



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS(IESA)
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (PPGEO)

ANA PAULA MATOS E SILVA

Dinâmica do uso e cobertura da terra no Brasil: do pixel ao território

GOIÂNIA

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ [X] Dissertação ☐ [] Tese

2. Nome completo do autor

Ana Paula Matos e Silva

3. Título do trabalho

Dinâmica do uso e cobertura da terra no Brasil: Do pixel ao território

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ [X] SIM ☐ [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA MATOS E SILVA**, **Discente**, em 21/01/2022, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de](#)



Documento assinado eletronicamente por **Laerte Guimarães Ferreira Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 21/01/2022, às 14:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2639427** e o código CRC **F1D7BD26**.

Referência: Processo nº 23070.056031/2021-20

SEI nº 2639427

ANA PAULA MATOS E SILVA

Dinâmica do uso e cobertura da terra no Brasil: do pixel ao território

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Natureza e Produção do Espaço

Linha de Pesquisa: Análise Ambiental e Tratamento da Informação Geográfica

Orientador: Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Junior

Coorientador: Prof. Dr. Luis Rodrigo Fernandes Baumann

GOIÂNIA

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Silva, Ana Paula Matos e
Dinâmica do uso e cobertura da terra no Brasil: do pixel ao território
[manuscrito] / Ana Paula Matos e Silva. - 2021.
IXIV, 64 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Junior; co
orientador Dr. Luis Rodrigo Fernandes Baumann.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto
de Estudos Socioambientais (Iesa), Programa de Pós-Graduação em
Geografia, Goiânia, 2021.

Bibliografia.

Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista
de tabelas.

1. Dinâmica territorial. 2. sensoriamento remoto. 3. uso e cobertura
da terra. 4. geoestatística. I. Ferreira Junior, Laerte Guimarães, orient.
II. Título.

CDU 911.2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **141** da sessão de Defesa de Dissertação de **Ana Paula Matos e Silva**, que confere o título de Mestra em **Geografia**, na área de concentração em **Natureza e Produção do Espaço**.

Aos **dezoito dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e um**, a partir das **9 horas**, **por meio de videoconferência**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**Dinâmica do uso e cobertura da terra no Brasil: Do pixel ao território**”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Laerte Guimarães Ferreira Júnior (IESA/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Elaine Barbosa da Silva (IESA/UFG)**, membro titular externo; Professor Doutor **Ivanilton José de Oliveira (IESA/UFG)**, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Laerte Guimarães Ferreira Júnior**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata, que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora aos **dezoito dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e um**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Laerte Guimarães Ferreira Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 18/12/2021, às 11:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ivanilton José De Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 18/12/2021, às 11:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Elaine Barbosa Da Silva, Professora do Magistério Superior**, em 05/01/2022, às 16:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2543579** e o código CRC **5554E090**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

PROF. DR. LAERTE GUIMARÃES FERREIRA JR
Orientador – PPGeo/IESA

PROF. DR. IVANILTON JOSÉ DE OLIVEIRA
Membro Interno – PPGeo/IESA

PROF. DRA. ELAINE BARBOSA DA SILVA
Membro Externo – IESA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde física e mental, e por me manter firme no meu propósito. Agradeço a minha família por todo apoio recebido nesta árdua jornada, e meus amigos e colegas de profissão por nunca terem deixado desistir e por me auxiliarem nos momentos de dificuldade.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Laerte Ferreira e coorientador Prof. Dr. Luis Bauman, pelos ensinamentos e oportunidades fornecidas, por acreditar e sempre incentivar. Sem isso, nada seria possível! Muita gratidão a todos os membros do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig), Professores, servidores e estagiários pelas trocas de conhecimento durante todos estes anos de convivência e parceria.

Um especial agradecimento a professora Dra. Elaine Sila a quem tanto admiro, respeito e tenho infinito carinho, e que foi essencial nesta trajetória. Agradecimentos especiais também a todos os colaboradores que compõem o MapBiomias, que foi e tem sido tão importante na minha formação profissional, acadêmica e pessoal. Muitos agradecimentos, por fim, à Universidade Federal de Goiás (UFG) e ao Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGeo), que proporcionou todo o aprendizado necessário para minha formação.

RESUMO

O Brasil está em constante transformações territoriais que, devido às suas condicionantes físicas favoráveis para a produção agropecuária em quase todo o território e fatores socioeconômicos, como a mão-de-obra barata favorecem para que a economia do país esteja voltada a produção de commodities. O uso de ferramentas de sensoriamento remoto auxilia na gestão territorial através de mapeamentos de monitoramento de uso e cobertura das terras, permitindo gerar estratégias e ferramentas para mitigar os impactos ambientais, sociais e econômicos. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar duas distintas metodologias utilizando a estatística aplicada ao sensoriamento remoto, a fim de compreender a dinâmica do uso e cobertura da terra no Brasil de 1985 a 2018. A primeira, uma análise de 85.152 pontos inspecionados visualmente. E a segunda, é a inspeção visual de grids, do mapeamento de pastagem e correlacionar à análise da paisagem. Os resultados apontaram que há perda de vegetação nativa de 1985 para 2018, e correspondem a 70% das conversões e 20% correspondem a mudanças de uso seguido das pastagens. Sendo que 50% desta perda de vegetação nativa foram destinadas a novas áreas de pastagens, e 19% das conversões das pastagens consolidadas foram destinadas à produção agrícola. Assim dizendo, a dinâmica territorial do Brasil consiste em sucessão de desmatamentos para pastagens seguido de agricultura. Entendendo a importância da pecuária no Brasil, que atualmente, ocupa cerca de 20% do território, aproximadamente 170 mha, seu mapeamento é uma importante ferramenta de monitoramento e gestão pública. Sendo assim, este estudo apresenta resultado satisfatório para os mapeamentos de pastagens produzidos pelo Lapig, tendo em 60% das áreas com baixa omissão/comissão e alta consistência espacial. Tendo como principais correlações com a análise da paisagem, as omissões ocorrendo em regiões de relevo mais acentuado e em predominância de vegetações savânicas e campestres, tornando, consequentemente a consistência baixa. Diferentemente das altas comissões que estão associados a predominância de agricultura e de relevo plano.

Palavras-chave: Dinâmica territorial; sensoriamento remoto; uso e cobertura da terra; geoestatística.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ABSTRACT

Brazil is in constant territorial transformations that, due to its favorable physical conditions for agricultural production in almost the entire territory and socioeconomic factors, such as cheap labor, favor the country's economy to focus on the production of commodities. The use of remote sensing tools assists in territorial management through monitoring mapping of land use and coverage, allowing the generation of strategies and tools to mitigate environmental, social and economic impacts. In this context, the present work aims to present two different methodologies using statistics applied to remote sensing, in order to understand the dynamics of land use and land cover in Brazil from 1985 to 2018. The first, an analysis of 85,152 visually inspected points. And the second is visual inspection of grids, from pasture mapping and correlating to landscape analysis. The results showed that there is a loss of native vegetation from 1985 to 2018, and correspond to 70% of conversions and 20% correspond to changes in use followed by pastures. Since 50% of this loss of native vegetation was destined to new pasture areas, and 19% of the conversions of consolidated pastures were destined to agricultural production. So, saying the territorial dynamics of Brazil consists of a succession of deforestation for pastures followed by agriculture. Understanding the importance of livestock in Brazil, which currently occupies about 20% of the territory, approximately 170 mha, its mapping is an important tool for monitoring and public management. Therefore, this study presents satisfactory results for the pasture mappings produced by Lapig, having in 60% of the areas with low omission/commission and high spatial consistency. Having as main correlations with the analysis of the landscape, the omissions occurring in regions of more accentuated relief and in predominance of savanna and grassland vegetations, making, consequently, the consistency low. Unlike the high commissions that are associated with the predominance of agriculture and flat terrain.

Key words: Territorial dynamics; remote sensing; land use and land cover; geostatistics.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1 – Desenho amostral da amostragem aleatória estratificada com unidade de análise por “super cartas”
- Figura 3.2 – Exemplo de pontos sorteados por super-carta e por nível de declividade.
- Figura 3.3 – Exemplo de utilização do TVI - Temporal Visual Inspection.
- Figura 3.4 - Gráfico das transições de uso e cobertura da terra no Brasil de 1985 a 2018
- Figura 3.5 - Gráfico de porcentagens de transições de uso e cobertura da Terra agrupado em décadas
- Figura 3.6 - Gráfico de áreas estimadas utilizando os pontos
- Figura 4.1. Desenho amostral do sorteio dos grids de pastagem
- Figura 4.2. Interface gráfica do programa de inspeção de grids
- Figura 4.3. Gráfico MCA com Matriz de Burt ajustada
- Figura 4.4. Contribuição das variáveis a) dimensão 1; b) dimensão 2
- Figura 4.5. Dendograma das variáveis, a) dimensão 1; b) dimensão 2
- Figura 4.6. Gráficos de correlação para os Biomas

LISTA DE TABELAS E QUADROS

- Tabela 3.1 – Quantidade de pontos auditados por bioma.
- Tabela 3.2 - Resultado da auditoria 1
- Tabela 4.1. Resultado das inspeções dos grids por biomas
- Quadro 4.1. Critérios de interpretação dos grids

LISTA DE EQUAÇÕES

- Equação 3.1: Dimensionamento de amostra para super carta.
- Equação 3.2: Amostragem aleatória simples para seleção de pontos para auditoria
- Equação 3.3: Estimativa de Área
- Equação 3.4: Estimador
- Equação 3.5: Cálculo da margem de erro
- Equação 3.6: Variância do estimador



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA - Análise de Correspondência
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Conab - Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GEE - Google Earth Engine
GBMF - Gordon and Betty Moore Foundation
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IESA - Instituto de Estudos Sócio Ambientais
km - quilômetros
Lapig – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCA - Análise de Correspondência Múltipla
mha - milhões de hectares
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MWIR - Medium Wavelength Infrared
NIR – Infravermelho próximo
ONU - Organização das Nações Unidas
PND - Planos Nacionais de Desenvolvimento
PRODECER - Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento do Cerrado
PDA-Matopiba - Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba
SR - Sensoriamento remoto
SWIR - Short Wavelength Infrared
TVI - Temporal Visual Inspection
UFG - Universidade Federal de Goiás
UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
WWF-Brasil - World Wide Fund



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

SUMÁRIO

1. Introdução

- 1.1. Problemática da investigação
- 1.2. Objetivo geral
- 1.3. Objetivos específicos

2. Referencial Teórico

- 2.1. Geopolítica do uso e cobertura da terra
- 2.2. Sensoriamento Remoto como ferramenta de gestão territorial
- 2.3. Estatística Aplicada

3. Artigo 1 - Brasil em movimento: a história da dinâmica no uso e cobertura da terra utilizando interpretação visual de imagens de satélite de 1985 a 2018

3.1. Introdução

3.2. Metodologia

- 3.2.1. Desenho Amostral
- 3.2.2. Protocolo de classificação
- 3.2.3. Análise do dado de referência
- 3.2.4. Cálculo das estimativas de áreas e transições dos usos

3.3. Resultados

3.4. Discussões

3.4. Considerações Finais

3.5. Referências



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

4. Artigo 2 – Afinal, qual é a qualidade dos nossos mapas? Análise da consistência espacial do mapeamento das áreas de pastagens do Brasil

4.1. Introdução

4.2. Metodologia

4.2.1. Desenho Amostral

4.2.2. Protocolo de classificação

4.2.3. Análise estatística do dado de referência

4.3. Resultados e Discussões

4.4. Considerações Finais

4.5. Referências

5. Considerações Finais

6. Referências



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação, intitulada Dinâmica do uso e cobertura da terra no Brasil: do pixel ao território, se estrutura da seguinte forma: Introdução, composta da descrição geral do tema analisado, contendo a problemática da investigação e objetivos (geral e específicos). O referencial teórico é composto por uma revisão geral sobre a geopolítica do uso e cobertura da terra no Brasil a partir de 1985, e a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto e Estatística Aplicada como importante ferramenta de gestão territorial.

O Artigo 1, “Brasil em movimento: a história da dinâmica no uso e cobertura da terra utilizando interpretação visual de imagens de satélite de 1985 a 2018” apresenta a amostragem estratificada de 85.152 pontos distribuído pelo Brasil em inspecionados visualmente em imagens de satélite de 1985 a 2018. Este estudo foi desenvolvido no âmbito do projeto MapBiomass em parceria com o Lapig, com a criação de uma metodologia para a produção de dados de acurácia para validação dos mapas. Este esforço contou com uma equipe de 15 estagiários, um mestrando (autora), um doutorando, e dois professores do Lapig, além do auxílio de 6 membros da equipe externa do Mapbiomas.

O Artigo 2, “Afim, qual é a qualidade dos nossos mapas? Análise da consistência espacial do mapeamento das áreas de pastagens do Brasil” é uma extensão de um estudo realizado em 2019 (SILVA et al., 2019), analisando a qualidade da série histórica de mapeamentos de pastagens brasileiras de 1985 a 2018, em que foram verificados os níveis de omissão/comissão e consistência espacial. Para a continuidade deste estudo, foi analisado apenas o último ano da série (2019), para correlacionar então os níveis de omissão/comissão e consistência espacial com os atributos da paisagem, a fim de compreender os impactos na classificação para o melhoramento do dado.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

1. Introdução

O Brasil apresenta-se como um dos países mais importantes para a produção de alimentos, não só pela sua produção atual no ranking mundial, como primeiro do mundo na produção de soja, terceiro na produção de milho e maior rebanho bovino, mas também pela disponibilidade de terras que ainda podem ser inseridas no processo produtivo (FAO, 2021; FIESP, 2014). De 1985 a 2017, a produção de milho e soja cresceu de 33 para 191 milhões de toneladas, um aumento de cerca de 82%. Já o rebanho bovino teve, no mesmo período, um aumento de cerca de 25%, passando de 128 para 173 milhões de cabeças (IBGE, 1985; IBGE, 2017). As áreas destinadas a agricultura e pecuária no país, tiveram neste período uma expansão de 8,5%, concomitantemente a uma perda de 8,9% de áreas naturais (MAPBIOMAS, 2019).

Segundo projeções realizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), entre 2019 e 2029, a demanda de grãos (arroz, feijão, milho, soja, trigo) apresenta uma perspectiva de aumento em 26,8% na produção, consequentemente um aumento de 15,3% da área ocupada com o plantio. Já no que tange a produção de carne bovina, a perspectiva de aumento é de 24,6% (MAPA, 2019 - Elaboração da CGPI/DFI/SPA/MAPA e SIRE/Embrapa com dados da CONAB), o que equivale a cerca de 267,5 milhões de unidade animal para o ano de 2019 (CONAB, 2019). Considerando o sistema de produção pecuária atual de 0,92 unidade animal por hectare (ua/ha), seria um acréscimo de aproximadamente 100 milhões de hectares (mha) de áreas de pastagens.

O entendimento destas transformações territoriais brasileiras está intrinsecamente vinculado ao entendimento do papel do Estado, como agente normatizador e regulador dos usos das terras estabelecidos no país (SANTOS, 1985; MÉSZÁROS, 2011). A forma como são construídas/elaboradas as políticas governamentais podem induzir/intensificar o desmatamento ao proporcionar subsídios para o desenvolvimento econômico, uma vez que as principais causas deste se devem a fatores econômicos como: comércio madeireiro, geração de estradas, pecuária extensiva, expansão da fronteira agrícola e crescimento populacional (MENDELSON, 1994; ARRAES, et al., 2012).

Desta forma, os mapeamentos tem uma importante função no entendimento destas transformações no uso da terra, ao indicar os avanços históricos dos usos, e assim, compreender as regiões de maior potencial de expansão, mitigando os possíveis impactos através das políticas públicas. Como uma forma de compreender os processos que ocorrem na transformação no uso e ocupação das terras no Brasil, o Mapbiomas vem produzindo mapeamento histórico, que permitem análise desde 1985.

Este projeto vem sendo desenvolvido por uma rede colaborativa entre ONGs, universidades e empresas de tecnologias. Sua metodologia consiste na utilização de mosaicos anuais do satélite Landsat para a classificação pixel a pixel por meio de algoritmos de *machine learning* e computação em nuvem no Google Earth Engine (GEE), produzindo dados por biomas e temas transversais (pastagem, agricultura, zona costeira e áreas urbanas) (SOUZA et al., 2020). O Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (Lapig/UFG) desenvolve pesquisas sobre as pastagens brasileiras desde 2010 e tem como parceria o projeto Mapbiomas na produção dos mapeamentos das pastagens e de dados para o cálculo da acurácia dos demais mapeamentos do projeto para o Brasil.

