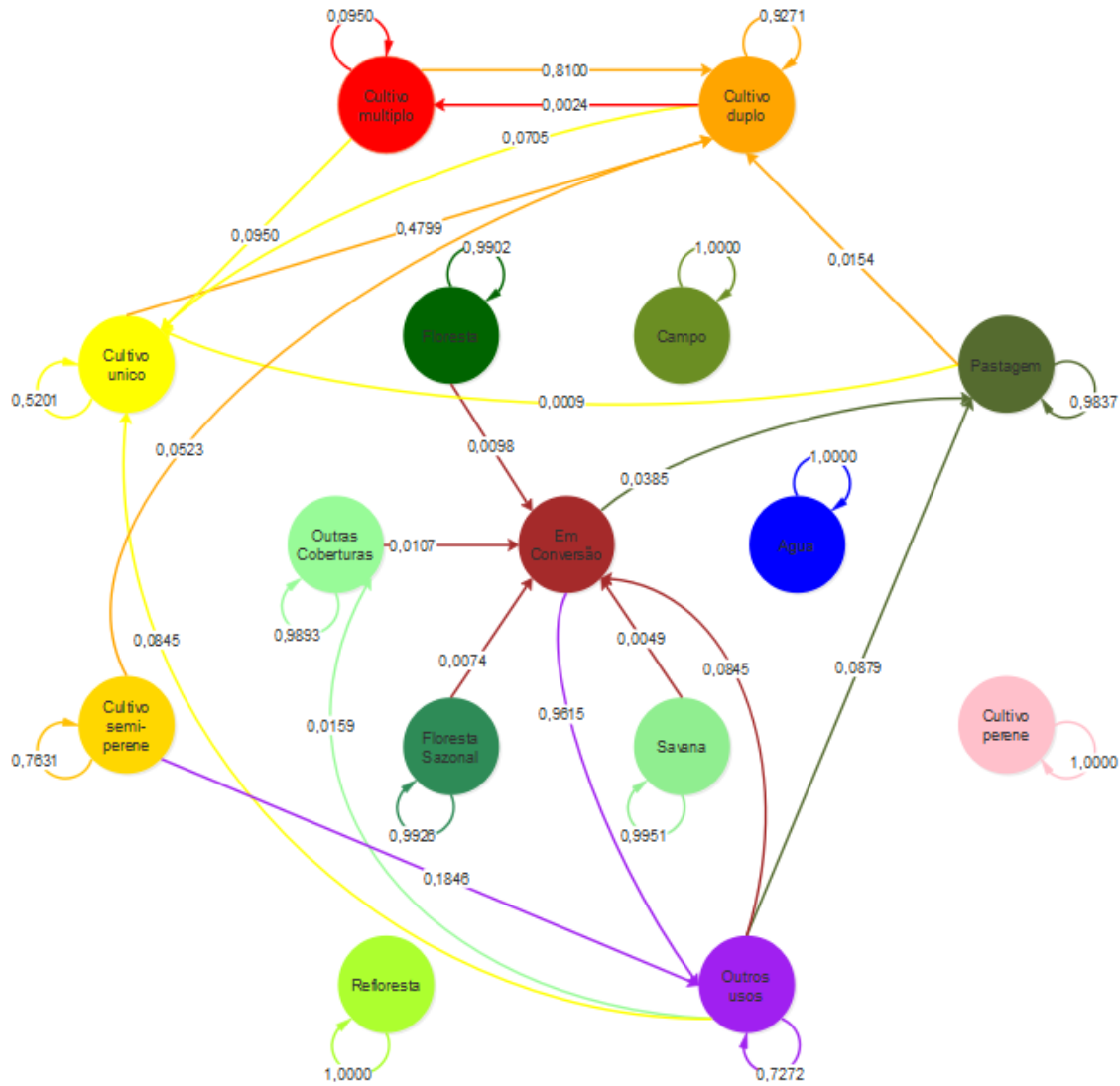
Fonte: Produção do autor.

Figura C.8 - Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2014/2015 e 2016/2017.



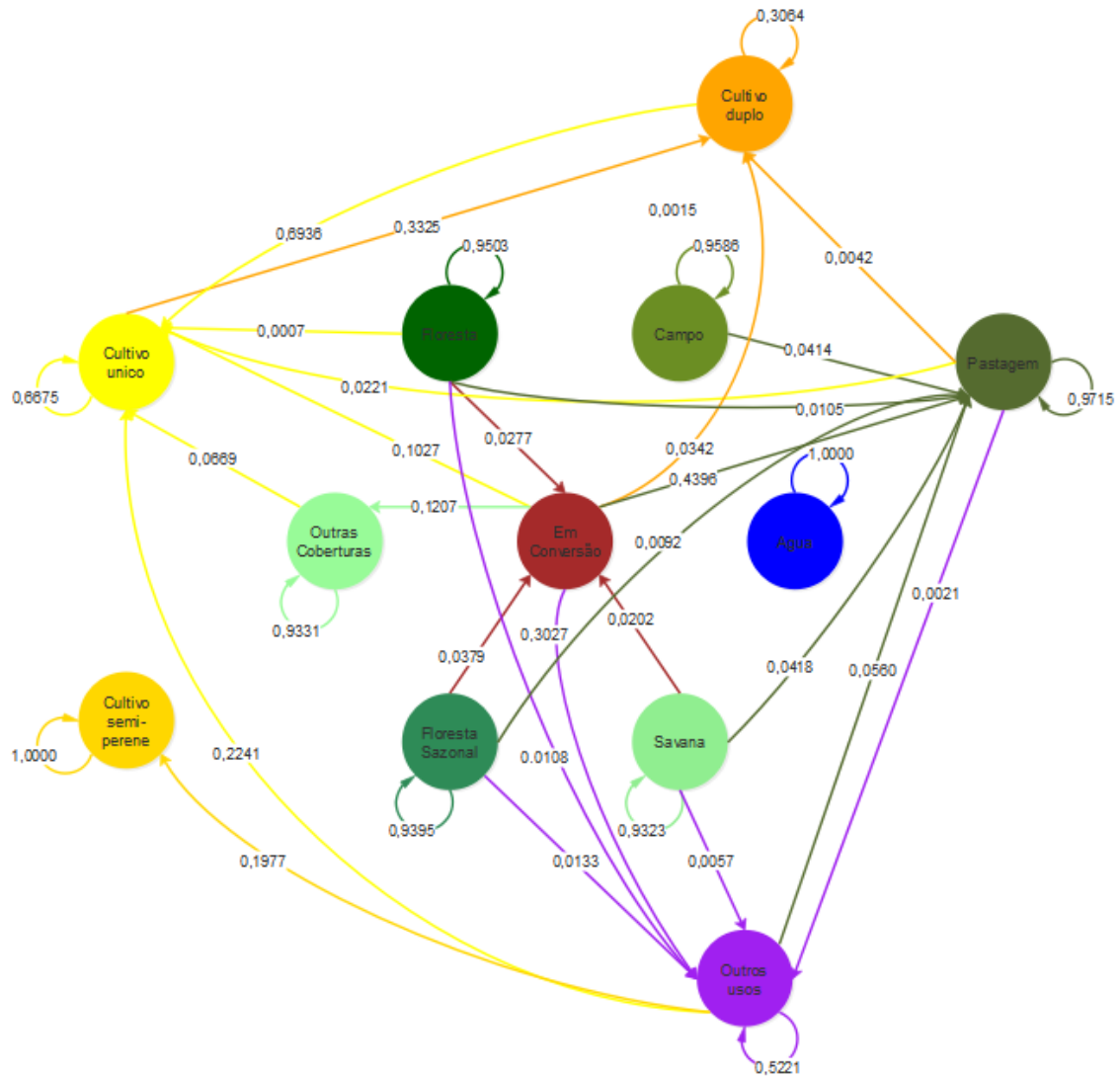
Fonte: Produção do autor.

Figura C.9 – Cadeia de Markov para transição de classes de uso e cobertura da terra entre os anos safra de 2016/2017 e 2017/2018.



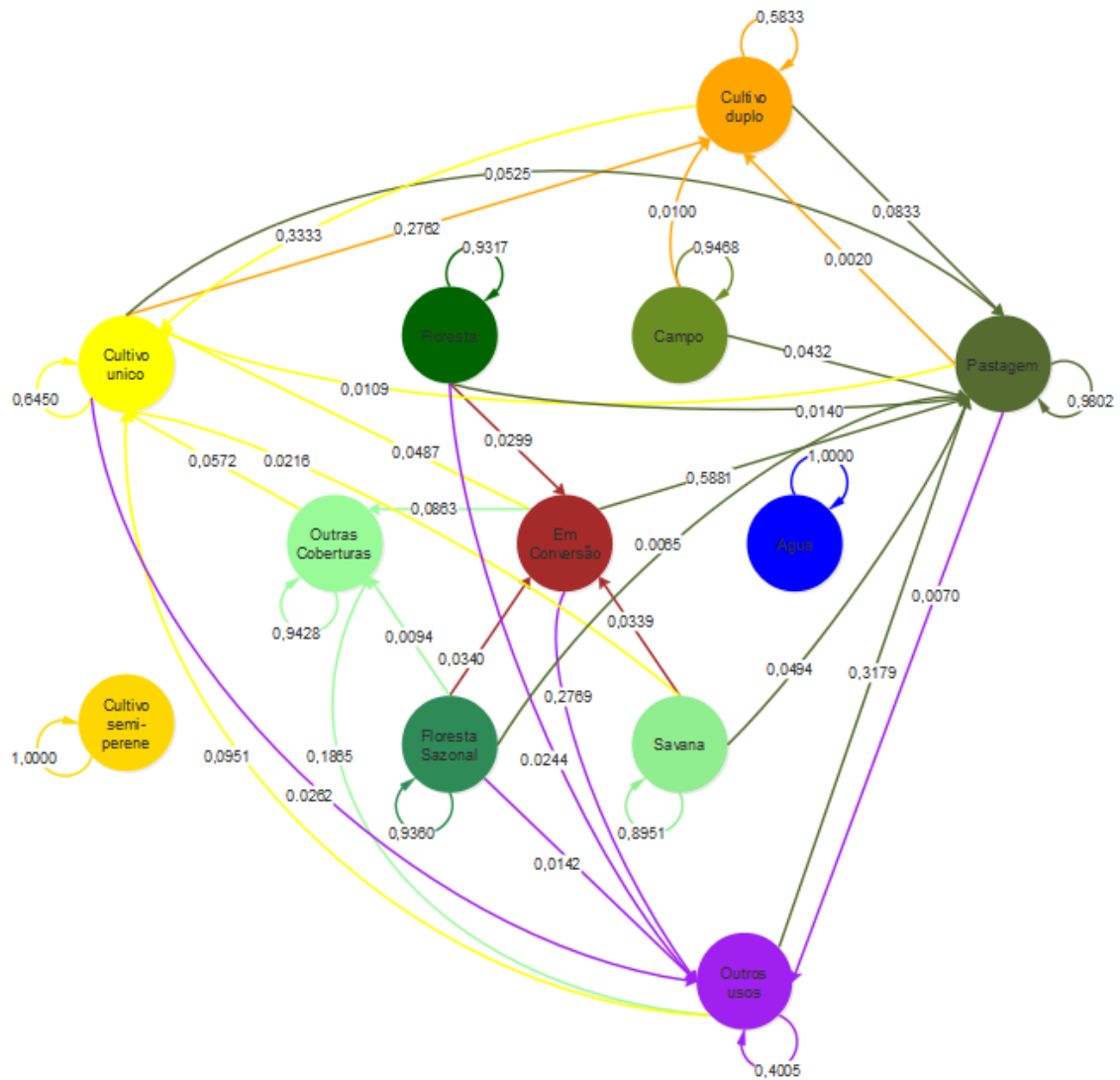
Fonte: Produção do autor.

Figura C.10 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2000/2001 e 2002/2003.



