



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/08.30.14.33-TDI

SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS MODIS PARA AVALIAÇÃO DE PASTAGENS TROPICAIS

Daniel Alves de Aguiar

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, orientada pelo Dr. Bernardo Friedrich Theodor Rudorff, aprovada em 24 de setembro de 2013.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ENND62>>

INPE
São José dos Campos
2013

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):

Presidente:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

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



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/08.30.14.33-TDI

SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS MODIS PARA AVALIAÇÃO DE PASTAGENS TROPICAIS

Daniel Alves de Aguiar

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, orientada pelo Dr. Bernardo Friedrich Theodor Rudorff, aprovada em 24 de setembro de 2013.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ENND62>>

INPE
São José dos Campos
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Aguiar, Daniel Alves de.

Ag93s Séries temporais de imagens MODIS para avaliação de pastagens tropicais / Daniel Alves de Aguiar. – São José dos Campos : INPE, 2013.

xxiv + 143 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/08.30.14.33-TDI)

Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

Orientador : Dr. Bernardo Friedrich Theodor Rudorff .

1. EVI-2. 2. intensificação. 3. degradação. 4. pastagens tropicais. 5. fotografias verticais. I.Título.

CDU 528.855:63



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

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

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

Dr. Antonio Roberto Formaggio



Presidente / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Bernardo Friedrich Theodor Rudorff



Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Marcos Adami



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

Dr. Moacyr Bernardino Dias Filho



Convidado(a) / EMBRAPA / Belém - PA

Dra. Sandra Furlan Nogueira



Convidado(a) / EMBRAPA / Campinas - SP

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

Aluno (a): **Daniel Alves de Aguiar**

São José dos Campos, 24 de Setembro de 2013

“A verdadeira colheita de meu dia-a-dia é algo de tão intangível e indescritível quanto as matizes da aurora e do crepúsculo. O que tenho na mão é um pouco de poeira das estrelas e um fragmento do arco-íris”.

Henry David Thoreau

Walden ou a vida nos bosques

Às crianças que surgiram em minha vida, Pedro, Davi e Lucas.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Bernardo Friedrich Theodor Rudorff, pelas oportunidades concedidas, pela orientação, pela amizade e pelo incentivo irrestrito frente aos desafios.

A todos os meus colegas e amigos do INPE, em especial do Laboratório de Sensoriamento Remoto aplicado à Agricultura e Floresta (LAF), que colaboraram para que esta tese fosse realizada.

Ao Magog Araújo, à Tânia Litsue e aos estagiários do LAF, pela ajuda.

Aos Drs. Arley Souza, Marcio Pupin e Marcos Adami, pela contribuição e disponibilidade.

À Agroconsult Consultoria, Bigma Consultoria e ao ICONE, por viabilizaram minha participação nas duas edições do Rally da pecuária e por me proporcionarem um aprendizado imensurável.

A todos os integrantes das equipes dos Rallys da pecuária, em especial: Alan Malinski, Gustavo Camarotti (*in memoriam*), Guto, Marcos Campos, Mauricio Nogueira e Valmir Assarice, que contribuíram para tornar, mesmo as rotas mais difíceis e cansativas, em ótimos momentos.

À equipe da Bigma Consultoria, em especial: Mauricio Nogueira e Gustavo Camarotti (*in memoriam*), pela ajuda e sugestões.

À Dra. Sandra Furlan e equipe do Projeto Geodegrade – EMBRAPA Monitoramento por Satélite, pelo apoio financeiro e científico.

Ao Dr. René Pocard Chapuis, pela hospitalidade.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, em especial à Divisão de Sensoriamento Remoto, pela oportunidade para o aperfeiçoamento científico e utilização de suas instalações.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

A minha mãe, a meu irmão, aos meus tios e à Juliana pela força, dedicação e incentivo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente auxiliaram na execução deste trabalho de pesquisa.

Muito obrigado!

RESUMO

A inexorável mudança na dieta alimentar dos países emergentes, projetada para os próximos anos, aumentará o consumo global de proteína animal e demandará à pecuária brasileira uma resposta sobre a oferta de carne bovina. Todavia, existem dois fatores que devem associar o aumento da oferta de carne bovina exclusivamente à melhoria na produtividade da pecuária: i) a limitação da expansão pecuária e agrícola sobre a vegetação nativa devido às metas assumidas pelo governo federal para a redução das taxas de desmatamento e das emissões dos gases de efeito estufa; e ii) a competição por terras para a produção de grãos, fibras e biocombustíveis. Nesse sentido, a avaliação da qualidade das pastagens em escala regional é essencial, pois oferece subsídios para direcionar as políticas públicas de uso racional do território com o intuito de aumentar a produtividade da pecuária. A hipótese deste trabalho é que as imagens de satélites de observação da Terra podem ser empregadas para avaliar o processo de degradação, renovação/recuperação e reforma das pastagens tropicais. Para testar essa hipótese foram realizadas duas campanhas de campo nas quais foram percorridos aproximadamente 40 mil km em nove estados brasileiros. Para caracterização das pastagens amostradas foram realizadas medidas de parâmetros biofísicos e observações acerca das pastagens, do manejo adotado e das paisagens. Nas pastagens amostradas foram adquiridas fotografias verticais, das quais foram extraídas frações de cobertura da superfície. Séries temporais de EVI-2/MODIS do período de 2000 a 2012 das pastagens amostradas foram avaliadas de acordo com um protocolo elaborado com base em 7 métricas fenológicas, 14 critérios *booleanos* e 2 critérios numéricos. A base teórica deste protocolo foi elaborada a partir de entrevistas a produtores e especialistas em uma terceira campanha de campo realizada no âmbito do Projeto Geodegrade. Os resultados deste trabalho mostraram que as frações de cobertura da superfície extraídas de fotografias verticais são indicadores objetivos das condições das pastagens, em especial a fração não pastagem (solo + serrapilheira), que se mostrou um excelente indicador do estágio de degradação da pastagem. A análise das séries temporais permitiu estimar os percentuais de pastagens amostradas que passaram por algum tipo de intervenção e que estavam em processo de degradação biológica. Das 782 pastagens amostradas, 26,6% passaram por algum tipo de intervenção, 30,3% estavam em processo de degradação biológica e 43,1% não sofreram nenhum tipo de intervenção e não apresentaram tendência de redução de biomassa no período analisado.

MODIS TIME SERIES FOR EVALUATION OF TROPICAL GRASSLANDS

ABSTRACT

The inexorable diet change in the emerging countries, projected for the coming years, will significantly increase the global consumption of animal protein. Therefore, it is expected that the Brazilian livestock production should be prepared to answer for the increasing demand of beef. However, there are two factors that must associate the increasing beef supply exclusively to the improvement in livestock productivity: i) no expansion of livestock and farming on native vegetation due to the commitment of the Brazilian government to reduce deforestation rates and greenhouse gases emissions, and ii) continued conversion from pasture land to grain, fibers, and biofuel production. Consequently, the evaluation of pasture quality on a regional scale is important information to orient public policies to a rational land use strategy directed to improve livestock productivity. The hypothesis is that satellites images can be used to evaluate the processes of degradation, restoration and renovation of tropical pastures. To test this hypothesis two field campaigns were performed covering a trajectory of approximately 40,000 km throughout nine states. To characterize the sampled pastures biophysical parameters were measured, and observations about the pastures, the adopted management and the landscape were performed. Vertical photographs were acquired for each sampled pasture to estimate three different fractions of surface coverage. Each sampled pasture was evaluated using time series of EVI-2/MODIS images, from the period 2000-2012, according to a protocol based on seven phenological metrics, 14 Boolean criteria and two numerical criteria. The theoretical basis of this protocol was derived from interviews with producers and livestock experts during a third field campaign. The results of this work showed that the fraction of surface coverage, extracted from the vertical photographs, was a good indicator of pasture degradation, especially the no-green pasture fraction (soil and litter). The analysis of the time series of MODIS images provided valuable historical information on the type of intervention and on the biological degradation process of the sampled pastures. Of the 782 sampled pastures, 26.6% experienced some type of intervention, 30.3% was under biological degradation, and 43.1% presented neither intervention nor trend of biomass decrease during the analyzed period.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Demanda por terras da agricultura (grãos e cana-de-açúcar) e do setor florestal em 2022 (unidades em Mha).....	3
Figura 2.1 - Representação simplificada do conceito de pastagem degradada.....	9
Figura 2.2 - Suporte para apoio de câmera fotográfica da década de 20 (a); estimativa ocular de qualidade da pastagem (b); e suporte para apoio de câmera digital em alumínio (c). 12	
Figura 3.1 - Mapa da distribuição dos pontos das campanhas de 2011 e 2012 sobre os biomas brasileiros.....	18
Figura 3.2 - Mapa da distribuição dos pontos das campanhas de 2011 e 2012 e total de cabeças de bovinos por setor censitário de acordo com o Censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006).	20
Figura 3.3 - Representação esquemática (sem escala) do sistema de amostragem adotado. Na campanha de 2011 foram realizadas três repetições das medidas de um metro quadrado (quadrado com hachura), enquanto que na campanha de 2012 apenas uma, sempre no primeiro ponto amostrado dentro do pasto (círculos pequenos sólidos em cinza). Pontos amostrais dentro do pasto (círculos pequenos sólidos em preto); distância média entre os pontos amostrais – 20 passos (linha pontilhada); campo de visada das fotografias verticais adquiridas ($\approx 192 \text{ cm}^2$; retângulos em cinza); área para contagem de invasoras, placas de fezes e cupinzeiros (círculo vazado).	22
Figura 3.4 - Medida de altura (a); colheita da pastagem - matéria original (b, e), pesagem da amostra (c); da serrapilheira (d); e da pastagem (f).	25
Figura 3.5 - Representação do círculo (sem escala) para contagem de plantas invasoras, fezes e cupinzeiros (esquerda); foto do processo de contagem.	27
Figura 3.6 - Gabarito para as observações sobre pastagem, manejo e paisagem.	30
Figura 3.7 - Gabarito para a identificação dos gêneros das pastagens.	31
Figura 3.8 - Especificações da câmera e do suporte.	35
Figura 3.9 - Tela do <i>software</i> SamplePoint com destaque para a grade de pontos distribuídos sistematicamente em fotografia adquirida sobre pastagem (esquerda) e para um ponto no momento da classificação (direita).	36
Figura 3.10 - Exemplos de fotografias verticais adquiridas para estimativa de frações de cobertura da superfície.	38
Figura 3.11 - Esquema de identificação de séries temporais de EVI-2 representativas das pastagens amostradas.	40
Figura 3.12 - Cenas dos sensores TM e ETM+ utilizadas.	40
Figura 3.13 - Arquitetura da <i>webtool</i> para visualização das séries temporais EVI-2 MODIS, estimativa de precipitação mensal acumulada TRMM e dados obtidos em campo dos pontos amostrados.....	42

Figura 3.14 - Pontos amostrados nas campanhas de 2011 e 2012 sobre Globo virtual Google (1); lista de identificadores (ID) dos pastos amostrados (2); lista das imagens de satélite disponíveis para pasto (3); lista de arquivos vetoriais disponíveis (4); séries temporais de EVI-2/MODIS e de estimativa de precipitação/TRMM (5); estatística descritiva das séries temporais (filtradas ou brutas) por ano civil ou ano-safra (6); fotografias verticais adquiridas no pasto amostrado (7); município, bioma, data de coleta e observações acerca do pasto visitado (8); e dados coletados em campo (9). 43	
Figura 4.1 - Localização das fazendas visitadas no âmbito do Projeto Geodegrade. 45	45
Figura 4.2 - Série temporal média do EVI-2 de piquete visitado destacando, para o ano-safra de 2002/03: o Limite Local de Mínimos (LLM – Eq. (2)) e as métricas fenológicas <i>dps</i> e <i>ips</i> ; média considerando todos os valores da série temporal e a métrica fenológica <i>ivv</i> 50	50
Figura 4.3 - Diagrama de dispersão dos valores reescalados de <i>ivv</i> ao longo dos 12 anos-safra analisados e reta de regressão ajustada. 55	55
Figura 5.1 - Condição da estrada no trecho entre Marabá e Xinguara na campanha de 2011 (a) e uma pastagem recém-queimada (b). 58	58
Figura 5.2 - Trechos da rodovia MT319 entre os municípios de Juina (MT) e Vilhena (RO) ilustrando a dificuldade de locomoção e os pastos abandonados em avançado estágio de degradação agrícola nas margens da rodovia. 59	59
Figura 5.3 - Ilustração de pastos amostrados nos biomas Cerrado (ID 317, canto superior esquerdo); Amazônia (ID 96, canto superior direito); Pantanal (ID 372, canto inferior esquerdo); e Mata Atlântica (ID 756, canto inferior direito). 60	60
Figura 5.4 - Pasto amostrado em 29/08/2012 no estado do Pará (ID 87) apresentando elevada quantidade de serrapilheira e indicadores de subpastejo, <i>i.e.</i> , pastagem “envareta”, com baixo valor nutritivo. 64	64
Figura 5.5 - Percentuais de classes de <i>stand</i> (A), em que A: <i>Adequado</i> , I: <i>Intermediário</i> e D: <i>Degradado</i> ; biomas (B); tipos de pastagem (C), em que B: <i>Brachiaria brizantha</i> , OB: <i>Outra Brachiarias</i> , P: <i>Panicums</i> , A: <i>Andropogon</i> , OC: <i>Outros Capins</i> e CN: <i>Capins Nativos</i> ; condições de pastejo (D), em que SP: <i>Sem Pastejo</i> , CP: <i>Com Pastejo</i> e PP: <i>Pré-Pastejo</i> ; aparência visual (E), em que PM: <i>Pouca Massa</i> , MM: <i>Média Massa</i> e MuM: <i>Muita Massa</i> ; terreno (F), em que P: <i>Plano</i> , PI: <i>Pouco Inclinado</i> e MI: <i>Muito Inclinado</i> ; erosão (G); homogeneidade (H) e tipo de invasoras (I), em que H: <i>Herbáceas</i> , SA: <i>Semiarbustivas</i> , A: <i>Arbustivas</i> e SA-H, A-H, A-SA, A-SA-H: combinações entre os tipos de invasoras. 66	66
Figura 5.6 - Pastos com excesso de invasoras (ID 372, à esquerda), 58 plantas/28,7 m ² , e cupinzeiros (ID 222, à direita), 4,3 cupinzeiros/28,7 m ² , amostrados na campanha de 2012 nos estados do Mato Grosso do Sul e do Tocantins, respectivamente. 70	70
Figura 5.7 - Pastagem com sinais de integração lavoura pecuária no estado do Mato Grosso. .. 74	74
Figura 5.8 - Frequência das principais classes de solo das pastagens amostradas (EMBRAPA, 2012). 75	75

Figura 5.9 - Fotografias verticais da pastagem (ID 212) adquiridas em 8/10/2011 e frações médias estimadas (canto inferior direito).....	77
Figura 5.10 - <i>Box Plot</i> do desvio padrão (SD) da classificação da <i>FVerde</i> por número de pontos.	78
Figura 5.11 - Gráficos ternários das frações médias de <i>FVerde</i> , <i>FSeca</i> e <i>FñPastagem</i> para a campanha de 011 (canto inferior esquerdo), a campanha de 2012 (canto inferior direito) e para o conjunto das campanhas (centro superior).	84
Figura 5.12 - Diagrama ternário das frações de cobertura da superfície por classe de <i>stand</i> , curva teórica de degradação e fotografias adquiridas a campo.....	85
Figura 5.13 - Mapa da <i>FñPastagem</i> e <i>stand</i> das pastagens amostradas por bioma.....	87
Figura 5.14 - Pastos amostrados que não foram analisados com séries temporais EVI-2 MODIS devido à sua incompatibilidade com a resolução das imagens MODIS.	88
Figura 5.15 - Valores médios da série temporal de EVI-2 para os pastos amostrados nas campanhas de campo nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica.	89
Figura 5.16 - Séries temporais de EVI-2 (no topo) e fotografias panorâmicas dos pastos sob IDs 464 (Amazônia) e 18 (Cerrado).	90
Figura 5.17 - Valores médios da série temporal de EVI-2 para das pastagens amostradas nas campanhas de campo com capins dos gêneros <i>Panicuns</i> (P) e <i>Andropogon</i> (A) e da espécie <i>Brachiaria brizantha</i> (B).....	91
Figura 5.18 - Séries de EVI-2 e valores médios por classe de <i>stand Adequado</i> (A), <i>Intermediário</i> (I) e <i>Degradado</i> (D), para as pastagens amostradas nas campanhas de campo de 2011 (à esquerda) e de 2012 (à direita).....	93
Figura 5.19 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 25 (coordenadas -22,615; -54,037), MS, Cerrado, <i>stand intermediário</i> , <i>Brachiaria brizantha</i>	95
Figura 5.20 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 488 (coordenadas -18,916; -47,855), SP, Mata Atlântica, <i>stand adequado</i> , <i>Brachiaria brizantha</i>	97
Figura 5.21 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 327 (coordenadas -15,87; -52,392), MT, Cerrado, <i>stand adequado</i> , <i>Brachiaria brizantha</i>	98
Figura 5.22 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 239 (coordenadas -17,996; -51,8), GO, Cerrado, <i>stand adequado</i> , <i>Brachiaria brizantha</i>	100
Figura 5.23 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 339 (coordenadas -15,597; -58,863), MT, Amazônia, <i>stand intermediário</i> , <i>Brachiaria brizantha</i>	103
Figura 5.24 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 361 (coordenadas -24,083; -54,135), PR, Mata Atlântica, <i>stand adequado</i> , <i>Brachiaria brizantha</i>	103
Figura 5.25 - Pastagem sob ID 361, amostrada em 31/10/11, em ótimas condições e com 86,3% de <i>FVerde</i> média.	103
Figura 5.26 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 260 (coordenadas -11,162; -48,837), TO, Cerrado, <i>stand intermediário</i> , <i>Brachiaria brizantha</i>	105

Figura 5.27 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 224 (coordenadas -10,406; -48,476), TO, Cerrado, <i>stand intermediário</i> , capim <i>andropogon</i>	107
Figura 5.28 - Exemplos de áreas amostradas com diferentes classes de uso e cobertura da terra ao longo do período analisado.	108
Figura 5.29 - Série temporal da pastagem sob ID 352/2012 (coordenadas -14,081;-50,439), GO, Cerrado, <i>stand adequado</i> , <i>Brachiaria brizantha</i>	110
Figura 5.30 - Histograma de frequência dos coeficientes de inclinação ajustados das pastagens em processo de degradação.....	112
Figura 5.31 - Percentual de pastagens amostradas que sofreram algum tipo de intervenção ou que estão em processo de degradação biológica por bioma.....	115
Figura 5.32 - Percentual de pastagens amostradas que sofreram algum tipo de intervenção ou que estão em processo de degradação biológica por estado.	116
Figura 5.33 - Percentual e valor médio dos recursos aplicados pelo Programa ABC por região.	117
Figura 5.34 - Pastagens amostradas em processo de degradação ou que passaram por intervenções e medida de matéria seca.	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Datas e locais de partida e chegada de cada etapa das campanhas de campo realizadas.	19
Tabela 3.2 - Parâmetros biofísicos medidos, números de repetições, observações realizadas e aquisição de fotografias verticais.	21
Tabela 3.3 - Conversão do método de classificação das campanhas de campo.	28
Tabela 3.4 - Características das câmeras utilizadas e fotografias adquiridas.	34
Tabela 4.1 - Descrição das sete métricas fenológicas propostas.	49
Tabela 4.2 - Descrição dos 14 critérios <i>booleanos</i> (<i>verdadeiro</i> ou <i>falso</i>) resultantes das comparações entre as métricas fenológicas de um ano-safra (ano) com os dois anos-safra que o antecederam (ano-1 e ano-2).	51
Tabela 4.3 - Descrição das 14 comparações numéricas entre as métricas fenológicas de um ano-safra (ano) com os dois anos-safra que o antecederam (ano-1 e ano-2).	52
Tabela 4.4 - Caracterização dos processos de intervenção com base nos critérios <i>booleanos</i> entre as métricas fenológicas.	54
Tabela 5.1 - Proporção por bioma dos tipos de capim identificados nas campanhas de campo.	61
Tabela 5.2 - Estatística descritiva dos parâmetros biofísicos coletados em campo.	62
Tabela 5.3 - Altura média (em centímetros) dos capins dos pastos amostrados na Amazônia e no Cerrado, por tipo de capim e condição de pastejo.	63
Tabela 5.4 - Classe de <i>stand</i> por estado para os pastos amostrados nas campanhas de campo.	67
Tabela 5.5 - Classe de stand por bioma para os pastos amostrados nas campanhas de campo.	67
Tabela 5.6 - Tipo de invasoras por bioma.	69
Tabela 5.7 - Resultados do teste Kruskal-Wallis para os atributos biofísicos considerando os principais fatores de condições de pastagem, <i>stand</i> , bioma e tipo de capim.	71
Tabela 5.8 - Comparação entre as medianas dos parâmetros biofísicos por classe de Condição de pastagem, <i>Stand</i> , Bioma e Tipo de capim.	72
Tabela 5.9 - Condição do relevo e erosão para as pastagens amostradas sobre os principais tipos de solo.	74
Tabela 5.10 - Fotografias verticais adquiridas nas campanhas de campo.	75
Tabela 5.11 - Teste Kolmogorov-Smirnov para a classificação das frações de cobertura de superfície dos intérpretes.	76
Tabela 5.12 - Resultados do teste Kruskal-Wallis para as frações de cobertura da superfície considerando os principais fatores de condições de pastagem, <i>stand</i> , bioma e tipo de capim.	80
Tabela 5.13 - Medianas das frações de cobertura da superfície por classe de: Condição de pastagem, <i>Stand</i> , Bioma e Tipo de capim.	81
Tabela 5.14 - Intervenções e pastagens em degradação.	111
Tabela 5.15 - Resultados do protocolo de avaliação por classe de <i>Stand</i> e de <i>FñPastagem</i>	113
Tabela 5.16 - Número e percentual de pastagens amostradas que sofreram algum tipo de intervenção ou que estão em processo de degradação biológica por bioma.	114
Tabela 5.17 - Número e percentual de pastagens amostradas que sofreram algum tipo de intervenção ou que estão em processo de degradação biológica por estado.	115