Neste contexto, é necessário que os mapeamentos produzidos sejam confiáveis, de alta qualidade, com metodologias consistentes e transparentes, representando a realidade da superfície terrestre com a maior acurácia possível, visando ser uma importante ferramenta para tomadas de decisão. Desta forma, este estudo apresenta, duas distintas formas de utilização da estatística aplicada ao sensoriamento remoto, para a geração de dados de uso e cobertura da terra no Brasil. Gerando, a partir de amostragem geoestatística e inspeção visual de pontos, os dados que são utilizados para a validação dos mapeamentos do Mapbiomas, e a partir disso, uma análise das transformações do uso e cobertura da terra de 1985 a 2018 no Brasil. E, uma amostragem geoestatística e inspeção visual de grids para um estudo pontual sobre a influência das paisagens na consistência destes mapas de pastagens produzidos pelo Lapig.

1.1 Problemática da investigação

Esta dissertação buscou responder as seguintes questões norteadoras:

- a) Como os programas governamentais influenciaram nas mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil de 1985 a 2018?
- b) Como o sensoriamento remoto e a geoestatística podem auxiliar no monitoramento ambiental e gestão territorial?
- c) Qual a relação entre a consistência do mapeamento das pastagens brasileiras e os atributos da paisagem?

1.2 Objetivo Geral

Compreender como o sensoriamento remoto e a geoestatística podem auxiliar no entendimento das transformações da cobertura e uso da terra.

1.3 Objetivos específicos

- a) Gerar banco de dados pontuais do uso e cobertura da terra para o Brasil de 1985 a 2018.
- b) Analisar as transições que ocorreram com os usos e coberturas entre os anos de 1985 e 2018.
- c) Estimar a área das classes utilizando os pontos para os anos de 1985 a 2018.
- d) Avaliar a consistência do mapeamento das pastagens brasileiras produzido pelo Lapig.

2. Referencial Teórico

2.1 Geopolítica do uso e cobertura da terra

O conceito de territorialização ganhou importância principalmente a partir da segunda metade do século XX, especificamente, a partir dos anos 1960. Historicamente, as questões que abordam a territorialização ocorrem em conjunto com as transformações socioeconômicas e políticas. Essa territorialização, com viés primordialmente capitalista, expandiu a forma de produção e circulação de mercadorias e pessoas no mundo. Considerando esse cenário, a

produção de alimentos e padronização dos hábitos alimentares, tornou-se uma estratégia para compreender a ascensão do modo capitalista e os processos de ocupação das terras (GUZMAN, 2012; ORIGUÉLA, 2020).

Entretanto, para analisar a concentração de terras, produção e a produtividade agrícola atualmente, é preciso primeiro compreender as questões agrária no Brasil (FILHO, FONTES, 2009). Nesse contexto, os processos de formação de propriedade e concentração de terras, que se iniciam a partir de 1500, com a chegada dos portugueses, deram origem ao processo de grilagem por todo o país (ASSELIN, 1991). O estabelecimento das capitanias hereditárias, incentivou a formação de propriedade privada, a concessão de propriedade do domínio público para o privado (SILVA, 1997) o monopólio na produção (OLIVEIRA, 1991) e a concentração de terras.

Os avanços das transformações capitalista na agricultura e apoio de políticas governamentais para grandes propriedades, proporcionam ainda mais a concentração de terras no Brasil e a atual expansão do agronegócio, (SILVA, 1980, CASTRO, 1982; OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Entretanto, essas grandes propriedades não são responsáveis pelo abastecimento de alimentos no Brasil, porque se concentram em produzir principalmente commodities (soja, milho, cana-de-açúcar, algodão), deu-se aos pequenos produtores familiares a incumbência de produção de alimentos para abastecimento interno. No entanto, com a pressão pelo aumento da produtividade agrícola, nas próximas décadas, esta produção familiar poderá sofrer importantes restrições alimentares (SAATH; FACHINELLO, 2018). O sistema alimentar perpassa por oito interfaces, como a governança, o acesso a mercados, a propriedade intelectual, o acesso a capital, a logística, o trabalho, o marketing e as relações das políticas públicas (HENDRICKSON *et al.*, 2008), fazendo com que haja ao mesmo tempo uma grande perda de alimento para abastecimento interno que resulta em grande parte da população em situação de fome.

Por outro lado, segundo a ONU (2012), em 2024 a população global ultrapassará 8 bilhões e, mais de 9,5 bilhões em 2050. Com isso, os questionamentos e debates que tangem o

crescimento populacional, expansão das cidades e das restrições do uso da terra, atuais e futuras, impulsionam as discussões sobre a vulnerabilidade em atender a demanda alimentar das próximas décadas (SAATH; FACHINELLO, 2018). Historicamente, concomitantemente a essa expressiva demanda na produção de alimentos, ocorre a expansão agrícola, acompanhada da incorporação de novas terras no sistema produtivo (SAATH; FACHINELLO, 2018).

Diante dessa conjuntura, justificada pelo discurso da necessidade do aumento da produção de alimentos, houve nas últimas décadas - e ainda existe - um intenso processo da expansão de uso e ocupação das terras no Brasil pela agropecuária. Este desencadeia uma série de problemas ambientais e socioculturais, tais como, desmatamento, queimadas, empobrecimento dos solos, poluição e contaminação dos recursos hídricos e solos, perda de biodiversidade e etc. (MUELLER, 1992; MCLAUGHLIN; MINEAU, 1995; FAO, 2006).

O desenvolvimento de metodologias para o estudo do uso e ocupação da terra que contemplem o contexto da gestão territorial, se apresenta como uma importante ferramenta para a análise e minimização dos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas e também para o processo de tomada de decisão. Novas abordagens tecnológicas vêm ganhando grande notoriedade neste sentido, em especial, as geotecnologias (Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto), pois permitem a obtenção de dados com alto índice de confiabilidade e baixos custos (UNEP, 1992; BUTLE; WALSH, 1998; JACINTHO, 2003).

2.2 Sensoriamento Remoto como ferramenta de gestão territorial

O sensoriamento remoto (SR) se apresenta como ferramenta de grande relevância para o monitoramento ambiental, sobretudo para o levantamento e estudo dos recursos naturais, permitindo a obtenção de dados em diversas escalas espaciais e temporais e principalmente, de informações em lugares de difícil acesso (PALMEIRA, 2005). Com “o crescente avanço tecnológico da informática e a necessidade de armazenar e manipular informações e fenômenos do mundo real (análise dos recursos naturais, planejamento regional e urbano, etc.), tornou possível o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de permitir a realização de análises complexas de dados geográficos” (PALMEIRA, 2005).

O SR surgiu da necessidade militar de gerar imagens aéreas de territórios inimigos, utilizando câmeras comuns acoplados em pombos-correios e balões (FIGUEIREDO, 2005; NOVO, 2010). Desde então, foram desenvolvidas tecnologias como os satélites e sensores capazes de captar ondas eletromagnéticas além do visível, como o infravermelho (NIR, MWIR, SWIR, TIR) e as micro-ondas (FIGUEIREDO, 2005; CROSTA, 1999).

Atualmente, o sensoriamento remoto é definido como a aquisição de informações geradas utilizando regiões espectrais do ultravioleta, infravermelho, visível e micro-ondas, sem contato com o objeto, utilizando dispositivos como câmeras e sensores acoplados em aeronaves ou satélites, e, a análise deste dado através de interpretação visual ou o processamento digital das imagens (JENSEN; EPIPHANIO, 2009).

As técnicas de interpretação visual ou fotointerpretação de imagens de satélite, permitem realizar tanto a identificação do objeto (dados qualitativos), quanto a espacialização/extração da geometria (dados quantitativos) e podem ser manipuladas em diversas temáticas (PANIZZA, FONSECA, 2011; NOVO, 1995). O intérprete requer de conhecimentos prévios da paisagem e a utilização de alguns elementos, tais como: tamanho, forma, sombra, tom ou cor, textura, padrão, altura, local, associação e tempo, que auxiliam no reconhecimento dos objetos (PANIZZA, FONSECA, 2011; TULLIO, 2018; TENG, 1997).

2.3 Estatística Aplicada

A geoestatística surgiu do estudo da Teoria das Variáveis Regionalizadas, que são variáveis de caráter aleatório e estruturado, tendo por influência características estruturais da região em que se posiciona em um sistema de coordenadas (MATHERON, 1991; RIBEIRO JUNIOR, 1995). Os métodos geoestatísticos fornecem um conjunto de técnicas necessárias para compreender a distribuição dos dados, com o estabelecimento de uma correlação espacial e geração de estimativas com base em amostra (RIBEIRO JUNIOR, 1995; BOLFARINE, BUSSAB, 2005; MATHERON, 1991).

A amostra é um subconjunto da população que representam em distribuição e variabilidade espacial a população, estando sujeita à incerteza, que podem ser amostradas de

forma aleatória simples, aleatória estratificada e sistemática (YAMAMOTO, LANDIM, 2015). A amostragem aleatória estratificada possibilita, por exemplo, neste estudo a análise com uso e cobertura da terra, na qual a população de pixels está relacionada a estratos (sub populações homogêneas ou aleatórias), cujas as amostras devem estar representadas na mesma proporção equivalente na população (VARÃO *et al.*, 2005, YAMAMOTO, LANDIM, 2015).

Outras análises estatísticas abordadas neste estudo, no segundo artigo, foram a Análise de Correspondência (CA), resultante das análises de componentes principais, que permite explorar a interdependência de dados categóricos, sendo representada graficamente em um plano bidimensional (ESCOFIER, PAGÉS, 1994; KASSAMBARA, 2017). Realizada a partir de dados em formato de matriz de contingência disjuntiva retangular, fornecendo-se coordenadas que são pontuações de fator das relações (HAIR JR *et al.*, 2009; PAGÉS, 2014; KASSAMBARA, 2017). Derivada da CA, a Análise de Correspondência Múltipla (MCA) é aplicado para quando há mais de duas variáveis categóricas (ABDI, WILLIAMS, 2010), e pode ser derivada também de uma matriz de Burt ajustada com a fórmula de Benzécri (OLIVEIRA *et al.*, 2018; GREENACRE, 2017).

As análises de cluster são técnicas multivariada de combinações ou agrupamentos de variáveis que tenham maior semelhança (HAIR JR *et al.*, 2009), e podem ser aplicadas nos resultados MCA, após tornar as variáveis categóricas em continuas ou componentes principais (KASSAMBARA, 2017). Dentre as técnicas de agrupamento (centroide, mediana, Ward), o método cluster que melhor se adequa ao estudo é o Ward (WARD, 1963), pois minimiza a variabilidade nos grupos e potencializa-a entre os grupos (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Podendo os grupos ser comumente visualizados de duas formas: mapa de fator individual, sendo gráfico em pontos onde é delimitado com polígonos os agrupamentos; e o dendograma, que é uma representação gráfica, em formato de árvore hierárquica (KASSAMBARA, 2017).

A análise de correlação varia conforme os dados, pois há dois tipos de variáveis, qualitativas ou categóricas (nominal ou ordinal) e quantitativas (dados contínuos ou discretos). Para dados categóricos, como abordamos no estudo, há dois principais coeficientes de

correlação de Spearman (ρ) que trabalha com amostras maiores e Kendall (τ de kendall) com amostras menores (GOMES, 2017).

3. Artigo 1 - Brasil em movimento: a história da dinâmica no uso e cobertura da terra utilizando interpretação visual de imagens de satélite

3.1 Introdução

Nas últimas três décadas, o Brasil tem vivenciado uma rápida perda de cobertura vegetal acompanhadas por um crescimento acelerado das áreas urbanas e de uma grande expansão de suas fronteiras agrícolas. A demanda mundial por alimentos, fibras, biocombustíveis e outros produtos pressionam as estruturas de governança territorial de um país cujos recursos de crescimento econômico alicerçam-se principalmente na agropecuária (BARROS, 2003; MARTINELLI et al., 2010; LAPOLA et al., 2013).

Com uma extensão territorial de 8.510.820,623 km² (IBGE, 2018), regime de chuvas e de temperatura favoráveis para a agricultura em quase todo o território, além de outros fatores como uma grande disponibilidade de solos férteis e de mão-de-obra barata, favoreceram esta escolha econômica para o país como produtor de commodities. Essa viabilidade é ainda fomentada por uma série de políticas comerciais, de incentivos fiscais, benefícios agrícolas, de pesquisa entre outras, que foram concebidas no início dos anos de 1930 e por décadas levaram o país a transformar seu território por meio da expansão de fronteiras agrícolas tornando-se uma grande potência na produção de produtos agropecuários para o mundo (BARROS, 2008).

De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), o país possui atualmente a maior área plantada de cana-de-açúcar do mundo, a segunda maior área plantada de soja, além do maior rebanho bovino do mundo (FAOSTAT, 2019).

No entanto, este crescimento econômico fomentado pelo avanço das fronteiras agrícolas seria de outra magnitude, se em seu cálculo fossem levados em consideração os custos ambientais dos recursos naturais consumidos e/ou degradados. Esta rápida ascensão brasileira que levou o país a configurar no cenário internacional como mercado emergente foi pautada predominantemente no avanço das fronteiras agrícolas e expansão da exportação de produtos agropecuários, não sendo acompanhados por um crescimento industrial e/ou pelo desenvolvimento de uma consciência ambiental na produção (MARTINELLI e FILOSO, 2009; MARTINELLI, 2010). Mediante a escolha econômica do Brasil, fomentada pelo setor agropecuário, será necessário encontrar caminhos para que sejam superados os reveses entre o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental.

A gestão territorial cada vez mais tem demandado respostas rápidas para suas tomadas de decisão. Para tanto, é necessário que sejam produzidos dados de forma rápida, acurada, passíveis de serem comparados e em diversas escalas. Assim, tem-se testado diversas técnicas de mapeamentos por meio de dados satelitários visando diminuir o tempo e o custo de processamentos (KHATAMI, 2016; PAL, 2005; FRIEDL, 1997, TOWNSHEND et al., 2013).

Nesta perspectiva, a iniciativa Mapbiomas (Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra do Brasil) produz mapeamentos anuais da cobertura e uso da terra do Brasil, a partir 1985, utilizando imagens de satélites e técnicas de *machine learn* avançada, onde a avaliação de acurácia demonstra a qualidade destes dados apontando a taxa de acerto geral e para cada classe mapeada em cada ano (MAPBIOMAS, 2019). A inspeção visual é bastante utilizada tanto para classificação de imagens quanto para validação de mapeamentos já existentes, e análises estatísticas independentes (TYUKAVINA, et al., 2017).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica do uso da terra no Brasil, de 1985 a 2018, por meio de técnicas estatísticas aplicadas a dados de sensoriamento remoto gerados por interpretação visual de imagens de satélite.

3.2 Metodologia

A área de estudo foi compreendida pelos limites territoriais brasileiros abrangendo uma população alvo de 9.455.849.191 pixels Landsat (30x30m) distribuídos por 6 diferentes biomas: Cerrado, Pantanal, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Amazônia.

3.2.1 Desenho Amostral

Para esta análise foram sorteados na região abrangida pela área de estudos uma amostra constituída por 85.152 pixels (30 x 30 m) por meio de amostragem aleatória estratificada em dois níveis. No primeiro nível, os estratos correspondem a 160 cenas compostas pela junção de 04 cartas do IBGE (escala de 1/250.000), Figura 3.1, as quais foram denominadas neste projeto como “super-cartas”.