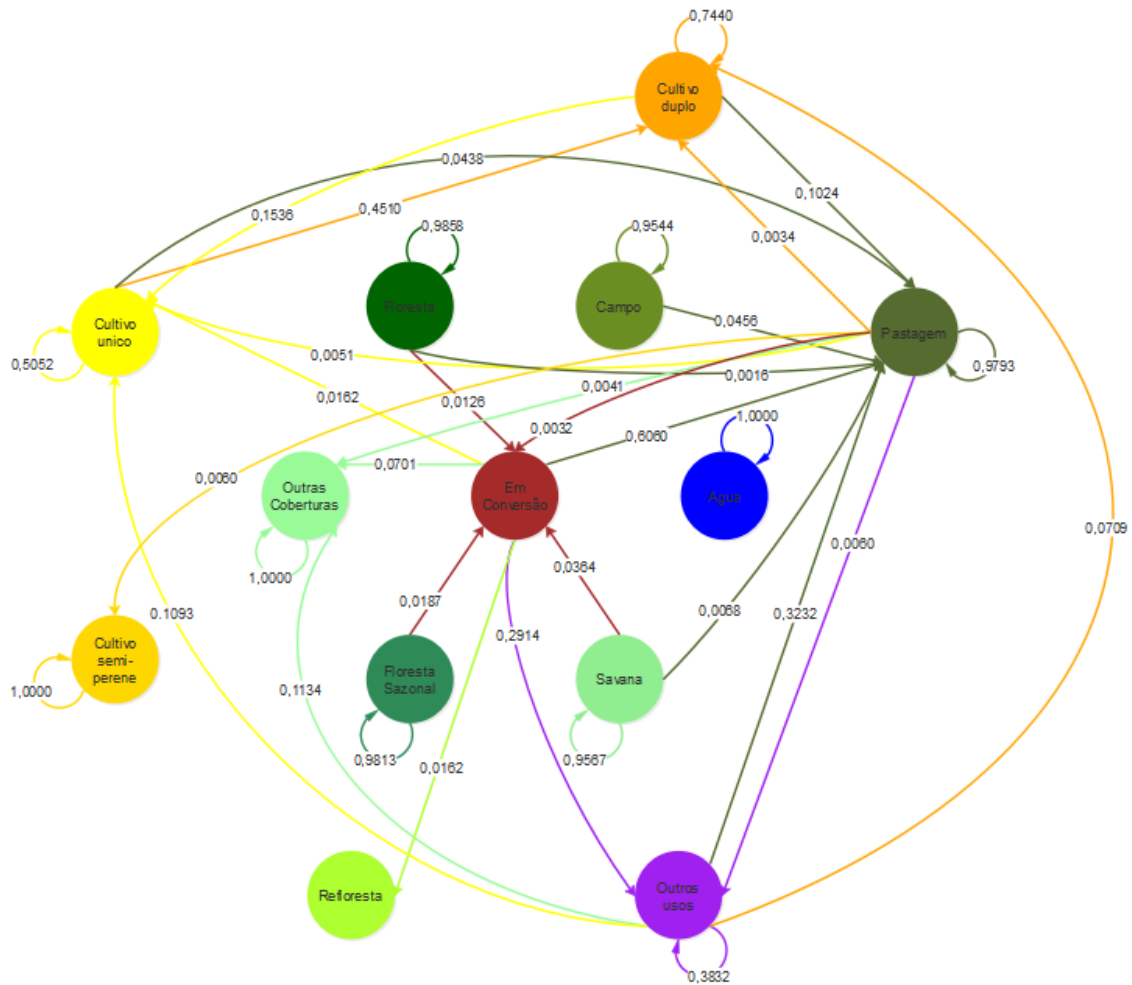
Fonte: Produção do autor.

Figura C.11 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2002/2003 e 2004/2005.



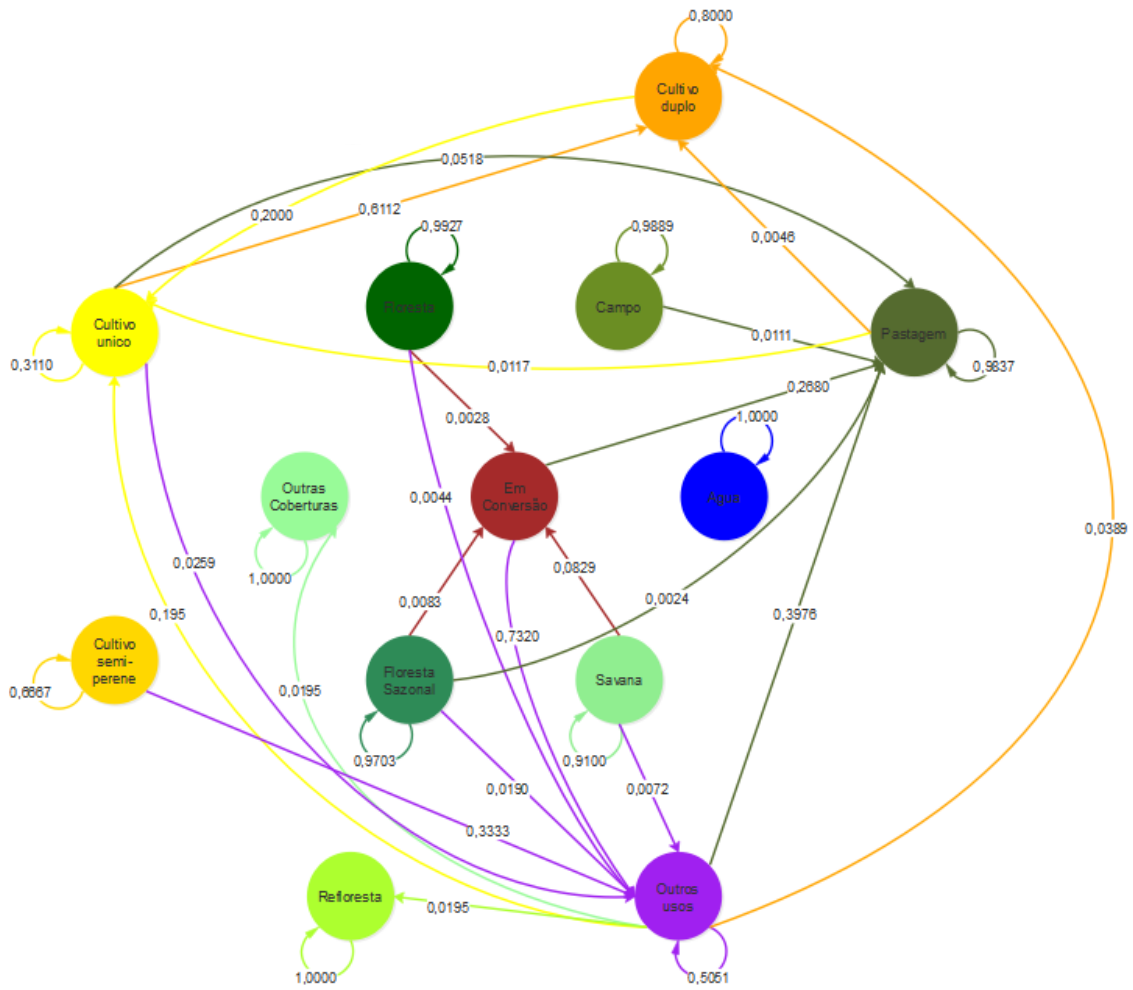
Fonte: Produção do autor.

Figura C.12 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2004/2005 e 2006/2007.



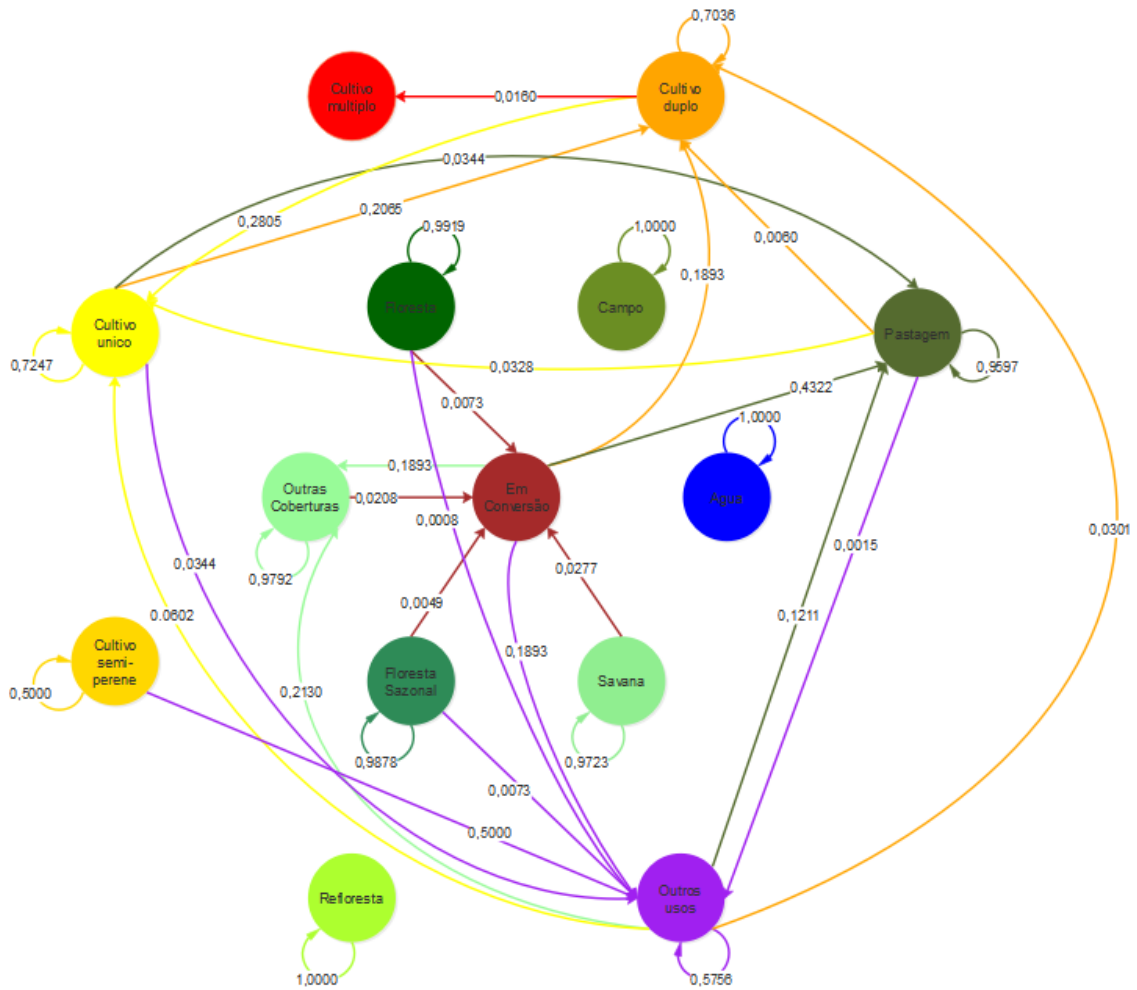
Fonte: Produção do autor.

Figura C.13 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2006/2007 e 2008/2009.



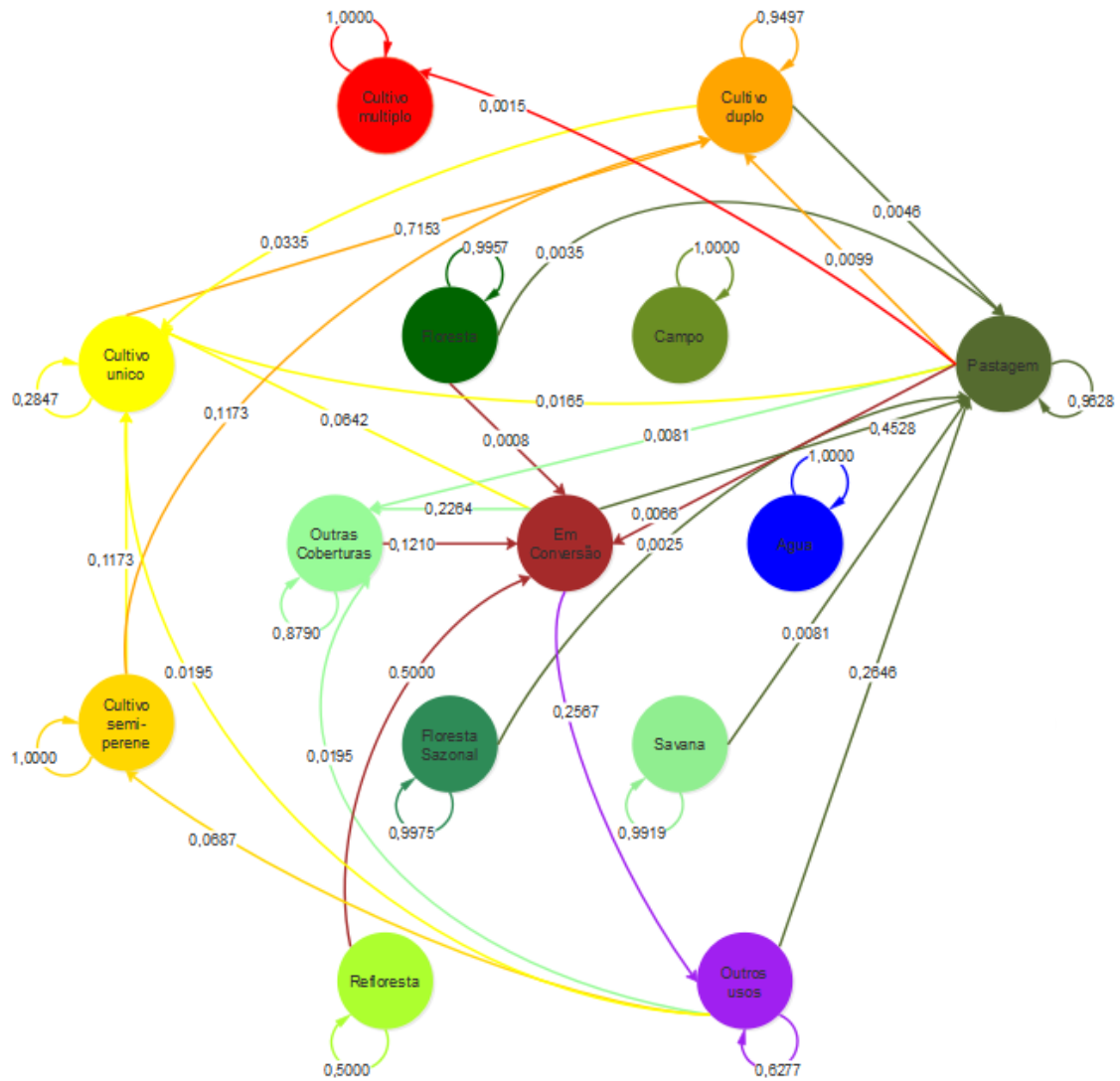
Fonte: Produção do autor.

Figura C.14 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2008/2009 e 2010/2011.