GLOSSÁRIO DE SIGLAS E ABREVIACÕES

a.a.	Ao ano
<i>Amp</i>	Amplitude
<i>Cb</i>	Critério booleano
<i>Cn</i>	Critério numérico
CX	Cambissolo Háplico
DAAC	Distributed Active Archive System
<i>Dmax</i>	Valor máximo observado de EVI-2 e sua respectiva data de ocorrência
<i>Dmin</i>	Valor mínimo observado de EVI-2 e sua respectiva data de ocorrência
<i>Dps</i>	Duração (quantidade de tempo) do período seco
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EOS	Earth Observing System
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
EVI-2	two-band Enhanced Vegetation Index
FAO	Food and Agriculture Organization
FAPRI	Food and Agriculture Policy Research Institute
<i>FInvasoras</i>	Fração de plantas invasoras
<i>FñPastagem</i>	FSerrapilheira + FSolo + FOutros
<i>FOutros</i>	Fração de qualquer outra cobertura da superfície/objeto
FPAR	Radiação fotossinteticamente absorvida pela vegetação
<i>FPastagem</i>	Fração de pastagem em pé, independentemente de sua condição
<i>FSeca</i>	Fração de vegetação não fotossinteticamente ativa
<i>FSerrapilheira</i>	Fração de vegetação morta sobre o solo
<i>FSolo</i>	Fração de solo exposto
<i>FVerde</i>	Fração de vegetação fotossinteticamente ativa
GPS	Global Position System
HTML	HyperText Markup Language
IAF	Índice de Área Foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	Identificador
iLP	integração Lavoura Pecuária
iLPF	Integração Lavoura Pecuária Floresta
<i>Ips</i>	Indicativo da intensidade do período seco
IV	Índice de Vegetação
<i>Ive</i>	Intensidade de verdejar $[(\text{max}-\text{min})/(\text{dmax}-\text{dmin})]$
<i>Ivv</i>	Indicativo do vigor vegetativo
K-S	Kolmogorov-Smirnov
K-W	Kruskal-Wallis
LA	Latossolos Vermelho
<i>LLM</i>	Limite local de mínimos
LPF	Lavoura Pecuária Floresta
LV	Latossolo Vermelho
LVA	Latossolo Vermelho-Amarelo
Mha	Milhões de hectares

<i>Mi</i>	Muito Inclinado
<i>Mim</i>	Mínimo valor observado de EVI-2
MOD09	TERRA MODIS Surface-Reflectance Product
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
Mton	Milhões de toneladas
MYD09	AQUA MODIS Surface-Reflectance Product
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OB	Outras Brachiarias
OC	Outros Capins
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ONU	Organização das Nações Unidas
PP	Pós-pastejo
PROBIO	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
PV	Argissolo Vermelho
PVA	Argissolos Vermelho-Amarelo
RQ	Neossolo Quartzarênico
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre
SR	Sensoriamento Remoto
TM	Thematic Mapper
<i>TRMM</i>	Tropical Rainfall Measuring Mission
USDA	United States Department of Agriculture
VANT	Veículo aéreo não tripulado
VFA	Vegetação fotossinteticamente ativa
VNFA	Vegetação não fotossinteticamente ativa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Hipóteses e objetivos	4
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1	Processo de degradação em pastagens tropicais	7
2.1.1	Indicadores de degradação e intervenção antrópica em pastagens tropicais	10
2.2	Fotografias verticais para avaliação de pastagens	11
2.3	Imagens de sensoriamento remoto para avaliação de pastagens	13
2.3.1	Séries temporais do sensor MODIS	14
2.3.1.1	EVI-2 MODIS e estimativa de precipitação TRMM	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	Campanhas de campo para caracterização das pastagens tropicais amostradas	17
3.1.1	Coleta de dados, aquisição de fotografias verticais e observações sobre a pastagem, o manejo adotado e a paisagem	20
3.1.2	Caracterização da estrutura das pastagens amostradas	22
3.1.2.1	Altura	22
3.1.2.2	Peso	23
3.1.2.3	Número de plantas	26
3.1.3	Indicadores de degradação e de ausência de manejo	26
3.1.4	Observações realizadas	27
3.1.4.1	Sobre a pastagem	27
3.1.4.2	Sobre o manejo adotado	31
3.1.4.3	Sobre a paisagem	32
3.1.5	Tipos de solos	33
3.2	Método de análise estatística	33
3.3	Aquisição de fotografias verticais	34
3.4	Classificação de fotografias verticais	35
3.5	Dados de Sensoriamento Remoto	39
3.6	<i>Webtool</i> para visualização de séries temporais de EVI-2 de pastagens	41
4	PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DAS SÉRIES TEMPORAIS DE EVI-2 DE PASTAGENS TROPICAIS	45
4.1	Base teórica para avaliação de pastagens tropicais com séries temporais de EVI-2	46
4.2	Métricas fenológicas	48
4.3	CrITÉRIOS <i>booleanos</i> e comparações numéricas	50

4.4	Identificação de intervenção em pastagens	52
4.5	Identificação do processo de degradação em pastagens	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1	Condições sobre as rotas ao longo do percurso de amostragem das pastagens	57
5.2	Caracterização das pastagens a campo.....	60
5.3	Frações de cobertura da superfície	75
5.3.1	Estimativa das frações.....	75
5.3.2	Caracterização das pastagens por meio das frações de cobertura da superfície	78
5.4	Degradação e melhoria das pastagens.....	88
5.4.1	Análise regional	89
5.4.2	Resultados da aplicação do protocolo	93
5.4.2.1	Intervenções	93
5.4.2.2	Pastagens em processo de degradação	104
5.4.3	Considerações acerca das hipóteses assumidas no protocolo e práticas de manejo adotadas.	107
5.4.4	Tendências de degradação ou intensificação das pastagens amostradas	111
6	CONCLUSÕES	119
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
	APÊNDICE A.....	135
	ANEXO A	137

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

As pastagens ocupam 52,5 milhões de km², um quinto de toda a superfície terrestre, e estão distribuídas por todo planeta (FOLEY *et al.*, 2005; YANG, 2012). Sua ocorrência está relacionada à existência de ambientes com precipitação suficiente para o crescimento de gramíneas e a combinação de condições climáticas e/ou antropogênicas que inibem o crescimento de árvores (GRAETZ, 1991). Comumente as pastagens são compostas por herbáceas, gramíneas ou não, e têm um importante papel na manutenção da biodiversidade (GRAETZ, 1991). Do ponto de vista ecológico, as pastagens são definidas por atributos de estrutura e pela composição florística (GRAETZ, 1991).

No entanto, critérios relacionados ao uso das pastagens para a produção pecuária são frequentemente utilizados para defini-las, já que as pastagens representam a mais importante fonte de alimento para produção animal do planeta (BELLA *et al.*, 2004; FAO, 2003). O aumento da demanda por alimentos, consequência do crescimento populacional e do processo de urbanização global (BARROS *et al.*, 2011), tem direcionado a atenção dos governos, da comunidade científica e da sociedade à agricultura e à pecuária visando a um melhor aproveitamento do uso da terra (BEDUNAH; ANGERER, 2012; HERRICK *et al.*, 2012).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), no período de 2012 a 2100, a população dos países desenvolvidos crescerá a uma taxa de 10 milhões de habitantes a.a., ao passo que a população dos países em desenvolvimento crescerá a uma taxa de 34,4 milhões de habitantes a.a. Esse crescimento será acompanhado pelo incremento da renda média *per capita* e pela mudança no padrão de consumo alimentar dos habitantes dos países em desenvolvimento, fatores determinantes para o aumento da demanda por carne vermelha. Segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO), atualmente os países ricos consomem, em média, 110-120 kg/habitante/ano de carne, enquanto que nos países pobres, esse consumo é 10 vezes menor (FAO, 2013).

Neste aspecto é correto afirmar que a inexorável mudança na dieta alimentar dos países emergentes, projetada para os próximos anos, aumentará o consumo global de proteína animal e

demandará à pecuária brasileira uma resposta sobre a oferta de carne bovina, prevista para crescer 3Mton nos próximos 3 anos (BARROS *et al.*, 2011).

Todavia, existem dois fatores que devem associar o aumento da oferta de carne bovina brasileira exclusivamente à melhoria na produtividade da pecuária. O primeiro fator é a limitação da expansão pecuária e agrícola sobre a vegetação nativa devido às metas assumidas pelo governo federal para a redução das taxas de desmatamento e das emissões dos gases de efeito estufa (BRASIL, 2013), além dos marcos regulatórios e dos protocolos de entendimento dos setores produtivos com a sociedade civil e os órgãos públicos, tais como a Moratória da Soja (RUDORFF *et al.*, 2011), Protocolo Etanol Verde (AGUIAR *et al.*, 2011) e os Termos de Ajuste de Conduta sobre a origemação do gado.

O segundo fator associado à necessidade do aumento da produtividade na pecuária está relacionado com a competição por terras para a produção de grãos, fibras e de biocombustíveis (GOLDEMBERG; GUARDABASSI, 2009; LEITE *et al.*, 2009; NAIR *et al.*, 2011). O crescente aumento nos preços dos grãos tem impulsionado uma disputa por terras na qual a pecuária de baixa produtividade tem dificuldade de competir. De acordo com o estudo desenvolvido pela AGROCONSULT; BIGMA (2012), com base em dados da *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD), *United States Department of Agriculture* (USDA), FAO e *Food and Agriculture Policy Research Institute* (FAPRI), para atender a demanda da agricultura (grãos e cana-de-açúcar) e do setor florestal por terras em 2022, serão necessários 15,3 Mha, dos quais 81% (12,4Mha) devem vir das áreas de pastagens atualmente destinadas à produção animal (Figura1.1).

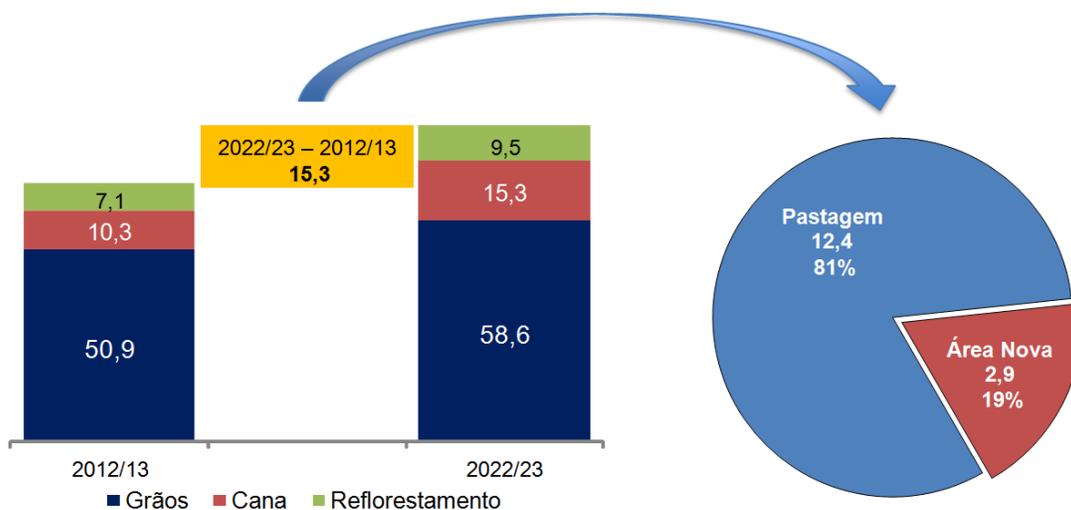


Figura 1.1- Demanda nacional por terras da agricultura (grãos e cana-de-açúcar) e do setor florestal em 2022 (unidades em Mha).

Fonte: Agroconsult e Bigma (2012).

Outros estudos mostraram que a cana-de-açúcar expandiu 5,1 Mha nos últimos dez anos na região Centro-sul, em sua grande maioria sobre pastagens e culturas anuais (ADAMI. *et al.*, 2012; NASSAR *et al.*, 2008), sugerindo a real diminuição das áreas de pastagens uma vez que a abertura de novas áreas na fronteira agrícola vem diminuindo, conforme apontam as recentes taxas de desflorestamento na Amazônia (INPE, 2013).

De acordo com os dados do censo agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre 1970 e 2006 houve um acréscimo de 100% na taxa de lotação das pastagens brasileiras, alcançando 1 cab/ha, em 2006. Nesse mesmo período houve um acréscimo na área de pastagem cultivada de 18,2 Mha. Todavia, entre os censos de 1985 e 2006 verificou-se um decréscimo da área de pastagem cultivada de 6,8 Mha (IBGE, 2006). Se forem projetadas até 2022 as tendências de intensificação verificadas nesse último período, serão liberados 8,6 Mha de pastagens para a agricultura, número 43,8% menor que a demanda estimada. Dessa forma, o processo de intensificação da pecuária está aquém da demanda por terras da agricultura e do setor florestal prevista para 2022.

Com base nos dados apresentados e nas projeções de médio e longo prazo pode-se concluir que a pecuária brasileira vai continuar a passar por um processo de intensificação visando atingir o

necessário aumento da produtividade. Uma importante etapa neste processo é a avaliação da condição das pastagens (BEDUNAH; ANGERER, 2012), pois permite aos produtores planejar e manejar o pastejo, definir a taxa de lotação ideal do pasto de acordo com a capacidade de suporte da pastagem, decidir sobre a necessidade de reforma da pastagem, adubação e aplicação de técnicas de manejo da pastagem (ANDRADE *et al.*, 2011; DIAS-FILHO, 2011; FERREIRA *et al.*, 2013; WYLIE *et al.*, 2012), bem como oferecer subsídios para direcionar as políticas públicas de uso racional do território.

1.2 Hipóteses e objetivos

A hipótese deste trabalho é que séries temporais de EVI-2/MODIS podem ser empregadas para avaliar o processo de degradação biológica, renovação/recuperação e reforma das pastagens tropicais.

Mais especificamente:

- Métricas fenológicas extraídas das séries temporais de *two-band Enhanced Vegetation Index* (EVI-2) são indicadores de degradação, renovação/recuperação e reforma de pastagens tropicais.
- Fotografias verticais obtidas a campo permitem caracterizar pastagens tropicais sob diferentes condições de manejo e em diferentes biomas.

Com base nessas hipóteses, os objetivos deste trabalho são:

- Caracterizar, segundo avaliação *in loco*, as pastagens amostradas nas campanhas de campo.
- Avaliar a viabilidade do uso de frações de cobertura de superfície extraídas de fotografias verticais para caracterizar pastagens tropicais.
- Propor indicadores de degradação, renovação/recuperação e reforma das pastagens a partir de métricas fenológicas extraídas de séries temporais de EVI-2 e dados de campo.
- Identificar as tendências de degradação ou intensificação de uso das pastagens caracterizadas nas campanhas de campo.

Esta tese está dividida em seis capítulos. O capítulo 2 apresenta uma abreviada fundamentação teórica dos principais temas abordados neste trabalho. O capítulo 3, subdividido em três itens,

apresenta: os métodos de coleta de dados utilizados nas campanhas de campo realizadas para caracterizar o nível de degradação das pastagens; os dados de sensoriamento remoto utilizados; e a *webtool* elaborada para visualização dos dados. O capítulo 4 descreve o protocolo elaborado para a avaliação das séries temporais de EVI-2/MODIS de pastagens tropicais. O capítulo 5 apresenta e discute os resultados obtidos. E, por fim, o capítulo 6 apresenta as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Processo de degradação em pastagens tropicais

Existem diversas definições acerca do processo de degradação das pastagens. Washington-Allen *et al.* (2008) definiram a degradação das pastagens como a redução da cobertura vegetal, produtividade ou algum outro parâmetro ou medida de atributo da vegetação. Já Dias-Filho (2011), com enfoque nas pastagens tropicais, dividiu o processo de degradação das pastagens em dois tipos, *i.e.*, agrícola e biológica (Figura 2.1). A degradação das pastagens é um problema global, entretanto, no Brasil, onde a maioria do rebanho é criada a pasto, esse é um problema crônico, sendo um limitante para o aumento de produtividade da pecuária esperado para os próximos anos (DIAS-FILHO, 2011).

O processo de degradação das pastagens tropicais tem diversas causas de origem natural e antrópica. Entre as principais causas estão: as falhas técnicas no estabelecimento da pastagem, o manejo inadequado, *i.e.*, o regime de pastejo aplicado, a ausência da adubação e o uso excessivo do fogo (DIAS-FILHO, 2011). Entretanto, a importância de cada uma dessas causas no processo de degradação das pastagens brasileiras varia de acordo com a região geográfica (DIAS-FILHO *et al.*, 2001; MACEDO, 1997).

No Centro-Oeste, onde predomina o bioma Cerrado, a causa mais direta de degradação das pastagens é o uso sistemático de animais que excedem a capacidade de recuperação da pastagem, ocasionando desfolhação e perda de nutrientes do solo, agravada pela ausência de manejo adequado para a recuperação das pastagens (FERREIRA *et al.*, 2012; MACEDO, 1997; OLIVEIRA *et al.*, 2004). O superpastejo diminui a cobertura vegetal do solo, aumenta as taxas de decomposição da matéria orgânica e de erosão, características da degradação biológica (DIAS-FILHO, 2011).

Já na região Norte, onde predomina o bioma Amazônia, a maior causa de degradação das pastagens é a mudança da composição biológica devido ao processo de sucessão secundária. Essa mudança reduz a capacidade da pastagem produzir economicamente devido à competição com as plantas invasoras (ASNER *et al.*, 2004; DIAS-FILHO *et al.*, 2001; TOWNSEND *et al.*, 2009). Pastagens

que tiveram problemas no estabelecimento ou que foram atacadas por insetos-pragas são mais suscetíveis a esse tipo de degradação, denominada degradação agrícola (DIAS-FILHO, 2011).

A presença de plantas invasoras pode ser um indicativo do processo de degradação agrícola, comum em regiões onde o período seco não é tão severo (DIAS-FILHO, 2011). De acordo com Neto *et al.* (2006), para cada quilo de matéria verde de planta invasora produzida, há decréscimo de um quilo de pastagem. Para esses autores, são várias as vantagens competitivas que as plantas invasoras levam em comparação às pastagens, entre elas a germinação não uniforme - que dificulta o controle – o crescimento rápido, a facilidade de adaptação às mais diversas condições edafoclimáticas e a elevada capacidade de reprodução vegetativa.