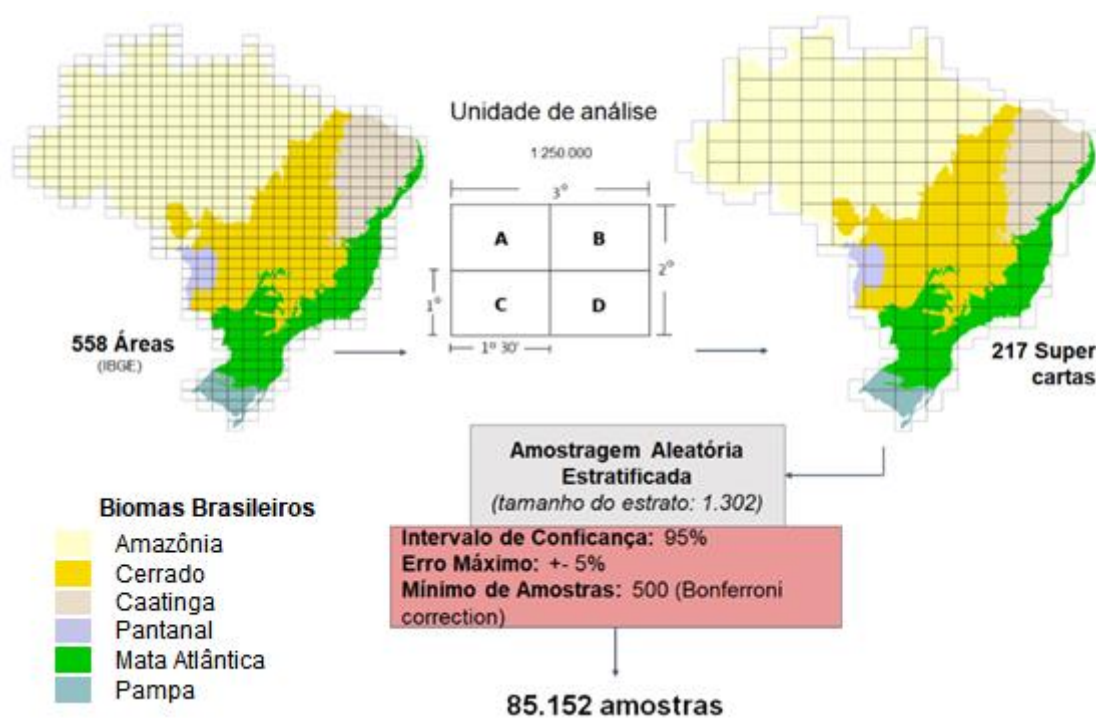


Figura 3.1 – Desenho amostral da amostragem aleatória estratificada com unidade de análise por “super cartas”

Para cálculo da variância entre as classes foram utilizados os dados do Mapbiomas de 2015 recortados por carta. Foi considerado a variabilidade máxima das classes de cobertura do uso da terra em cada super-carta, de forma que, uma super-carta no meio da Amazônia tenderá

a ter uma quantidade de pontos menor do que uma super-carta localizada no estado de São Paulo, uma vez que a variação das classes na Amazônia é inferior à as variações em São Paulo.

Devido a existência de mais de duas classes de análise, a definição do tamanho da amostra pautou-se em uma amostragem de várias proporções de forma simultânea corrigidas pela equação de Bonferroni. A amostra foi dimensionada de forma a garantir uma margem de erro máxima de 5% e nível de confiança de 95% na menor unidade de abrangência geográfica, ou seja, em cada super carta. Já para a totalidade do território nacional o erro máximo esperado foi de 0,5%. A fórmula utilizada (HORVITZ e THOMPSON, 1952) para dimensionamento da amostra em cada estrato, super-carta foi:

Equação 3.1: Dimensionamento de amostra para super carta.

$$n = \max_{p \cdot q} \left(\frac{N z_{\gamma}^2 pq}{(N - 1) E^2 + z_{\gamma}^2 pq} \right),$$

onde n é o tamanho da amostra; N é o total de pontos; E é a margem de erro máxima; p é a proporção que se deseja estimar; q=1-p e z é o score da distribuição normal padronizada correspondente ao nível de confiança ajustado 1-g calculado por meio da correção de Bonferroni, sendo g=k-1 e 1- o nível de confiança desejado; k é o número de classes de cobertura e uso da terra (COCHRAN,1977).

No segundo nível, cada super-carta foi estratificado em 06 classes de declividade estabelecidas pela Embrapa, uma vez que as mudanças de cobertura e uso da terra apresentam maiores variações em razão das mudanças de relevo e há maior homogeneidade dentro de cada classe de relevo (FERREIRA, et al., 2016), Figura 3.2. Desta forma, as classes raras foram também contempladas no sorteio de pontos a serem inspecionados, uma vez que muitas vezes ocorrem em classes de declividades específicas.

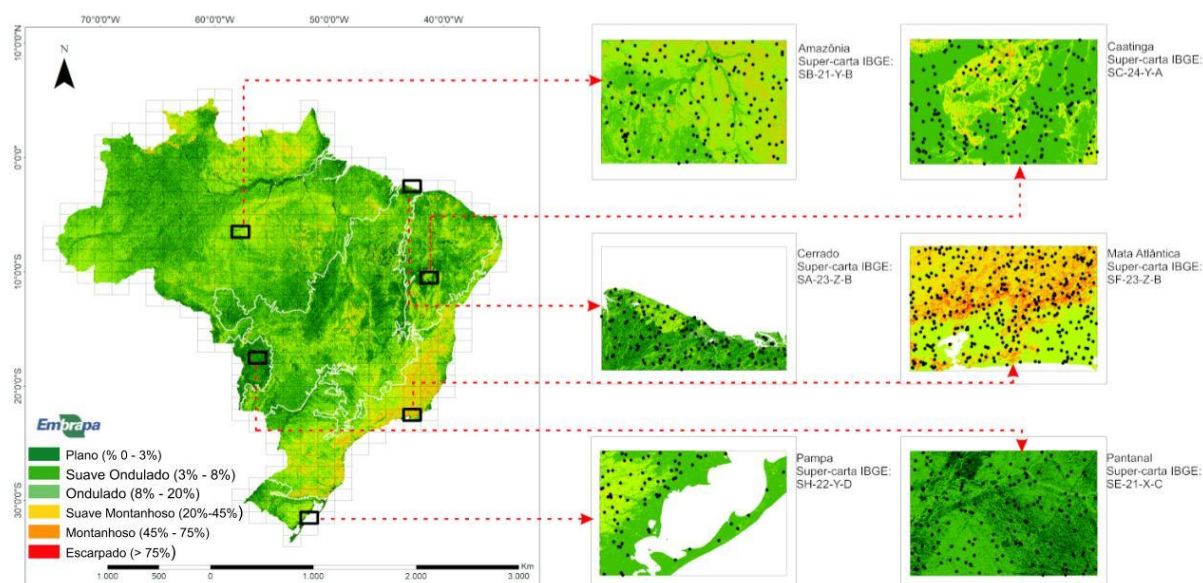


Figura 3.2 – Exemplo de pontos sorteados por super-carta e por nível de declividade.

Desta forma, foram sorteados um total de 35.258 pontos para a Amazônia, 21.290 para o Cerrado, 9.738 para Caatinga, 14.497 para Mata Atlântica, 2.008 para Pantanal e 2.361 para o Pampa.

3.2.2 Protocolo de classificação

O estudo abrange um período de 34 anos, de 1985 a 2018. Para cada ano foi atribuída uma classe de cobertura vegetal e uso da terra a cada um dos pixels sorteados. A classificação foi gerada por meio de interpretação visual de duas composições anuais, uma para o período seco e outra para o período chuvoso, de imagens da série Landsat. Cada pixel foi interpretado, inicialmente, por 3 analistas independentes. Os pixels para os quais não houve concordância entre as classes atribuídas foram reinspecionados por uma analista mais experiente afim de que esta atribuisse a classe do pixel.

Cada pixel foi analisado, para cada ano, quanto ao pertencimento ou não a cada uma das classes estabelecidas conforme legenda da coleção 3 do projeto MapBiomass, ou seja,

Afloramento Rochoso, Apicum, Aquicultura, Áreas Úmidas Naturais não Florestais, Cultivos Perenes, Culturas Anuais, Culturas Semi-Perene (Cana de Açúcar), Formação Campestre, Formação Florestal, Formação Savânica, Infraestrutura Urbana, Mangue, Mineração, Não Observado, Outras formações não Florestais, Outras Áreas não Vegetadas, Pastagem Cultivada, Praias e Dunas, Rio, Lago e Oceano, Floresta Plantada.

A equipe total de intérpretes foi composta por 15 analistas que receberam treinamentos específicos para cada bioma brasileiro. Adicionalmente, durante esta etapa, foi gerado uma chave de interpretação para cada bioma brasileiro, disponibilizada no link <https://www.lapig.iesa.ufg.br/chave/>.

O processo de interpretação dos pontos ocorreu em campanhas divididas por biomas que duraram cerca de 10 meses. Cada campanha ocorreu de forma progressiva sempre após o término do treinamento específico de cada bioma e na seguinte ordem: Cerrado, Pantanal, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Amazônia. O acompanhamento dos intérpretes foi realizado pela autora de forma contínua e em reuniões semanais.

Para a interpretação dos pixels foi utilizada a ferramenta Temporal Visual Inspection – TVI, conforme Figura 3.3 (NOGUEIRA et al., 2017). Elaborado pelo Lapig, esta ferramenta apresenta código aberto e otimiza a inspeção de pixels em imagens de satélite. Desta forma, a interpretação de séries históricas torna-se otimizada e dinâmica, na qual os resultados das classificações podem gerar análises de acurácia, serem utilizados para amostragem, e quaisquer outras análises desta natureza.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

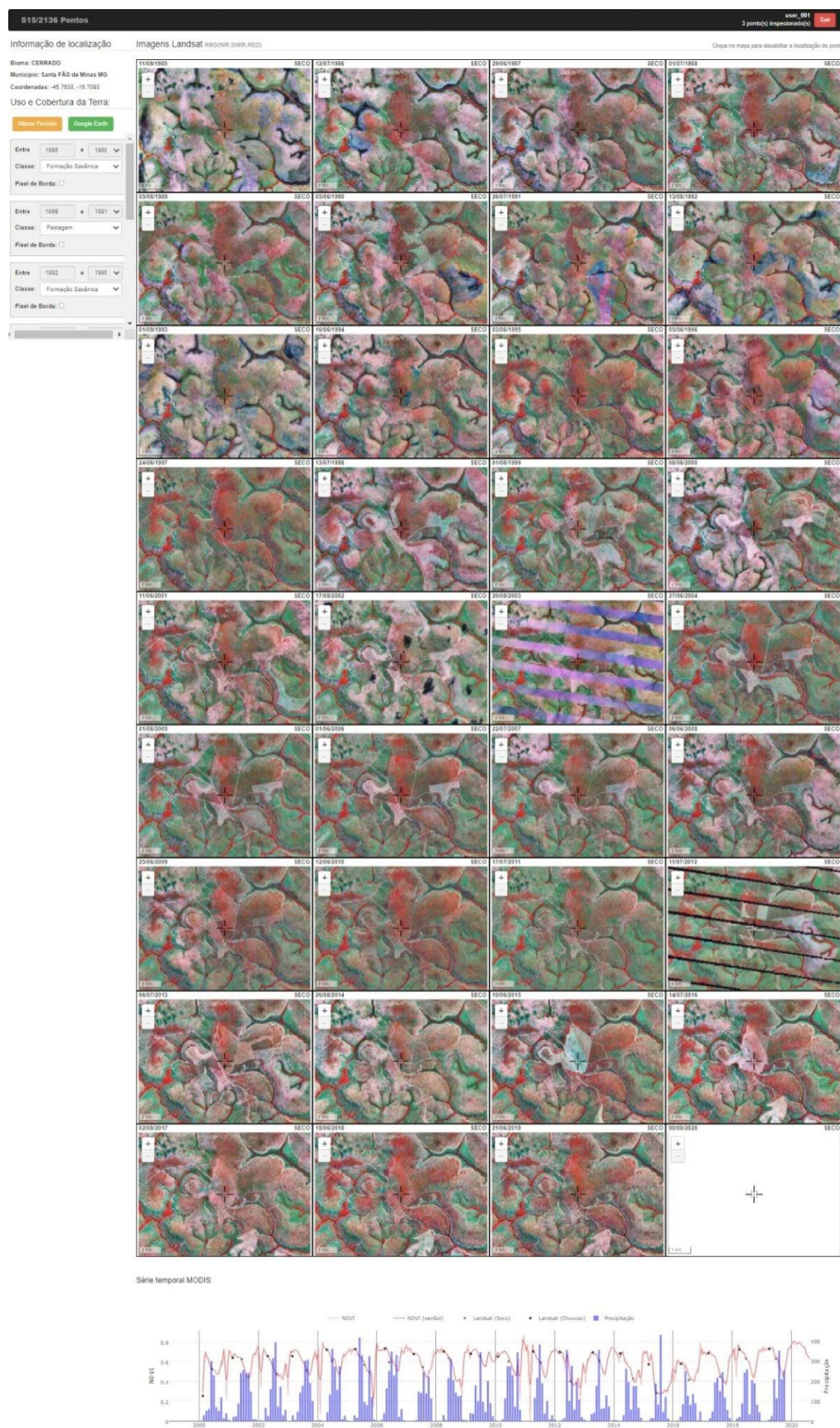


Figura 3.3 – Exemplo de utilização do TVI - Temporal Visual Inspection.

3.2.3 Análise do dado de referência

Com a intenção de reduzir o erro humano atribuído ao processo de interpretação visual, ao final de cada campanha foram realizadas 3 auditorias com distintos especialistas. A quantidade de pontos a serem auditados foi calculada por meio método de amostragem aleatória simples. Para este dimensionamento, foi considerada a estimativa de proporções de pontos classificados corretamente, com nível de confiança de 95%, margem de erro variando para cada auditoria e variação máxima $p(1-p) = 1/4$. No cálculo foi aplicada a fórmula:

Equação 3.2: Amostragem aleatória simples para seleção de pontos para auditoria

$$n = \frac{N \cdot z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

onde n é o tamanho da amostra para inspeção; N = total de pontos classificados pela equipe (85.152 pontos); z = o fator da distribuição normal padronizada correspondente ao nível de confiança 95%; e é o erro máximo da estimativa. A quantidade de pontos auditados por bioma consta da Tabela 3.1.

Auditoria	Margem de Erro	Cerrado	Mata Atlântica	Pantanal	Caatinga	Pampa	Amazônia
1	3%	1943	994	698	962	736	1036
2	5%	378	375	323	370	331	381
3	7%	195	194	179	193	182	195

Tabela 3.1 – Quantidade de pontos auditados por bioma. Fonte: Autora

Para a primeira auditoria, as imagens utilizadas foram provenientes dos satélites Sentinel de 2017, RapidEye de 2013 e auxílio de imagens do Google Earth, resultando nas acurácias globais apresentadas na Tabela 3.2, na qual o baixo índice de acerto na auditoria da caatinga deve-se pelo excesso de interferência atmosférica ou ruídos nas imagens.

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Biomas	Total	Acerto		Acerto em porcentagem	
		2013	2017	2013	2017
Cerrado	1946	1851	1844	95,17%	94,90%
Pantanal	683	606	601	88,73%	87,99%
Pampa	721	693	668	96,12%	92,65%
Caatinga	864	366	362	42,36%	41,90%
Mata Atlântica	961	926	910	97,08%	94,68%
Amazônia	1024	1006	1006	98,24%	98,24%

Tabela 3.2 - Resultado da auditoria 1. Fonte: Autora

A partir desta auditoria foi possível também gerar uma matriz de confusão entre as classes para todos os biomas, disponível na planilha: (https://docs.google.com/spreadsheets/d/1sxsFRpbrgs_dRJYGqJRxUh_gBAm88sPSHX2BfvXpXNg/edit#gid=69780037). E a partir disto, avaliar as classes de maior confusão para realizar as auditorias 2 e 3, realizadas no administrador da ferramenta TVI com o viés das classificações dos interpretes, gerando um feedback de incidentes erros e acertos, e a partir disto, reinspecionar classes e regiões de eventuais confusões.

3.2.4 Cálculo das estimativas de áreas e transições dos usos

As estimativas de áreas foram calculadas por meio do valor de referência atribuído a cada pixel para cada classe. Foi analisado todo o conjunto de pixels inspecionados e foi atribuído o valor de referência 1 ou 0 conforme o pertencimento ou não a classe em análise. Em seguida, foi utilizado um estimador não viesado de total populacional para o cálculo da estimativa de área de cada classe. O estimador utilizado foi o proposto por Horvitz e Thompson (1952), indicado para planos amostrais sem reposição e com probabilidade desigual de seleção, como é o caso em questão, já que uma vez que um pixel é sorteado ele é retirado do total. Além disso, os pontos possuem probabilidades desiguais de seleção de acordo com os níveis de declividade presentes em cada super-carta. Desta forma, as equações utilizadas para cálculo das estimativas foram:

Equação 3.3: Estimativa de Área

$$\hat{A} = \hat{Y} \cdot A_{tot}$$

onde $\hat{A}$ = área estimada para a classe em estudo para o recorte utilizado; A_{tot} = Área total do recorte territorial utilizado, e:

Equação 3.4: Estimador

$$\hat{Y} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\pi_i}$$

onde $\hat{Y}$ = estimador não viesado para o total populacional pertencente a um dado recorte territorial; π_i = probabilidade de inclusão na amostra do i-ésimo elemento; y_i = valor de referência (0 ou 1) do i-ésimo elemento pertencente ao recorte territorial estudado; N = total de pixel do recorte territorial/total populacional.