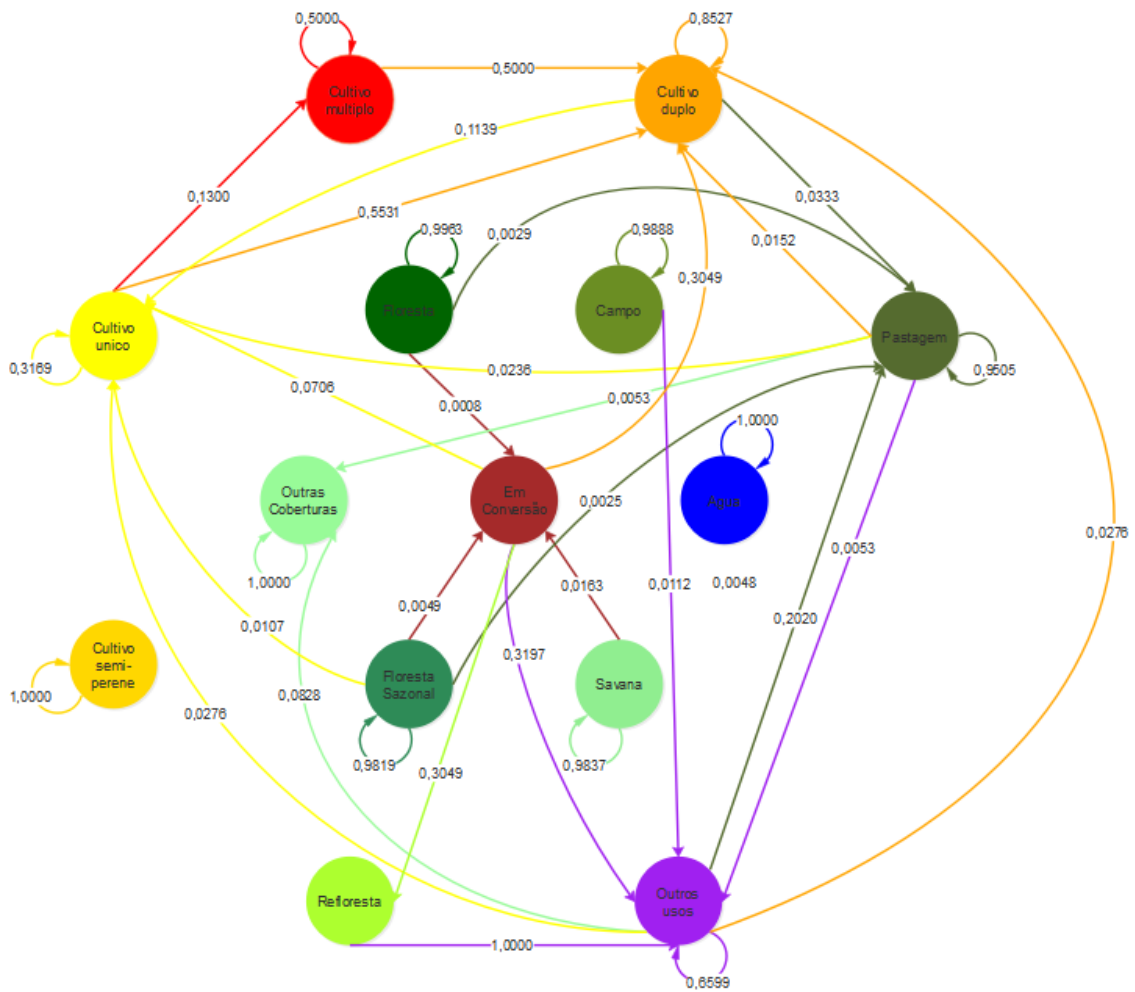
Fonte: Produção do autor.

Figura C.15 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2010/2011 e 2012/2013.



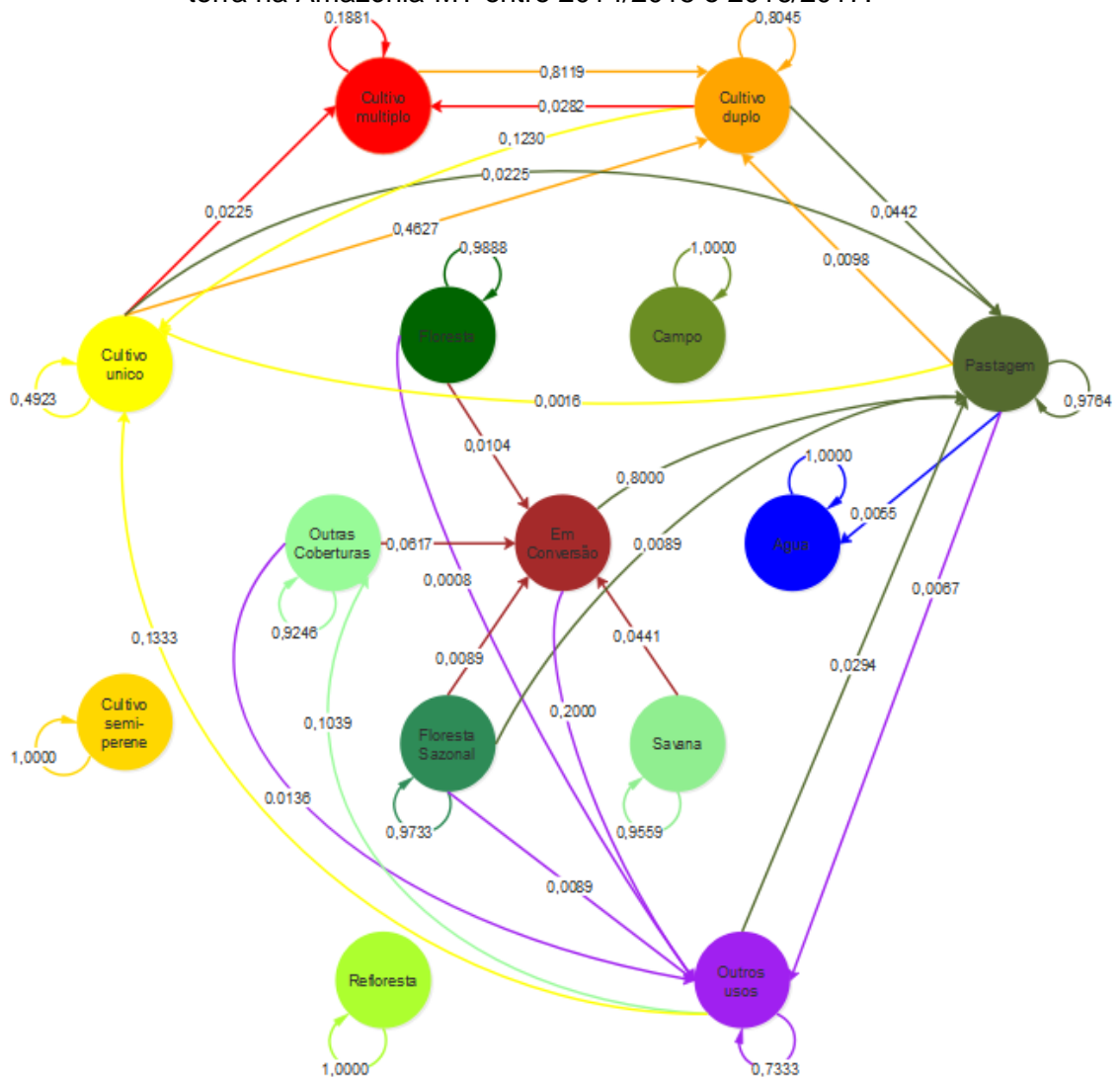
Fonte: Produção do autor.

Figura C.16 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2012/2013 e 2014/2015.



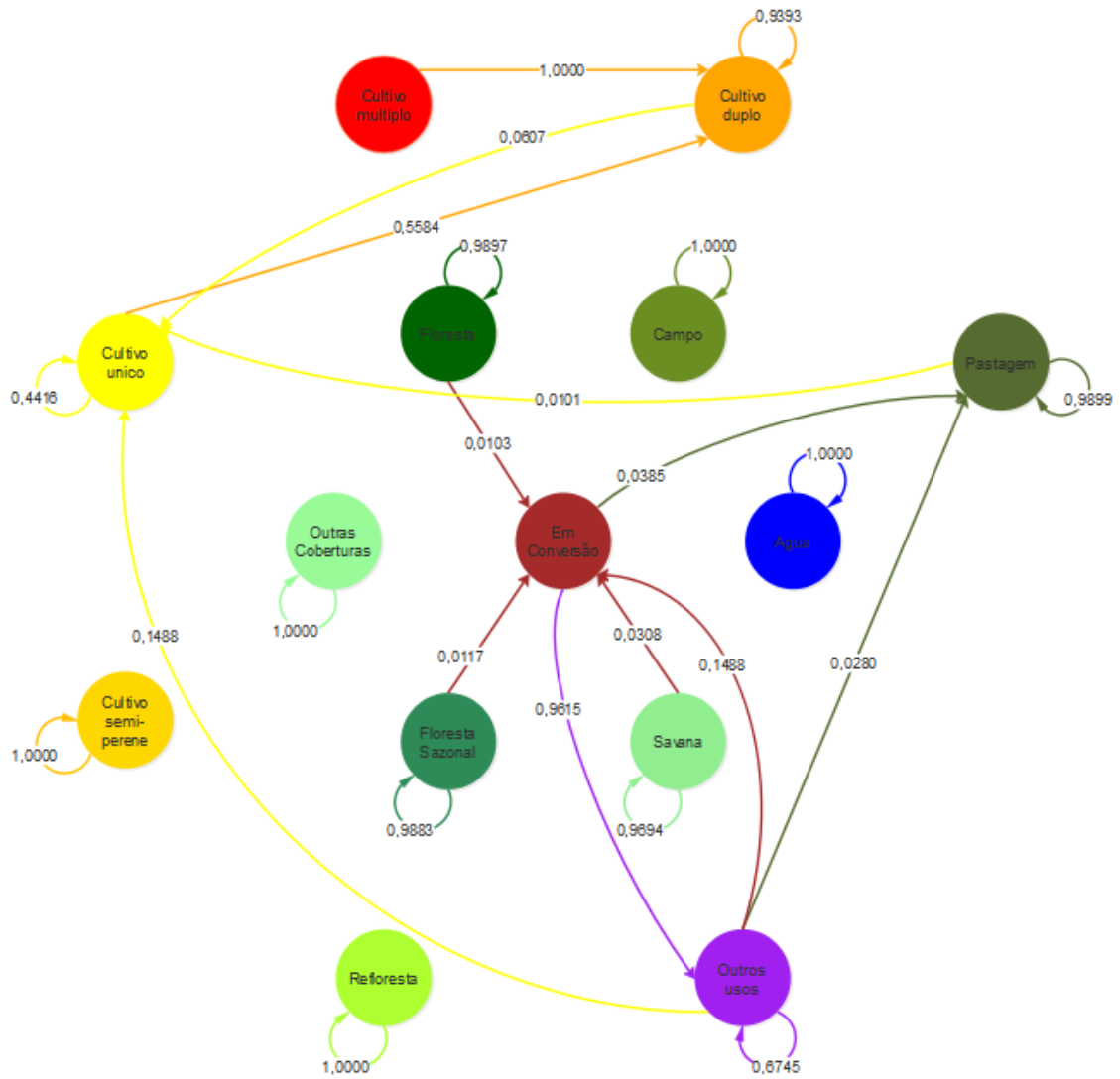
Fonte: Produção do autor.

Figura C.17 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2014/2015 e 2016/2017.



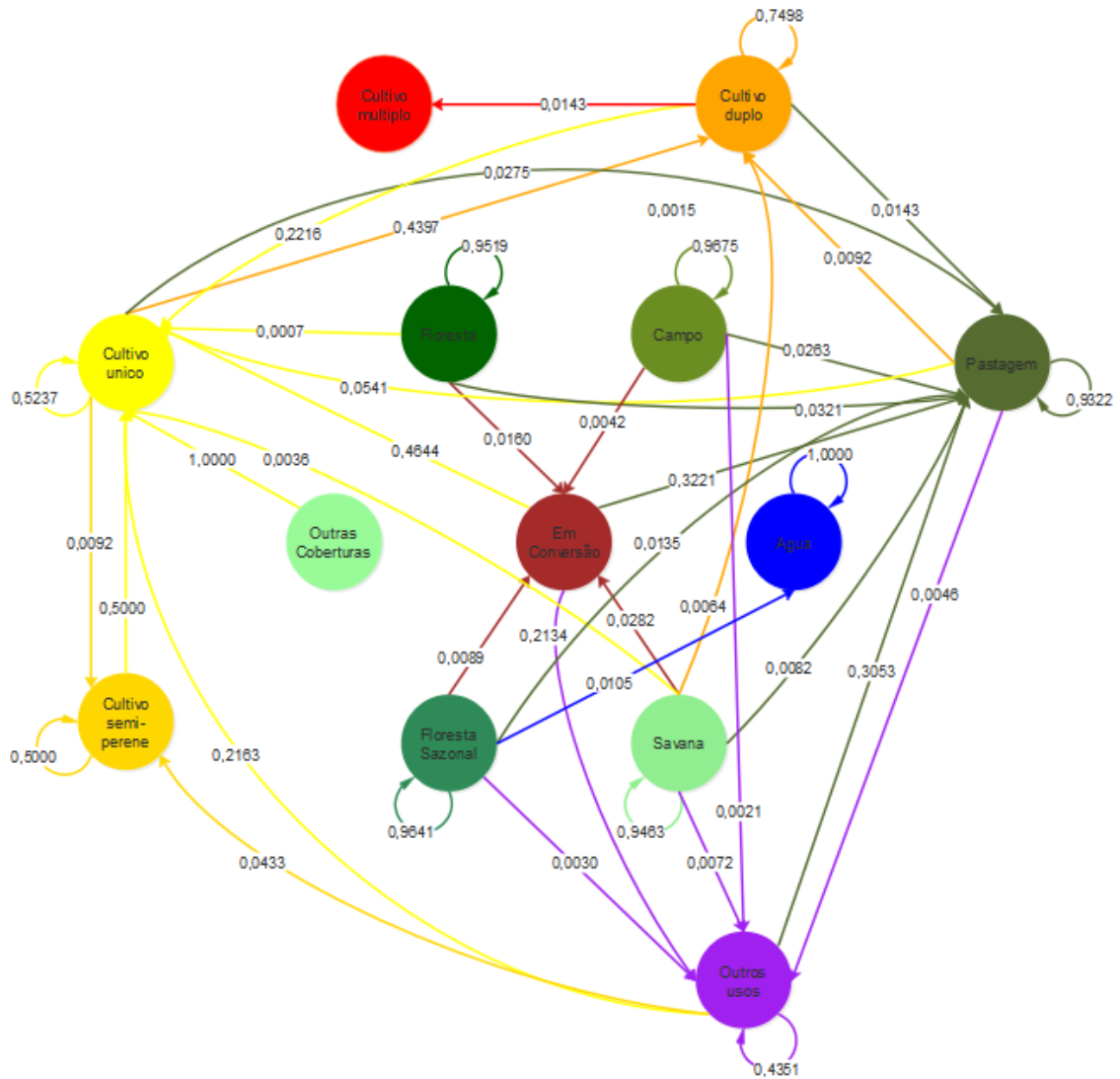
Fonte: Produção do autor.