Essas vantagens competitivas levam à proliferação das plantas invasoras que competem por espaço, por luz, por água e por nutrientes com as pastagens e causam a queda da capacidade de suporte da pastagem, aumentam o tempo de formação das pastagens, possibilitam o desenvolvimento de parasitas externos, causam ferimentos nos animais e envenenamento por plantas tóxicas, além de aumentarem o risco de erosão (DIAS-FILHO, 2011; NETO *et al.*, 2006).

O tipo da planta invasora define o método de controle adotado. Neto *et al.* (2006) listaram os principais métodos, a saber: i) controle cultural, que evita o surgimento das plantas invasoras; ii) controle pelo uso do fogo, considerado ineficiente e prejudicial ao solo e à pastagem (PIVELLO *et al.*, 2010); iii) controle manual e mecânico, considerado, em geral, ineficiente por não controlar de forma efetiva as plantas invasoras e permitir a rebrota (CARMONA *et al.*, 2001); e iv) os métodos de controle químico, mais eficientes quando comparados aos anteriores, mas que exigem atenção às condições prévias da pastagem e das plantas invasoras e ao procedimento de aplicação, fatores determinantes para o sucesso do controle (NETO *et al.*, 2006).

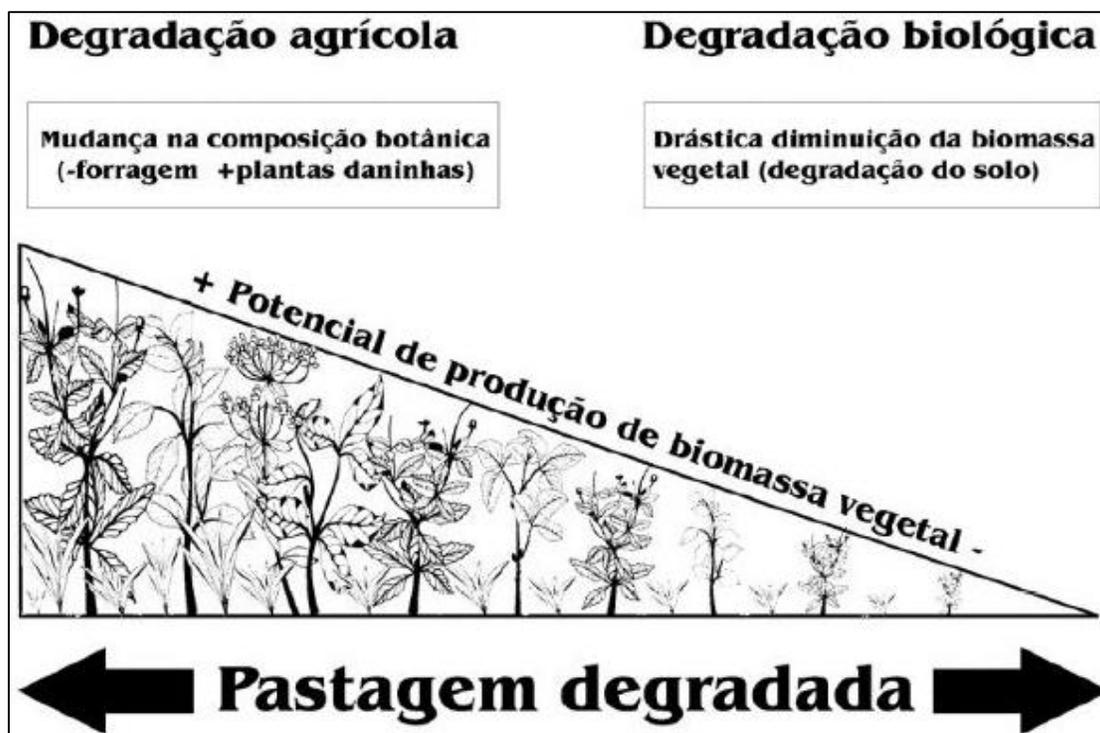


Figura 2.1 - Representação simplificada do conceito de pastagem degradada.

Fonte: Dias-Filho (2011)

A escolha da melhor estratégia para recuperar as pastagens deve estar associada a um diagnóstico completo da propriedade e da realidade regional na qual a propriedade está inserida. Para Macedo *et al.* (2012), a recuperação de uma pastagem degradada caracteriza-se pelo restabelecimento da produção vegetal com o plantio da mesma espécie ou cultivar de pastagem, enquanto a renovação de uma pastagem degradada prevê a introdução de uma nova espécie de pastagem. Já a reforma se refere às correções e/ou reparos realizados após o estabelecimento da pastagem. Tanto a recuperação quanto a renovação podem ser efetuadas de forma direta ou indireta, *i.e.*, com ou sem o uso intermediário de lavouras ou pastagens anuais.

Para Townsend *et al.* (2009), em linhas gerais, a recuperação da pastagem contempla o uso de calcário, fertilizantes, adubações de manutenção, vedação de piquetes e controle de plantas invasoras; a reforma faz uso de máquinas e implementos (arados, grades leves ou pesadas e subsoladores); e a renovação, que também faz uso de máquinas e implementos, pode ser realizada com o uso de cultivos anuais.

Para Dias-Filho (2011), são três as estratégias mais comuns para tornar pastagens degradadas novamente produtivas: a renovação, a implantação de sistemas agroflorestais ou agrícolas e o pousio da pastagem. A escolha da estratégia mais adequada depende de fatores econômicos, agrícolas e ambientais, os quais são influenciados, principalmente, pelo capital disponível e pela capacidade de investimento do produtor. A renovação da pastagem também está condicionada, entre outros fatores, às causas e ao estágio de degradação.

2.1.1 Indicadores de degradação e intervenção antrópica em pastagens tropicais

Para Dias-Filho (2011), a produtividade animal é o parâmetro universal que define o nível de degradação das pastagens. O indicador primário de degradação das pastagens é a capacidade de suporte da pastagem, o mais flexível dos indicadores e que varia de acordo com as expectativas de produção, que por sua vez dependem das condições de mercado, da produtividade esperada para cada tipo de pastagem e de cada região em particular. Outros indicadores, considerados como chaves na avaliação da degradação das pastagens são o percentual de cobertura da superfície de vegetação não fotossinteticamente ativa (VNFA) e o percentual de solo exposto (FERREIRA *et al.*, 2013; NUMATA *et al.*, 2007).

Ressalta-se que esses indicadores são dependentes do tipo de ecossistema e estão relacionados aos parâmetros biofísicos da pastagem, *i.e.*, biomassa verde, densidade e altura das plantas, e às práticas de manejo adotadas (NUMATA *et al.*, 2007). A produtividade da pastagem, expressa pelos percentuais de cobertura da superfície de vegetação fotossinteticamente ativa (VFA) e VNFA, também pode ser um indicador do nível de degradação das pastagens (ASNER *et al.*, 2004; ASNER *et al.*, 2004; DAVIDSON *et al.*, 2008).

No que se refere ao manejo das pastagens e do pastejo, o aumento na taxa de lotação dos pastos, devido ao aumento na capacidade de suporte da pastagem, é um indicador de intensificação da pecuária, assim como a adoção do pastejo rotacionado (PIRES, 2006b). O primeiro deve estar associado, obrigatoriamente, ao manejo adequado das pastagens, incluindo adubação e construção/manutenção da fertilidade do solo, enquanto o segundo depende de uma reestruturação dos piquetes para a adoção do sistema rotacionado.

A laboriosa e onerosa obtenção de informações em campo, associadas à variabilidade espaço-temporal das pastagens em geral (WASHINGTON-ALLEN *et al.*, 2008), e, principalmente, das pastagens tropicais brasileiras, são fatores impeditivos para a criação de uma base de referência que permita avaliar as condições e tendências de mudanças dos processos de degradação e intensificação da pecuária a partir da análise das pastagens em escala regional.

Propor um único método para avaliar as pastagens tropicais no Brasil é uma tarefa complicada devido à diversidade de gramíneas cultivadas, às diferentes técnicas de manejo e de pastejo e, principalmente, à extensão da área de pastagens cultivadas no Brasil e suas características geográficas e socioeconômicas regionais. Alguns indicadores de qualidade das pastagens, quando ponderados pelos fatores supracitados, permitem ao analista tomar decisões quanto ao manejo da pastagem, como, por exemplo, a necessidade de reforma e/ou renovação/recuperação da pastagem, e quanto às estratégias de pastejo, como, por exemplo, a taxa de lotação e tempo de pastejo (OLIVEIRA, 2005).

Contudo, tais indicadores não são facilmente obtidos e dependem de avaliações complexas, morosas e com alto custo. Nesse sentido, métodos indiretos de avaliação da vegetação, em especial das pastagens, têm sido considerados como alternativa (BRENNER *et al.*, 1995), pois fornecem indicadores de degradação das pastagens e são estimados de maneira rápida e objetiva (ASNER *et al.*, 2004; DAVIDSON *et al.*, 2008). Alguns trabalhos têm estimado os percentuais de cobertura da superfície de VFA, VNFA, solo exposto em áreas de pastagens a partir fotografias verticais adquiridas em campo (para detalhes veja: BOOTH *et al.*, 2011) e de imagens de sensores orbitais (ASNER *et al.*, 2004; NUMATA *et al.*, 2003).

2.2 Fotografias verticais para avaliação de pastagens

De acordo com Booth *et al.* (2005), a estimativa de frações de cobertura da superfície com base em fotografias adquiridas por câmeras fotográficas posicionadas na vertical (em nadir) remonta à década de 1920 (Figura 2.2). Todavia, apenas com o aprimoramento das câmeras fotográficas analógicas e posteriormente com o surgimento das câmeras digitais, além do desenvolvimento de

softwares para análise dessas fotografias, essa técnica se tornou comum (CHEN *et al.*, 2010; LALIBERTE *et al.*, 2007; LUSCIER *et al.*, 2006).

Os percentuais de cobertura da superfície servem como indicadores de degradação das pastagens e são estimados de maneira rápida e objetiva (ASNER *et al.*, 2004; DAVIDSON *et al.*, 2008). Adicionalmente, a aquisição de fotografias verticais independe de condições favoráveis do tempo e pode ser realizada a qualquer hora do dia e com baixo custo (BOOTH *et al.*, 2006; BOOTH *et al.*, 2006b; STEWART *et al.*, 2007), ao contrário das medidas realizadas a partir de sensores orbitais e espectralômetros a campo (ASNER *et al.*, 2004; NUMATA *et al.*, 2003).

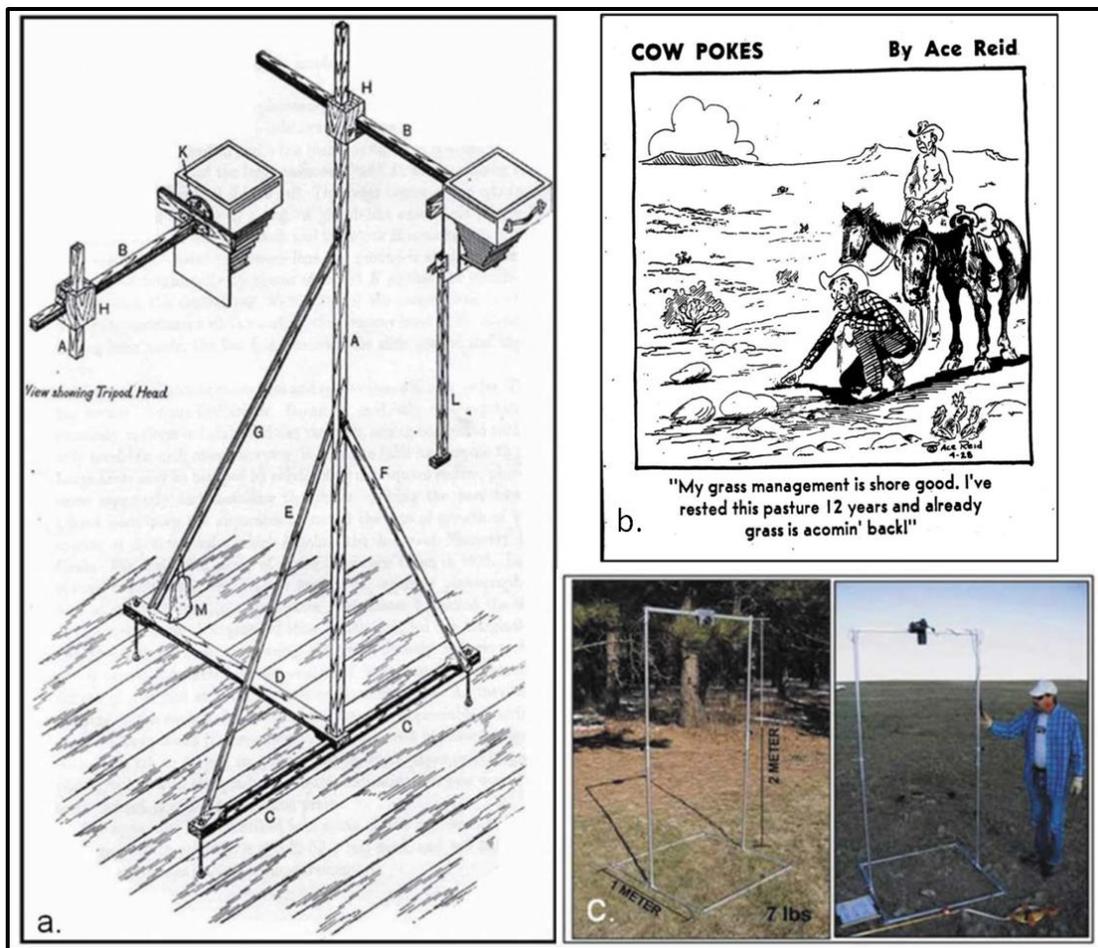


Figura 2.2 - Suporte para apoio de câmera fotográfica da década de 20 (a); estimativa ocular de qualidade da pastagem (b); e suporte para apoio de câmera digital em alumínio (c).

Fonte: Booth e Cox (2011).

2.3 Imagens de sensoriamento remoto para avaliação de pastagens

As imagens de sensoriamento remoto (SR) obtidas por satélites de observação da Terra são ferramentas eficazes para monitorar a superfície terrestre e têm permitido avaliar o processo de mudança de uso e cobertura da terra ao longo das últimas quatro décadas em escalas nunca antes observadas na história (<http://world.time.com/timelapse/>). O caráter sinóptico e repetitivo de aquisição destas imagens, aliado a indicadores ecológicos e a parâmetros biofísicos da vegetação, permite realizar análises integradas de dados e desenvolver modelos explicativos e preditivos úteis aos tomadores de decisão (HAGEN *et al.*, 2012; WASHINGTON-ALLEN *et al.*, 2008).

Mais recentes do que as fotografias verticais, as imagens de SR têm sido aplicadas no estudo das pastagens desde a década de 1970. Uma vasta pesquisa bibliográfica, realizada entre 1995 e 1999, serviu de parâmetro para Nan (1999) reunir quatro frentes de atuação em estudos das pastagens com SR, *i.e.*, i) classificação de mudança de uso e cobertura da terra; ii) avaliação de produtividade; iii) detecção e monitoramento de stress causado pelo fogo, seca ou pragas; e iv) conservação de parques. Este cenário se manteve similar nos últimos 13 anos, mas é válido incluir uma nova frente de aplicação do SR ao estudo de pastagens, denominada avaliação da degradação, já preconizada por Nan (1999) em seu estudo como uma das subclasses da avaliação de produtividade.

A avaliação da degradação da pastagem tem elevada importância no Brasil, onde o gado bovino é criado majoritariamente de forma extensiva. Contudo, no que se refere às pastagens tropicais, não há trabalhos que se propõem a distinguir em escala regional, com base em imagens de SR, as consequências nas pastagens das práticas de manejo adotadas (incluindo pastejo), daquelas resultantes das variações intrínsecas ao ecossistema (WYLIE *et al.*, 2012).

Um avanço tecnológico significativo na área de SR foi observado dentro do programa *Earth Observing System* (EOS) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), com o lançamento do satélite denominado Terra em dezembro de 1999, dando início a uma nova fase do SR. A partir do início do ano 2000 passou a ser possível observar de forma precisa a dinâmica da sazonalidade da vegetação, as mudanças de uso e cobertura da Terra, os ciclos de crescimento das culturas agrícolas, entre outros, por meio das imagens adquiridas pelo sensor *MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo do satélite Terra (RUDORFF *et al.*, 2007).

2.3.1 Séries temporais do sensor MODIS

O MODIS não é o único sensor orbital capaz de observar os alvos da superfície terrestre, mas ele possui algumas características que o tornaram ímpar em aplicações relacionadas à observação tanto das condições de crescimento e desenvolvimento da vegetação quanto dos processos de degeneração e degradação da vegetação (INPE, 2009). Dentre as principais características que dão destaque ao sensor MODIS, estão a frequência quase que diária de imageamento de todo o globo terrestre, a elevada qualidade geométrica das imagens e a presença de um sofisticado procedimento para correção atmosférica das imagens (ARAI; FREITAS, 2007; CEBALLOS, 2007).

Outra característica importante que popularizou o uso das imagens MODIS para observação da Terra foi a disponibilização gratuita das imagens e de uma gama de produtos relacionados com parâmetros biofísicos da vegetação (LATORRE *et al.*, 2007), como, por exemplo, o índice de área foliar (IAF) (ARAGÃO; SHIMABUKURO, 2007; RIZZI *et al.*, 2007) e a fração da radiação fotossinteticamente absorvida pela vegetação (FPAR) (SENNA *et al.*, 2007).

Uma inovação no método de análise das imagens MODIS foi disponibilizada recentemente aos usuários de SR, possibilitando a visualização das séries temporais do MODIS, numa ferramenta *web* desenvolvida por Freitas *et al.* (2011). Essa ferramenta, denominada *Laboratório Virtual de Sensoriamento Remoto*, teve como objetivo integrar ao menos parte desses produtos e facilitar sua interpretação e utilização em estudos de mudança de uso e cobertura da terra.

Para cumprir este objetivo, Freitas *et al.* (2011) utilizaram filtros para minimização de ruídos baseados em funções *wavelets* (FREITAS; SHIMABUKURO, 2008) aplicadas às séries temporais históricas de produtos de reflectância de superfície do MODIS, composição 16 dias, sintetizadas na forma de índice de vegetação. Posteriormente, elas foram disponibilizadas para visualização na *web* fazendo uso da interatividade do globo virtual do *Google Maps*. As séries temporais do EVI-2, desde o ano 2000 até 2012, foram processadas para toda a América do Sul e estão disponíveis para visualização no endereço eletrônico <https://www.dsr.inpe.br/laf/series>.

Embora esta ferramenta não permita realizar processamento de imagens, ela permite visualizar de forma gráfica toda a série temporal das imagens MODIS, possibilitando ao usuário observar sutilezas nas séries temporais que estão relacionadas com mudanças de uso e cobertura da terra.

Com um melhor conhecimento sobre as relações entre as variações na superfície (*e.g.*, degradação da vegetação) e o registro desta informação nas imagens, vem sendo possível melhorar os métodos de classificação das imagens multitemporais do MODIS.

À medida que diversas imagens de SR têm sido adquiridas ao longo do tempo, análises acerca do processo de degradação de pastagens se tornam possíveis, desde que haja uma associação dessas imagens com dados obtidos em campo (NUMATA *et al.*, 2007). Neste sentido, a visualização das séries temporais MODIS exerce um papel fundamental, pois permite visualizar o histórico das mudanças da superfície terrestre em cada área de 250 x 250 m (pixel) imageada pelo MODIS desde 2000 até o presente para toda a América do Sul.

2.3.1.1 EVI-2 MODIS e estimativa de precipitação TRMM

Os produtos de reflectância de superfície do MODIS (MOD09 e MYD09) são corrigidos dos efeitos de absorção por gases, moléculas e espalhamento devido à presença de aerossóis na atmosfera (VERMOTE *et al.*, 2002). No contexto do *Laboratório Virtual de Sensoriamento Remoto*, os problemas decorrentes da contaminação pela presença de nuvens na atmosfera e de observações em grandes ângulos de visada do sensor foram parcialmente minimizados por Freitas *et al.* (2011) ao utilizarem a pré-filtragem proposta por Sakamoto *et al.* (2005) e Thayn e Price (2008).