A margem de erro foi obtida por meio da equação.

Equação 3.5: Cálculo da margem de erro

$$E(\hat{A}_y) = z_\gamma \cdot N \cdot A_p \cdot \sqrt{n_y}$$

onde $E(\hat{A}_y)$ = margem de erro da y-ésima classe; z_γ = escore padronizado relacionado ao nível de confiança γ ; A_p = área do pixel Landsat (30x30m); n_y = número de pixels da amostra da y-ésima classe, e:

Equação 3.6: Variância do estimador

$$V^{\hat{Y}}(\hat{Y}) = \frac{1}{N^2} \cdot \sum_{h=1}^H N_h^2 \left(1 - \frac{n_h}{N_h} \right) \cdot \frac{s_{yh}^2}{n_h}$$

onde $V^{\hat{Y}}(\hat{Y})$ = variância do estimador; s_{yh}^2 = variância dos valores de referência na y-ésima classe e h-ésima declividade; N_h = número de pixels do total populacional pertencentes a h-ésima declividade; n_h = número de pixels da amostra pertencentes a h-ésima declividade; N = total de pixel do recorte territorial/total populacional.

Para o cálculo das transições dos usos e cobertura da terra, foram considerados ‘pontos sem alterações’ aqueles que tinham classes de ‘Não observado’ por não obtermos informações de alterações. Posteriormente foram selecionados os pontos que registraram modificações e categorizadas em períodos de tempo, utilizando as classes dos extremos e a classe de maior frequência no intervalo geral de 1986 a 2017; da primeira década (1986 a 1996); da segunda década (1997 a 2007) e terceira década (2008 a 2017).

Foram agrupadas as classes de Formação Florestal, Formação Savânica, Mangue, Área Úmida Natural Não Florestal, Formação Campestre, Apicum e Outra Formação Natural Não Florestal em “Vegetação Nativa”; as culturas anuais, perenes e semi-perenes em “Agricultura; e Praia e Duna, Infraestrutura Urbana, Afloramento Rochoso, Mineração, Outra Área não Vegetada, Rio, Lago e Oceano e Aquicultura em “Outros”.

3.3 Resultados

O território brasileiro apresenta atualmente cerca de 35,91% da área ocupada com uso antrópico, sendo que em 1985 este valor era de 22,15%. Cerca de 70% destas conversões de 1985 a 2018 ocorreram em vegetação nativa, sendo 50% destinadas à pastagem, 7% à agricultura no início do período e os restantes 40% se mantiveram por maior período de tempo, sendo convertidos durante a última década em pastagem (66%), agricultura (17%) (Figura 3.4). Este comportamento foi observado em regiões do bioma Pampa, na Caatinga, parte do Cerrado e, principalmente, nas periferias do bioma Amazônia.

Quanto à área já antropizada, cerca de 19% da pastagem em 1985 foram cedidas para agricultura e 4% para a silvicultura que cresce gradativamente no primeiro período, e continua a converter em 20% e 6% em agricultura e silvicultura, respectivamente. Isto ocorreu especialmente na Mata Atlântica e divisas de Cerrado e Amazônia e ao norte do Cerrado, atualmente considerados fronteiras agrícolas. Desta forma, a agricultura aumentou em 12 vezes de 1985 a 2018 em quantidade.

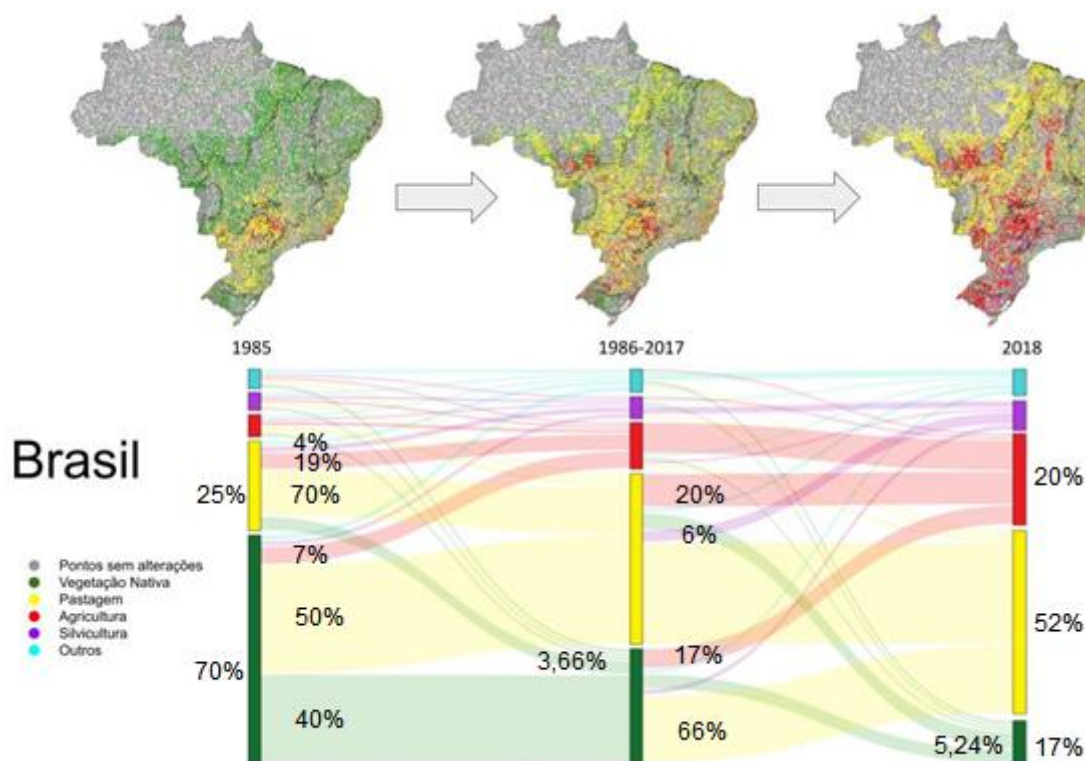


Figura 3.4 - Gráfico das transições de uso e cobertura da terra no Brasil de 1985 a 2018

Entretanto, há também o retorno de usos antrópicos para a vegetação original, que no primeiro período de tempo apresenta 4,41% de todos os usos (3,66% da pastagem) com acréscimo em 5,24% no segundo período, resultando em 9,14% de área regenerada em 2018.

Quando analisado em décadas, a maior perda de vegetação nativa deu-se na segunda década (1997-2007) com mais de 20% de decréscimo, enquanto a pastagem apresentou ganho nas duas primeiras décadas e uma queda bruta na terceira década (2008 – 2017) chegando a saldo negativo. No entanto, a agricultura apresentou um aumento linear, diferente da silvicultura que houve grande crescimento na última década (Figura 3.5).

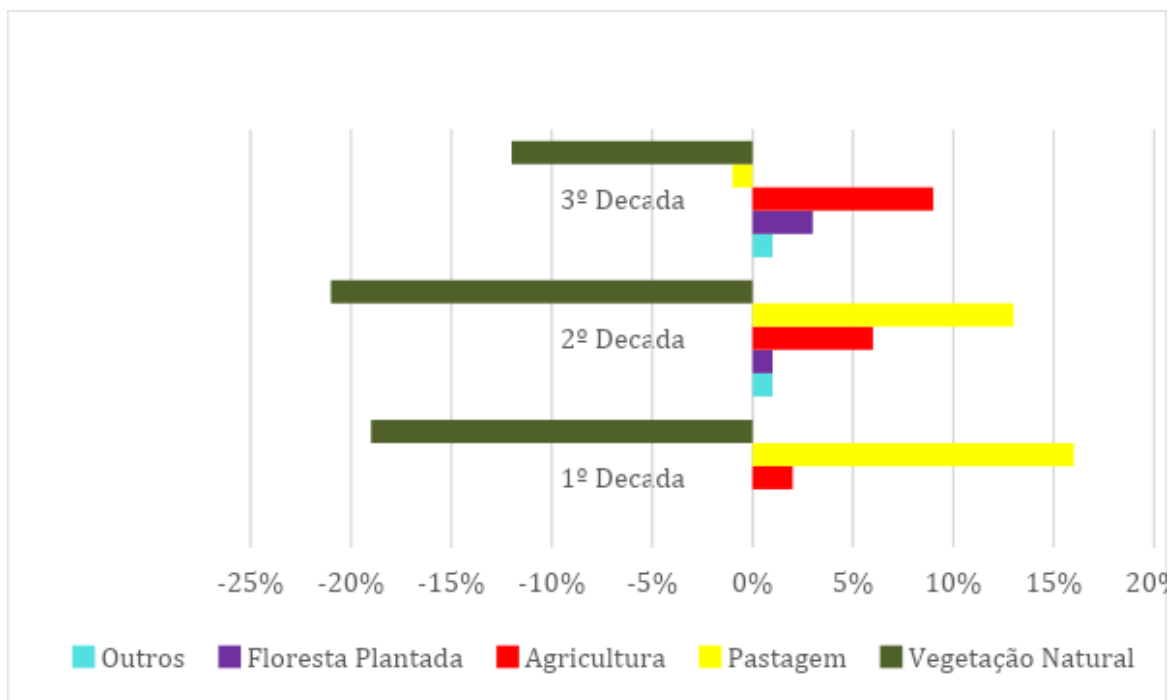


Figura 3.5 - Gráfico de porcentagens de transições de uso e cobertura da terra no Brasil agrupado em décadas: 1ª década entre 1985 a 1995, 2ª década entre 1996 a 2006 e a 3ª década é entre 2007 e 2018.

Em se tratando em área, o território brasileiro durante as últimas três décadas, alcançou a perda bruta de cerca de 68 mha em formações florestais e 37 mha em formações savânicas, uma taxa de desmatamento alcançando 2 e 1 mha/ano, respectivamente (Figura 3.6). Consequentemente, os dados apresentaram um avanço das áreas de pastagens que apesar do crescente avanço sob a vegetação nativa, se estagnou no ano de 2006, com cerca de 200 mha, por consequência das conversões também para outros usos.

Áreas Estimadas com Inspeção de pontos para o Território Brasileiro

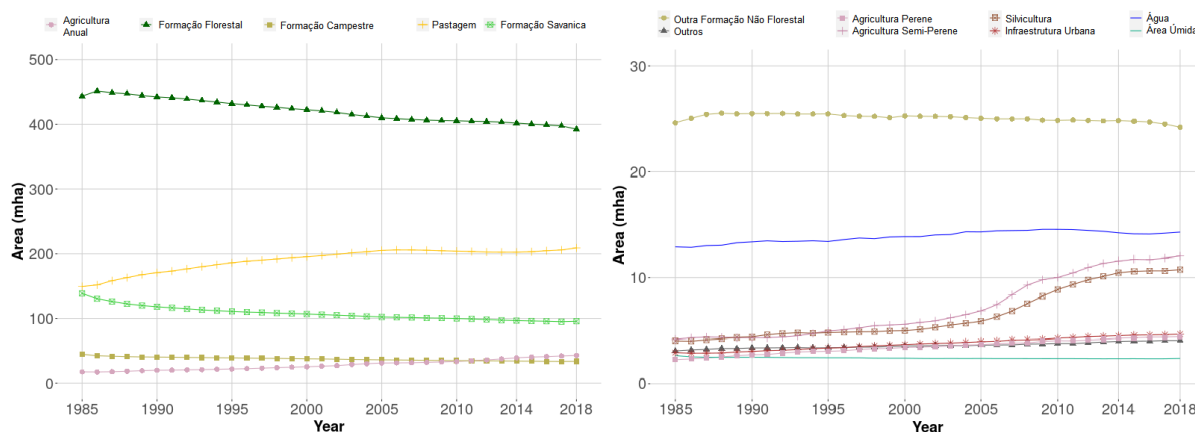


Figura 3.6 - Gráfico de áreas estimadas de área utilizando os pontos

A cultura semi-perene apresentou avanços contínuos até o ano de 2006 onde houve aumento repentino da cultura de 4 mha, seguindo o mesmo padrão e área da silvicultura. Assim como a cultura perene e a infraestrutura urbana, que aumentam gradativamente e proporcionalmente.

3.4 Discussões

O território brasileiro está em constante movimento e transformação. Diferentes tipos de uso avançam sobre fragmentos de vegetação nativa, ao mesmo tempo em estes usos permutam áreas entre si. Neste contexto de mudanças, destaca-se também a regeneração da cobertura nativa (i.e., formações florestais, savânicas e campestres) em áreas abandonadas. As conversões da vegetação natural para áreas de pastagens se expandem, principalmente na Amazônia e Cerrado, enquanto que no centro-sul do país a pecuária está sendo substituída pela agricultura e silvicultura.

Estas transformações têm se intensificado nas últimas décadas, principalmente a partir da Constituição de 1988 de cunho econômico-liberal, gerando uma estagnação industrial e alto crescimento do comércio externo oriundos da agricultura na década de 1980, apesar de precária

(DELGADO, 2001). Com a implantação do Plano Real em 1994, proporcionou uma estabilidade econômica com melhoria nas cotações internacionais para a agropecuária, beneficiando principalmente a soja, café, cacau, açúcar, algodão, carnes e outros produtos agrícolas, além da redução dos preços de insumos agrícolas e aumento da taxa de importação (DE MELO, 1999).

Em contrapartida, em 1992, na tentativa de um desenvolvimento sustentável, aliando o crescimento socioeconômico à preservação ambiental e equilíbrio climático, o Brasil participa da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) estipulado na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, Rio 92 (MMA). E o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, desenvolvido em 2004, propondo Ordenamento Fundiário e Territorial com destinação de 25 mha em Unidades de Conservação federais e 10 mha em Terras Indígenas, o monitoramento e controle de desmatamento através de sistemas de alertas e fiscalização realizado por órgãos da competência, o que resultou em queda de 70% da taxa anual de desmatamento nos 10 últimos anos, porém ainda com valores em área significativos (MMA).

Desta forma, as pastagens brasileiras, apresentaram a partir de 2006 o valor de área e em rebanho bovino estáveis, porém houve continuidade na dinâmica de deslocamento da pecuária (principalmente da região da Mata Atlântica para Cerrado e Amazônia), motivado principalmente, pelo baixo valor das terras já desmatadas (PARENTE e FERREIRA, 2018). Desta forma, a expansão agrícola sobre as áreas de pastagens consolidadas no centro-sul está vinculada à produção de commodities e exportação, principalmente grãos e cana-de-açúcar, devido, principalmente, a facilidade de acesso a insumos e escoamento da produção (PARENTE et al., 2019). Consequentemente, o aproveitamento mais eficiente das áreas convertidas para pastagens evita o processo de degradação dos pastos por abandono ou ausência do manejo, que provoca baixa eficiência produtiva e impactos tanto ambientais, quanto sociais e econômicos (ARANTES, 2017; PARENTE et al., 2019; OLIVEIRA-SANTOS et al., 2019).

Em relação a agricultura, a década de 1970 constitui-se de um importante marco, pois a partir deste período, inicia-se um extenso processo de modernização e industrialização na

agricultura brasileira. Foi também nesta década que foram estabelecidos os PND (Planos Nacionais de Desenvolvimento) que tinham como objetivo promover o reordenamento territorial por meio da integração nacional e da expansão das fronteiras agrícolas e econômicas a partir das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste (COSTA, 2000; ESTEVAM, 1997; Silva 2013). O I PND destinou recursos principalmente a implantação de infraestrutura visando uma tempestiva integração das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste ao Sudeste. II PND objetivou o desenvolvimento de uma base autônoma, através do subsidio de atividades como indústria, agricultura, pecuária e mineração. Desta forma, o investimento concentrou-se nos setores de equipamentos, insumos e de energia. O III PND apenas deu continuidade às ações estabelecidas nos programas anteriores.