Figura C.18 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2016/2017 e 2017/2018.



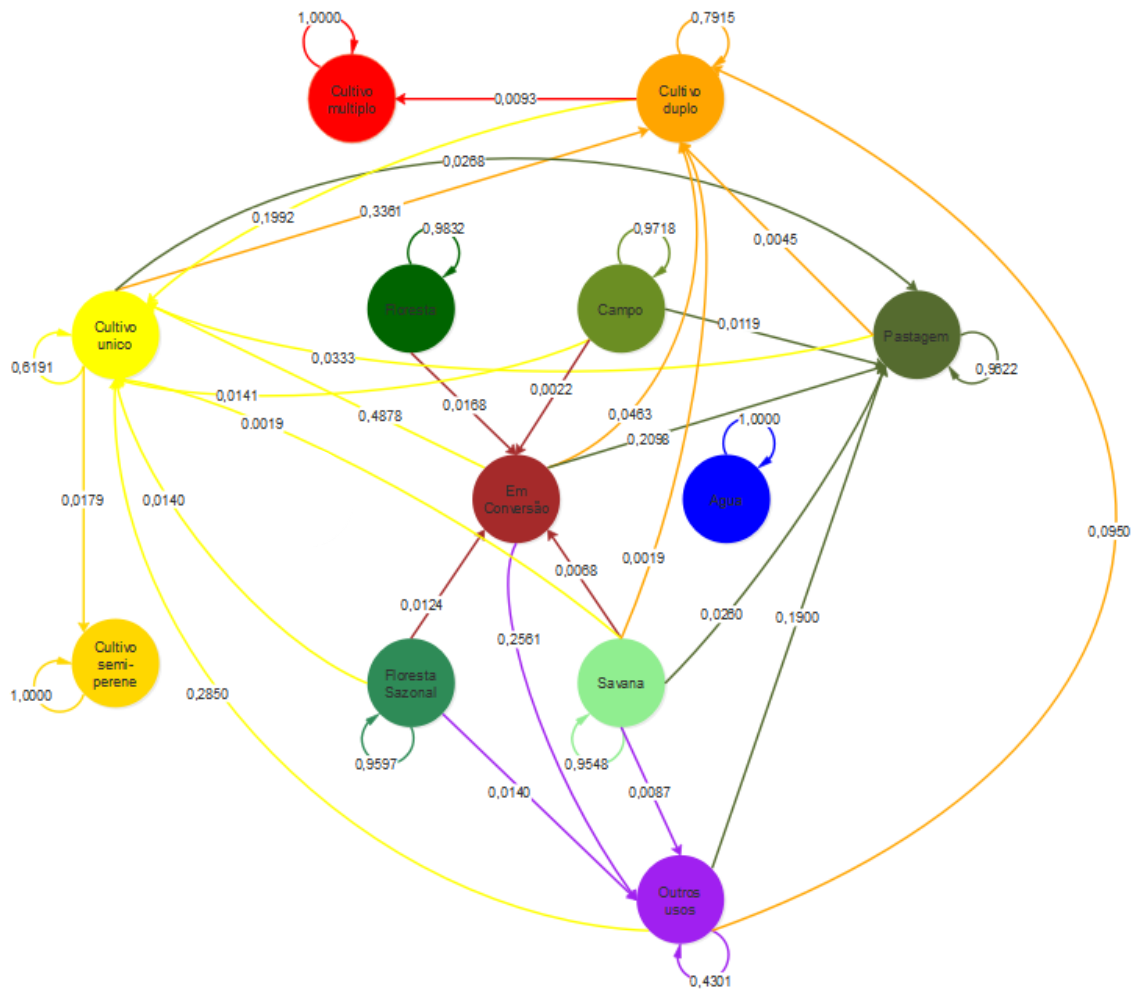
Fonte: Produção do autor.

Figura C.19 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2000/2001 e 2002/2003.



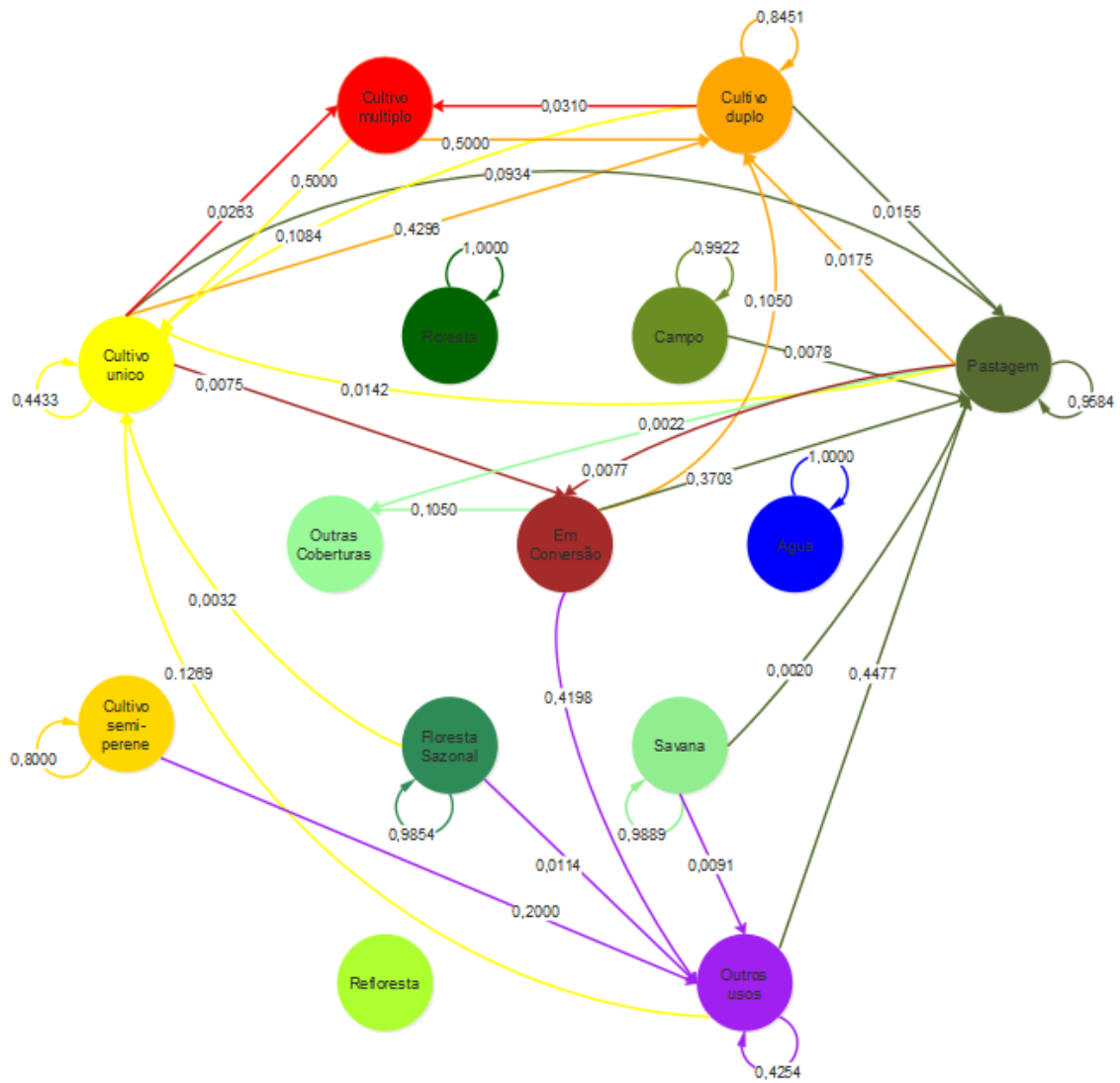
Fonte: Produção do autor.

Figura C.20 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2002/2003 e 2004/2005.



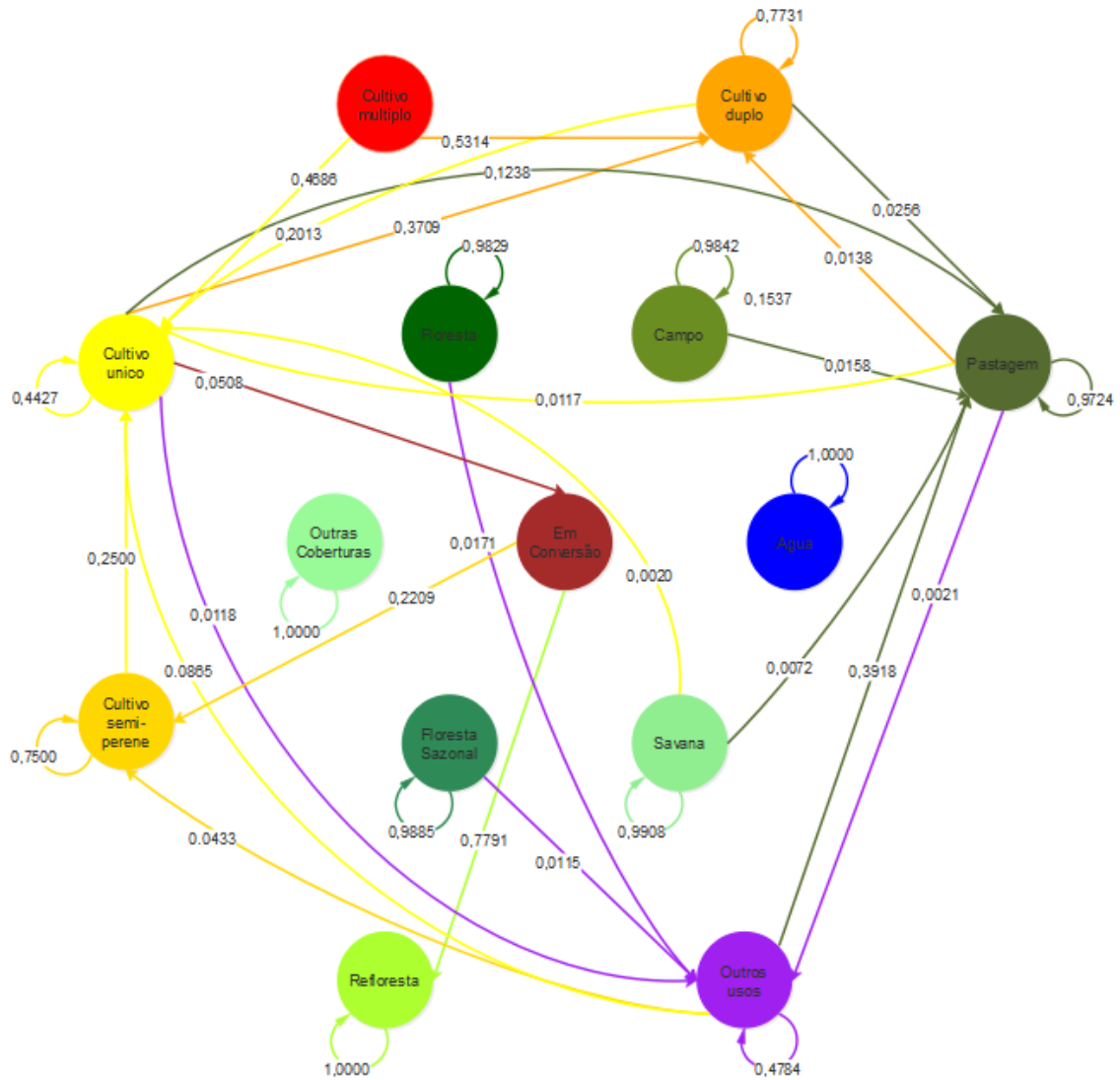
Fonte: Produção do autor.

Figura C.21 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2004/2005 e 2006/2007.