Essa pré-filtragem estabelece que as séries temporais sejam compostas apenas por pixels cuja reflectância de superfície referente ao comprimento de onda do azul (banda 3) seja menor que 0,10 e cujo ângulo de visada seja menor que 32,5 graus, para isso são utilizadas as bandas do ângulo zenital do sensor e a banda do azul. Esses limiares foram estabelecidos com base na capacidade de detecção de nuvens da banda do azul e na eliminação de pixels *off-nadir*.

Adicionalmente, um procedimento de filtragem baseado em transformada *wavelets* foi aplicado para suavizar as altas frequências das séries temporais de índices de vegetação MODIS. Para tanto foi necessário eliminar os pixels inválidos de acordo com os limiares supracitados e interpolar a série com o intuito de mantê-la igualmente espaçada no tempo, pré-requisito necessário para a utilização de transformada *wavelets* (FREITAS, 2012). Com esse procedimento foi possível decompor o sinal em diversas escalas e eliminar as altas frequências, comumente associadas aos

ruídos em séries temporais de imagens de SR. Uma análise detalhada desse procedimento de filtragem aplicado às séries temporais de imagens de SR pode ser encontrado em Freitas (2012) e em Morettin e Toloi (2004).

O EVI-2 é um entre diversos índices de vegetação que fornecem informações sobre os parâmetros biofísicos da vegetação por estarem relacionados às características estruturais da vegetação (JIANG *et al.*, 2008), *i.e.*, índice de área foliar e quantidade de biomassa verde, e à produtividade da vegetação, *i.e.*, radiação fotossinteticamente ativa absorvida (FORKEL *et al.*, 2013). A variável utilizada para visualizar as séries temporais no *Laboratório Virtual de Sensoriamento Remoto* é o EVI-2, derivado das bandas 1 (vermelho; 630-690 nm) e 2 (infravermelho próximo; 780-900 nm) do produtos MOD13 (composições de 16 dias) do sensor MODIS, conforme a equação (1):

$$EVI - 2 = 2,5 \times ((B2 - B1) \div (B2 + 2,4 \times B1 + 1)) \quad (2.1)$$

em que B1 é a banda 1 e B2 é a banda 2. Assim como outros índices de vegetação, o EVI-2 é de fácil interpretação e apresenta informações sobre a mudança de uso e cobertura da terra, já que tem como pressuposto que a mudança no regime dinâmico de variabilidade da vegetação está associada à mudança natural ou antrópica no uso e cobertura da terra (DEFRIES, 2008; FREITAS, 2012).

Conjuntamente às séries temporais de EVI-2, Freitas *et al.* (2011) integraram as séries de estimativa de precipitação acumulada do produto 3B43 V6 do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), com o intuito de auxiliar a interpretação da dinâmica temporal da vegetação. Esse produto tem resolução espacial aproximada de 0,25 graus e é disponibilizado pelo *Distributed Active Archive System* (DAAC) da NASA (daac.gsfc.nasa.gov) (HUFFMAN *et al.*, 2007). No entanto, os autores alertam que os valores absolutos de precipitação do TRMM devem ser utilizados com parcimônia, apesar de ser a melhor informação em escala global disponível.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Campanhas de campo para caracterização das pastagens tropicais amostradas

Foram realizadas duas campanhas de campo para caracterização regional das pastagens e coleta de dados, ambas no âmbito do Rally da Pecuária, expedição de cunho exploratório organizada pelas Consultorias Agroconsult e Bigma com o objetivo de diagnosticar a condição das pastagens e a condição geral do rebanho (para detalhes veja www.rallydapecuaria.com.br).

A primeira campanha foi realizada entre os meses de setembro e novembro de 2011 e a segunda entre os meses de agosto e outubro de 2012. Cada campanha foi dividida em duas etapas (Figura 3.1; Figura 3.2 e Tabela 3.1). As rotas das campanhas foram definidas com base na distribuição da produção de bovinos, de acordo com o número de cabeças de bovinos por setor censitário do censo de 2006, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006) (Figura 3.2), nas condições das estradas de acesso e na viabilidade logística de cada local de interesse.

Embora o período mais apropriado para avaliar as condições das pastagens tropicais seja o final da época chuvosa, principalmente para as pastagens que sofrem degradação agrícola (SILVA *et al.*, 2008), a escolha da data de realização das campanhas, ambas no final da época seca, foi consequência da boa condição das estradas e de acesso aos pastos quando comparada à condição na época das “águas”, reconhecidamente impeditiva para uma campanha de campo com essa abrangência espacial.

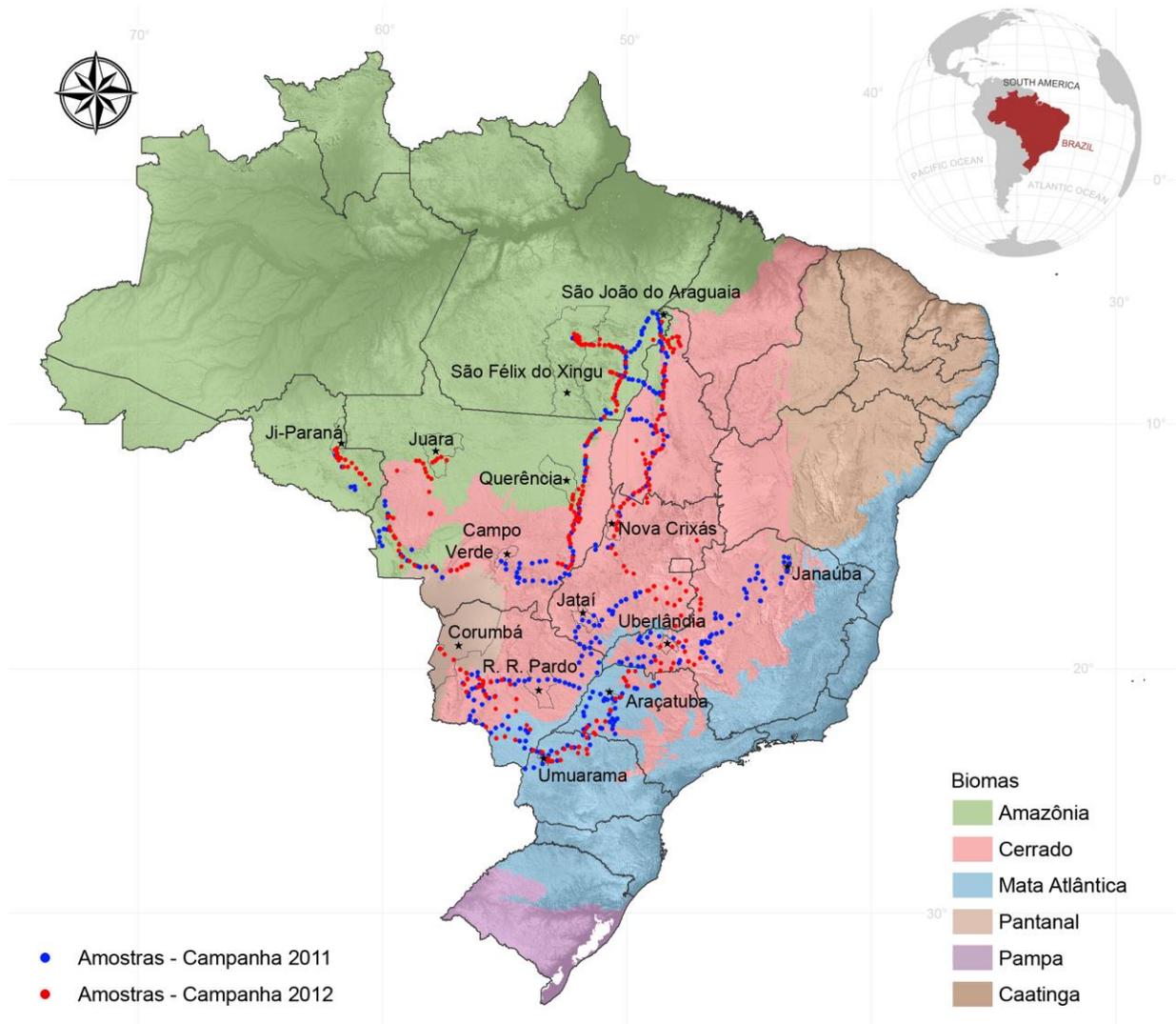


Figura 3.1 - Mapa da distribuição dos pontos das campanhas de 2011 e 2012 sobre os biomas brasileiros.

Os trajetos entre os municípios predefinidos nas rotas foram estabelecidos a cada dia de acordo com as vias de acesso disponíveis e suas condições de tráfego. Em média eram percorridos dois trajetos por dia e cada trajeto foi percorrido por uma equipe composta geralmente por dois carros. A amostragem foi realizada sistematicamente a cada 20 km ou 40 km, dependendo do tamanho do trajeto, contabilizados a partir das saídas das áreas urbanas e/ou a partir de um ponto/município predefinido.

Na ausência de pasto ou em caso de impossibilidade de amostragem devido à dificuldade de acesso ao pasto, ausência de local para estacionamento dos carros ou falta de segurança, o ponto era desconsiderado e outro ponto, 20 km ou 40 km adiante, era amostrado. Essa foi uma prática constante em determinadas regiões, principalmente pela falta de segurança.

Tabela 3.1 - Datas e locais de partida e chegada de cada etapa das campanhas de campo realizadas.

	2011				2012			
	1ª etapa		2ª etapa		1ª etapa		2ª etapa	
Data	25/set	14/out	26/out	12/nov	22/ago	08/set	23/set	01/out
Local	Brasília (DF)	Ji-Paraná (RO)	Goiânia (GO)	Montes Claros (MG)	Goiânia (GO)	Ji-Paraná (RO)	Campo Grande (MS)	Goiânia (GO)
Dias	19		17		20		10	
Km ¹	12.906		8.574		11.636		6.352	

¹ Soma das distâncias aproximadas percorridas pelas duas equipes em cada etapa.

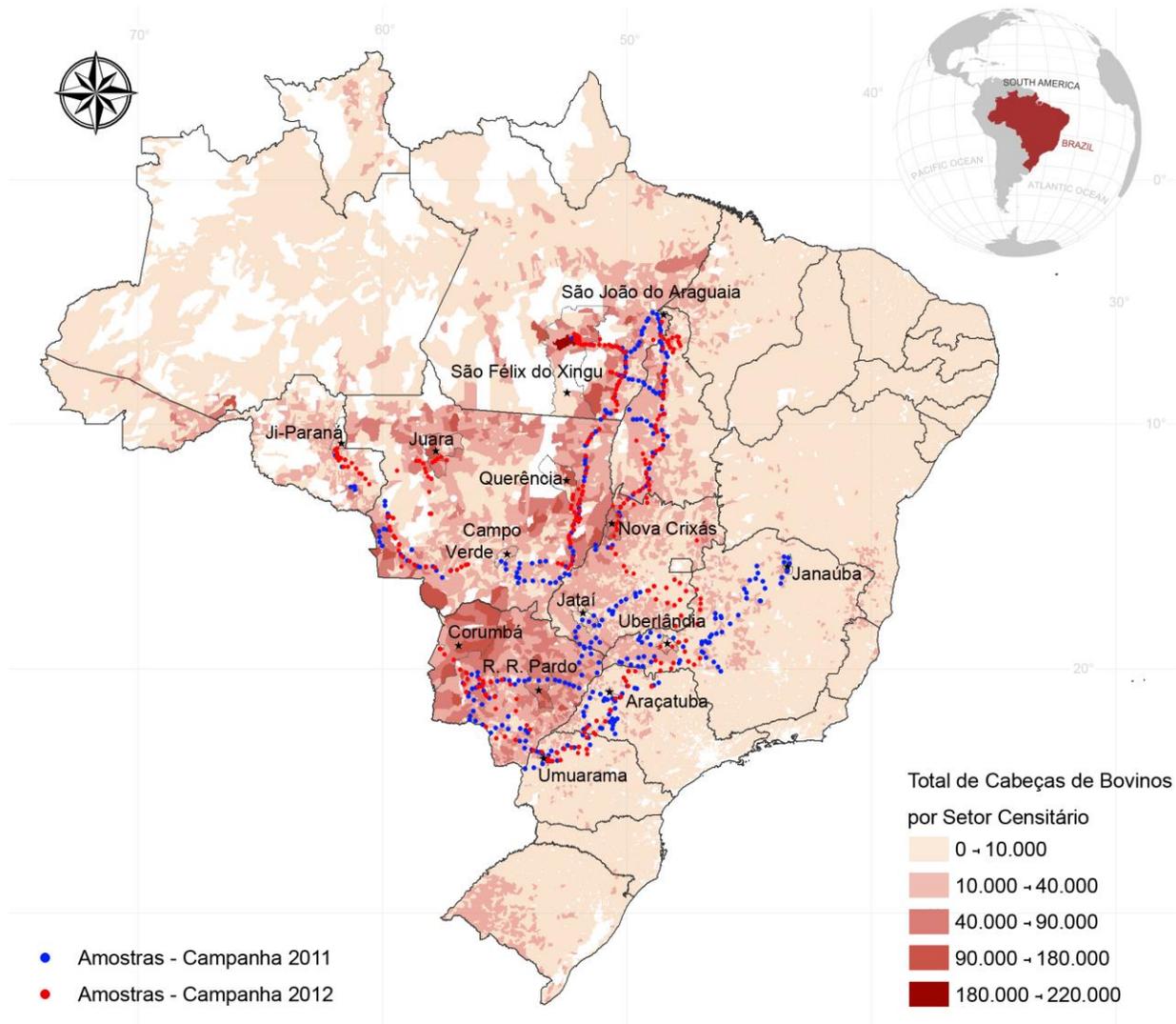


Figura 3.2 - Mapa da distribuição dos pontos das campanhas de 2011 e 2012 e total de cabeças de bovinos por setor censitário de acordo com o Censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006).

3.1.1 Coleta de dados, aquisição de fotografias verticais e observações sobre a pastagem, o manejo adotado e a paisagem

Em cada pasto amostrado foram medidos parâmetros biofísicos da vegetação, adquiridas fotografias verticais da superfície e panorâmicas, coletadas coordenadas geográficas dos pontos amostrados e observadas algumas características da pastagem e da paisagem (Tabela 3.2). Todos os dados coletados foram anotados em fichas de campo numeradas, as quais foram associadas às fotografias adquiridas e às amostras de pastagem coletadas (Apêndice A).

Tabela 3.2 - Parâmetros biofísicos medidos, números de repetições, observações realizadas e aquisição de fotografias verticais.

	2011	2012
Parâmetros biofísicos	n° de plantas ³	n° de plantas ¹
	Peso da pastagem ³	Peso da pastagem ¹
	Peso da amostra ¹	Peso da amostra ¹
	Peso da serrapilheira ³	Peso da serrapilheira ¹
	Matéria seca ¹	Matéria seca ¹
	Altura do capim ³	Altura do capim ³
	n° de plantas invasoras ³	n° de plantas invasoras ³
	n° de placas de fezes ³	n° de placas de fezes ³
	n° de cupinzeiros ³	n° de cupinzeiros ³
Observações	Condição das pastagens	Condição das pastagens
	Aparência visual	Aparência visual
	<i>Stand</i>	<i>Stand</i>
	Sinais de integração LPF	Sinais de integração LPF
	Tipo do capim	Tipo do capim
	Tipo das invasoras	Tipo das invasoras
	Presença de erosão	Presença de erosão
	Tipo do relevo	Tipo do relevo
	Homogeneidade da pastagem	
Fotografias	Fotografias verticais ³	Fotografias verticais ⁶ e panorâmicas ¹

Obs: ¹ ³ ⁶: número de repetições; LPF: Lavoura-pecuária-floresta.

A Figura 3.3 traz a representação esquemática da amostragem dos pastos e da obtenção de dados. Foram observadas as seguintes regras para a seleção dos pontos amostrais dentro dos pastos: i) as amostras foram adquiridas a pelo menos 150 m dos limites dos pastos, a fim de evitar o efeito de borda responsável pela alteração dos parâmetros biofísicos da vegetação próxima às cercas (ARRUDA, 2009) e o deslocamento devido à precisão do GPS utilizado; ii) foi considerada a heterogeneidade da pastagem, *i.e.*, os locais escolhidos eram representativos das condições dos pastos amostrados; iii) em pastos homogêneos, geralmente sob boas técnicas de manejo, não necessariamente foram adquiridas mais do que uma fotografia vertical em cada ponto dentro do pasto; e iv) em pastos heterogêneos foram adquiridas ao menos duas fotografias verticais em nadir em cada ponto dentro do pasto.

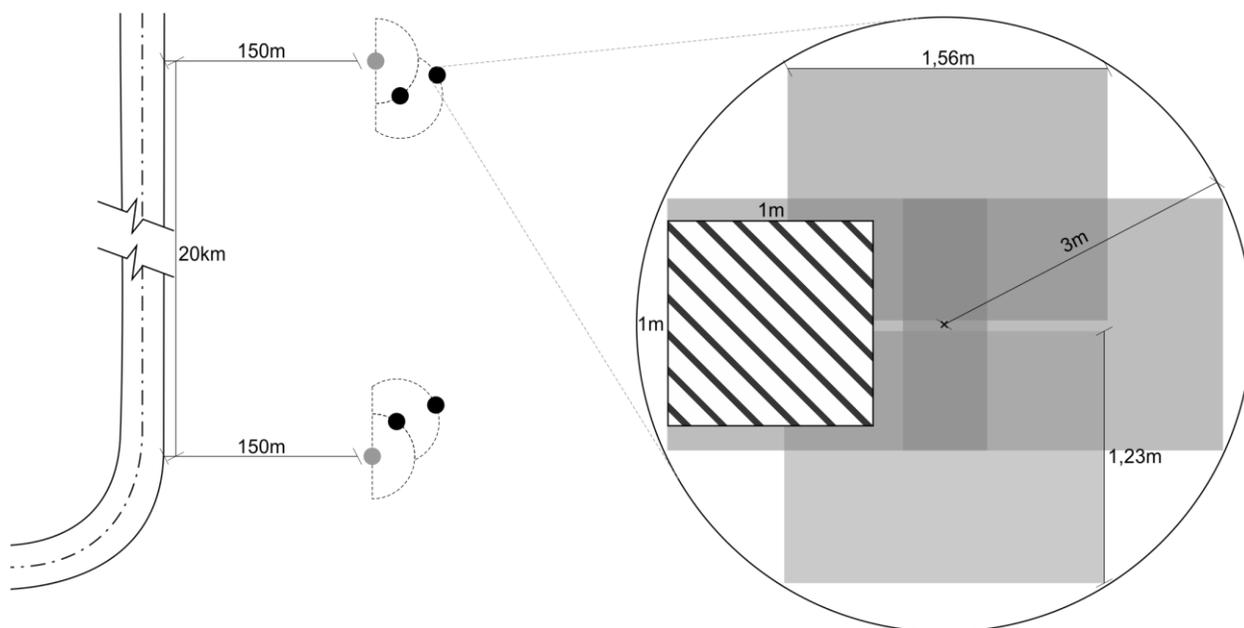


Figura 3.3 - Representação esquemática (sem escala) do sistema de amostragem adotado. Na campanha de 2011 foram realizadas três repetições das medidas de um metro quadrado (quadrado com hachura), enquanto que na campanha de 2012 apenas uma, sempre no primeiro ponto amostrado dentro do pasto (círculos pequenos sólidos em cinza). Pontos amostrais dentro do pasto (círculos pequenos sólidos em preto); distância média entre os pontos amostrais – 20 passos (linha pontilhada); campo de visada das fotografias verticais adquiridas ($\approx 1,92 \text{ m}^2$; retângulos em cinza); área para contagem de invasoras, placas de fezes e cupinzeiros (círculo vazado).

3.1.2 Caracterização da estrutura das pastagens amostradas

As medidas de altura, peso e número de plantas da pastagem auxiliam na caracterização de sua estrutura, que por sua vez depende da espécie da pastagem (GRAETZ, 1991). De acordo com Cândido (2002), as características estruturais da pastagem estão na interface da planta com o animal e o conhecimento dessas características é de fundamental importância para o manejo adequado da pastagem e do pastejo.