No âmbito do Cerrado, pode-se citar os seguintes programas que se desdobraram principalmente das ações do II PND: o Polocentro (Programa de Desenvolvimento das Áreas de Cerrado), que visava a expansão e modernização da agropecuária no Cerrado; o Programa Especial da Região Geoeconômica de Brasília e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER). Esses programas promoveram melhoria e ampliação da infraestrutura e ainda concederam crédito para o desenvolvimento do setor agropecuário visando a expansão de commodities (ESTEVAM, 2007, ALHO e MARTINS, 1995; SILVA et al., 2013). E, recentemente, o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba (PDA-Matopiba) criado em 2015 para promover o desenvolvimento das atividades agropecuárias nos estados da Bahia, Maranhão, Tocantins e Piauí, subsidiando melhoria na infraestrutura logística, desenvolvimento tecnológico e melhoria na renda rural (BRASIL, 2015).

No que tange a cana-de-açúcar, podemos mencionar nas últimas décadas alguns importantes acontecimentos que estimularam a expansão do setor no Brasil. Por exemplo, a crise mundial do açúcar, as crises mundiais do petróleo de 1975 e 1979, a criação do Proálcool (Programa Nacional do Álcool) que buscou a autossuficiência energética brasileira estimulando a produção do etanol como combustível alternativo à gasolina. Somam-se a esses os PND, o protocolo de Kyoto e Plano Nacional de Agroenergia (2006 - 2011), que devido ao crescimento

da demanda ambiental, estimulava a produção de biocombustíveis no país como o etanol, aprovando a implantação de novas usinas em todo país, principalmente nos estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais (VIAN, 2003).

Entretanto, com a Lei estadual n. 11.241, de 19.09.2002, que proibia uso do fogo para manejo das lavouras de cana-de-açúcar do estado de São Paulo, incentivando a mecanização da colheita, tornou-se inviável o plantio em regiões de maior declive nas regiões sul-sudeste do país (SÃO PAULO, 2002). A retração nesta região acabou por impulsionar a expansão da cana para outras regiões, por exemplo o centro-oeste (Sul Goiano), devido suas características de solos, topografias, clima e infraestruturas favoráveis, em meados da década de 2000 (RIBEIRO, 2010). Exceto para os biomas Amazônia e Pantanal e a bacia do Alto Paraguai, por não se incluírem no Zoneamento Agroecológico da Cana, que levou em conta a vulnerabilidade das terras, o risco climático, o potencial de produção agrícola sustentável e a legislação ambiental vigente, para determinar regiões aptas para cultivo da cana-de-açúcar (MANZATHO, et al., 2009).

A produção de soja, desde o início do Plano Real em 1994, tornou-se o primeiro no ranking de produção agrícola com acréscimo de 201,6% de área colhida até 2018, atualmente responsável por 15% da exportação brasileira, e seus derivados com 2,8%, do milho com 1,3% de taxa de exportação (EXPORTAÇÕES, 2018; IBGE, 2018). Outro fator que influenciou esta expansão de áreas produzidas, além do fator exportação na qual cotação em dólar os tornam mais rentáveis, foram os avanços tecnológicos para o aumento da produtividade (IBGE, 2018). Em contrapartida, também houve a Moratória da Soja, criada em 2006, a fim de conter a expansão da sojicultura no bioma Amazônia, gerando o compromisso com as empresas para a não comercialização da soja advinda de desflorestamentos (ABIOVE, 2014). E apesar de comeder a conversão da vegetação para cultivo da soja, não atingiu o principal objetivo, cessar os desmatamentos, já que a perda continuou para a expansão da pecuária.

O avanço da silvicultura apresentou um aumento em mais de 5 pontos percentuais, na produção de carvão vegetal oriundo de silvicultura (IBGE, 2006). Atualmente, concentram-se nas Regiões Sul e Sudeste e corresponderam a mais de 64% da produção nacional para o ano

de 2018 (IBGE, 2018), ou seja, regiões de Pampa, Mata Atlântica e porções do Cerrado, onde eram em 1985 áreas de pastagens ou naturais. Podem estar relacionados aos incentivos governamentais para adoção de sistemas integrados, que combinam atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais, intensificando a produção de forma mais sustentável e minimizando os impactos ambientais (GIL et al., 2015).

Entretanto, estas transformações no território acompanhadas da expansão agrícola e pecuária extensiva levaram a participação da agropecuária no PIB de 5,47% em 1999 aos atuais 5,66% em 2016 (IBGE/PIB dos Municípios; 2016), enquanto havia um avanço de 34 mha em áreas. Ainda, da área modificada no Brasil, cerca de 9% das áreas desmatadas retomaram a vegetação de origem, proporcionando a recuperação da biodiversidade da região e posteriormente gerando uma perda de área já produtiva. Sendo que, uma vez que removida a vegetação nativa, pode levar mais de 20 anos em regeneração natural para recupera-la de forma fisionômica e estrutural da floresta (RIBEIRO, et al., 2013). Contudo, o aproveitamento das áreas já em uso com novas técnicas de manejo e produção é, mais eficiente em termos de produtividade do que a expansão de novas áreas agrícolas e pecuárias, evitando o abandono de terras (ARANTES, 2017).

3.5 Conclusões

Diante do exposto, concluímos que a dinâmica do uso da terra no Brasil pode ser analisada por meio de dados de Sensoriamento Remoto, cujos dados não se limitam a imagens brutas ou resultantes de mapeamentos por Classificação de Imagens. Um conjunto de dados (pixels) com bom desenho experimental para quantificar e espacializar amostras ao longo do território brasileiro seguidos de inspeções visuais de qualidade, dentre vários usos, auxiliam significativamente para compreensão da dinâmica espacial da paisagem.

Neste contexto, os dados mostram que o Brasil está sendo diretamente influenciado pelas políticas públicas adotadas pelo Estado. Os desmatamentos ocorrem em função da expansão agropecuária, que atualmente é a base econômica do país, de modo que a pecuária

sucedem em cerca de 50% destes eventos, e 20% das pastagens consolidadas convertem-se em agriculturas.

Entretanto, o aumento em extensão de áreas produzidas não está diretamente relacionado à aumento da produtividade, outros fatores como avanços tecnológicos apresentam um melhor desempenho e eficiência na produção. Desta forma, o desflorestamento para o aumento de áreas de agropecuária são ineficientes, e gera abandono das terras e a restauração florestal.

3.6 Referências

ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. de S. **De Grão em Grão o Cerrado perde Espaço. Cerrado: impactos do processo de ocupação.** WWF, 1995.

ARANTES, A.E., **Caracterização biofísica e potencial à intensificação sustentável da pecuária brasileira em pastagens**, Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), Universidade Federal de Goiás, 26/12/2017.

ARRAES, R. DE A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. **Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.

BARROS, G. **Brazil: the challenges in becoming an agricultural superpower. In Brazil as an Economic Superpower? Understanding Brazil's Changing Role in the Global Economy.** Edited by Lael Brainard L, Martinez-Diaz L. Washington, D.C.: Brookings Institution Press; 2008

COSTA. W. M. da. **O Estado e as Políticas Territoriais no Brasil.** São Paulo: Contexto, 2000.

DECRETO Nº 8.447, DE 6 DE MAIO DE 2015. Dispõe Sobre O Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba e a Criação de seu Comitê Gestor.

DE MELO, F. H.; **Plano Real e a Agricultura Brasileira: Perspectivas.** Revista de Economia Política, v. 19, n. 4, p. 76, 1999.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DELGADO, G. C. **Expansão e modernização do setor agropecuário no pós-guerra: um estudo da reflexão agrária**. Estudos avançados, v. 15, n. 43, p. 157-172, 2001.

ESTEVAM, L. A. **O Tempo da Transformação: Estrutura e Dinâmica da Formação Econômica de Goiás**. Tese em Economia, Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 1997.

EXPORTAÇÃO, 2018; Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis/frame-brasil>>

FERREIRA, M. E., FERREIRA JR, L. G., LATRUBESSE, E. M., & MIZIARA, F.. **Considerations about the land use and conversion trends in the savanna environments of Central Brazil under a geomorphological perspective**. Journal of Land Use Science, 11(1), 33-47. 2016

GIL, J.; SIEBOLD, M.; BERGER, T. **Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil**. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 199, p. 394-406, 2015.

HORVITZ, D. G. & THOMPSON, D. J. **A generalization of sampling without replacement from a finite universe**. Journal of the American Statistical Association, 47:663–685. 1952

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. IBGE: Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html> Acesso em: Novembro de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em síntese**. IBGE: Rio de Janeiro, RJ, 2017. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>> Acesso em: Novembro de 2018.

IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2018**. Disponível em:



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2018_v45_br_informativo.pdf

> Acesso em: 05/11/2019.

IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018; Disponível em:
<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2018_v45_br_informativo.pdf
>

IBGE, 2006; Disponível em: <
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2006_v21.pdf>

IBGE, 2018. **Produção da Extração Vegetal e Silvicultura 2018**. Disponível em:
<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2018_v33_informativo.pdf>

STEPHEN, V. S. **Estimating area and map accuracy for stratified random sampling when the strata are different from the map classes**. International Journal of Remote Sensing, 35:13, 4923-4939, DOI: 10.1080/01431161.2014.930207 .2014

JEPSON, W., BRANNSTROM, C., FILIPPI, A. **Access regimes and regional land change in the Brazilian Cerrado, 1972-2002**. Ann. Assoc. Am. Geogr. v. 100, p. 87–111, 2010, <https://doi.org/10.1080/00045600903378960>

KHATAMI, R.; G. MOUNTRAKIS; STEHMAN, S.V. **A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research**. Remote sensing of Environment, Vol. 177, pp. 89-100.2016

LATRUBESSE, E.M., AMSLER, M. L., MORAES, R. P., AQUINO, S. **The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River**. Geomorphology. v. 113, p. 239–252, 2009, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.03.014>

MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro**. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E). 2009



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MapBiomass. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/pages/about/about>> Acesso em: 05/10/2019

MARTINELLI, L. A., NAYLOR, R., VITOUSEK, P. M., & MOUTINHO, P. **Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future**. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(5-6), 431-438. 2010

MARTINELLI, L.A.; FILOSO, S. **Balance between food production, biodiversity and ecosystem services in Brazil: a challenge and an opportunity**. *Biota Neotrop*, 9:21-25. 2009

MENDELSON, R. **Property rights and tropical deforestation**. *Oxford economic papers*, v. 46, p. 750-750, 1994.

MÉSZÁROS, I. **Para Além do Capital: Rumo a Uma Teoria da Transição**. Tradução Paulo Cezar Castanheira, Sérgio Lessa. 1.ed. revista. São Paulo: Boitempo, 2011.

MYERS, N., MITTERMELER, R. A., MITTERMELER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. *Nature*. v. 403, p. 853–858, 2000, <https://doi.org/10.1038/35002501>

NOGUEIRA, S. M; PARENTE, L.L; FERREIRA, L.G. **Temporal Visual Inspection: uma ferramenta destinada à inspeção visual de pontos Em Séries Históricas de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva 6 a 9 de novembro de 2017, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 624-628.

NOGUEIRA, S. H. M, PARENTE, L. L, FERREIRA, L.G. **Temporal visual inspection: uma ferramenta destinada à inspeção visual de pontos em séries históricas de imagens de sensoriamento remoto**, in: Anais Do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva. Rio de Janeiro, Brazil, pp. 624–628. 2017

OLIVEIRA-SANTOS, C.; FERREIRA JR, L. G.; PARENTE, L. L.. **Deteção De Processo De Degradação Em Áreas De Pastagens No Bioma Cerrado: Uma Análise Baseada Em Dados De Sensoriamento Remoto De Resolução Espacial Moderada**. In: Anais Do XIX Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 2019, Santos. Anais Eletrônicos... Campinas, Galoá,



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

2019. Disponível Em: <<https://Proceedings.Science/Sbsr-2019/Papers/Deteccao-de-processo-de-degradacao-em-areas-de-pastagens-no-bioma-cerrado--uma-analise-baseada-em-dados-de-sensoriamento>> Acesso Em: 18 Nov. 2019.

PARENTE, L. L.; FERREIRA JR, L. G. **Assessing the Spatial and Occupation Dynamics of the Brazilian Pasturelands Based on the Automated Classification of MODIS Images from 2000 to 2016**. Remote Sens. 10 , 606. 2018

PARENTE, L. L.; MESQUITA, V.V.; MIZIARA, F.; BAUMANN, L.; FERREIRA JR, L.G. **Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing**. Remote Sens. of Environment. 2019.

RATTER, J. A., RIBEIRO, J. F., BRIDGEWATER, S. **The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity**. Ann. Bot. v. 80, p. 223–230, <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0469> . 1997

RIBEIRO, S. C., BOTELHO, S. A., FONTES, M. A. L., GARCIA, P. O., & DE SOUZA ALMEIDA, H. . **Regeneração natural em áreas desmatadas e dominadas por Pteridium aquilinum (L.) Kuhn. na Serra da Mantiqueira**. Cerne, 19(1), 65-76. 2013

RIBEIRO, N. V. **Expansão Sucroalcooleira no Bioma Cerrado: Tendências, cenários e impactos**. 2010.

SANTOS, M. **Espaço e método**. São Paulo: Nobel, 1985.

SÃO PAULO (Estado). **Lei n. 11.241, de 19 de setembro de 2002**. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. Diário Oficial [do] Estado de São Paulo, São Paulo, v. 112, n. 180, 19 set. 2002. Seção 1, p. 2. Disponível em: . Acesso em: out. 2017.

TOWNSHEND, J.R.; J.G. MASEK; C. HUANG; E.F. VERMOTE; F. GAO; S. CHANNAN; J.O. SEXTON; M. FENG; R. NARASIMHAN; D. KIM; K. SONG; D. SONG.; P. SONG; P. NOOJIPADY; N. TAN; M. HANSEN; M. LI; R.E. WOLFE. **Global characterization and**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

monitoring of forest cover using Landsat data: opportunities and challenges. International Journal of Digital Earth. Vol. 5, N° 5, pp. 373-397. 2012

TYUKAVINA, A., HANSEN, M. C., POTAPOV, P. V., STEHMAN, S. V., SMITH-RODRIGUEZ, K., OKPA, C., & AGUILAR, R. **Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013.** Science advances, 3(4), e1601047. 2017

VIAN, C. E. F. **Agroindústria canavieira: estratégias competitivas e modernização.** São Paulo: Átomo, 2003.

4. Artigo 2 – Afinal, qual é a qualidade dos nossos mapas? Análise sobre a consistência espacial do mapeamento das áreas de pastagens do Brasil

4.1. Introdução

O Brasil apresenta cerca de 20% de seu território ocupado pelo uso de pastagens. As pastagens brasileiras são predominantemente cultivadas com espécies exóticas e estão presentes em todos os biomas. Para cada região morfoclimática as espécies de gramíneas apresentam características e comportamentos distintos. Sendo assim, o grande desafio de mapeamento deste uso se deve a abrangência no território e a variedade de padrões de pastos.

O Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig) do Instituto de Estudos SócioAmbientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), deu início em 2009 ao primeiro projeto em parceria com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para mapeamento das áreas de pastagens, da biomassa e da produtividade primária para o Cerrado: com término em 2012. Desde então, os avanços tecnológicos na área de sensoriamento remoto viabilizaram o aprimoramento dos estudos das áreas de pastagens, e possibilitaram inúmeros projetos neste âmbito e a expansão da área mapeada para todo o território brasileiro (PARENTE *et al.*, 2017; PARENTE *et al.*, 2018; PARENTE *et al.*, 2019a e b).

Diante dessas perspectivas, em 2014, foi proposto o desenvolvimento de três novos projetos no âmbito da pastagem: o primeiro em parceria com a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, intitulado “Radiografia das Pastagens do Brasil” que objetivou gerar uma análise exploratória sobre a possibilidade de monitorar a qualidade destas áreas de pastagens; o segundo em parceria com WWF-Brasil para gerar dados sobre manejo da pastagem para os biomas Pantanal e Cerrado; e o terceiro, com apoio da Gordon and Betty Moore Foundation (GBMF) visa gerar, além dos mapeamentos, estimativas das áreas de pastagens com indícios de degradação e identificar as tendências de degradação e/ou recuperação destas áreas (ARANTES, 2017).

O Lapig em parceria com o Projeto MapBiomass desenvolve e disponibiliza mapas com séries históricas desde 1985, com resolução espacial de 30 metros, (SOUZA et al., 2020), mapas de pastagens degradadas em 3 níveis (Ausente, Intermediário e Severa) para os anos de 2010 e 2018, já disponíveis nas plataformas do Mapbiomas e Pastagem.org, e posteriormente será estendida também para a série histórica.

Realizou-se um estudo para avaliar a qualidade da série histórica de 1985 a 2018 dos mapas de pastagem, em relação ao nível de omissão, comissão e consistência (SILVA et al., 2019). Dando continuidade a este estudo, e tendo em vista a importância destes dados, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do mapa de pastagem elaborado pelo Lapig somente para o ano de 2019, compreendendo a paisagem e sua influência sobre a classificação.