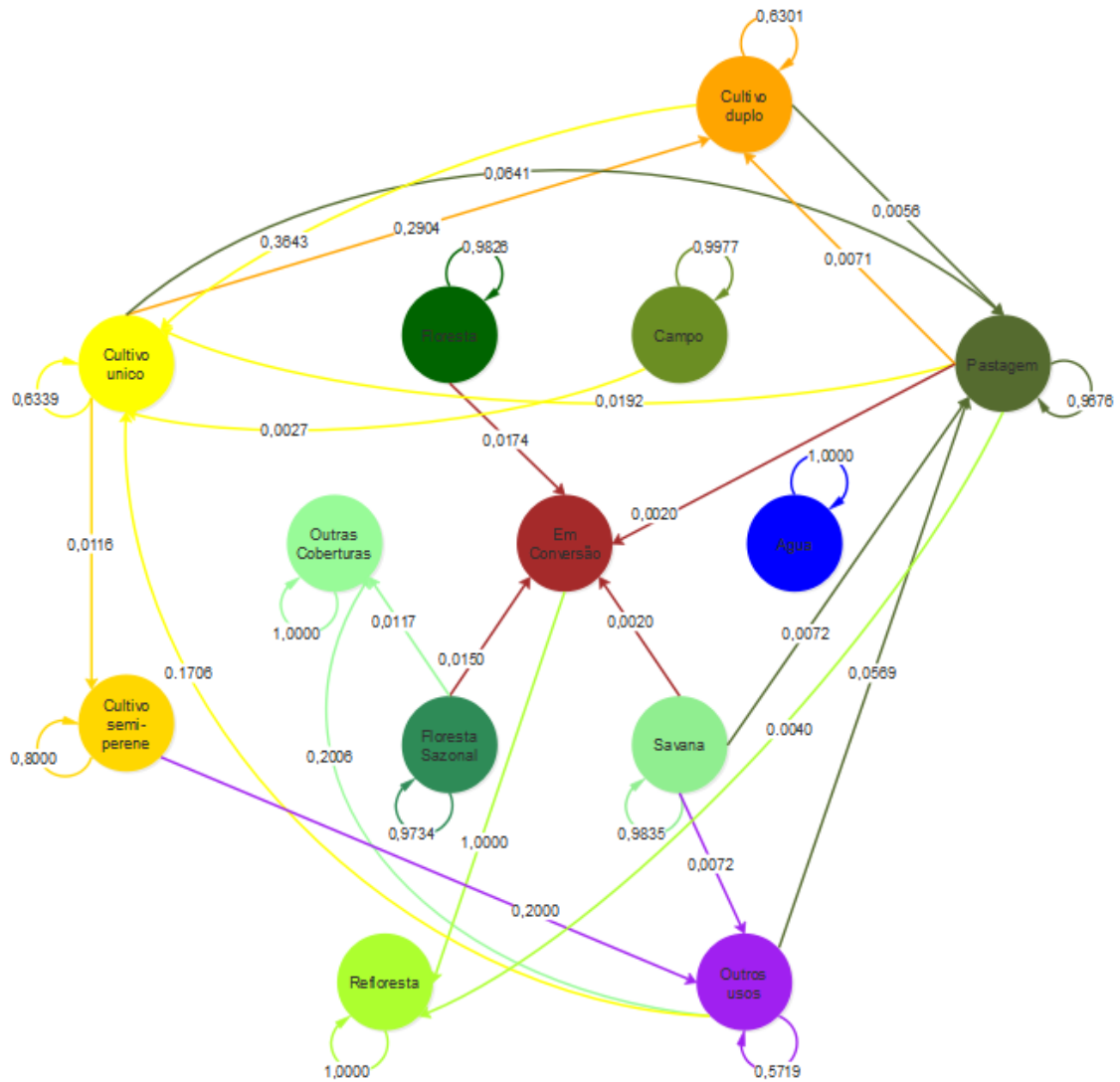
Fonte: Produção do autor.

Figura C.22 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra na Amazônia-MT entre 2006/2007 e 2008/2009.



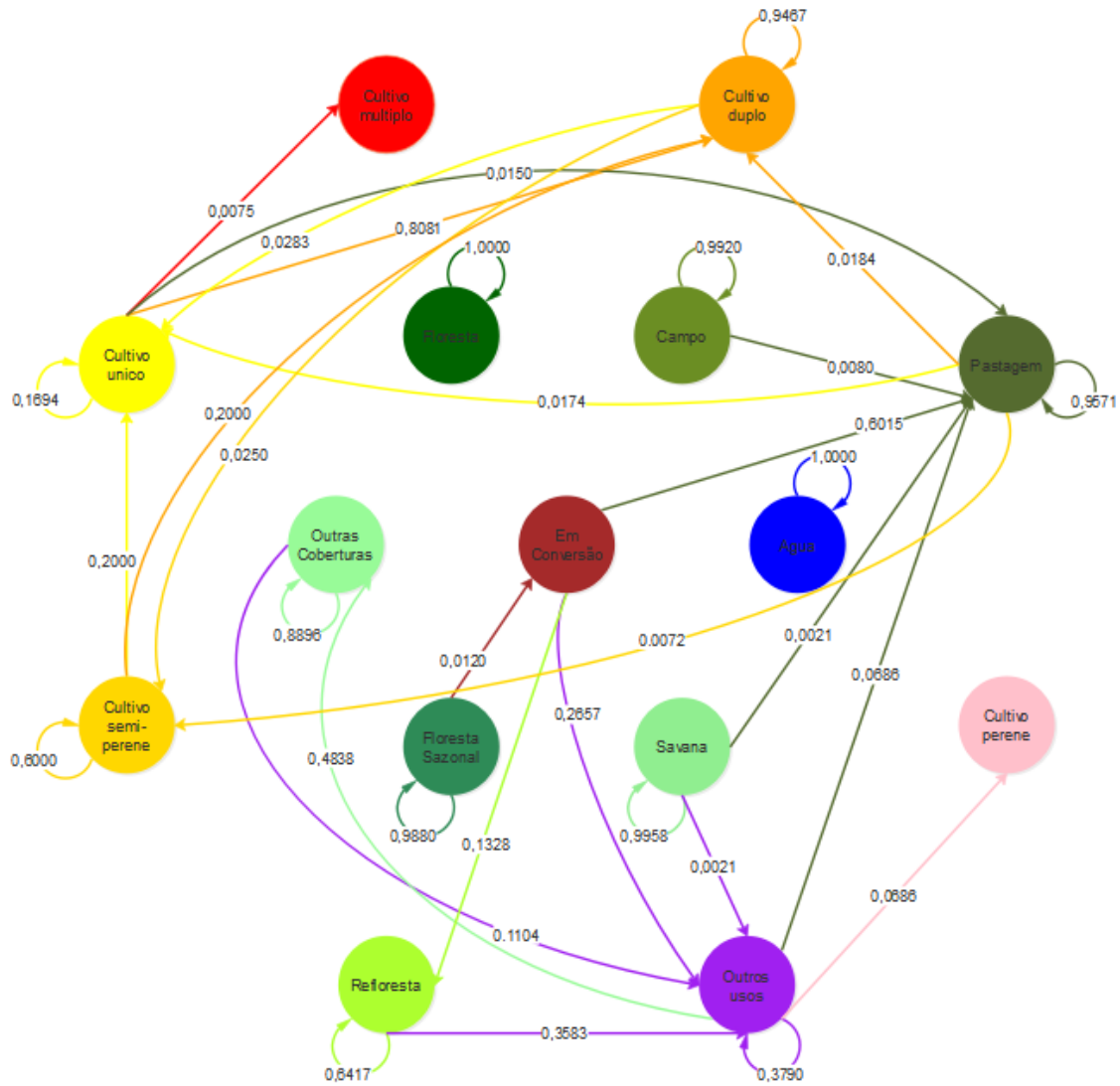
Fonte: Produção do autor.

Figura C.23 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2008/2009 e 2010/2011.



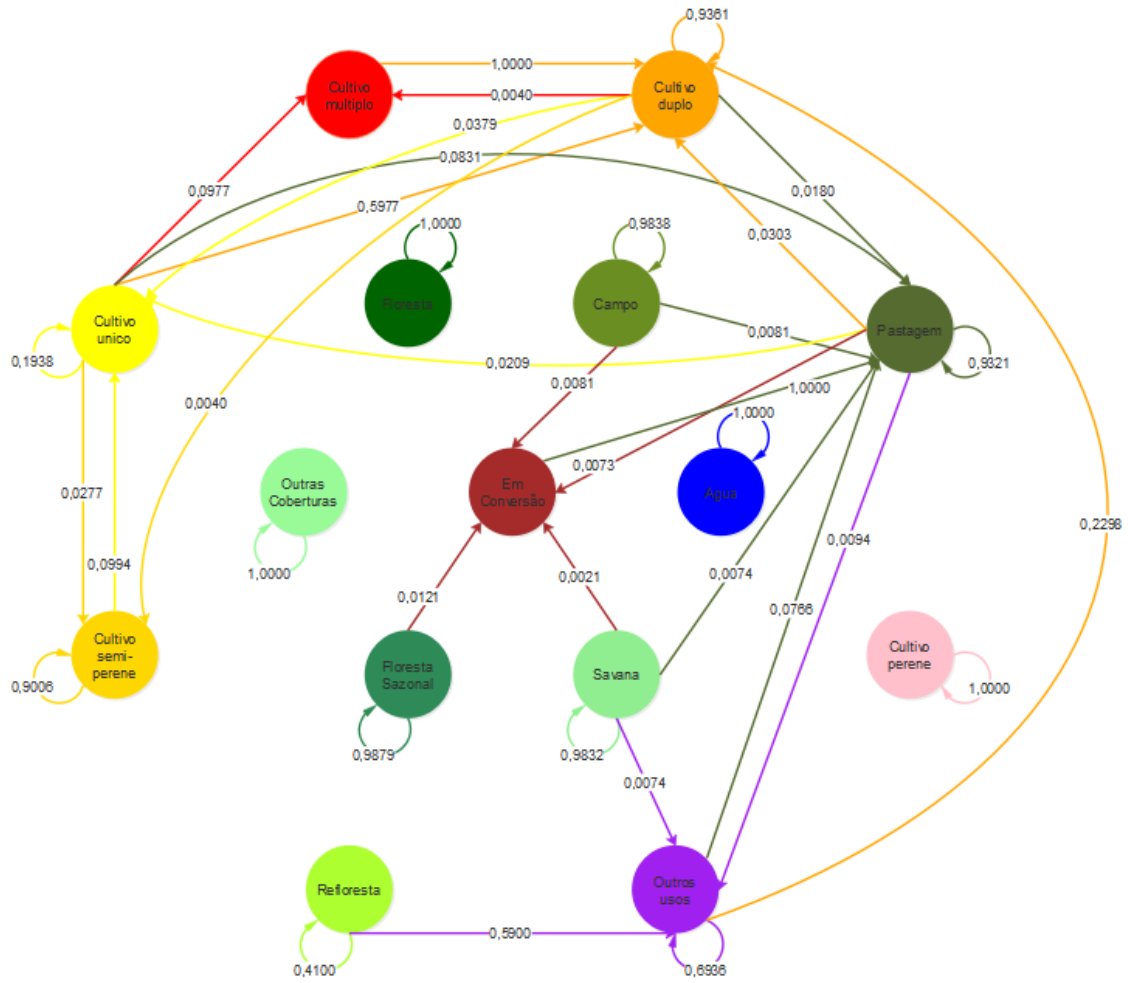
Fonte: Produção do autor.

Figura C.24 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2010/2011 e 2012/2013.



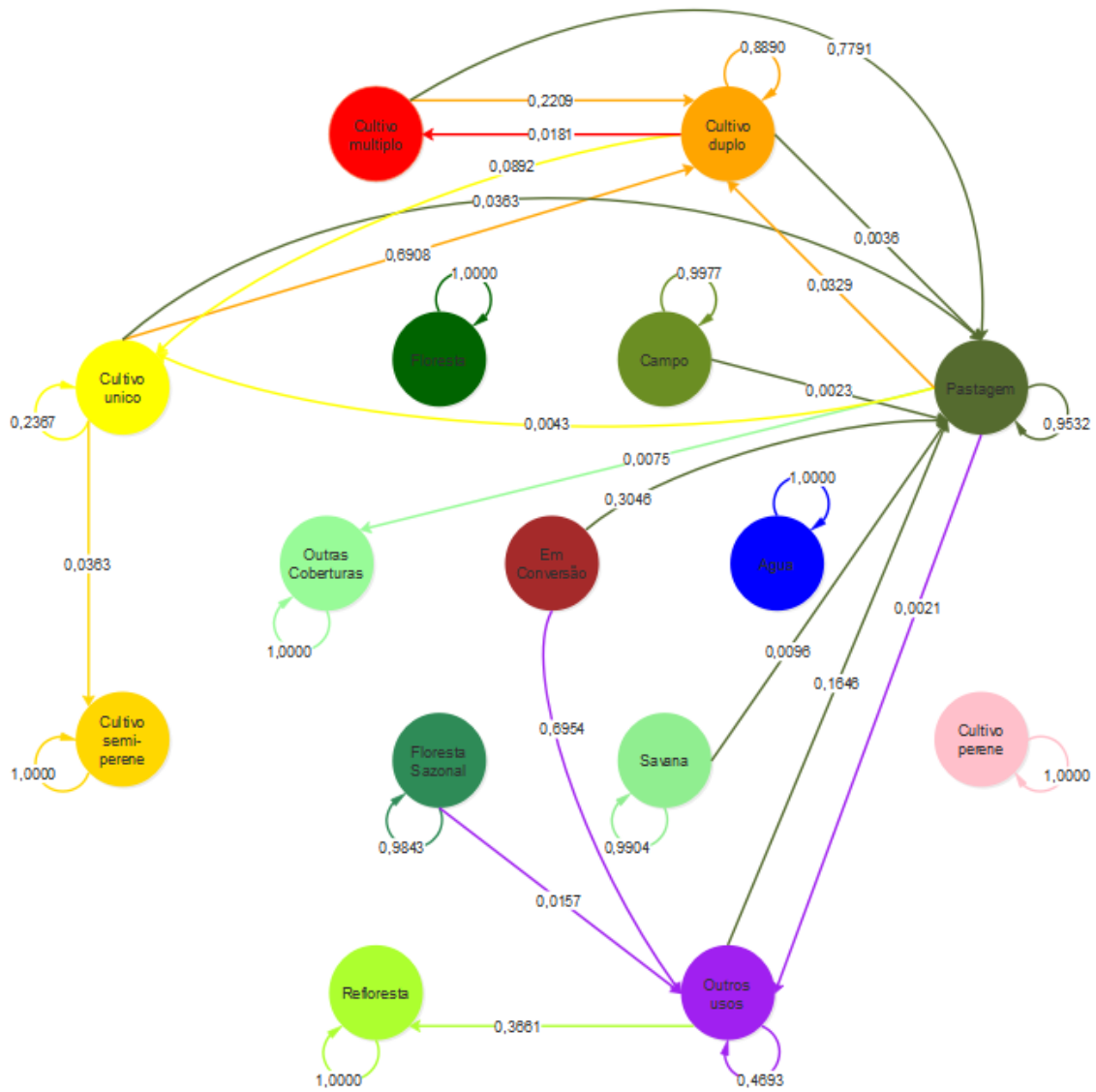
Fonte: Produção do autor.