3.1.2.1 Altura

Comumente, a medida de altura das pastagens pode ser realizada por três métodos, *i.e.*, prato ascendente, régua e sonda eletrônica (DIFANTE, 2003) e tem como intuito estimar indiretamente

a massa das forragens (SILVA; CUNHA, 2003). O método do prato ascendente, também conhecido como método da altura comprimida, consiste em um disco de alumínio de tamanho variado com um orifício no centro pelo qual passa uma haste graduada em centímetros. Ele é amplamente adotado por considerar, ao mesmo tempo, duas das principais características do dossel, i.e, altura e densidade (DIFANTE, 2003; SILVA; CUNHA, 2003). A sonda eletrônica não é eficaz para medidas de pastagens tropicais, pois, em geral, essas pastagens têm grande quantidade de matéria senescente e os dispositivos consideram a água presente nas plantas para realizar a medida. Dos três métodos, o mais simples é o da régua, no entanto, a precisão desse método está diretamente relacionada à homogeneidade da pastagem (SALMAN *et al.*, 2006).

Como neste estudo a medida de altura foi realizada simplesmente para caracterizar as pastagens amostradas, foi adotado um método híbrido entre o disco ascendente e a régua. Dessa forma, uma trena foi posicionada verticalmente ao lado de plantas representativas da pastagem e em seguida o especialista deslizava a mão aberta pela trena, do topo em direção ao solo, até que houvesse resistência por parte da vegetação, assim foram consideradas a altura e a densidade da pastagem (Figura 3.4a). Todas as medidas de altura do primeiro ponto amostral foram realizadas dentro de 1 m² utilizado para coleta da pastagem e, por consequência, dentro da área coberta pela fotografia vertical e do círculo com raio de 3 metros (Figura 3.3). Nos pontos seguintes, as medidas foram realizadas dentro da área da primeira fotografia vertical adquirida.

3.1.2.2 *Peso*

Os métodos mais confiáveis para estimativa de massa de forragem são os métodos destrutivos baseados na colheita da forragem em áreas demarcadas (ARRUDA, 2009). Devido à heterogeneidade da pastagem, consequência do pastejo e das condições do solo, não há um número de amostras conhecido para garantir a melhor estimativa de massa da forragem. Esse número deve ser calculado considerando-se previamente o estado de cada pastagem avaliada (ARRUDA, 2009; DIFANTE, 2003; YANG *et al.*, 2011).

Para as medidas de peso realizadas neste trabalho, foram utilizados: i) uma balança portátil (tipo pescador), para pesagem da pastagem colhida e da pastagem morta sobre o solo – serrapilheira (Figura 3.4b, d e f); ii) uma balança eletrônica, para pesagem da amostra coletada (Figura 3.4c); iii) uma foice e uma tesoura de jardinagem, para colheita da pastagem; e iv) sacos de estopa e de

plástico (com peso conhecido), para pesagem da pastagem colhida e armazenagem da amostra de pastagem, respectivamente (Figura 3.4b, d, f e c).

As medidas de peso da pastagem (matéria original) e da serrapilheira foram colhidas em uma área de 1 m² delimitada por um quadrado. Para montar este quadrado foram utilizadas duas hastes de madeira e duas cordas de *naylon*, todas com 1 m de comprimento. As hastes de madeira foram dispostas em paralelo e conectadas com as cordas presas na ponta de cada haste, formando o quadrado (Figura 3.4b). Dessa forma, o quadrado pôde ser transportado e manejado por toda a campanha sem risco de quebrar.

Uma amostra da pastagem colhida foi armazenada para o cálculo da matéria seca. O método adotado para o cálculo da matéria seca foi descrito por Lacerda *et al.* (2009), baseado na utilização de um forno micro-ondas convencional. Em comparação com o método tradicional, que faz uso de estufa ventilada a ar, o método adotado nesse trabalho requer menos tempo, é mais prático e tem menor custo (SMITH, 1983). Não há consenso acerca da diferença de perda dos teores de proteínas das pastagens como resultado da aplicação dos dois métodos (LACERDA *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2002), no entanto, neste trabalho, a qualidade das pastagens não foi avaliada.



Figura 3.4 - Medida de altura (a); colheita da pastagem - matéria original (b, e), pesagem da amostra (c); da serrapilheira (d); e da pastagem (f).

Na campanha de 2011 foram realizadas três repetições das medidas de peso da matéria original e da serrapilheira, além da coleta de uma amostra da pastagem colhida na primeira medida de matéria original para o cálculo da matéria seca. Já em 2012 foi realizada apenas uma medida de peso de matéria original, da qual foi extraída uma amostra, e uma medida de peso da serrapilheira; ambas no primeiro ponto amostrado dentro do pasto (Figura 3.3). Essa mudança na metodologia ocorreu

devido ao tempo excessivo necessário para realizar as três repetições da colheita da pastagem rente ao solo. Vale ressaltar que para a escolha dos pontos de amostragem dentro do pasto, foi considerada a heterogeneidade do pasto, priorizando a escolha de áreas representativas das condições médias dos pastos amostrados (veja *sessão 3.1.1*).

3.1.2.3 Número de plantas

O número de plantas por unidade de área (*stand* da pastagem) está relacionado a uma série de fatores, desde a formação do pasto, até as técnicas de manejo aplicado, passando pela espécie ou cultivar do capim presente. O *stand* associado ao volume de massa da pastagem pode indicar a necessidade de reforma ou renovação/recuperação da pastagem (MACEDO, 1997). Neste trabalho, com o intuito de facilitar a identificação de cada indivíduo, o número de plantas no metro quadrado amostrado (Figura 3.4b) foi contado após a colheita da pastagem.

3.1.3 Indicadores de degradação e de ausência de manejo

Além das medidas dos parâmetros biofísicos da pastagem, foi realizada a contagem de alguns indicadores de degradação e de emprego ou ausência de manejo das pastagens e do pastejo, a saber: número de plantas invasoras, de placas de fezes e de ninhos epígeos de cupins (cupinzeiros) por unidade de área.

Neste trabalho, a contagem desses indicadores foi realizada em círculos com raio de 3 m e área de 28,3 m² (Figura 3.3 e 3.5). Em cada pasto visitado foram realizadas três repetições de cada contagem, *i.e.*, número de plantas invasoras, de placas de fezes e de cupinzeiros. Para medir o tamanho do raio adotado foi utilizada uma corda com 3 m presa a um carretel posicionado na base da haste maior do suporte da câmera digital. Segurando a ponta dessa corda o especialista caminhava em torno do suporte e contava cada um dos indicadores supracitados com o auxílio de outro especialista que se mantinha no centro do círculo segurando o suporte em pé até que se completasse o círculo.

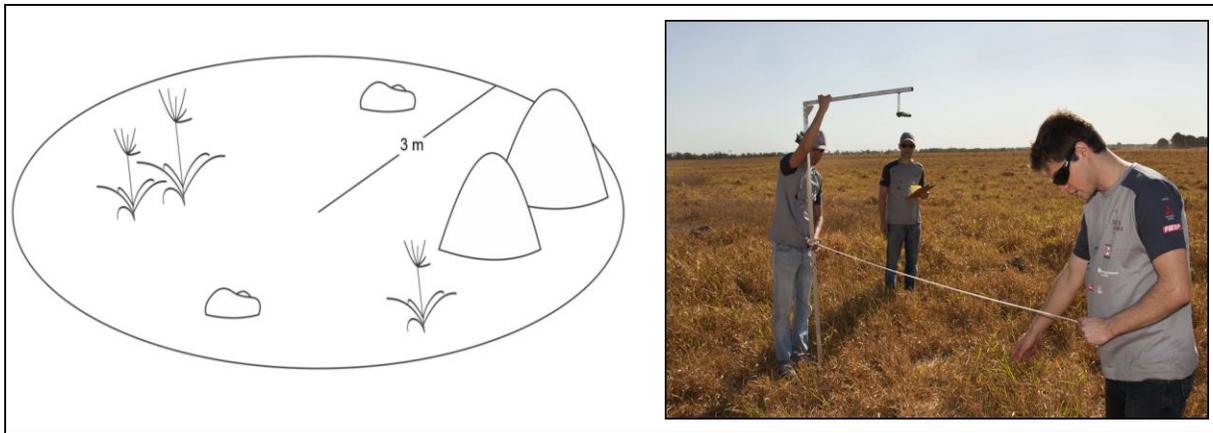


Figura 3.5 - Representação do círculo (sem escala) para contagem de plantas invasoras, de placas de fezes e de cupinzeiros (esquerda); foto do processo de contagem.

3.1.4 Observações realizadas

Foram realizadas diversas observações sobre as pastagens, o manejo adotado e a paisagem de cada região visitada em campo. Para que houvesse uma padronização das observações realizadas e redução da subjetividade entre as equipes foram utilizados gabaritos com exemplos para as classes adotadas em cada item observado.

3.1.4.1 Sobre a pastagem

As observações realizadas sobre as pastagens amostradas foram: aparência visual, *stand* da pastagem, tipo do capim e homogeneidade da pastagem.

A aparência visual da pastagem referiu-se à massa da pastagem e foi classificada da seguinte maneira: *pouca massa/pasto rapado*; *média massa* ou *muita massa* na primeira campanha e em escala crescente de 1 a 5 na segunda campanha (Figura 3.6). Na medida em que a massa da pastagem está diretamente relacionada com o tipo do capim e à condição de pastejo, essa observação não pôde ser considerada de maneira isolada.

Esta ressalva também é válida para o *stand* da pastagem, classificado como *degradado*, *intermediário* e *adequado* na primeira campanha e em escala crescente de 1 a 5 na segunda campanha, e que não pôde ser considerado isoladamente em relação às outras características da pastagem. Diferentemente do número de plantas por metro quadrado, essa observação foi realizada

com o intuito de avaliar, de forma geral e subjetiva, o *stand* de toda a pastagem capaz de ser observada em cada pasto visitado.

A homogeneidade da pastagem, observação realizada apenas na segunda campanha (Tabela 3.2), foi classificada de forma crescente de 1, para pastos heterogêneos, a 5, para pastos homogêneos, e referiu-se à homogeneidade vertical da pastagem, enquanto o *stand* da pastagem referiu-se à homogeneidade horizontal. A homogeneidade vertical da pastagem está diretamente relacionada à sua condição e composição florística, *i.e.*, um pasto homogêneo tem uma única espécie de gramínea, enquanto um pasto heterogêneo pode ter várias espécies de gramíneas; consequência da má formação do pasto e/ou do manejo inadequado da pastagem (PIRES, 2006c).

Para tornar compatíveis as observações de aparência visual e *stand* da pastagem realizadas nas campanhas de 2011 e 2012 foi proposta uma tabela de conversão, na qual para cada classe atribuída na campanha de 2011, houve uma ou duas classes correspondentes na campanha de 2012 (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Conversão do método de classificação das campanhas de campo.

Observação	Classificação	
	2011	2012
Aparência visual	Pouca massa	1, 2
	Média massa	3
	Muita massa	4, 5
<i>Stand</i>	Degradado	1, 2
	Intermediário	3
	Adequado	4, 5

Para este trabalho, foi necessário identificar o tipo de capim presente nos pastos amostrados devido à diferença entre os hábitos de crescimento dos capins que influenciam, diretamente, o percentual de cobertura da pastagem sobre a superfície. Em outras palavras, um piquete com capim de comportamento cespitoso, que se forma em touceiras, tem menor percentual de cobertura de pastagem, enquanto um piquete com capim de comportamento decumbente, que tende a cobrir todo o solo, tem maior percentual de cobertura de pastagem. Eles podem, quando comparados sem as devidas ressalvas, levar a uma interpretação equivocada, *e.g.*, quanto ao estágio de degradação.

Foi identificada a espécie *Brachiaria brizantha* e os gêneros *Brachiaria* (para outros espécies/cultivares desse gênero), *Panicum* e *Andropogon* (Figura 3.7), além de *capins nativos* e *outros capins*. Dentre as espécies mais comuns cultivadas no Brasil, de acordo com Macedo *et al.* (2012) e Pires (2006d), estão:

- ✓ Gênero *Brachiaria*: i) *Brachiaria Brizantha* (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv *Marandu*), conhecida como “Braquiarão”; ii) *Brachiaria Decumbens* (*Brachiaria decumbens* Stapf. cv *Basilisk*), conhecida como “Braquiarinha”; iii) *Brachiaria Humidicola* (*Brachiaria humidicola* [Rendle] Schweicherdt), conhecida como “Capim agulha”; iv) *Brachiaria Brizantha* (*Brachiaria brizantha* [Hochst] stapf. cv *Liberta*), conhecida como “MG4”.
- ✓ Gênero *Panicum*: i) Colônia Tanzânia (*Panicum maximum* [BRA-00748] CV. *Tanzânia*), conhecido com “Tanzânia”; ii) Colônia Mombaça (*Panicum maximum*, cv. *Mombaça*), conhecido como “Mombaça”; iii) Colônia Massai (*Panicum maximum*, cv. *Massai*), conhecido como Massai.
- ✓ Gênero *Andropogon*: a espécie *Andropogon* (*Andropogon gayanus* cv. *Planaltina*), conhecida como “Andropogon”.

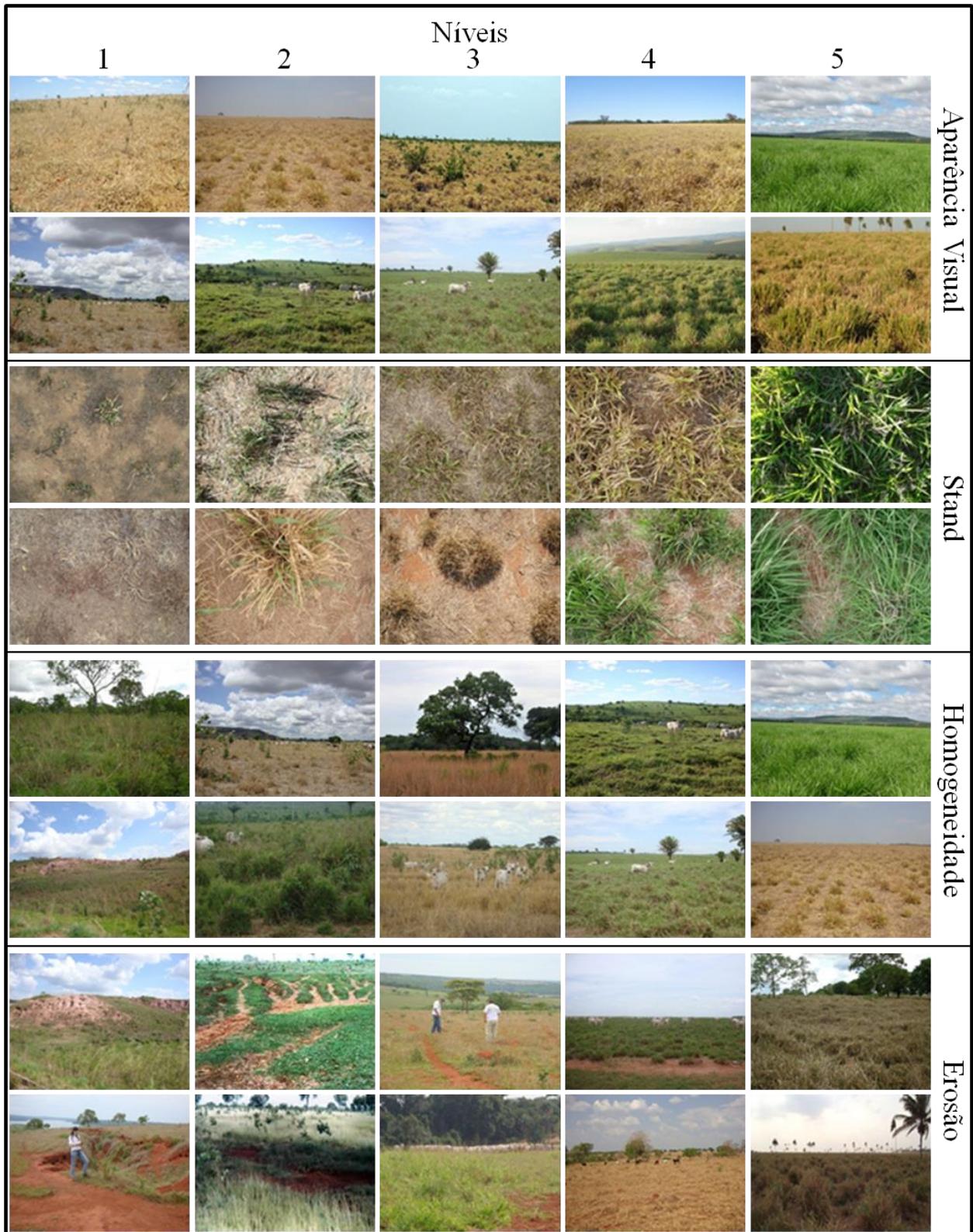


Figura 3.6 - Gabarito para as observações sobre pastagem, manejo e paisagem.

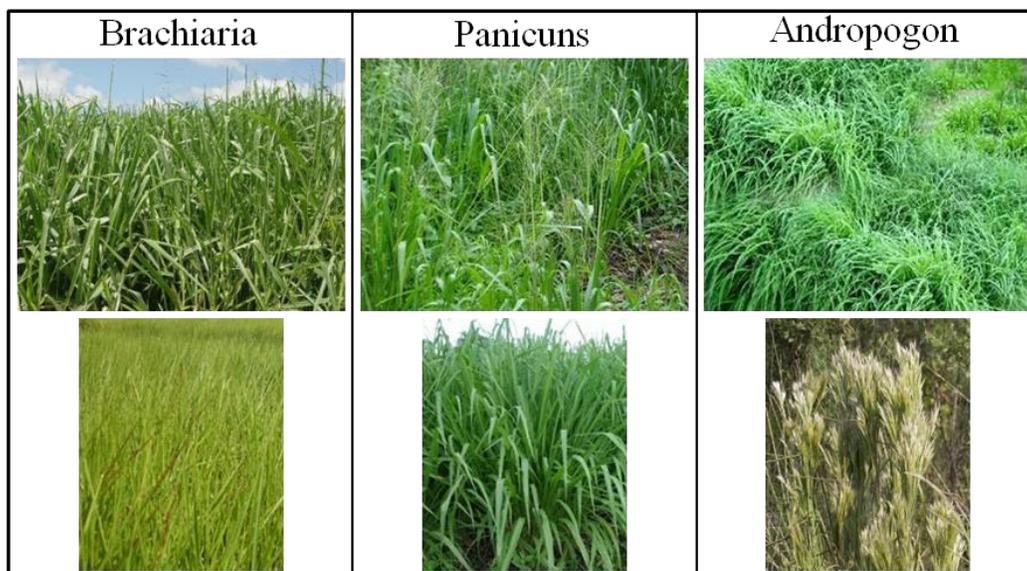


Figura 3.7 - Gabarito para a identificação dos gêneros das pastagens.

3.1.4.2 Sobre o manejo adotado

Um dos temas mais recorrentes no estudo das pastagens é a influência do pastejo animal, em diferentes níveis, sobre a vegetação (BASTIN *et al.*, 1993; HOLECHEK *et al.*, 2006). Ainda não existe consenso sobre qual a intensidade e o tempo de pastejo necessários para impactar a vegetação em diferentes escalas, desde o indivíduo (planta) até o ecossistema (YANG; GUO, 2011; YANG, 2012; YANG *et al.*, 2011).

Com o intuito de comparar as pastagens amostradas, a condição da pastagem foi observada por especialistas em ambas as campanhas. Para identificar se o pasto estava *com gado - sob pastejo*, *sem gado - pós-pastejo* ou *sem gado - a entrar em pastejo*, foram observados alguns sinais indicadores de consumo da pastagem. Evidentemente a ausência ou presença do gado no pasto foi o primeiro sinal observado. Nos casos em que o gado não estava presente no pasto ou não estava ao alcance da vista foram observados os seguintes sinais: presença de placas de fezes secas; ponteiros da pastagem cortadas, pastagem pisoteada e trilhas do gado bem definidas. A existência desses sinais no pasto indicou a condição de *pós-pastejo*, enquanto a inexistência desses sinais indicou a condição de *sem gado - a entrar em pastejo*, características típicas de pastos onde não houve pastejo recente, *i.e.*, “vedados” (MACHADO; KICHEL, 2004; PIRES, 2006c).