4.2. Metodologia

4.2.1. Desenho Amostral

A análise do mapa de pastagem foi realizada através da geração de 84.177 grids 10 km x 10 km cobrindo todo o território (Figura 4.1). Foram divididos em 6 estratos de acordo com o percentual da classe pastagem por grid, sendo: S0 (0 a 0,01%); S1 (0,01 – 20%); S2 (20-40%); S3 (40-60%); S4 (60-80%); e S5 (80-100%). A partir destes estratos, foi gerado uma amostragem aleatória estratificada, a amostra resultante é proporcional à população dos estratos, resultando em 765 amostras (S0: 193; S1: 189; S2: 111; S3: 91; S4: 62; e S5: 19).

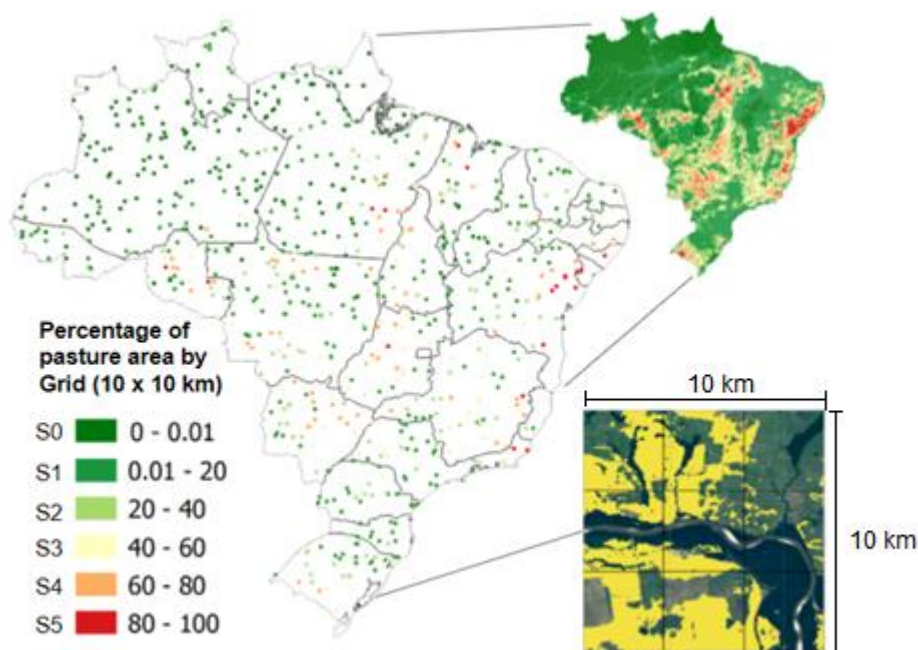


Figura 4.7. Desenho amostral do sorteio dos grids de pastagem

4.2.2. Protocolo de classificação

Para a realização desta análise a equipe contou com uma ferramenta criada no Google Earth Engine com interface intuitiva afim de otimizar o processo de interpretação visual. A interface é dividida em *preview* na qual estão apresentadas as imagens e a máscara do mapa de pastagem e seu negativo, e o *console* é respondido um questionário sobre a paisagem e sobre a qualidade da classificação, podendo também alterar as imagens e descrever observações (Figura 4.2).

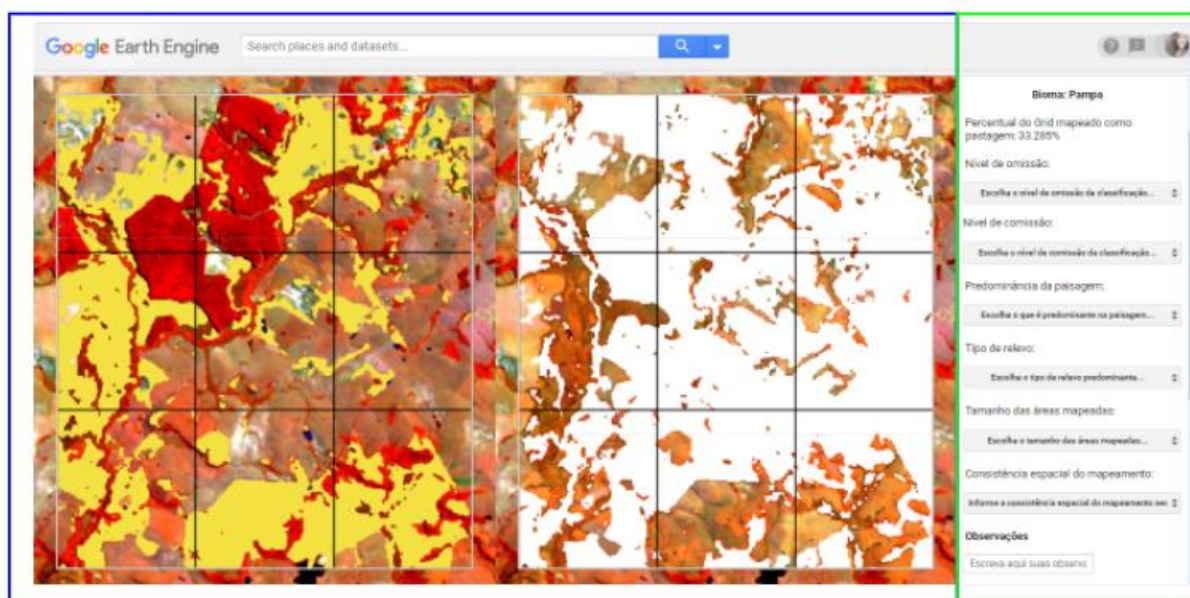


Figura 4.8. Interface gráfica do programa de inspeção de grids

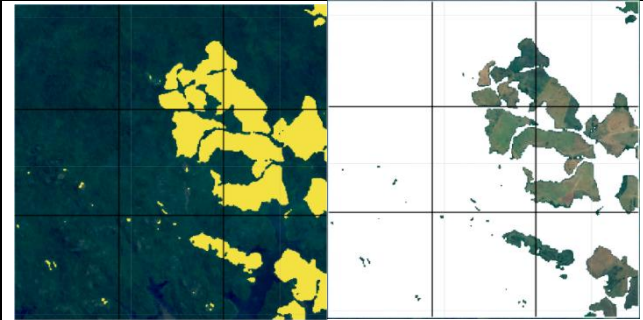
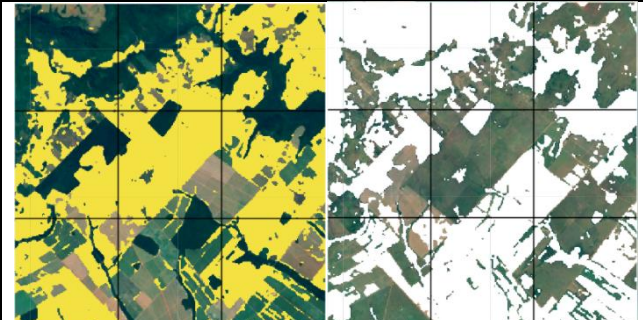
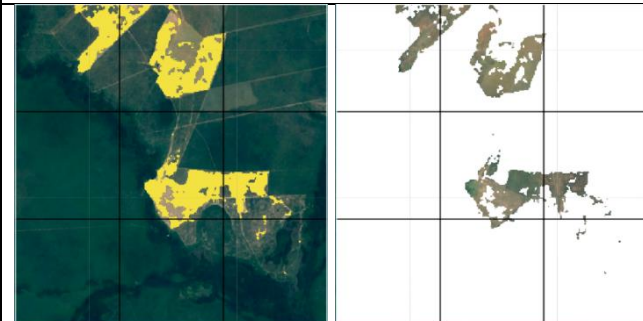
As imagens disponibilizadas foram: o mosaico de 2 anos Landsat (um dos parâmetros utilizados na classificação), a melhor imagem Sentinel 2 e os mosaicos trimestrais Sentinel 2 para o ano de 2019, em composições falsa cor (R5G6B4), *agriculture color* (R6G5B4) e *true color* (R2G3B4), na qual as áreas de pastagens fiquem realçadas em comparação com outros usos.

A partir disto, foi possível inferir sobre: o tipo de relevo (predominantemente movimentado ou plano); a paisagem no grid, caracterizada pelo uso ou cobertura da terra predominante (pastagem, vegetação nativa, agricultura ou outros); tamanho das geometrias (pequenas demarcações, talhões ou extensas áreas de pastagens, sendo consideradas em pequenas, médias ou grandes). A identificação dos problemas no mapa, quanto aos níveis de omissão (pastagem não identificada pelo classificador) e comissão (outros usos considerados como pastagem pelo classificador), categorizando-os como baixa, média ou alta, e a consistência espacial (preenchimentos dos polígonos gerados na classificação) em baixa ou alta.

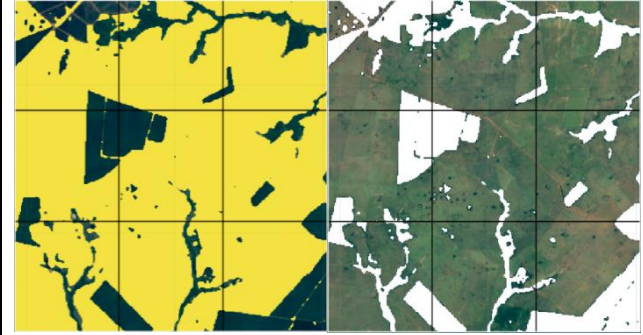
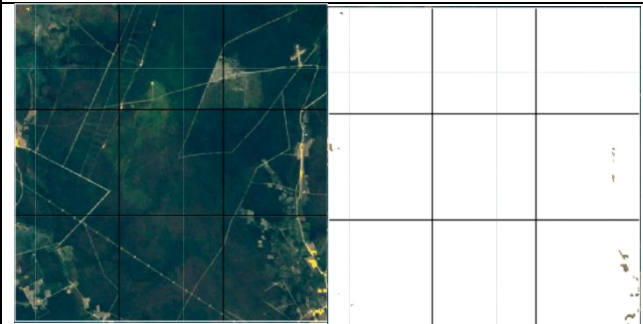
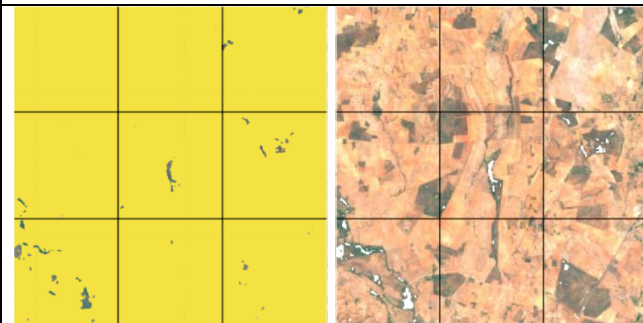
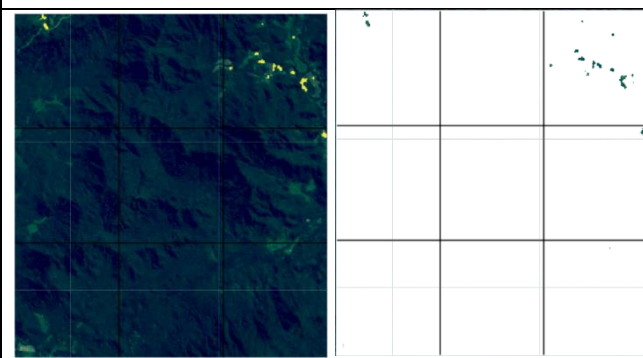
A equipe contou com 5 intérpretes: 4 estagiários inspecionando 112 grids e 1 supervisor sanando as dificuldades e analisando 317 grids. Foi realizado um treinamento para definição e

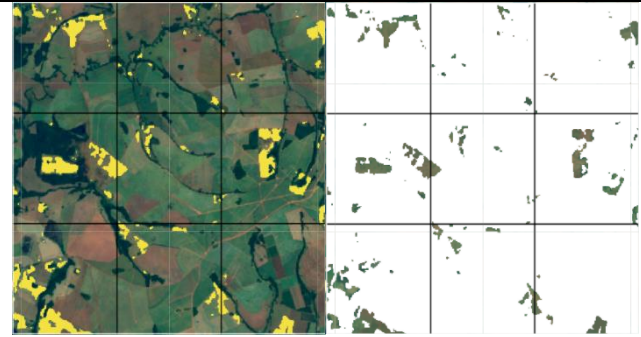
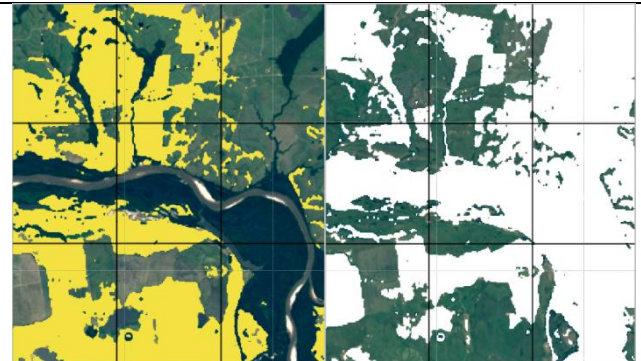
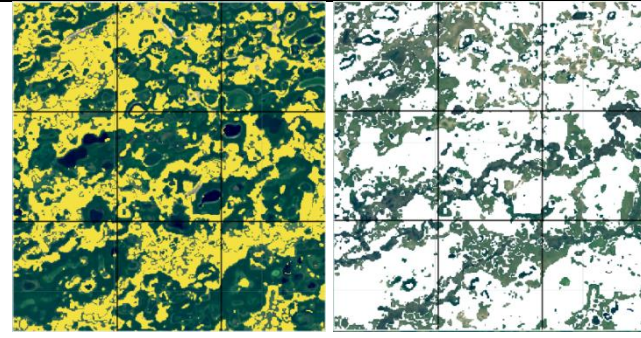
alinhamento dos critérios a serem utilizados. Neste sentido, os exemplos de classificações utilizados estão demonstrados no Quadro 4.1:

Quadro 4.2. Critérios de interpretação dos grids

	Bioma: Amazônia Paisagem: Vegetação Relevo: Plano Geometrias: Médias Comissão: Baixa Omissão: Baixa Consistência: Alta
	Bioma: Amazônia Paisagem: Agricultura Relevo: Plano Geometrias: Médias Comissão: Alta Omissão: Média Consistência: Baixa
	Bioma: Cerrado Paisagem: Vegetação Relevo: Plano Geometrias: Médias Comissão: Baixa Omissão: Alta Consistência: Baixa

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

	Bioma: Cerrado Paisagem: Pastagem Relevo: Plano Geometrias: Grandes Comissão: Baixa Omissão: Baixa Consistência: Alta
	Bioma: Caatinga Paisagem: Vegetação Relevo: Plano Geometrias: Pequenas Comissão: Baixa Omissão: Alta Consistência: Baixa
	Bioma: Caatinga Paisagem: Pastagem Relevo: Plano Geometrias: Grandes Comissão: Alta Omissão: Baixa Consistência: Baixa
	Bioma: Mata Atlântica Paisagem: Vegetação Relevo: Movimentado Geometrias: Pequenas Comissão: Baixa Omissão: Alta Consistência: Baixa

	Bioma: Mata Atlântica Paisagem: Agricultura Relevo: Plano Geometrias: Pequenas Comissão: Baixa Omissão: Média Consistência: Baixa
	Bioma: Pampa Paisagem: Pastagem Relevo: Plano Geometrias: Médias Comissão: Média Omissão: Baixa Consistência: Baixa
	Bioma: Pantanal Paisagem: Vegetação Relevo: Plano Geometrias: Médias Comissão: Média Omissão: Média Consistência: Baixa

4.2.3. Análise estatística do dado de referência

O dado resultante foi disposto em uma matriz as linhas representavam as amostras e as colunas as variáveis (informações registradas sobre a qualidade do mapa e a paisagem). A partir desta matriz, foram realizadas análises estatísticas de correspondência múltipla, de cluster e de correlação, executadas no software RStudio (KASSAMBARA, 2017).