Figura C.25 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2012/2013 e 2014/2015.



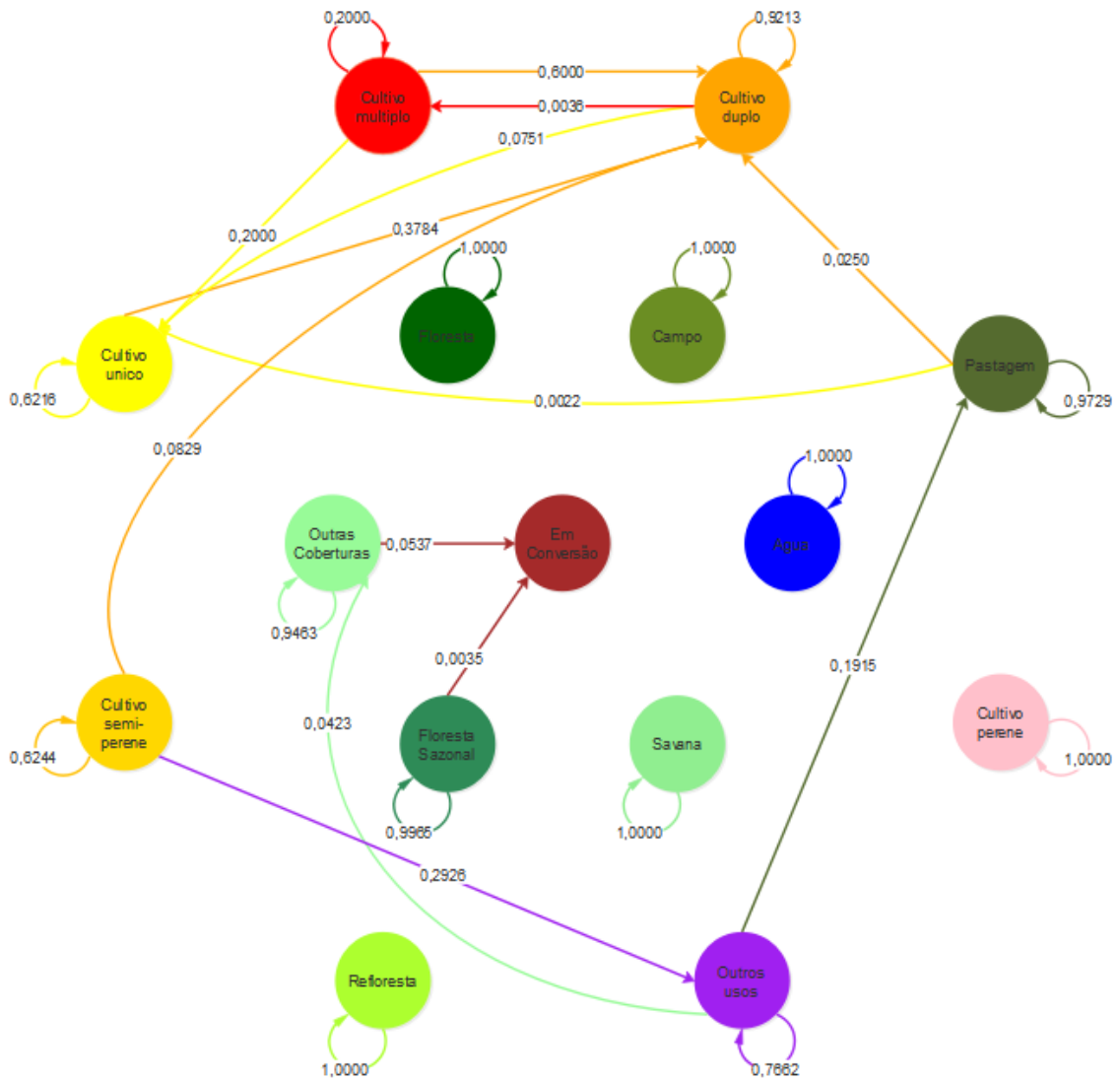
Fonte: Produção do autor.

Figura C.26 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2014/2015 e 2016/2017.



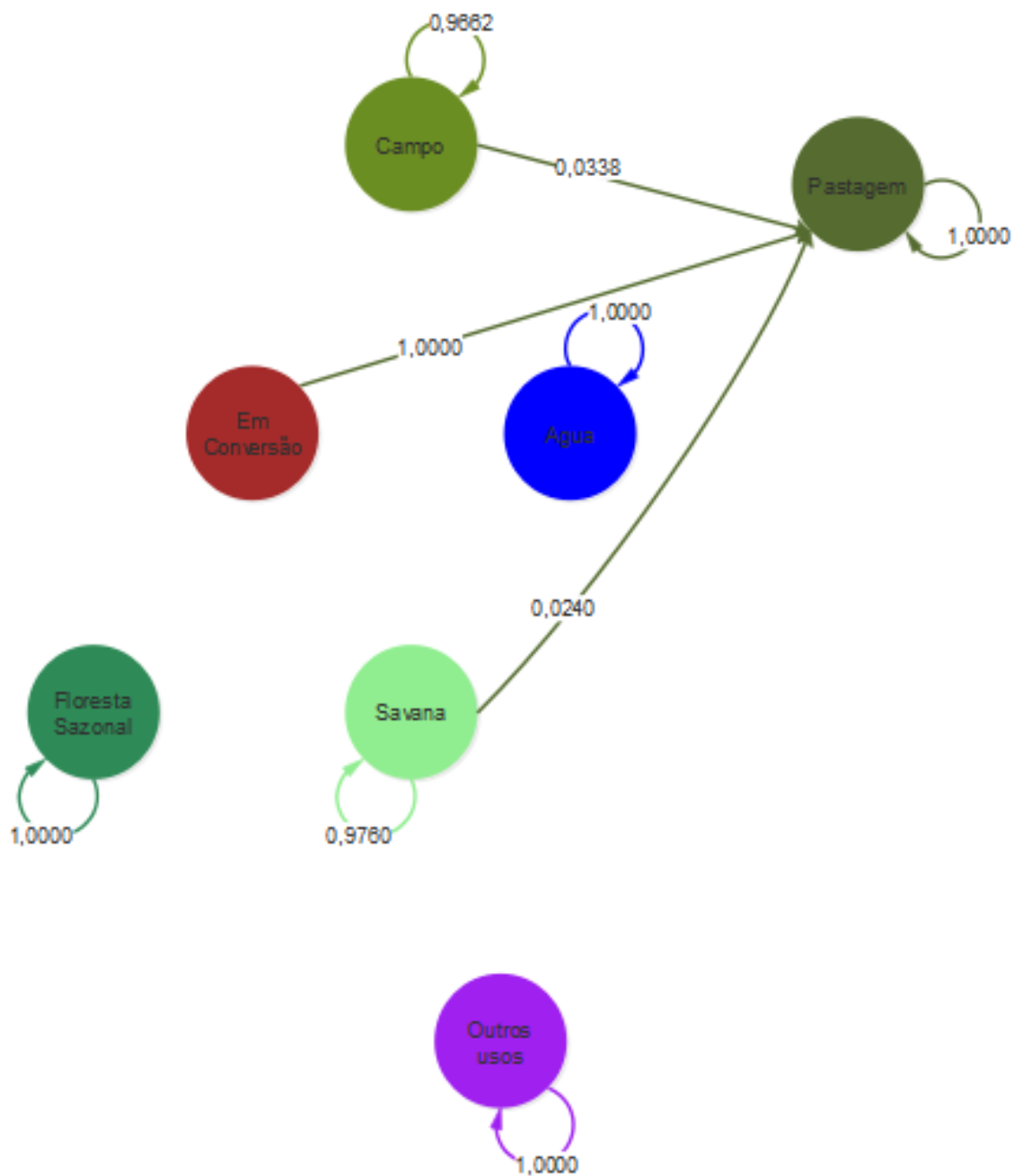
Fonte: Produção do autor.

Figura C.27 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Cerrado-MT entre 2016/2017 e 2017/2018.



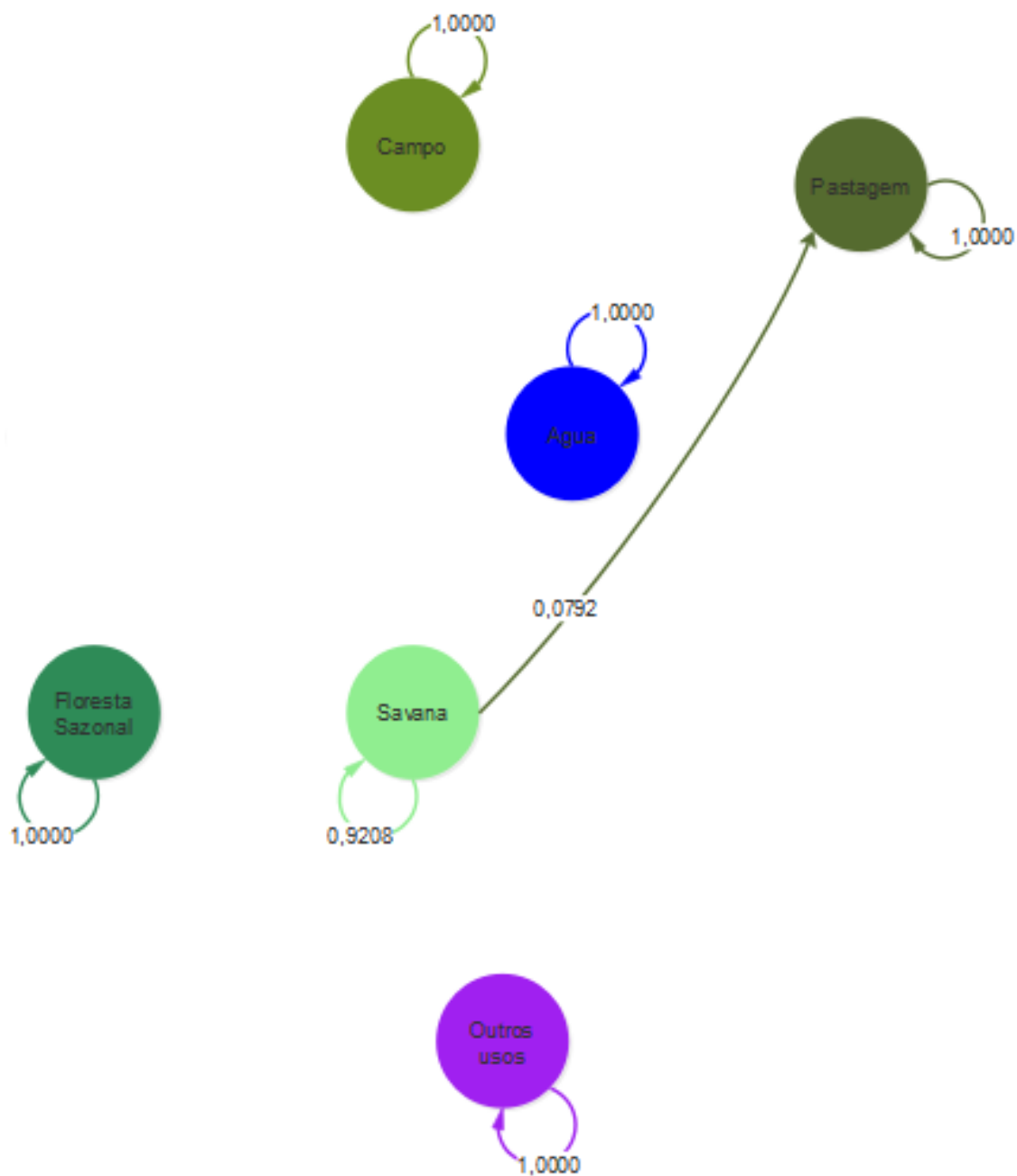
Fonte: Produção do autor.

Figura C.28 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2000/2001 e 2002/2003.