As visitas aos pastos amostrados, geralmente, não foram acompanhadas pelos proprietários ou gerentes das fazendas e, dessa forma, não se pôde obter informações acerca do período de pastejo e da taxa da lotação empregada. Entretanto, as condições biofísicas das pastagens verificadas em campo são consequências, entre outros, desses fatores. Além disso, assumiu-se que os dados coletados e as observações realizadas permitiram analisar de maneira comparativa o processo de degradação/intensificação das pastagens amostradas, a despeito da ausência das informações sobre o manejo.

As plantas invasoras têm um importante papel no processo de degradação agrícola das pastagens, tanto como causa quanto como consequência (DIAS-FILHO, 2011). O tipo das plantas invasoras pode ser um indicador do manejo das pastagens adotado ou mesmo da ausência de manejo. Neste trabalho foram identificados três tipos de plantas invasoras: *herbáceas*, *semiarbustivas* e *arbustivas*.

Também foram observados sinais de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). De acordo com Dias-Filho (2011) e Herrero *et al.* (2010), a implantação de sistemas agrofloretais e agrícolas na criação de gado resulta na intensificação da pecuária em regiões tropicais e torna-se uma alternativa ecológica na recuperação de áreas degradadas e/ou na manutenção da produtividade econômica dessas áreas, causando menores prejuízos ao solo, à disponibilidade de água e à biodiversidade. Os sinais observados para determinar se a pastagem amostrada fazia parte de um sistema Lavoura-Pecuária-Floresta, Lavoura-Pecuária ou Silvipastoril foram: a presença de restos culturais, de linhas de plantio, de cultivo de árvores comerciais para produção de madeira e do gado pastejando sobre culturas agrícolas, *e.g.*, milho.

3.1.4.3 Sobre a paisagem

As decisões sobre o tipo do capim e as técnicas de manejo do pastejo e da pastagem passam, necessariamente, pelo relevo/topografia da paisagem e da região em que o pasto está inserido. Um pasto com capim de comportamento cespitoso plantado em uma região com relevo movimentado pode acelerar o processo de erosão (PIRES, 2006d). Em terrenos com declividade alta recomenda-se o plantio em níveis ou mesmo a introdução de curvas de nível ou terraços com o intuito de se evitar o início do processo de erosão. Foram estabelecidas três classes de relevo/topografia dos pastos amostrados: *plano*, *pouco inclinado* e *muito inclinado*.

O processo de erosão é uma das consequências do manejo inadequado da pastagem (especificamente das águas) e do pastejo e pode acarretar, em última instância, no surgimento de voçorocas e na perda do pasto. As classes de erosão consideradas foram: 5) *ausente*; 4) *apenas nas trilhas dos animais*; 3) *nas trilhas e nas cercas*; 2) *moderada, em todo o pasto*; e 1) *excessiva, em todo o pasto*. Essa observação, analisada em conjunto com outras observações realizadas e parâmetros coletados, serviu para determinar o nível de degradação das pastagens amostradas.

Adicionalmente, foram realizadas outras observações que de alguma forma puderam auxiliar na estimativa do nível de degradação/intensificação das pastagens, *e.g.*, quanto à mudança de uso e cobertura da terra, técnicas de manejo da pastagem e do pastejo, presença de pragas, condições edafoclimáticas e observações sobre o gado e suas condições veterinário-zootécnicas.

3.1.5 Tipos de solos

A fertilidade do solo define a longevidade produtiva da pastagem e sua redução é apontada como o início do processo de degradação das pastagens, resultando na queda do *stand* e no surgimento de manchas de solo exposto suscetíveis à compactação, que, por consequência, aumenta o processo de escoamento superficial da água, da perda acentuada de nutrientes e de erosão (DIAS-FILHO, 2011; MACEDO, 1997). Para identificar o tipo de solo dos pontos amostrados em campo foi realizada a intersecção entre as coordenadas dos pontos amostrados nas campanhas de 2011 e 2012 e um mapa de solos, escala 1:500.000 (EMBRAPA, 2012).

3.2 Método de análise estatística

Para avaliar a influência dos fatores i) *condição de pastagem*, ii) *stand*, iii) *bioma*, e iv) *tipo do capim* sobre os atributos biofísicos medidos e as contagens realizadas foi utilizado o teste estatístico Kruskal-Wallis (K-W). O teste K-W é um teste não paramétrico usado para comparar duas ou mais amostras a partir da mediana e para testar a hipótese nula de que todas as populações possuem funções de distribuição iguais contra a hipótese alternativa de que ao menos duas das populações possuem funções de distribuição diferentes. Entretanto, enquanto a análise de variância dos testes paramétricos depende da hipótese de que todas as populações comparadas são

independentes e normalmente distribuídas, o teste de K-W não coloca nenhuma restrição sobre a comparação (GIBBONS, 1985).

3.3 Aquisição de fotografias verticais

Na primeira campanha de campo as fotografias verticais foram adquiridas com duas câmeras e na segunda campanha com quatro câmeras, todas da marca Fuji ® (Tabela 3.3). Além das fotografias verticais, na campanha de 2012 foram adquiridas fotografias panorâmicas com o intuito de auxiliar a interpretação dos pastos amostrados.

Tabela 3.4 - Características das câmeras utilizadas e fotografias adquiridas.

Fabricante	Fuji
Modelo	Fine Pix XP30
Dimensões (mm)	4320 x 3240
Escala do número f	3.9
Tempo de exposição	1/150s
Velocidade do ISO	200
Distância focal (mm)	33
GPS	Sim

As câmeras foram instaladas em um suporte de alumínio, projetado especificamente para este estudo, com 1,83 m de altura e equipado com um nível para garantir que as fotografias fossem adquiridas verticalmente (em nadir). Com o intuito de aumentar a mobilidade e reduzir o tempo de aquisição das fotografias em cada um dos pontos amostrados, o suporte foi constituído por quatro partes montáveis, duas para a composição da haste vertical, com 1 m e 0,97 m de comprimento; e duas para a composição da haste horizontal, com 0,60 m e com 0,50 m, na qual foi instalada a câmera. Dessa forma, as fotografias puderam ser obtidas sem interferência do fotógrafo e do suporte, como recomendado por Richardson *et al.* (2001). As fotografias resultantes tinham 3072 x 2304 pixels, cobrindo uma área de 1,92 m² (Figura 3.3). As especificações do suporte e das câmeras são apresentadas na Figura 3.8.

Para a escolha dos locais de aquisição das fotografias foram observadas as regras descritas na *sessão 2.1.1* e na Figura 3.3. As fotografias foram obtidas ao longo do dia, a despeito das condições de iluminação decorrentes do ângulo de inclinação solar e da presença de nuvens, considerando a independência das análises subsequentes em relação a esses fatores (BOOTH *et al.*, 2006; PURCELL, 2000; STEWART *et al.*, 2007).



Figura 3.8 - Especificações da câmera e do suporte.

3.4 Classificação de fotografias verticais

Para estimar as frações da superfície de interesse a partir das fotografias verticais foi utilizado o *software SamplePoint* desenvolvido por Booth *et al.* (2006b) (Figura 3.9). Esse *software* permite ao intérprete classificar um determinado número de pontos (pixels), definidos *a priori*, distribuídos

aleatoriamente ou sistematicamente em uma malha retangular, em fotografias verticais adquiridas e armazenadas em um banco de dados (BOOTH; COX, 2011). Para cada ponto, além da classe atribuída, são salvos os valores das componentes RGB da fotografia. Adicionalmente, o intérprete tem acesso a uma planilha síntese com a fração percentual de cada classe na imagem (BOOTH *et al.*, 2006b).

Neste trabalho, quatro intérpretes obtiveram treinamento e classificaram, em seis classes de cobertura da superfície, 36 pontos distribuídos sistematicamente em cada uma das 3.712 fotografias verticais adquiridas. Para a etapa de treinamento, um especialista com conhecimento de campo classificou 60 pontos distribuídos sistematicamente em 40 fotografias verticais representativas dos pastos amostrados (Figura 3.10), selecionadas dentre as fotografias adquiridas, com o intuito de abranger a maior parte das condições e tipos de pastagens amostradas. Essas fotografias foram distribuídas aos intérpretes que classificaram os mesmos 2.400 pontos (60 pontos * 40 fotografias), posteriormente comparados e discutidos no processo de treinamento.

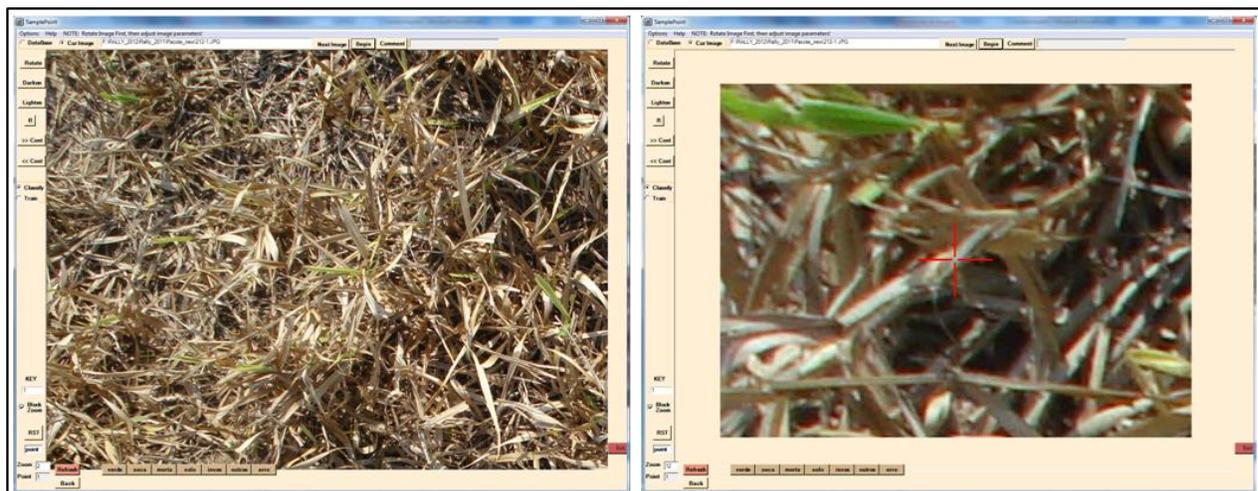


Figura 3.9 - Tela do *software* SamplePoint com destaque para a grade de pontos distribuídos sistematicamente em fotografia adquirida sobre pastagem (esquerda) e para um ponto no momento da classificação (direita).

De acordo com Booth *et al.* (2006b), este deve ser o número mínimo de fotografias classificadas na fase de treinamento para garantir a melhor acurácia. As classificações realizadas pelos intérpretes foram comparadas à classificação do especialista, par a par, com base no teste

Kolmogorov-Smirnov (K-S), indicado para amostras pequenas sem distribuição normal por ser um teste não paramétrico (GIBBONS, 1985). Nesse teste, se a distância entre as distribuições for pequena, apontando apenas desvios aleatórios, aceita-se H_0 . Se as distribuições cumulativas são muito distantes uma da outra em qualquer ponto, sugere-se que provenham de populações distintas e, assim, rejeita-se H_0 .

Além disso, após a etapa de treinamento, durante todo o processo de classificação, as dúvidas dos intérpretes foram discutidas e dirimidas pelo especialista, reduzindo a chance de erro na classificação e homogeneizando o processo de classificação.

As frações de cobertura da superfície extraídas com base na interpretação dos pontos distribuídos nas fotografias verticais foram: i) Vegetação fotossinteticamente ativa, denominada *FVerde*; ii) Vegetação não fotossinteticamente ativa, denominada *FSeca*; iii) Vegetação morta sobre o solo, denominada *FSerrapilheira*; iv) *Invasoras*, denominada *FInvasoras*; v) *Solo*, denominada *FSolo*; vi) *Outros*, denominada *FOutros*. A classe *Invasoras* referiu-se às plantas invasoras arbustivas, semiarbustivas e herbáceas; a classe *Solo* ao solo exposto e a classe *Outros* a qualquer outra cobertura da superfície/objeto, como rochas, galhos caídos e fezes do gado.

Nas análises subsequentes, além das classes supracitadas, foram consideradas as seguintes frações: i) *Serrapilheira + Solo + Outros + Invasoras*, denominada *FñPastagem*, tendo em vista a dificuldade de se distinguir essas classes em determinados tipos de solo (MCCLOY *et al.*, 1993; ROBERTS *et al.*, 1993) e *Verde + Seca*, denominada *FPastagem*, para a fração de pastagem em pé, independentemente de sua condição.

O discernimento entre as classes *FSeca* e *FSerrapilheira* não é uma tarefa simples devido à semelhança entre a vegetação seca em pé e a vegetação seca sobre o solo - morta (ROBERTS *et al.*, 1993). As chaves de interpretação utilizadas para discernir estas classes foram: forma, *i.e.*, comprimento e orientação da vegetação, e a tonalidade da cor. As formas menos longilíneas e de orientação vertical foram associadas à vegetação seca em pé, enquanto as formas mais longilíneas e de orientação horizontal à vegetação seca sobre o solo. Adicionalmente, as tonalidades mais escuras normalmente estão associadas à vegetação seca sobre o solo por conta do processo de decomposição.



Figura 3.10 - Exemplos de fotografias verticais adquiridas para estimativa de frações de cobertura da superfície.

3.5 Dados de Sensoriamento Remoto

Neste trabalho foram adquiridas séries temporais de EVI-2, composição 16 dias, e de estimativa de precipitação acumulada mensal TRMM do período de 2000 a 2012 correspondentes a todos os pontos amostrados nas campanhas de campo (veja *sessão 2.3.1.1*), disponíveis para visualização em www.dsr.inpe.br/laf/series. Diferentemente de outros índices de vegetação, o EVI-2 é mais sensível às grandes variações na quantidade de biomassa da superfície e menos sensível ao solo e à atmosfera, e por consequência, apropriado ao estudo de pastagens tropicais sob pastejo (FERREIRA *et al.*, 2013).

A Figura 3.11 ilustra o método adotado para a escolha da série temporal de EVI-2 representativa de cada ponto. A série temporal referente ao pixel contido ou majoritariamente contido no pasto visitado foi escolhida com o auxílio de imagens de resolução espacial alta, disponíveis no globo virtual do *Google Maps*, imagens de resolução espacial média dos sensores TM e ETM+, a bordo dos satélites Landsat 5 e Landsat 7, respectivamente, e de informações coletadas em campo. Todas essas informações foram integradas em uma ferramenta de visualização na *web*, apresentada na sessão seguinte. Os pastos amostrados com tamanho inferior ao tamanho do pixel ou que não foram majoritariamente representados por nenhum pixel foram excluídos do conjunto amostral (Figura 3.11).

Como mencionado, foram adquiridas imagens dos sensores TM e ETM+ livres de nuvens, referentes ao período das séries temporais (2000 a 2012), das épocas secas e chuvosas, de toda a região percorrida nas campanhas de campo. Essas imagens foram utilizadas na etapa de escolha das séries temporais representativas dos pastos amostrados e também como informação auxiliar para a etapa de interpretação das séries temporais com vistas ao entendimento do processo de degradação e intensificação do uso das pastagens. No total foram adquiridas imagens referentes a 53 cenas Landsat (Figura 3.12).

Foram utilizadas as bandas do vermelho (B3, 0,63-0,69 μm), infravermelho próximo (B4, 0,76-0,90 μm) e infravermelho médio (B5, 1,55-1,75 μm) dos sensores supracitados. A composição adotada para visualização das imagens foi 3(B, azul), 4(R, vermelho) e 5(G, verde).

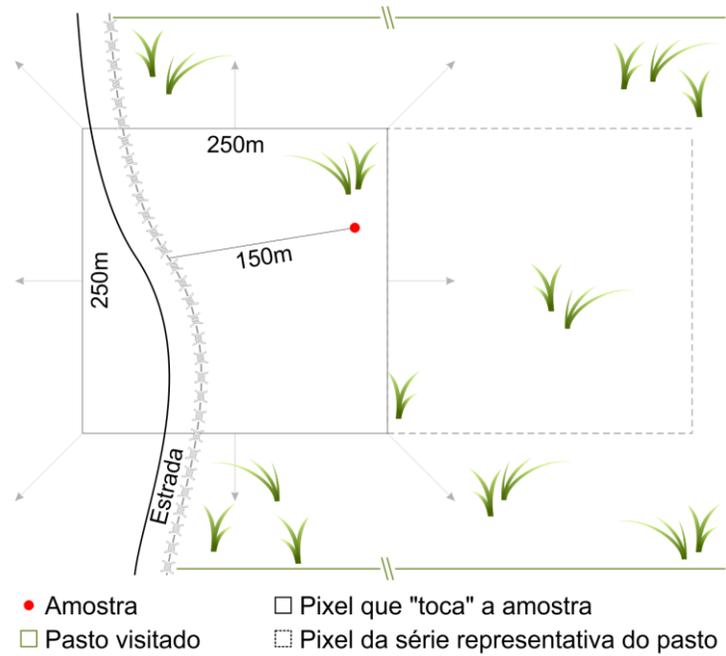


Figura 3.11 - Esquema de identificação de séries temporais de EVI-2 representativas das pastagens amostradas.

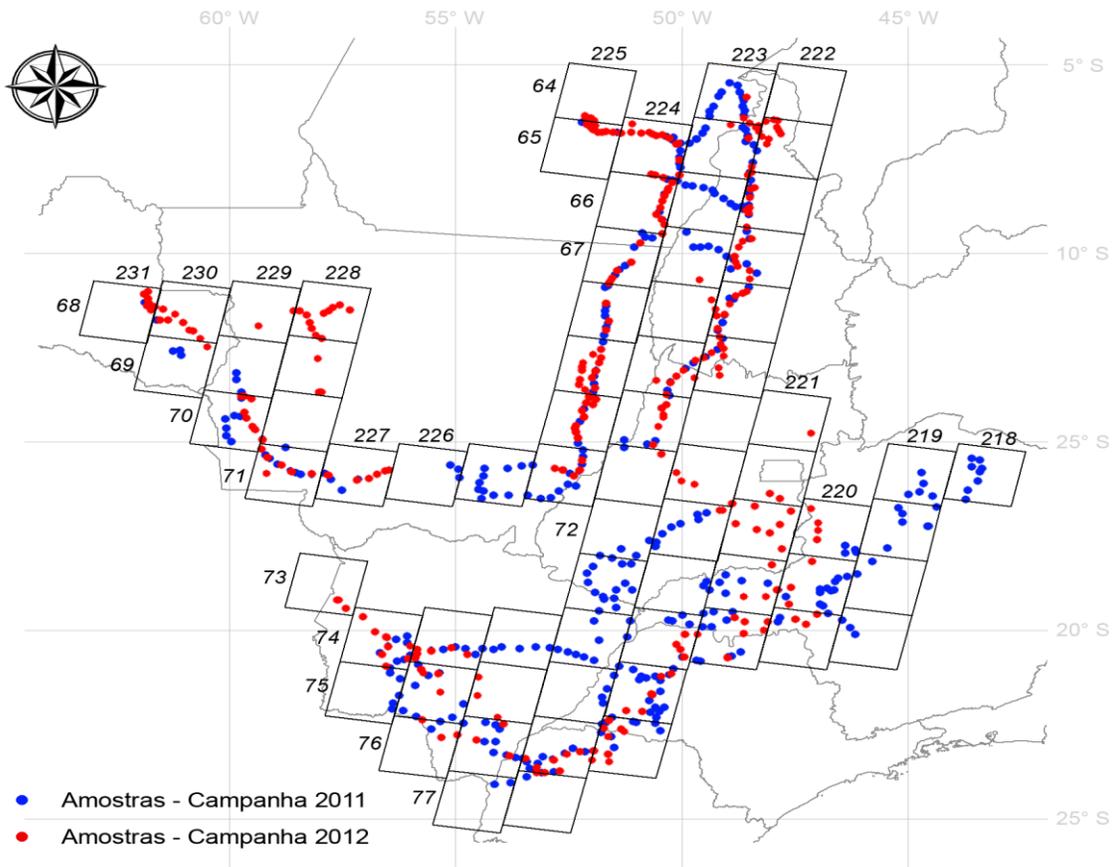


Figura 3.12 - Cenas dos sensores TM e ETM+ utilizadas.