A Análise de Correspondência Múltipla (MCA) é uma técnica de análise multivariada que permite compreender as relações existentes entre mais de uma variável (SOUZA et al., 2010). Sendo gerado com a matriz de Burt ajustada, utilizando a equação de Benzécri (CAMIZ, GOMES, 2016; OLIVEIRA et al., 2018), considerando as variáveis: bioma, paisagem, relevo, geometrias, omissão, comissão e consistência. Em seguida, utilizou-se o método Ward de cluster hierárquico para gerar agrupamentos das variáveis de maior interdependência (WARD JR., 1963) e por fim, utilizou-se da correlação de Spearman (ρ_s), para medir a dependência entre as variáveis (GOMES, 2017).

4.3. Resultados e Discussões

O estudo resultou em cerca de 45% dos grids com baixa omissão e comissão e alta consistência espacial, que é considerado o ideal, 11,8% apresentaram baixa omissão e média comissão ou o contrário com alta consistência, e 4,4% baixa omissão/comissão, porém com baixa consistência, sendo considerado um nível bom de mapeamento. O restante, classificado como nível médio a baixo dos mapeamentos, destes 1,4% houve somente problemas com grandes omissões e 4,7% somente com grandes comissões.

Analizando por biomas, temos que a Amazônia apresentou os maiores índices de baixa omissão e comissão e alta de consistência, devido à maior quantidade de áreas sem presença de pastagem e, quando presente, as duas classes apresentam distintas características espectrais, havendo baixa confusão. Enquanto a Mata Atlântica apresentou maior porcentagem de alta omissão, principalmente em regiões de maior declividade, e de pequenas geometrias, dificultando a identificação de áreas de pastagem. A Caatinga teve o segundo maior nível de omissão, principalmente, por conta das áreas de savanas, onde as características espectrais se assemelham, identificando assim, somente as pastagens com padrões mais homogêneas.

O Cerrado apresentou o terceiro maior índice de alta omissão, assim como a Caatinga, isto ocorreu principalmente nas áreas de predominância de savanas e campos. Enquanto o Pantanal e o Pampa apontaram os maiores percentuais de nível médio de omissão, ambos em

áreas de campos e áreas úmidas, se aproximando das características das pastagens, principalmente no período de menor umidade (Tabela 4.1).

Bioma	Grids	Omissão (%)			Comissão (%)			Consistência (%)	
		Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Baixa	Alta
Amazônia	372	78,23%	14,25%	7,53%	83,60%	6,99%	9,41%	20,43%	79,57%
Cerrado	171	57,89%	26,90%	15,20%	59,65%	24,56%	15,79%	39,77%	60,23%
Caatinga	78	50,00%	33,33%	16,67%	56,41%	26,92%	16,67%	58,97%	41,03%
Mata Atlântica	111	52,25%	28,83%	18,92%	64,86%	24,32%	10,81%	46,85%	53,15%
Pampa	18	50,00%	38,89%	11,11%	77,78%	22,22%	0,00%	44,44%	55,56%
Pantanal	15	40,00%	53,33%	6,67%	33,33%	46,67%	20,00%	53,33%	46,67%
Total	765	65,62%	22,48%	11,90%	71,63%	16,60%	11,76%	33,73%	66,27%

Tabela 4.1. Resultado das inspeções visuais dos grids por biomas

Quanto aos níveis de comissão, o Pantanal apresentou o maior número de nível alto e médio, devido às áreas de pastagem que nestas regiões de maior umidade apresentam resposta espectral semelhante às agriculturas em um período de tempo. Em compensação, o Pampa não obteve nenhum registro de alta comissão e exibe o segundo maior percentual em baixa comissão. E novamente, a Caatinga, o Cerrado e a Mata Atlântica se assemelhando quanto às porcentagens de nível médio de comissão, principalmente em áreas de agricultura. Em relação à consistência espacial, o bioma Amazônia e Cerrado detêm a maior porcentagem de alto nível, isso se deve principalmente à homogeneidade das classes e de conter, em sua maioria, grandes geometrias, enquanto a Caatinga e Pantanal apresentam os maiores índices de baixo nível.

Afim de compreender melhor cada bioma e quais variáveis interferiram para esse resultado da qualidade dos mapeamentos, foram analisados em forma de representação gráfica em dimensões, o grau de correlação através de pontos, onde quanto maior é a proximidade entre eles, maior o grau de correspondência. Os pontos em lados opostos (quadrantes opostos) têm relação negativa. A distância entre os pontos da categoria e a origem mede a qualidade da categoria da variável, os que estão longe da origem são bem representados no mapa de fatores. O MCA (Análise de Correspondentes Múltiplos) resultou em oito dimensões, onde a primeira (X1) representa 61,9% e a segunda (X2) 27,5%, totalizando próximo de 90% das relações existentes, sendo assim, este estudo aborda o resultado destas duas dimensões.

Os grids apresentaram uma alta correspondência entre predominância da pastagem com áreas de grandes geometrias, sendo contrário à alta omissão e baixa consistência (Figura 4.3). Outra observação é na correlação entre o bioma Amazônia e a baixa omissão e alta consistência, divergindo com os outros biomas como o Cerrado e Pantanal que correspondem às geometrias regulares e alta comissão, o bioma Pampa em relação a omissão e comissão média e a Mata Atlântica apresentando predominância de agricultura, baixa consistência e alta omissão.

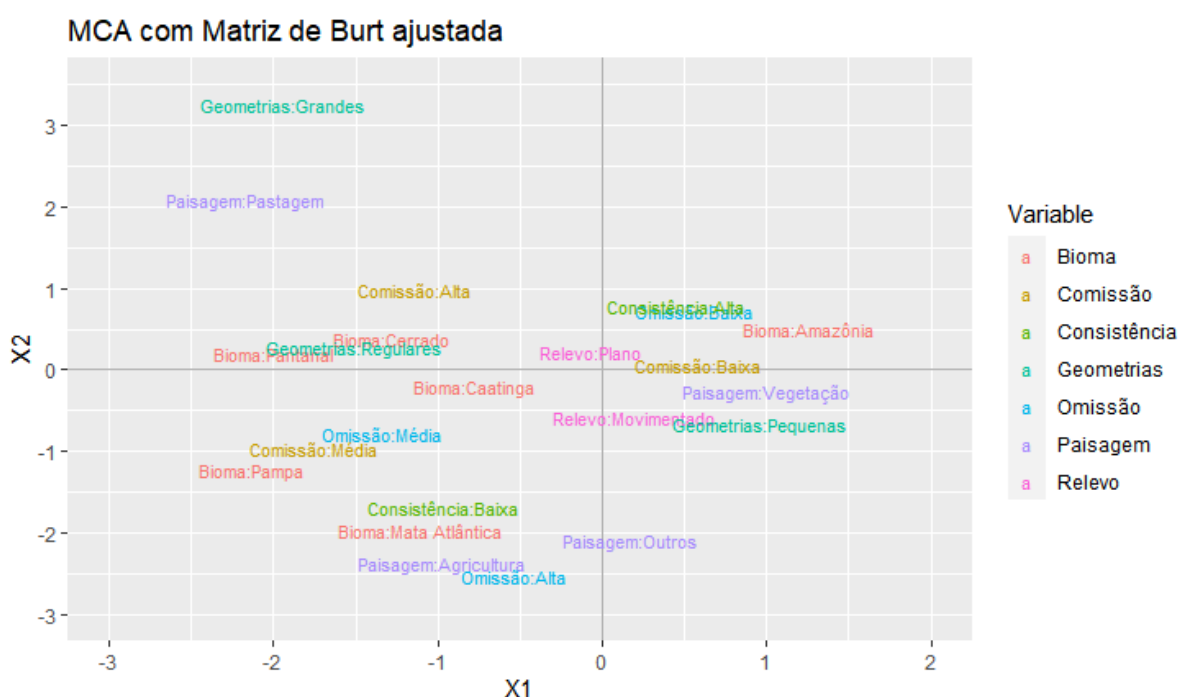


Figura 4.9. Gráfico MCA com Matriz de Burt ajustada

Analisando separadamente as dimensões, as variáveis de maior contribuição na dimensão 1 (Figura 4.4a) foram a predominância de pastagem e vegetação, além do bioma Amazônia, e geometrias médias a pequenas, e que não tiveram contribuições foram as duas formas de relevo. Para a dimensão 2 (Figura 4b), observa-se o que já havia sido relatado no MCA, que é a contribuição das grandes geometrias e predominância de pastagem, além de baixa consistência e alta omissão, e as quais não geraram contribuições foram os biomas Pampa, Caatinga e Pantanal, juntamente com a comissão baixa.

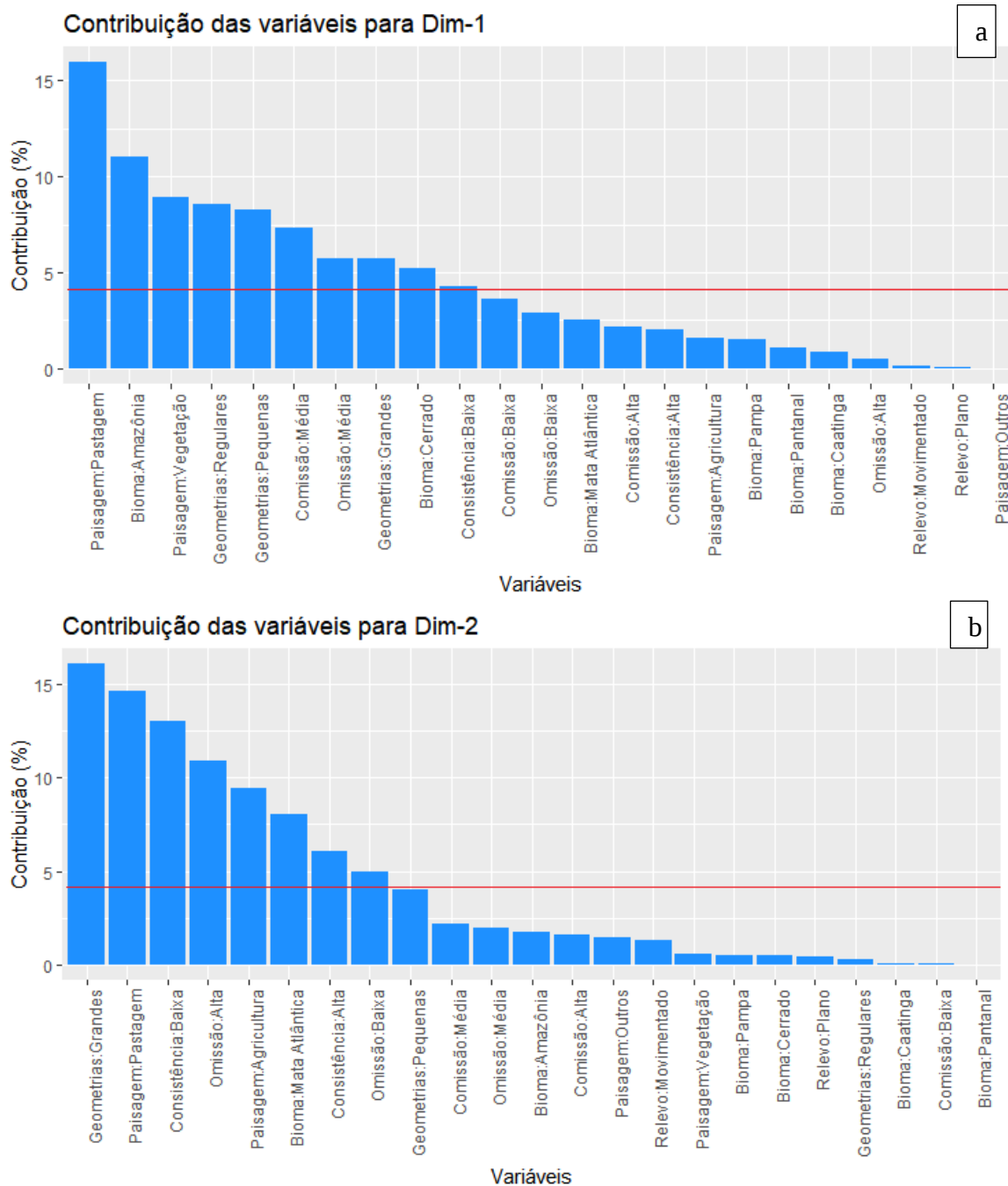


Figura 4.10. Contribuição das variáveis a) dimensão 1; b) dimensão 2

Para agrupar as variáveis de maior correspondência, foi realizado a análise de cluster indicando o número ótimo de agrupamentos, resultando em quatro grupos. Assim, aplicando

em dendogramas, destacamos na dimensão 1 a alta correspondência entre o bioma Amazônia, a predominância de vegetação e de pequenas geometrias. E na segunda dimensão a predominância de pastagem com as grandes geometrias (Figura 4.5).

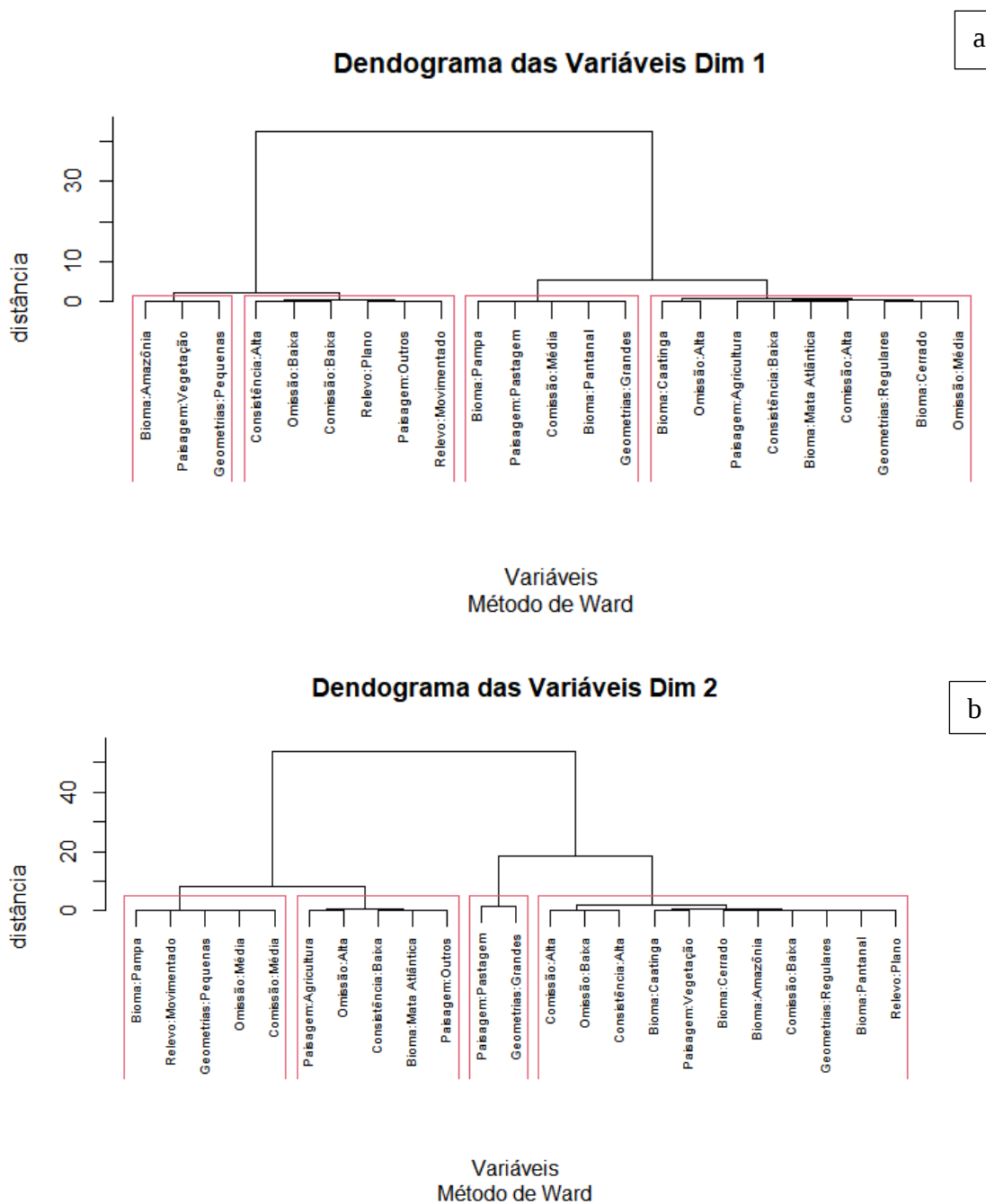


Figura 4.11. Dendograma das variáveis, a) dimensão 1; b) dimensão 2

Finalizando com a análise de correlação por biomas (Figura 4.6), apresenta na Amazônia uma maior correlação entre a paisagem e o tamanho das geometrias, e a omissão e comissão com a consistência espacial. No Cerrado, a paisagem tem média correlação com o relevo e as geometrias e consistência, além da consistência com a geometria e omissão. A Caatinga se assemelha com o comportamento no bioma Cerrado, porém o tamanho das geometrias tem correlação média com todas as variáveis e alta com a paisagem, além da paisagem estar correlacionada com omissão e comissão.