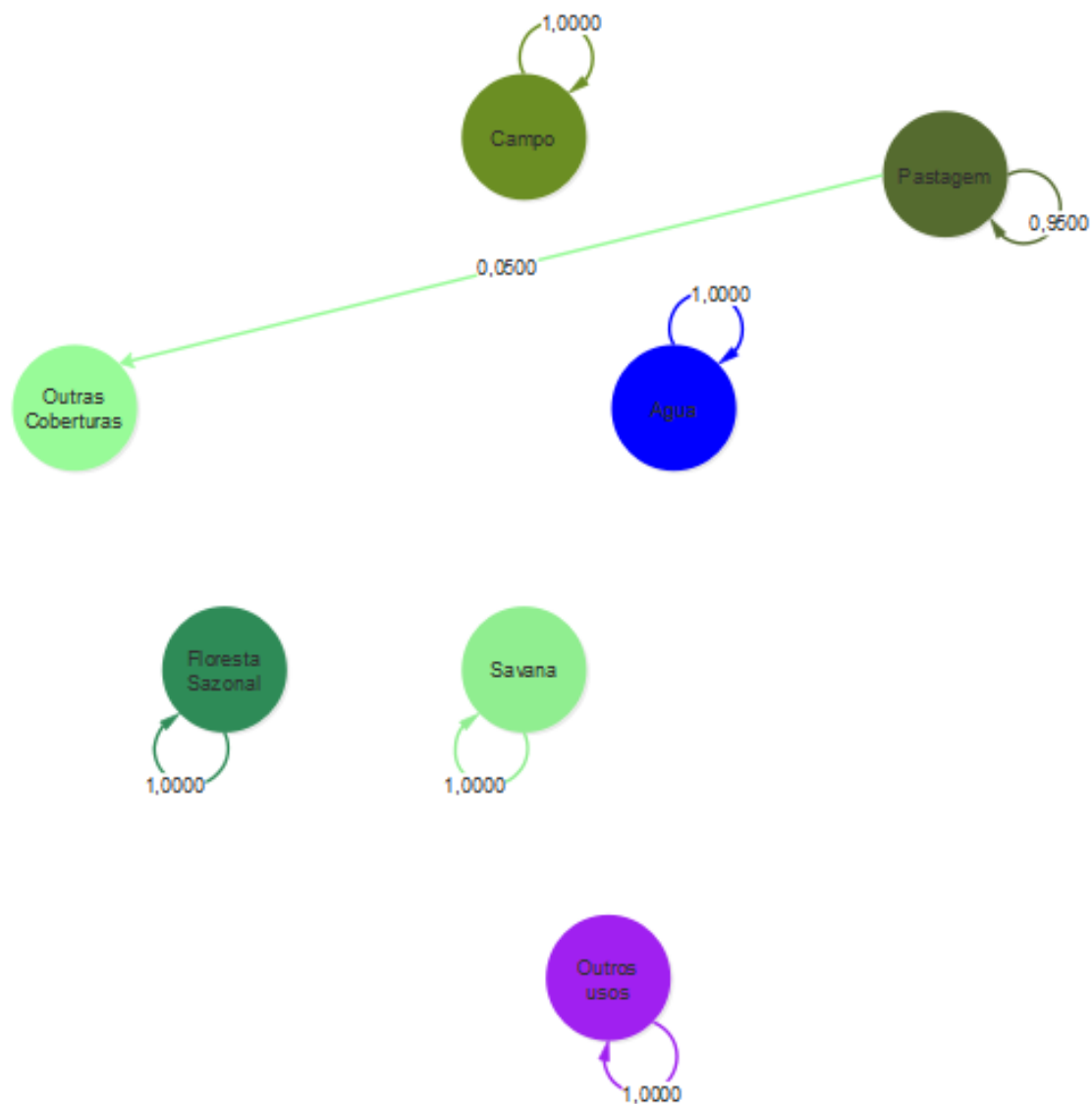
Fonte: Produção do autor.

Figura C.29 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2002/2003 e 2004/2005.



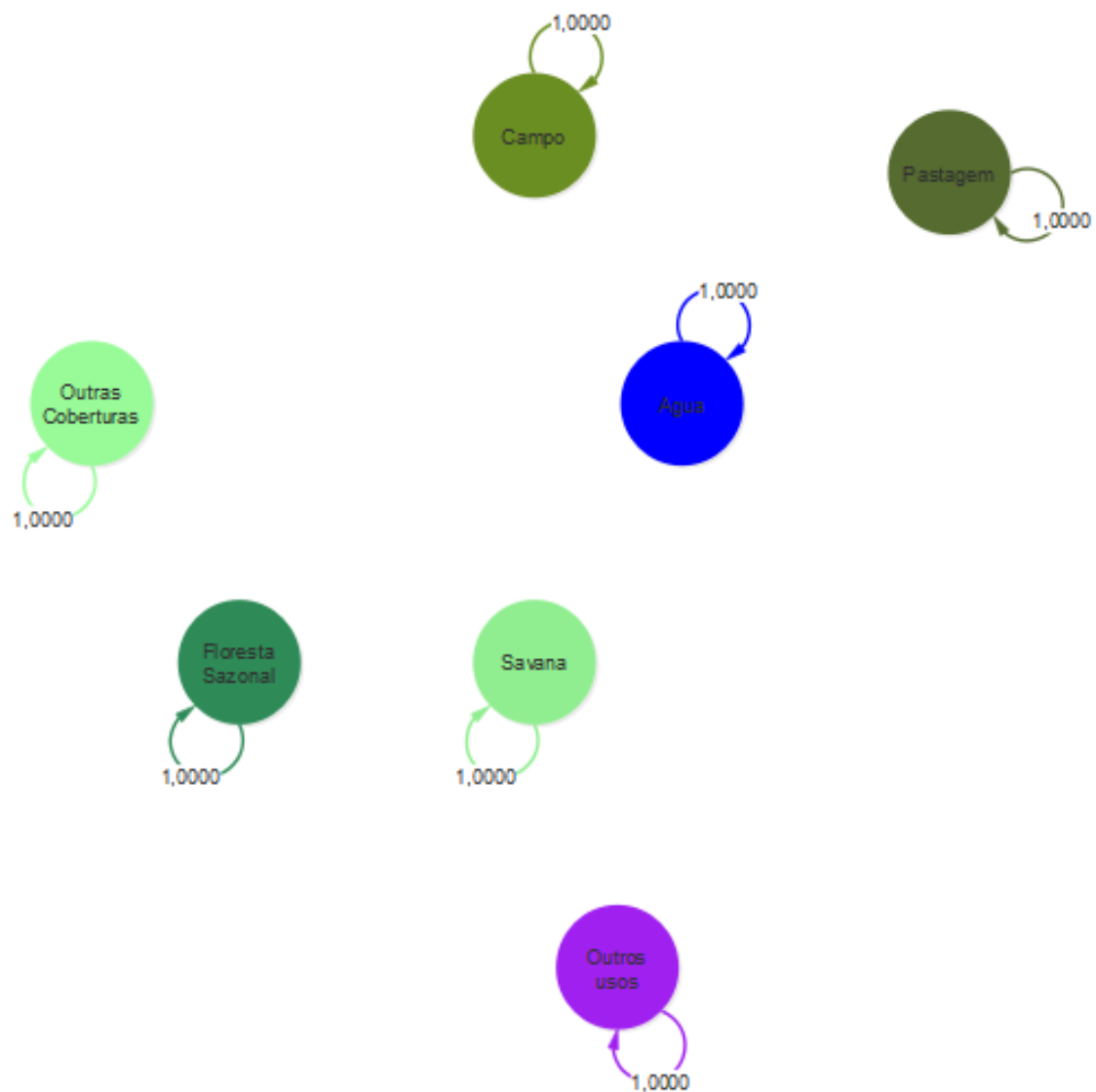
Fonte: Produção do autor.

Figura C.30 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2004/2005 e 2006/2007.



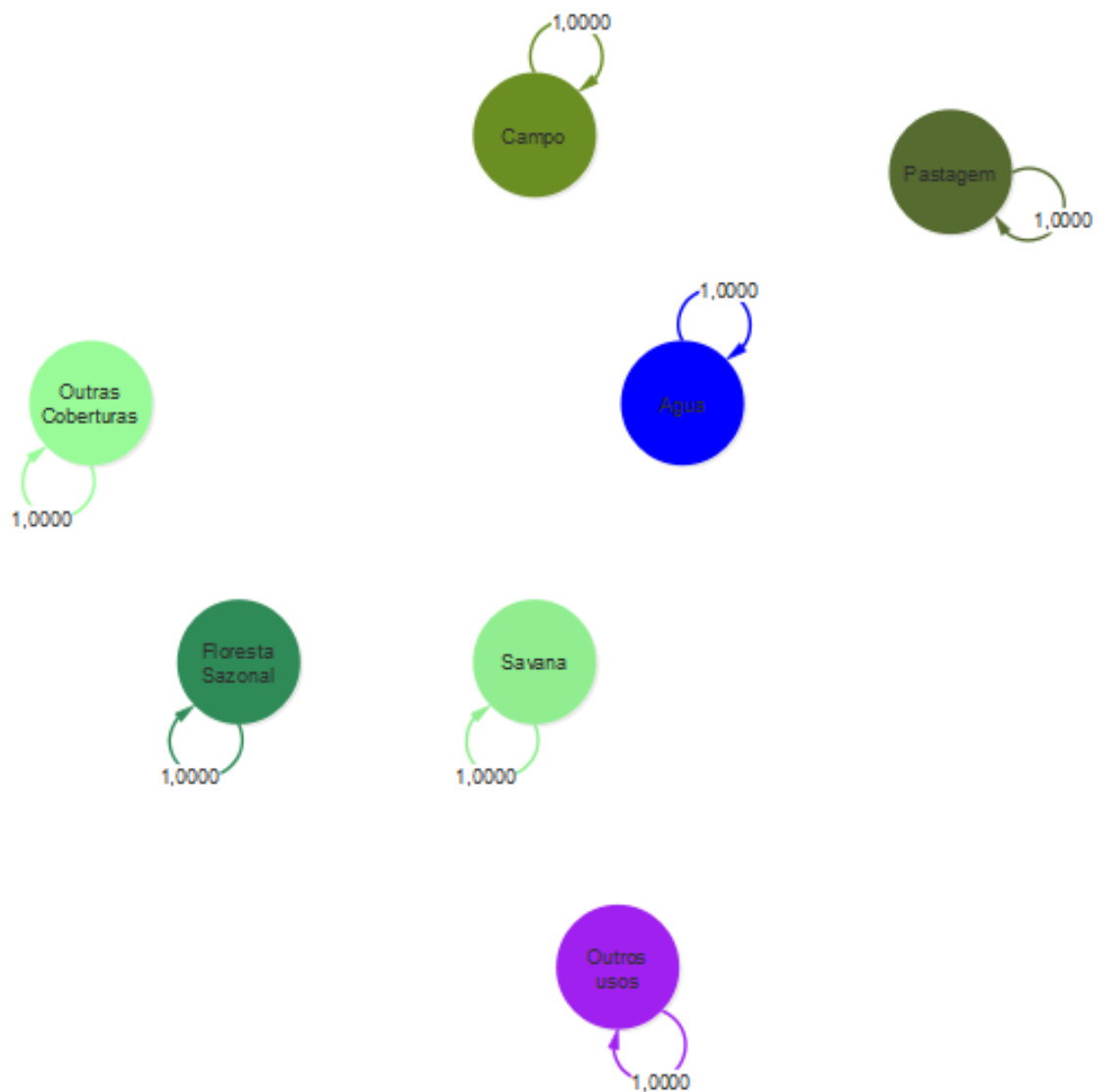
Fonte: Produção do autor.

Figura C.31 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2006/2007 e 2008/2009.



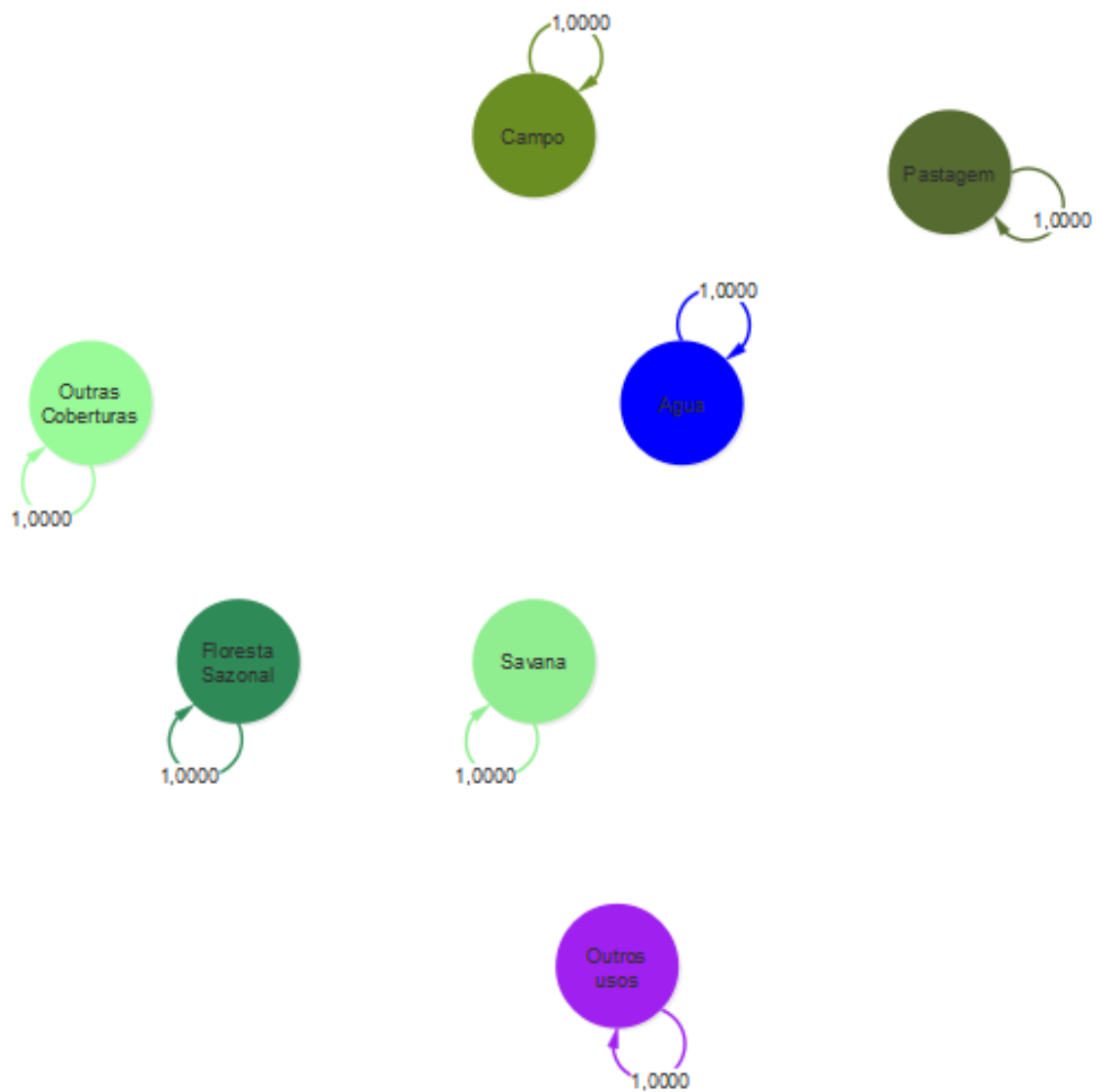
Fonte: Produção do autor.