3.6 *Webtool* para visualização de séries temporais de EVI-2 de pastagens

Com o intuito de auxiliar o intérprete/analista e integrar: i) as séries temporais de EVI-2; ii) estimativas de precipitação do TRMM; iii) as imagens dos sensores TM e ETM+; iv) as imagens de alta resolução espacial do *Google Maps*; v) os dados obtidos em campo; e vi) as fotografias verticais dos pontos amostrados nas campanhas de campo, em um único ambiente, foi criada uma *webtool* denominada Pastagensat. A arquitetura de sistema da *webtool* desenvolvida nesse trabalho (Figura 3.13) foi criada dentro do Laboratório Virtual de Sensoriamento Remoto (FREITAS, 2012), inspirada na ferramenta proposta por Adami *et al.*, (2012) para avaliação de mudança de uso e cobertura da terra.

O sistema é composto de um servidor e um cliente (*browser/analista*). O processo começa quando o intérprete/analista acessa o site: <http://www.dsr.inpe.br/laf/class/pastagensat> e faz o *login*. Realizado o *login*, o sistema obtém a lista de todos os identificadores (ID) dos pontos amostrados e constrói a *webpage* utilizando HTML e Javascript (Figura 3.14). Uma vez que a *webpage* foi carregada, a base do Google Maps (Figura 3.14-1), os pontos amostrados (Figura 3.14-2) e a lista das imagens Landsat disponíveis (Figura 3.14-3) são visualizados. Para visualizar a série temporal de EVI-2 e de estimativa de precipitação TRMM de um dos pontos, o analista deve clicar no identificador de uma das amostras (Figura 3.14-1) ou procurá-la no mapa.

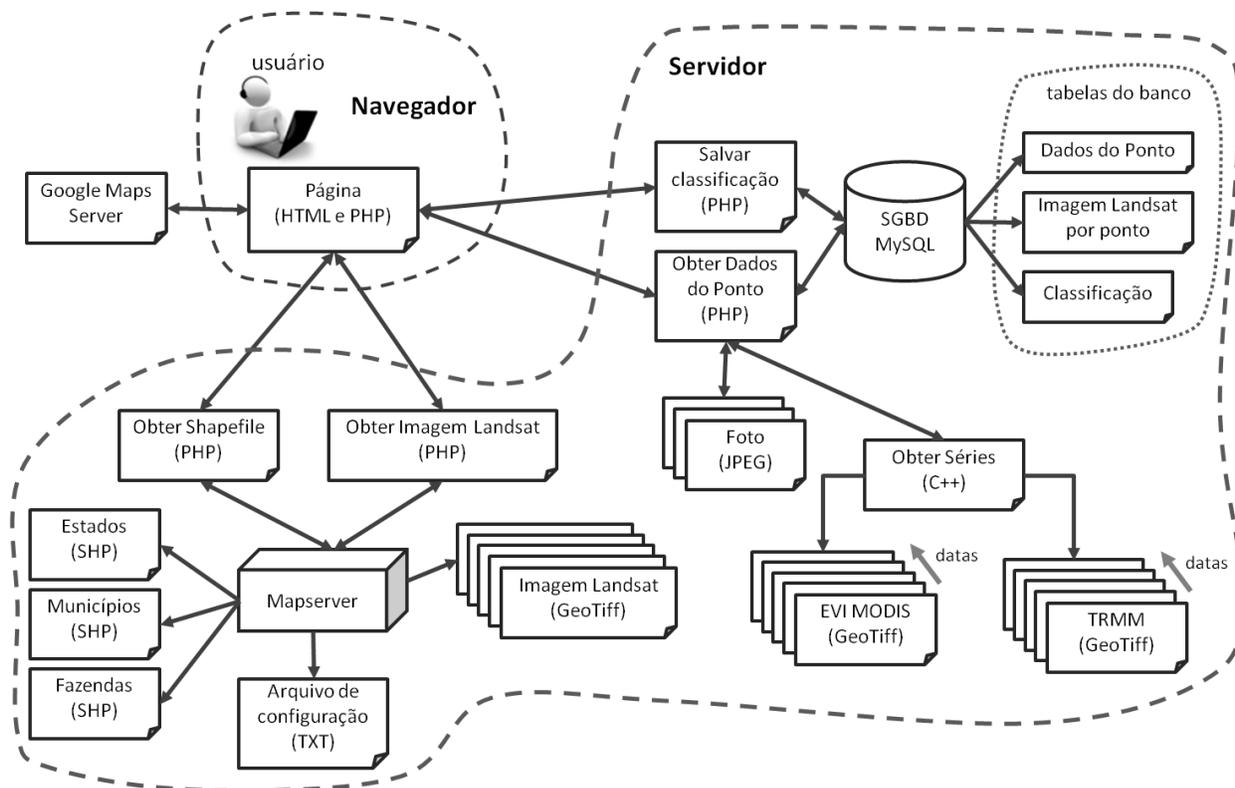


Figura 3.13 - Arquitetura da *webtool* para visualização das séries temporais EVI-2 MODIS, estimativa de precipitação mensal acumulada TRMM e dados obtidos em campo dos pontos amostrados.

Uma vez que o ponto foi selecionado pelo intérprete/analista, a série temporal de EVI-2 MODIS e de estimativa de precipitação TRMM do ponto selecionado (Figura 3.14-5), os dados coletados em campo (Figura 3.14-8 e Figura 3.14-9), as fotografias verticais (Figura 3.14-7) e as frações de superfície extraídas (Figura 3.14-9) são apresentadas em janelas abaixo do mapa. A *webtool* ainda permite visualizar arquivos vetoriais de limites de piquetes, propriedades rurais, municípios e estados.

Outra funcionalidade da *webtool* importante para a interpretação das séries temporais de EVI-2 é a visualização de uma tabela síntese com a estatística descritiva da série temporal de EVI-2, com ou sem filtro *wavelets*, ou da estimativa de precipitação TRMM. Esta tabela apresenta os valores de mínimo, máximo, média, mediana, variância, valor acumulado e quantidade de observações, por ano civil ou ano-safra, *i.e.*, julho a agosto de cada ano (Figura 3.14-6).

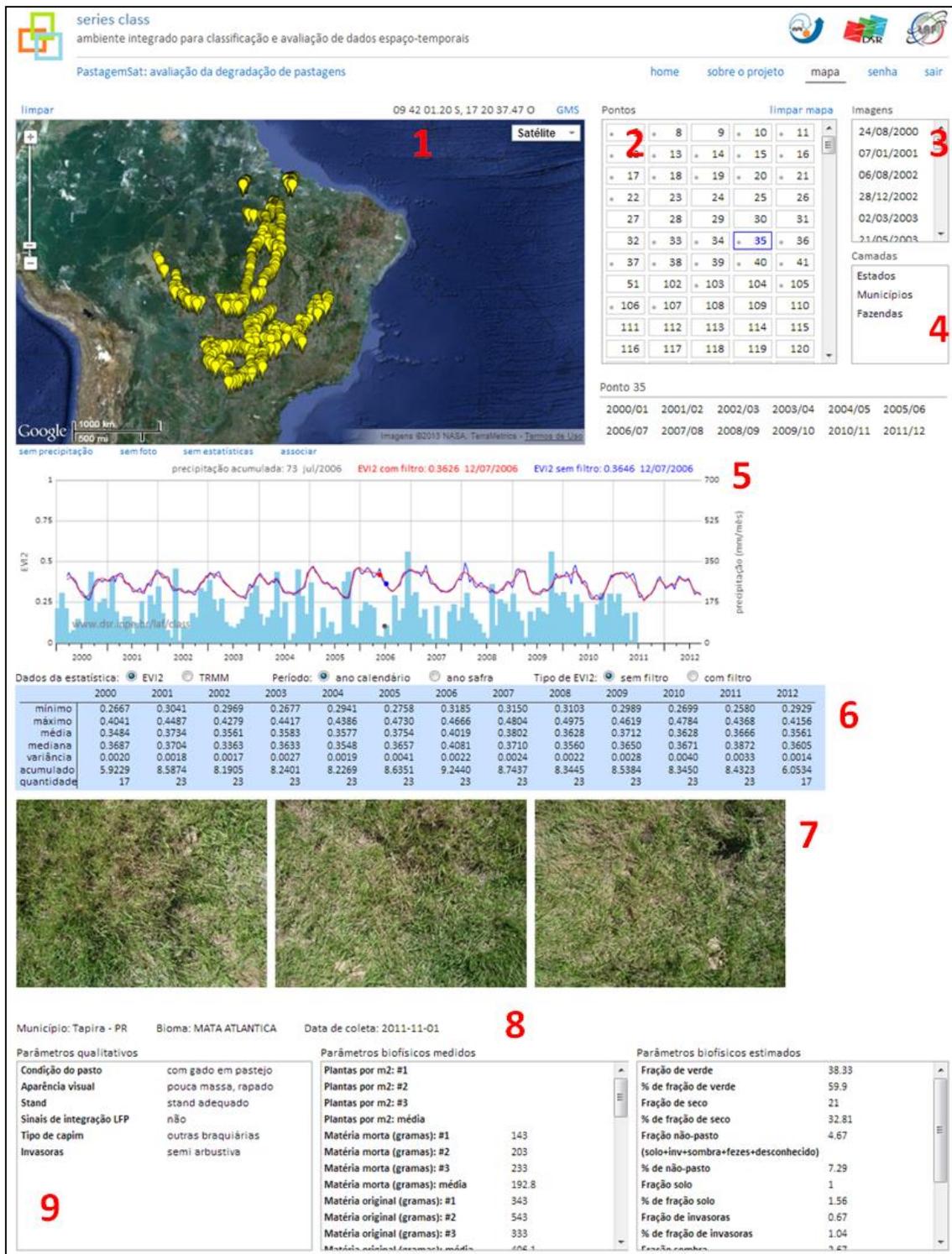


Figura 3.14 - Pontos amostrados nas campanhas de 2011 e 2012 sobre Globo virtual Google (1); lista de identificadores (ID) dos pastos amostrados (2); lista das imagens de satélite disponíveis para pasto (3); lista de arquivos vetoriais disponíveis (4); séries temporais de EVI-2/MODIS e de estimativa de precipitação/TRMM (5); estatística descritiva das séries temporais (filtradas

ou brutas) por ano civil ou ano-safra (6); fotografias verticais adquiridas no pasto amostrado (7); município, bioma, data de coleta e observações acerca do pasto visitado (8); e dados coletados em campo (9).

Mais detalhes em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/class>.

4 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DAS SÉRIES TEMPORAIS DE EVI-2 DE PASTAGENS TROPICAIS

Este protocolo foi desenvolvido no âmbito do Projeto Geodegrade, sob coordenação da EMBRAPA Monitoramento por Satélite (para detalhes, veja: <http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/web/geodegrade/home>). Para o desenvolvimento deste protocolo foram visitadas sete fazendas nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul entre os dias 15 e 22 de outubro de 2012, além de algumas fazendas no entorno do município de Paragominas, no estado do Pará (Figura 4.1). Durante estas visitas foram entrevistados especialistas, proprietários, gerentes, administradores e/ou funcionários para obter informações sobre o histórico de manejo das pastagens e do pastejo visando adquirir um melhor entendimento das intervenções nas pastagens e seus efeitos expressos nas séries temporais de EVI-2.

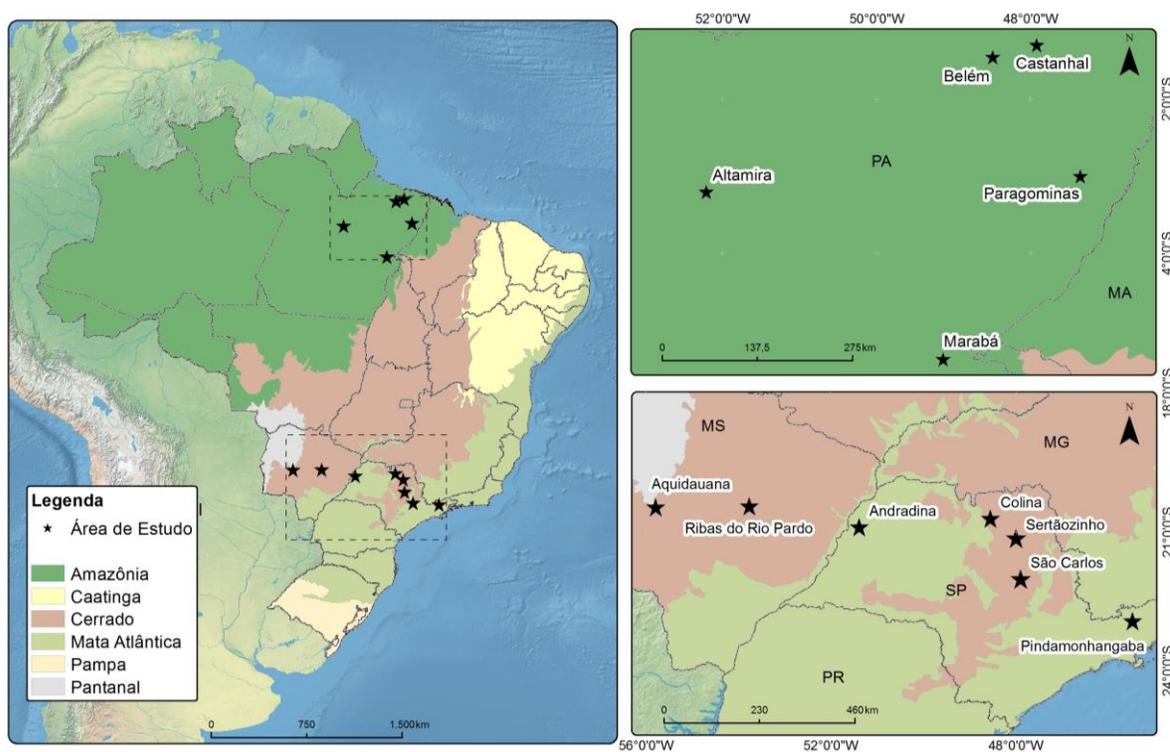


Figura 4.1 - Localização das fazendas visitadas no âmbito do Projeto Geodegrade.

Fonte: < <http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/web/geodegrade/espacializacao> >.

Foram impressas, em folhas A0, cartas imagens das fazendas visitadas para auxiliar a localização dos piquetes de interesse (Anexo 1). Adicionalmente, séries temporais de EVI-2 de pixels representativos destes piquetes foram obtidas para posterior impressão. De posse das cartas imagens e das séries temporais de EVI-2, os entrevistados foram questionados sobre o histórico da pastagem em termos de manejo, do pastejo e de outras questões consideradas relevantes a respeito dos piquetes das fazendas visitadas, como por exemplo, mudança de uso e cobertura da terra.

4.1 Base teórica para avaliação de pastagens tropicais com séries temporais de EVI-2

Diversos fatores, naturais e antrópicos, influenciam as condições das pastagens tropicais observadas ao longo do tempo. Fatores climáticos e edáficos, intervenções antrópicas, o pastejo do gado e a ocorrência de queimadas definem a dinâmica da pastagem no tempo. Desta forma, modelos baseados na hipótese de que o comportamento da vegetação é linear e gradual não são válidos para descrever o comportamento de pastagens tropicais sob pastejo (ASNER *et al.*, 2004; NUMATA *et al.*, 2007b; WASHINGTON-ALLEN *et al.*, 2008).

A resposta da pastagem às complexas interações destes fatores pode ser linear, gradual, não linear ou abrupta. Contudo, existem indicadores, passíveis de serem observados por sensores remotos, que permitem avaliar o comportamento das pastagens quanto às mudanças em sua composição e configuração espacial (WASHINGTON-ALLEN *et al.*, 2008). Métricas extraídas de séries temporais de índices de vegetação, associadas ao conhecimento de especialistas a respeito dos fatores supracitados, permitem monitorar a vegetação em busca de indicadores de mudanças (ADAMI. *et al.*, 2012; AGUIAR *et al.*, 2010; JÖNSSON; EKLUNDH, 2002; NUMATA *et al.*, 2007).

Uma pastagem tropical em processo de degradação biológica, agravado pela ausência de manejo adequado, sofre desfolhação e perda de nutrientes do solo, o que ocasiona o surgimento de manchas de solo exposto (FERREIRA *et al.*, 2013; MACEDO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2004). Séries temporais de índices de vegetação (IV) extraídos de imagens de satélite são sensíveis às variações desse tipo (NUMATA *et al.*, 2007b). Por outro lado, pastagens em processo de degradação agrícola, quando há mudança na composição biológica devido à sucessão secundária,

ou mesmo sob subpastejo, têm acréscimo de biomassa, processo também detectado em séries temporais de IV (YANG *et al.*, 2011).

De fato, o comportamento típico da pastagem ao longo do tempo é decorrente da variação sazonal da biomassa relacionada à disponibilidade de água (FERREIRA; HUETE, 2004; FERREIRA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2008). Essa variação é expressa na série temporal de IV como um comportamento sazonal, que caracteriza, a cada ano-safra, os períodos secos (com valores baixos para o IV) e chuvosos (com valores altos para o IV) (AGUIAR *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2008). Por outro lado, mudanças significativas de manejo da pastagem e do pastejo (*e.g.*, aumento da taxa de lotação, mudança no sistema de pastejo, de contínuo para rotacionado, ou intervenções antrópicas para melhoria da pastagem) são caracterizadas por mudanças expressivas no comportamento temporal típico do IV (WASHINGTON-ALLEN *et al.*, 2008).

Dessa forma, as hipóteses assumidas para o estabelecimento do protocolo de avaliação das séries temporais de EVI-2 de pastagens tropicais são: i) as intervenções antrópicas tipicamente compreendidas no processo de reforma da pastagem causam um aumento na disponibilidade de biomassa, não precedido de exposição de solo (MACEDO *et al.*, 2012; ZIMMER *et al.*, 2012); ii) as intervenções antrópicas tipicamente compreendidas no processo de renovação/recuperação da pastagem causam um aumento na disponibilidade de biomassa, precedido de exposição de solo (MACEDO *et al.*, 2012; ZIMMER *et al.*, 2012); iii) o processo de degradação biológica das pastagens implica na queda de biomassa da pastagem ao longo do tempo (DIAS-FILHO, 2011); e iv) índices de vegetação extraídos de séries temporais de imagens de satélite são sensíveis às mudanças na pastagem anteriormente descritas.

Evidente que as pastagens que por ventura tenham passado por algum tipo de intervenção no período analisado também poderiam estar em processo de degradação após a intervenção, *i.e.*, com tendência de redução de biomassa. Fatores como manejo inadequado, problemas no plantio, adubação insuficiente e adoção de taxas de lotação acima da capacidade de suporte da pastagem podem acelerar o processo de degradação. Contudo, assumiu-se, neste trabalho, que apenas as pastagens que não passaram por nenhum tipo de intervenção antrópica e que apresentaram uma

tendência de queda de biomassa, ao longo do período de análise definido, *i.e.*, processo de degradação biológica, poderiam ser classificadas como “pastos em degradação”.

4.2 Métricas fenológicas

Com exceção do vigor vegetativo (a ser detalhado adiante), todas as métricas fenológicas extraídas das séries temporais estão baseadas na identificação dos valores máximos (*max*) e mínimos (*min*), observados para o EVI-2, ao longo de um ano-safra. Para identificação desses valores estabeleceu-se uma janela temporal na qual o algoritmo identificou o valor mínimo observado de EVI-2 (*min*) e a data em que ele ocorreu (*dmin*). Essa janela temporal foi de aproximadamente oito meses. Para o primeiro ano-safra, o algoritmo procurou o menor valor observado nos oito meses que sucedem a data da primeira observação da série temporal.

Para os demais anos-safra, o algoritmo teve como ponto de partida a data do mínimo valor identificada no ano-safra anterior acrescida de 12 meses; com base nessa data ele procurou o valor mínimo observado (e a data correspondente a esse valor) dentro de uma da janela temporal de oito meses, considerando quatro meses antes e quatro meses depois. Adicionalmente, o especialista pode definir, a seu critério, que os valores mínimos dos anos-safra deveriam estar em um período específico, *e.g.*, entre os meses de abril e setembro.