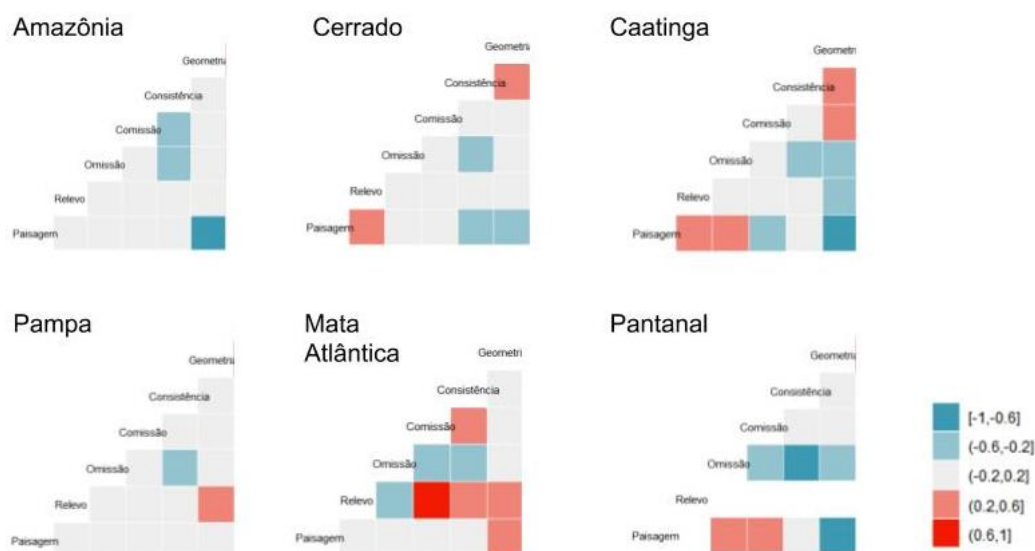


Figura 4.12. Gráficos de correlação para os Biomas

O bioma Pampa apresenta apenas duas correlações medianas entre omissão e consistência e o relevo com o tamanho das geometrias. Diferentemente da Mata Atlântica que revelou ser o bioma de maior complexidade, tendo de principal relação do relevo com todas as outras variáveis, sendo de alto nível com a comissão. E para o Pantanal, que não houve diferença de relevo, portanto não apresentou nenhuma correlação com esta variável, entretanto a omissão apresentou bastante interdependência entre comissão, geometria, mas principalmente na consistência, além da predominância da pastagem que só não apresenta correlação com a consistência espacial.

4.4. Considerações Finais

Em geral, o mapeamento das áreas de pastagens está satisfatório quanto aos níveis de omissão, comissão e consistência espacial, estando em maior parte classificado como bom ou ótimo. As omissões ocorrem principalmente em áreas centrais do mapa, gerando uma baixa consistência espacial, ou em áreas de predominância de vegetação com pequenas geometrias. Diferentemente das comissões que ocorrem principalmente associada às áreas de agricultura e de relevo plano, sem interferência na consistência espacial.

Quanto aos biomas Amazônia, Cerrado, Caatinga e Pantanal, a predominância da Paisagem e o Tamanho das geometrias influenciam na omissão e consistência espacial. E para Mata Atlântica: Principalmente o relevo influencia na omissão e comissão e consequentemente a consistência espacial. E Pampa tem baixa correlação entre relevo e tamanho das geometrias e a omissão e consistência correlacionando entre si. Ou seja, os biomas com maior variância entre as classes apresentam mais erros de omissão e comissão.

Desta forma, este estudo possibilitou a identificação das regiões do mapa com menor qualidade e quais as influências da paisagem nesta classificação para cada bioma e com base nesse conhecimento, será possível definir estratégias específicas para aperfeiçoar cada vez mais o mapa de pastagem.

4.5. Referências

ARANTES, A.E., **Caracterização biofísica e potencial à intensificação sustentável da pecuária brasileira em pastagens**, Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), Universidade Federal de Goiás, 26/12/2017.

CAMIZ, S.; GOMES, G. C. **Alternative Methods To Multiple Correspondence Analysis In Reconstructing The Relevant Information In A Burt's Table**. Pesquisa Operacional, v. 36, n. 1, p. 23-44, 2016.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

GOMES, FELIPE. **Correlações em R.** <http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/333174_2dd6bca1e4cc43159f088229bb76633e.html>. 2017.

KASSAMBARA, Alboukadel. **Guia prático para métodos de componentes principais em R: PCA, M (CA), FAMD, MFA, HCPC, factoextra**. Sthda, 2017.

PARENTE, L., FERREIRA, L., FARIA, A., NOGUEIRA, S., ARAÚJO, F., TEIXEIRA, L., & HAGEN, S. **A new mapping approach based on the landsat 8 spectral and temporal domains**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 62, p. 135-143, 2017.

OLIVEIRA, E. R. DE et al. **Development of a technological index for the assessment of the beef production systems of the Vermelho River Basin in Goiás, Brazil**. Pesquisa Operacional, v. 38, n. 1, p. 117-134, 2018.

PARENTE, L., & FERREIRA, L. **Assessing the spatial and occupation dynamics of the Brazilian pasturelands based on the automated classification of MODIS images from 2000 to 2016**. Remote Sensing, v. 10, n. 4, p. 606, 2018.

PARENTE, L., MESQUITA, V., MIZIARA, F., BAUMANN, L., & FERREIRA, L. **Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing**. Remote Sensing of Environment, v. 232, p. 111301, 2019a.

PARENTE, L., TAQUARY, E., SILVA, A. P., SOUZA, C., & FERREIRA, L. **Next Generation Mapping: Combining Deep Learning, Cloud Computing, and Big Remote Sensing Data**. Remote Sensing, v. 11, n. 23, p. 2881, 2019b.

SOUZA, A. C.; BASTOS, R. R.; VIEIRA, M. DE T. **Análise de correspondência simples e múltipla para dados amostrais complexos**. 19º SINAPE: São Pedro/SP, 2010.

SOUZA, C. M. et al. **Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine**. Remote Sensing, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

WARD JR, J. H. **Hierarchical grouping to optimize an objective function.** Journal of the American statistical association, v. 58, n. 301, p. 236-244, 1963.

5. Considerações Finais

Para compreender a dinâmica do uso e cobertura da terra no Brasil, este estudo trouxe duas técnicas de estatística aplicada ao sensoriamento remoto. A primeira, uma análise de pontos inspecionados visualmente, possibilitando quantificar e espacializar a informação e obter maior compreensão da dinâmica da paisagem. Tendo embasamento estatístico de alto rigor garantindo obter resultados de qualidade e representativos. E a segunda, é a inspeção visual de grids, possibilitando uma avaliação do mapeamento de pastagem correlacionando à análise da paisagem.

Desta forma, este estudo apresenta uma dinâmica no uso e cobertura no Brasil diretamente relacionada às medidas de políticas públicas adotadas pelo Estado, de forma que a economia que se baseia na agropecuária, rege as mudanças no uso e cobertura da terra. Apontando que a pecuária avança em cerca de 50% sobre desmatamentos em direção a região norte, e sendo convertido cerca de 20% das pastagens consolidadas nas regiões centro-oeste e sudeste em agriculturas.

O Brasil, que atualmente tem cerca de 20% de seu território sendo utilizado para a prática de pecuária, aproximadamente 170 mha, necessita de ferramentas para auxiliar no monitoramento desta dinâmica, como mapeamentos anuais. O Lapig tem uma trajetória de classificações de áreas de pastagens desde de 2014, e vem se aprimorando cada vez mais as técnicas, afim de produzir mapas de qualidade que melhor represente esta dinâmica.

Em base o estudo mostrou um resultado satisfatório quanto aos baixos níveis de omissão, comissão e alta consistência espacial dos mapas de pastagem, atingindo 60% classificado como bom ou ótimo. Em tese, as omissões ocorreram principalmente em áreas centrais dos polígonos, tornando-o de baixa consistência espacial. Diferentemente das comissões que ocorrem principalmente associado às áreas de agricultura e de relevo plano, sem interferência na consistência espacial.

Neste sentido, este trabalho é inovador por buscar compreender a dinâmica do uso e cobertura no Brasil através de duas distintas técnicas de sensoriamento remoto e estatística aplicada.

6. Referências

ABDI, H.; WILLIAMS, L. J. **Análise de componentes principais**. Revisões interdisciplinares de Wiley: estatísticas computacionais , v. 2, n. 4, pág. 433-459, 2010. Disponível em:<<http://staff.ustc.edu.cn/~zwp/teach/MVA/abdi-awPCA2010.pdf>>.

ARRAES, R.A MARIANO, F. Z. SIMONASSI, A. G. **Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.

BARROS, G. **Brazil: the challenges in becoming an agricultural superpower. In Brazil as an Economic Superpower? Understanding Brazil's Changing Role in the Global Economy**. Edited by Lael Brainard L, Martinez-Diaz L. Washington, D.C.: Brookings Institution Press; 2008:2-35.

BOLFARINE, BUSSAB, W. O. **Elementos de amostragem**. Editora Blucher, 2005.

BUTLE, D.R. WALSH, S. J. **The application of remote sensing and geographic information systems in the study of geomorphology: An introduction**. Geomorphology. Volume 21. Pages 179-181.1998.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. UNICAMP. Instituto de Geociências, 1999.

DELGADO, G. C. **Expansão e modernização do setor agropecuário no pós-guerra: um estudo da reflexão agrária**. Estudos avançados, v. 15, n. 43, p. 157-172, 2001.

ESCOFIER, B.; PAGES, J. 1994. **Multiple factor analysis (AFMULT package)**. Computational statistics & data analysis, 18(1): 121–140. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-9473\(94\)90135-X](http://dx.doi.org/10.1016/0167-9473(94)90135-X).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FAO. **Livestock's long shadow**. Food and Agriculture Organization of the United Nations . Rome, 2006.

FERREIRA, M. E. FERREIRA, L.G. LATRUBESSE, E. M. MIZIARA, F. **Considerations about the land use and conversion trends in the savanna environments of Central Brazil under a geomorphological perspective**. Journal of Land Use Science, 11(1), 33-47. 2016.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. São Paulo, 2005.

GOMES, F. **Correlações em R**. 2017 . Disponível em: < http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/333174_2dd6bca1e4cc43159f088229bb76633e.html#ordinal_x_ordinal > Acesso em: janeiro de 2021.

GREENACRE, M. **Correspondence analysis in practice**. CRC press, 2017.

HAIR, J. F., BLACK, W. C., BABIN, B. J., ANDERSON, R. E., & TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman editora. 2009.

HORVITZ, D. G. THOMPSON, D. J. **A generalization of sampling without replacement from a finite universe**. Journal of the American Statistical Association, 47:663–685. 1952.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário: 1985**. IBGE: Rio de Janeiro, RJ, 1985. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/47/ca_1985_n1_br.pdf > Acesso em outubro de 2020. .

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário : resultados definitivos 2017**. IBGE: Rio de Janeiro, RJ, 2017. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_producao_agropecuaria.pdf > Acesso em outubro de 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em síntese**. IBGE: Rio de Janeiro, RJ, 2017. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>> Acesso em nov. 2018.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JACINTHO, L.R.D.C. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP.** Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. 2003.

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

RIBEIRO JUNIOR. P.J. **Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo.** Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

KASSAMBARA, Alboukadel. **Guia prático para métodos de componentes principais em R: PCA, M (CA), FAMD, MFA, HCPC, factoextra .** Sthda, 2017.

KHATAMI, R. MOUNTRAKIS, G. STEHMAN, V.S. **A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research.** Remote Sensing of Environment, Vol. 177, pp. 89-100. 2016.

MARTINELLI, L. A, FILOSO S. **Balance between food production, biodiversity and ecosystem services in Brazil: a challenge and an opportunity.** Biota Neotrop 2009, 9:21-25. ISSN 1676-0611.

MAPBIOMAS - **Collection 4 of the Annual Land Use Land Cover Maps of Brazil.** Disponível em < <https://mapbiomas.org/> > Acesso em out. 2019.

MELO, F. H. **O Plano Real e a Agricultura Brasileira: Desafios.** Revista de Economia Política, v. 19, n. 4, p. 76, 1999.

MENDELSON, R. **Property rights and tropical deforestation.** Oxford Economic Papers, v. 46, p. 750-750, 1994.

MUELLER, C. C. **Dinâmica, condicionantes e impactos socioambientais da evolução da fronteira agrícola no Brasil.** Revista de Administração Pública, v.26, p.64-87, 1992.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

- MCLAUGHLIN, A. MINEAU, P. **The impact of agricultural practices on biodiversity.** Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 55, n. 3, p. 201-212, 1995.
- NOGUEIRA, S.H.M; PARENTE, L.L; FERREIRA, L.G. **Temporal Visual Inspection: uma ferramenta destinada à inspeção visual de pontos Em Séries Históricas de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositocarta. Rio de Janeiro - RJ, p. 624-628. 2017.
- NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto princípios e aplicações.** 2º ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.
- OLIVEIRA, E. R. DE et al. **Development of a technological index for the assessment of the beef production systems of the Vermelho River Basin in Goiás, Brazil.** Pesquisa Operacional, v. 38, n. 1, p. 117-134, 2018.
- PAGÈS, J. **Multiple factor analysis by example using R.** CRC Press, 2014.
- PALMEIRA, A. F. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à Gestão do território do município de Paragominas (Estado Do Pará).** Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. INPE. São José dos Campos. 2005.
- PANIZZA, A.C. FONSECA, F. P. **Técnicas de interpretação visual de imagens.** GEOUSP Espaço e Tempo (Online), n. 30, p. 30-43, 2011.
- PARENTE, L. FERREIRA, L. **Assessing the Spatial and Occupation Dynamics of the Brazilian Pasturelands Based on the Automated Classification of MODIS Images from 2000 to 2016.** Remote Sens. 2018 , 10 , 606.
- PARENTE, L. MESQUITA, V. MIZIARA, F. BAUMANN, L. FERREIRA, L. **Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing.** Remote Sens. of Environment. 2019.

SAATH, K. C. O. FACHINELLO, A. L. **Crescimento da Demanda Mundial de Alimentos e Restrições do Fator Terra no Brasil**. Revista de Economia e Sociologia Rural. 2018.

SILVA, A. P. M.; FERREIRA, NILSON CLEMENTINO . **Grids Inspection: Uma Ferramenta Destinada À Inspeção Visual De Grids Em Séries Históricas De Imagens De Sensoriamento Remoto**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019. v. 17.

TENG, W. L. **Fundamentals of Photographic Interpretation**. In: **Manual of photographic interpretation**. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Maryland, USA. 2ª Ed. 1997. 689 p.

TOWNSHEND, J.R. MASEK, J.G. HUANG, C. VERMOTE, E.F. GAO, F. CHANNAN, V. SEXTON, J.O. FENG, M. NARASIMHAN, R. KIM, D. SONG, K. SONG, D. SONG, P. NOOJIPADY, P. TAN, N. HANSEN, M. LI, M. WOLFE, R.E. **Global characterization and monitoring of forest cover using Landsat data: opportunities and challenges**. International Journal of Digital Earth. Vol. 5, Nº 5, pp. 373-397. 2013.

TULLIO, L. **Aplicações e princípios do sensoriamento remoto**. Ponta Grossa – PR. Atena Editora, 2018.

TYUKAVINA, A. HANSEN, M. C. POTAPOV, P. V. STEHMAN, S. V. SMITH-RODRIGUEZ, K. OKPA, C. AGUILAR, R. **Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013**. Science advances, 3(4), e1601047. 2017.

UNEP - United Nations Environmental Programme. 1992. **Agenda 21**. "On line". Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/>> Acesso em: 05 de jul. 2020.

VARÃO, C. BATISTA, C. MARTINHO, V. **Métodos de amostragem**. Departamento de Educação FCUL. Metodologia de Investigação I, v. 2006/2005.

WARD JR, J. H. **Hierarchical grouping to optimize an objective function**. Journal of the American statistical association, v. 58, n. 301, p. 236-244, 1963.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

YAMAMOTO, J. K. LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. Oficina de textos, 2015.