Figura C.32 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2008/2009 e 2010/2011.



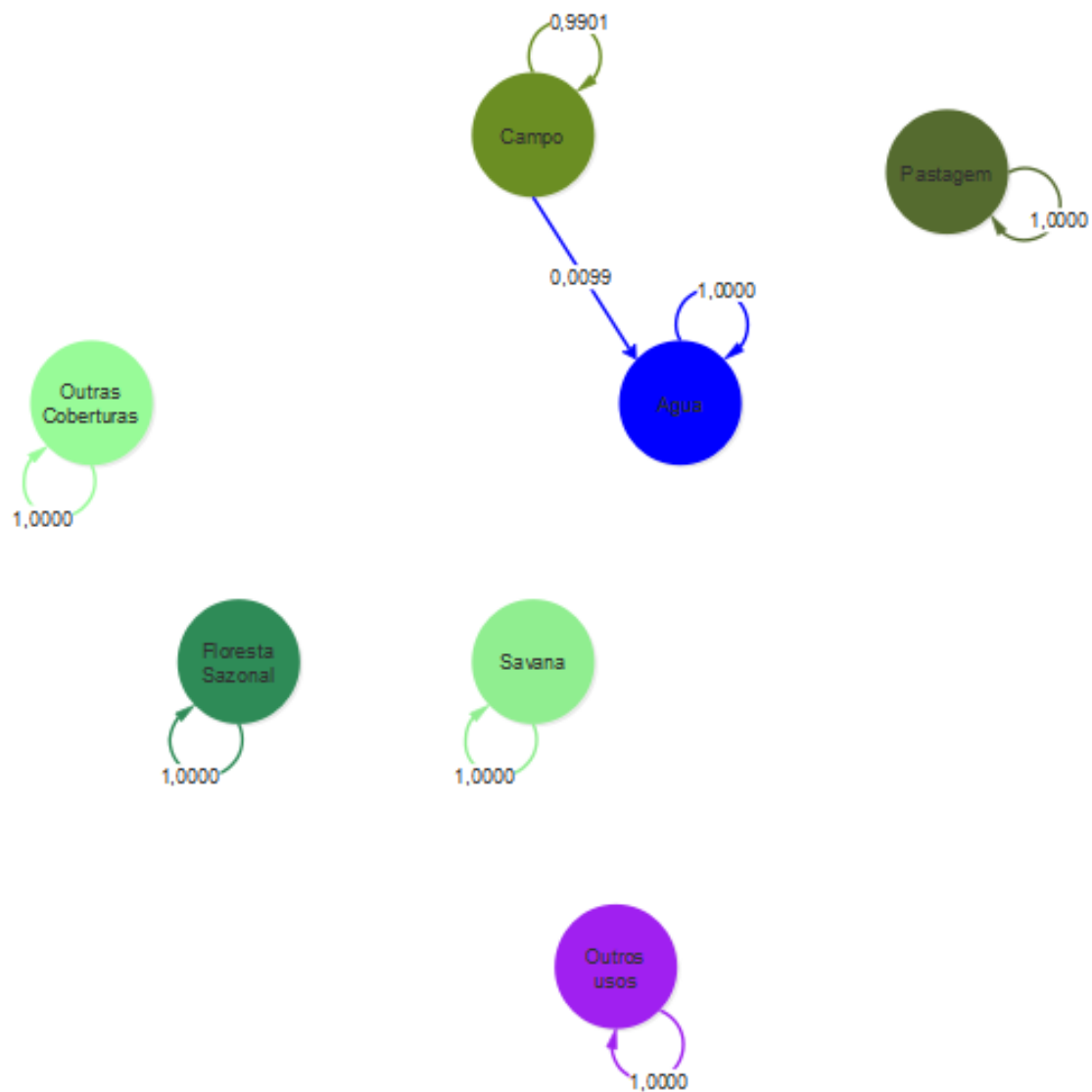
Fonte: Produção do autor.

Figura C.33 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2010/2011 e 2012/2013.



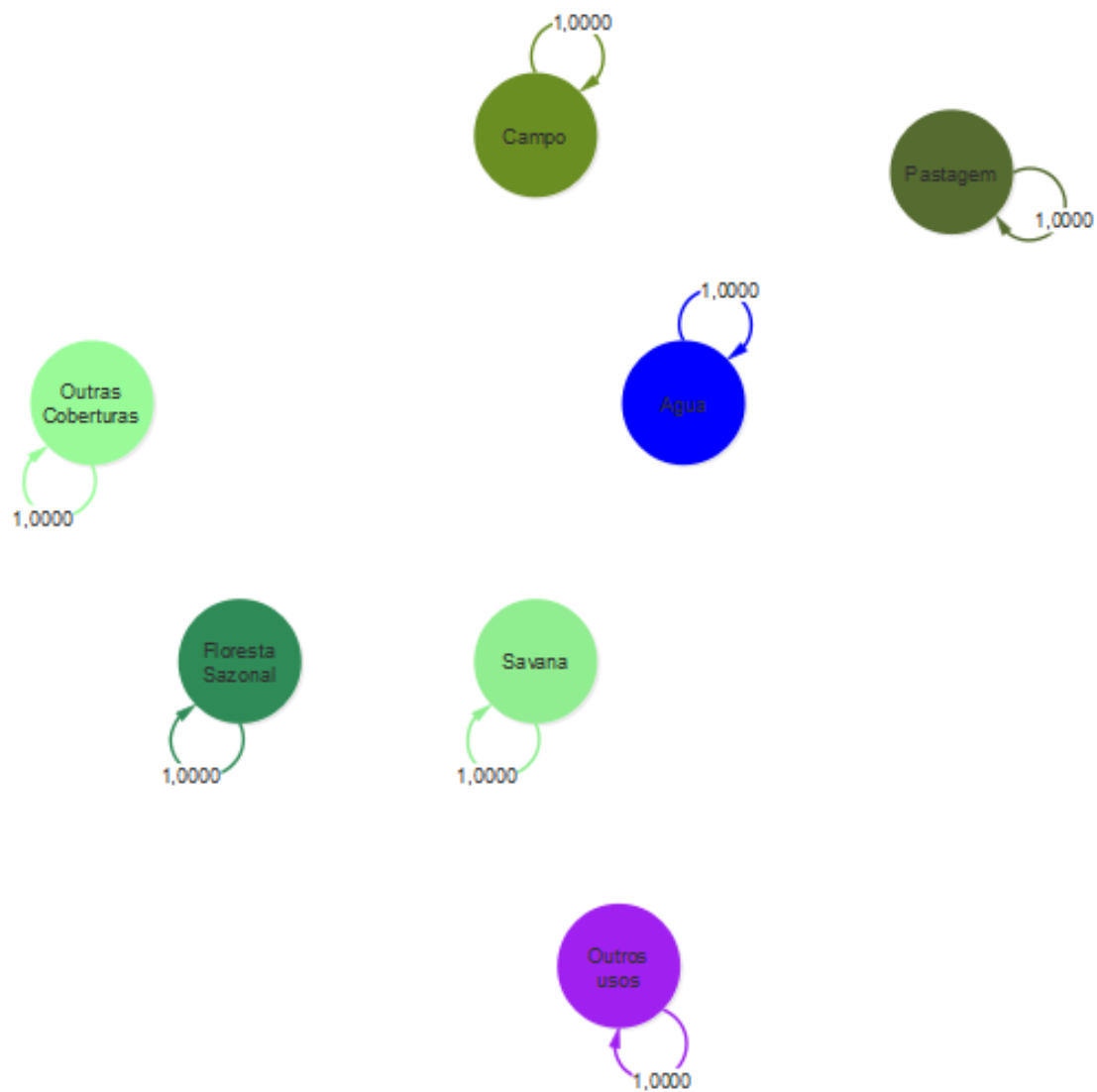
Fonte: Produção do autor.

Figura C.34 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2012/2013 e 2014/2015.



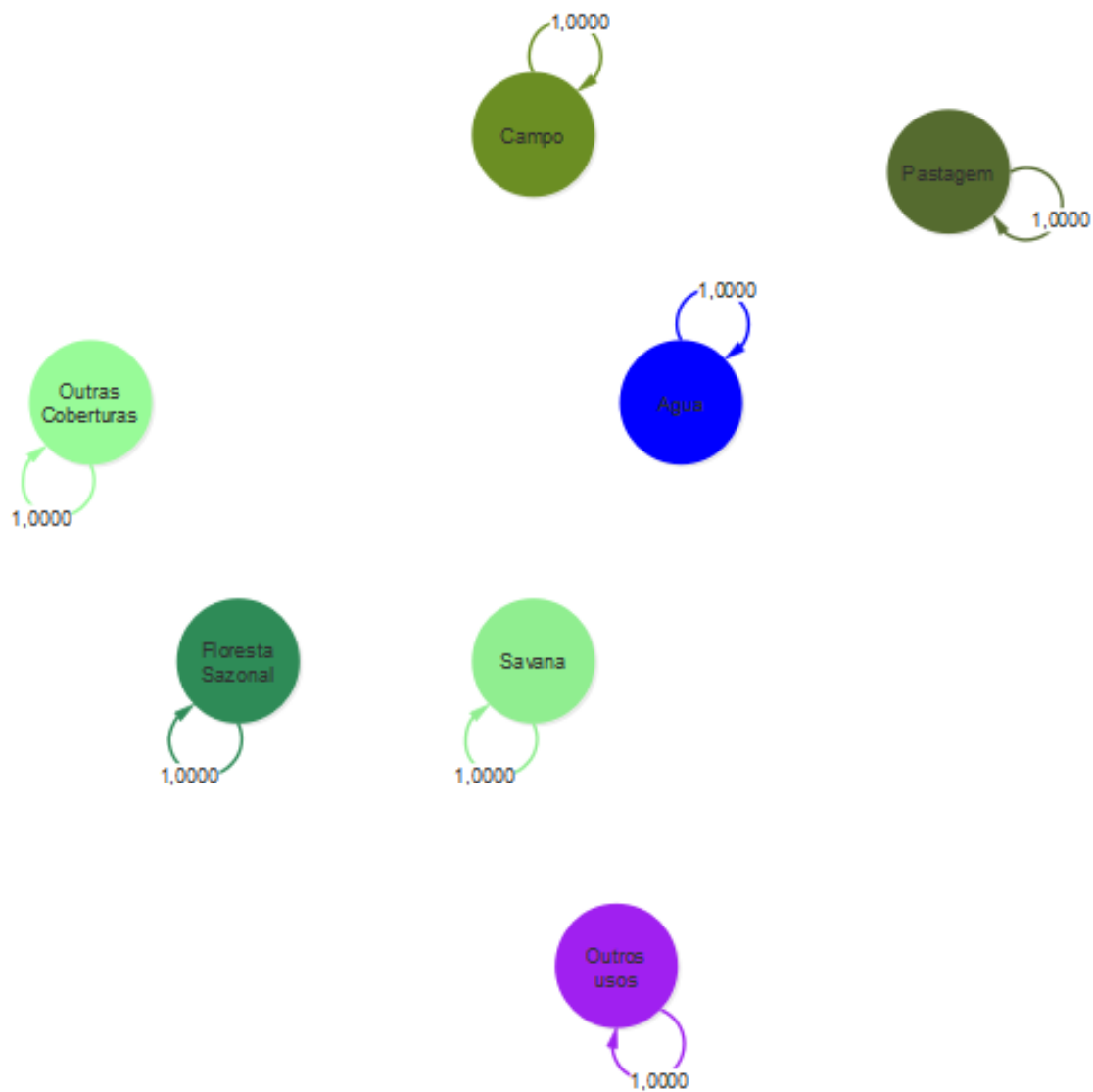
Fonte: Produção do autor.

Figura C.35 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2014/2015 e 2016/2017.



Fonte: Produção do autor.

Figura C.36 - Cadeia de Markov para transição entre classes de uso e cobertura da terra no Pantanal-MT entre 2016/2017 e 2017/2018.



Fonte: Produção do autor.