De posse das datas nas quais os valores mínimos do índice de vegetação foram identificados para os anos-safra, procedeu-se a identificação dos valores máximos. O valor máximo observado de EVI-2 (*max*) e sua respectiva data de ocorrência (*dmax*), em cada ano-safra, foi identificado como o máximo valor observado na série temporal dentro do período compreendido entre as datas identificadas para dois mínimos consecutivos. Similarmente, o especialista também pôde definir que os valores máximos dos anos-safra deveriam estar em um período específico, *e.g.*, entre os meses de outubro e março.

De posse dos valores correspondentes aos máximos e aos mínimos observados para cada ano-safra da série temporal e suas respectivas datas de ocorrência, foi possível calcular diversas outras métricas fenológicas. A Tabela 4.1 lista as métricas fenológicas propostas neste trabalho.

Tabela 4.1 - Descrição das sete métricas fenológicas propostas.

Símbolo	Descrição
<i>max</i>	Máximo valor observado de EVI-2 (sua correspondente data é <i>dmax</i>)
<i>min</i>	Mínimo valor observado de EVI-2 (sua correspondente data é <i>dmin</i>)
<i>amp</i>	Amplitude: <i>max-min</i>
<i>ive</i>	Intensidade de verdejar [(<i>max-min</i>)/(<i>dmax-dmin</i>)]
<i>dps</i>	Duração (quantidade de tempo) do período seco*
<i>ips</i>	Indicativo da intensidade (medida por uma área no gráfico da série temporal) do período seco*
<i>ivv</i>	Indicativo do vigor vegetativo (medido por uma área no gráfico da série temporal)**

* O período seco ao qual essas métricas se referem (a ser definido adiante) é definido com base em uma métrica que leva em consideração os últimos três anos-safra;

** A área é calculada com base na média de todos os valores observados para o índice de vegetação da série temporal.

Para o cômputo das métricas *dps* e *ips*, calculou-se um limite local de mínimos (*LLM*). Esse limite, calculado com base nas observações do ano-safra em análise e dos dois anos-safra anteriores, define o chamado “período seco”. O *LLM* é calculado como

$$LLM = \min_{ano} + \frac{a - b}{4} \quad (2)$$

em que \min_{ano} é o *min* observado para o ano-safra em análise; *a* é o menor valor entre os valores de *max* dos últimos três anos-safra (\max_{ano} , \max_{ano-1} e \max_{ano-2}); e *b* é o menor valor entre os valores de *min* observados para os três últimos anos-safra (\min_{ano} , \min_{ano-1} e \min_{ano-2}).

O *LLM* é representado por um segmento de reta horizontal no gráfico de uma série temporal. Assim, todos aqueles valores do índice de vegetação que estavam abaixo deste *LLM* foram considerados pertencentes ao chamado período seco. A quantidade de datas de um ano-safra em que os valores do índice de vegetação apresentaram-se abaixo do *LLM* define o *dps*. E a área entre a curva da série temporal e o *LLM* define o *ips* (Figura 4.2).

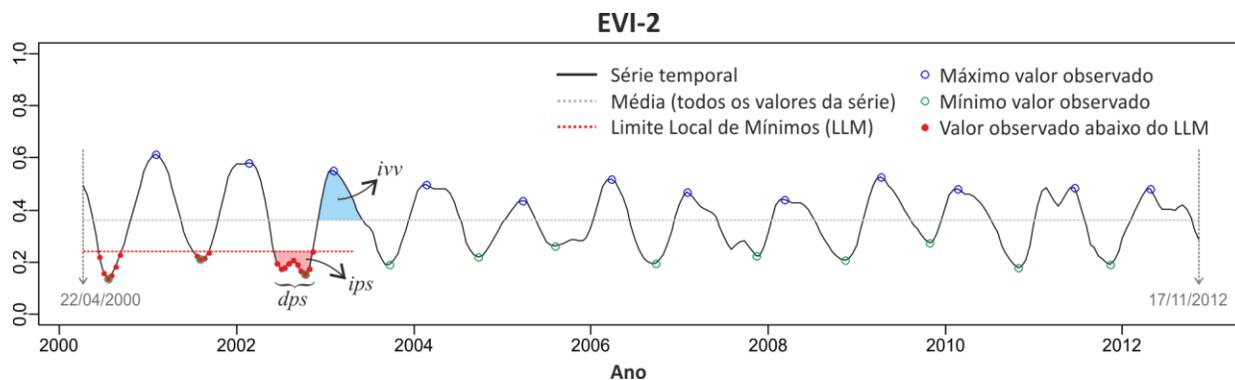


Figura 4.2 - Série temporal média do EVI-2 de piquete visitado destacando, para o ano-safra de 2002/03: o Limite Local de Mínimos (LLM – Eq. (2)) e as métricas fenológicas *dps* e *ips*; média considerando todos os valores da série temporal e a métrica fenológica *ivv*.

A métrica fenológica *ivv* foi calculada como sendo a área, em cada ano-safra, abaixo da curva definida pela série temporal do índice de vegetação e acima da média calculada considerando todos os valores da série temporal (veja Figura 4.2).

4.3 Critérios *booleanos* e comparações numéricas

O uso de métricas fenológicas permite comparar dois ou mais anos-safra. É possível, por exemplo, verificar se o *max* de um ano-safra (max_{ano}) foi maior que o *max* do ano-safra anterior (max_{ano-1}) e até mesmo quantificar a diferença percentual entre esses valores máximos $[(max_{ano}-max_{ano-1})/max_{ano-1}]$. Na tentativa de inferir sobre processos que ocorrem ao longo do tempo (como a degradação de pastagens) ou mesmo processos que são caracterizados por mudanças detectáveis em um período de tempo específico (p. ex. intervenção antrópica em pastagens), é comum utilizar-se a comparação entre as métricas fenológicas de um determinado ano-safra com os anos-safra que o antecedem e/ou o sucedem (FERREIRA *et al.*, 2004).

No caso de intervenções em pastagens, *i.e.*, reforma ou renovação/recuperação, espera-se que o comportamento do índice de vegetação reflita a melhoria esperada na qualidade das pastagens quando da intervenção. Assim, é fundamental a comparação do ano-safra com os anos-safra anteriores. Este estudo utilizou a comparação com dois anos-safra anteriores.

Dessa forma, para cada ano-safra, iniciando em 2002/03 até 2011/12, o algoritmo analisou as métricas fenológicas do ano-safra (ano) comparando-as com as métricas fenológicas dos dois anos-safra que o antecederam (ano-1 e ano-2). Essa comparação foi feita valendo-se de 14 critérios *booleanos* (*verdadeiro* ou *falso*), como descritos na Tabela 4.2. Adicionalmente, 14 comparações numéricas (*cn*) foram realizadas entre as mesmas métricas fenológicas para os diferentes anos-safra, como explicitado na Tabela 4.3.

Tabela 4.2 - Descrição dos 14 critérios *booleanos* (*verdadeiro* ou *falso*) resultantes das comparações entre as métricas fenológicas de um ano-safra (ano) com os dois anos-safra que o antecederam (ano-1 e ano-2).

Símbolo	Descrição
<i>cb1</i>	Critério booleano 1: max_{ano} é maior que max_{ano-1} ?
<i>cb2</i>	Critério booleano 2: max_{ano} é maior que max_{ano-2} ?
<i>cb3</i>	Critério booleano 3: min_{ano} é menor que min_{ano-1} ?
<i>cb4</i>	Critério booleano 4: min_{ano} é menor que min_{ano-2} ?
<i>cb5</i>	Critério booleano 5: amp_{ano} é maior que amp_{ano-1} ?
<i>cb6</i>	Critério booleano 6: amp_{ano} é maior que amp_{ano-2} ?
<i>cb7</i>	Critério booleano 7: ive_{ano} é maior que ive_{ano-1} ?
<i>cb8</i>	Critério booleano 8: ive_{ano} é maior que ive_{ano-2} ?
<i>cb9</i>	Critério booleano 9: dps_{ano} é maior que dps_{ano-1} ?
<i>cb10</i>	Critério booleano 10: dps_{ano} é maior que dps_{ano-2} ?
<i>cb11</i>	Critério booleano 11: ips_{ano} é maior que ips_{ano-1} ?
<i>cb12</i>	Critério booleano 12: ips_{ano} é maior que ips_{ano-2} ?
<i>cb13</i>	Critério booleano 13: ivv_{ano} é maior que ivv_{ano-1} ?
<i>cb14</i>	Critério booleano 14: ivv_{ano} é maior que ivv_{ano-2} ?

Tabela 4.3 - Descrição das 14 comparações numéricas entre as métricas fenológicas de um ano-safra (ano) com os dois anos-safra que o antecederam (ano-1 e ano-2).

Símbolo	Descrição
<i>cn1</i>	Comparação numérica 1: $(max_{ano} - max_{ano-1})/max_{ano-1}$
<i>cn2</i>	Comparação numérica 2: $(max_{ano} - max_{ano-2})/max_{ano-2}$
<i>cn3</i>	Comparação numérica 3: $(min_{ano} - min_{ano-1})/min_{ano-1}$
<i>cn4</i>	Comparação numérica 4: $(min_{ano} - min_{ano-2})/min_{ano-2}$
<i>cn5</i>	Comparação numérica 5: $(amp_{ano} - amp_{ano-1})/amp_{ano-1}$
<i>cn6</i>	Comparação numérica 6: $(amp_{ano} - amp_{ano-2})/amp_{ano-2}$
<i>cn7</i>	Comparação numérica 7: $(ive_{ano} - ive_{ano-1})/ive_{ano-1}$
<i>cn8</i>	Comparação numérica 8: $(ive_{ano} - ive_{ano-2})/ive_{ano-2}$
<i>cn9</i>	Comparação numérica 9: $dps_{ano} - dps_{ano-1}$
<i>cn10</i>	Comparação numérica 10: $dps_{ano} - dps_{ano-2}$
<i>cn11</i>	Comparação numérica 11: $ips_{ano} - ips_{ano-1}$
<i>cn12</i>	Comparação numérica 12: $ips_{ano} - ips_{ano-2}$
<i>cn13</i>	Comparação numérica 13: $(ivv_{ano} - ivv_{ano-1})/ivv_{ano-1}$
<i>cn14</i>	Comparação numérica 14: $(ivv_{ano} - ivv_{ano-2})/ivv_{ano-2}$

4.4 Identificação de intervenção em pastagens

É possível definir, de acordo com o conhecimento do especialista, procedimentos de identificação dos processos de intervenção. A reforma da pastagem, por exemplo, é caracterizada pelo aumento acentuado do vigor vegetativo, que é refletido no aumento do valor observado para o índice de vegetação, especialmente no período de *max*.

Dessa forma, para que o comportamento do índice de vegetação de determinado ano-safra pudesse ser interpretado como resultado de uma reforma na pastagem foi definido que os critérios *booleanos* (veja Tabela 4.2) *cb1*, *cb2*, *cb5*, *cb6*, *cb7* e *cb8* fossem *verdadeiros*, enquanto que os critérios *cb11* e *cb12* fossem *falsos* (veja sessão 4.1). Adicionalmente, definiu-se que a reforma seria caracterizada por um valor *max*, no ano-safra em questão, pelo menos 15% maior que no ano-safra anterior; ou seja, $cn1 \geq 0,15$ (veja Tabela 4.3).

Este limiar foi estabelecido com base em exemplos de pastagens reformadas das fazendas visitadas e nas entrevistas. Assumiu-se que o protocolo proposto está apto a identificar apenas reformas bem-sucedidas e que resultam no acréscimo da biomassa da pastagem. No entanto, sabe-se que o processo de reforma da pastagem compreende vários fatores, desde a escolha da estratégia de reforma ao capital disponível, e nem sempre alcança os resultados esperados pelo produtor (MACEDO *et al.*, 2012; ZIMMER *et al.*, 2012). Nesses casos, não são esperadas mudanças significativas nos valores de EVI-2.

Para identificar os processos de renovação/restauração em determinado ano-safra, foi definido que todos os critérios *booleanos* deveriam ser verdadeiros, com exceção dos critérios *cb7* e *cb8*, que poderiam assumir qualquer valor. Isso porque o rápido aumento do vigor vegetativo é uma característica mais marcante no processo de reforma que nos processos de renovação e restauração, nos quais há que se considerar o tempo de formação da pastagem nova. Adicionalmente, definiu-se que a identificação da renovação/restauração em um ano-safra dar-se-ia quando a área que representa o indicador do vigor vegetativo (*ivv* – Tabela 4.1 e Figura 4.2) deste ano-safra fosse pelo menos quatro vezes maior (200%) que a do ano-safra anterior; ou seja, $cn13 \geq 2$ (veja Tabela 4.3).

Este limiar também foi estabelecido com base em exemplos de pastagens recuperadas e renovadas das fazendas visitadas e na conversa com especialistas. Devido ao custo elevado das operações compreendidas no processo de renovação/recuperação de pastagens (MACEDO *et al.*, 2012; ZIMMER *et al.*, 2012), assumiu-se que essas intervenções estão associadas apenas às pastagens que passaram por severo processo de degradação e que por isso não há outra alternativa. Essas pastagens têm baixa amplitude entre os valores máximos e mínimos do EVI-2 nas séries temporais, consequentemente, baixos valores de *ivv*.

Dessa forma, a associação entre este fator, o período de solo exposto entre a retirada da pastagem degradada e o plantio da nova pastagem, refletido na queda acentuada do EVI-2, e os máximos valores de EVI-2 da nova pastagem esperados para a época das águas foram os critérios considerados para o estabelecimento desse limiar. A Tabela 4.4 sintetiza os critérios *booleanos* e comparações numéricas que caracterizam cada um dos processos de intervenção previstos.

Tabela 4.4 - Caracterização dos processos de intervenção com base nos critérios *booleanos* entre as métricas fenológicas.

Reforma ¹	Renovação/recuperação ²
<i>cb1</i>	<i>cb1</i>
<i>cb2</i>	<i>cb2</i>
<i>cb3</i>	<i>cb3</i>
<i>cb4</i>	<i>cb4</i>
<i>cb5</i>	<i>cb5</i>
<i>cb6</i>	<i>cb6</i>
<i>cb7</i>	<i>cb7</i>
<i>cb8</i>	<i>cb8</i>
<i>cb9</i>	<i>cb9</i>
<i>cb10</i>	<i>cb10</i>
<i>cb11</i>	<i>cb11</i>
<i>cb12</i>	<i>cb12</i>
<i>cb13</i>	<i>cb13</i>
<i>cb14</i>	<i>cb14</i>

As células em verde-claro representam os critérios que devem ser *verdadeiros*; as células em rosa apresentam os critérios que devem ser *falsos*; as células em cinza apresentam os critérios que podem assumir qualquer valor.

¹ Além dos critérios *booleanos*, a reforma deve apresentar $cn1 \geq 0,15$;

² Além dos critérios *booleanos*, a renovação/recuperação deve apresentar $cn13 \geq 2$.

Assim, o algoritmo procedeu, para cada pasto amostrado, a identificação dos processos de reforma e renovação/recuperação. Para os piquetes onde nenhuma intervenção foi identificada em nenhum dos anos-safra analisados, o algoritmo tentou identificar o processo de degradação. Assumindo-se que o processo de degradação típico nas fazendas visitadas nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul é caracterizado pela redução do vigor vegetativo (biomassa) e, conseqüente, redução da capacidade de suporte, a degradação foi inferida com base na variável fenológica *ivv* (Tabela 4.1; Figura 4.2).

4.5 Identificação do processo de degradação em pastagens

A identificação do processo de degradação deu-se por meio de uma análise de regressão linear (FORKEL *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2010). Assim, para cada piquete onde nenhuma intervenção foi identificada, tomaram-se os 12 valores de *ivv* calculados para cada um dos anos-safra desde 2000/01 até 2011/12 como sendo as observações de uma variável dependente. O tempo (anos-safra) foi definido como sendo a variável independente. Ambas as variáveis foram reescaladas para o intervalo fechado entre zero e um antes do ajuste da reta de regressão. Atendidos os pressupostos para a análise de regressão (KUTNER *et al.*, 2005), um teste estatístico unilateral baseado na distribuição *t*, de *student*, foi realizado para verificar se o coeficiente de inclinação da reta era estatisticamente menor que zero, para o processo de degradação biológica. Nos piquetes em que o teste apresentou resultado significativo a um nível de significância de $\alpha = 5\%$, $\alpha = 10\%$ e $\alpha = 25\%$, assumiu-se haver degradação da pastagem.

A Figura 4.3 mostra o diagrama de dispersão dos valores reescalados de *ivv* ao longo dos 12 anos-safra analisados para um dos piquetes visitados no âmbito do projeto Geodegrade, assim como a reta de regressão ajustada.

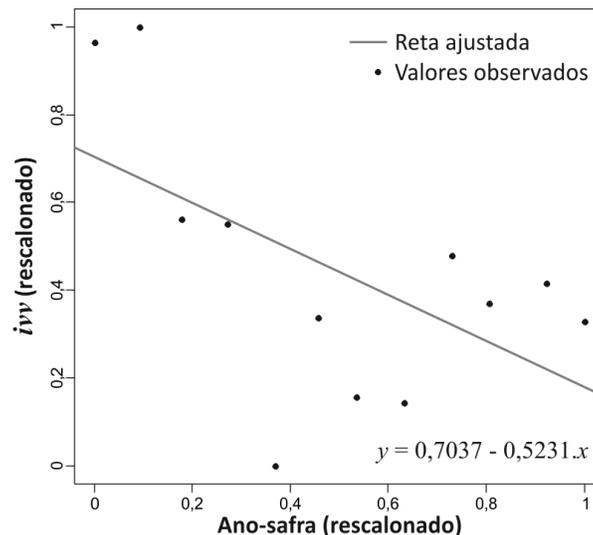


Figura 4.3 - Diagrama de dispersão dos valores reescalados de *ivv* ao longo dos 12 anos-safra analisados e reta de regressão.

Observação: O *p*-valor do teste *t* de *student* sobre o coeficiente de inclinação ajustado (-0,5231) foi de 0,0273.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condições sobre as rotas ao longo do percurso de amostragem das pastagens

As rotas percorridas nas duas campanhas de campo, realizadas entre os meses de setembro a novembro de 2011 e de agosto a outubro de 2012, apresentaram aderência ao mapa de distribuição do total de cabeças de bovinos por setor censitário. Foram contempladas as principais regiões da atividade pecuária, as quais representam 75% do rebanho nacional e 85% da produção de carne bovina (IBGE, 2011).

A condição geral das estradas das regiões visitadas estava de regular a ruim, dificultando o processo de amostragem em vários trechos das campanhas de campo. Na campanha de 2011, nos trechos do leste do estado do Pará e nordeste do estado do Mato Grosso, entre os municípios de Marabá – Xinguara (PA-150) – São Félix do Xingu (PA-279) – Redenção – Santana do Araguaia e Vila Rica (já no estado do Mato Grosso; BR-158), além de péssimas condições para rodagem, alternando estradas com asfalto deteriorado e ausência de asfalto, algumas amostras não puderam ser realizadas devido à falta de segurança, consequência do conflito agrário da região (Figura 5.1) (INCRA, 2013). Na campanha de 2012, alguns trechos entre as regiões sudeste dos estados do Pará e Mato Grosso, na BR-158, estavam com asfalto novo e puderam ser amostrados corretamente de acordo com o procedimento de amostragem estabelecido.

Nos estados do Paraná e de São Paulo, apesar da boa condição das estradas, a presença de cercas eletrificadas ou com muitos farpos dificultaram o acesso a algumas pastagens. Nesta região, as propriedades são menores, diferindo da estrutura fundiária encontrada nas regiões centro-oeste e norte.



Figura 5.1 - Condição da estrada no trecho entre Marabá e Xinguara na campanha de 2011 (a) e uma pastagem recém-queimada (b).

Fonte: MCPress (2012).

Partindo do Triângulo Mineiro em direção ao norte do estado de Minas Gerais, região tradicional de criação de gado de corte, as condições das estradas pioraram gradativamente. A partir de Montes Claros, em direção a Janaúba e Januária (BR-135, BR-251, BR-122 e MG-401), além da péssima condição das estradas, o acesso aos pastos foi dificultado devido às características da vegetação nesta zona de transição entre o Cerrado e a Caatinga (Figura 3.1) (AB'SABER, 2003). Diferentemente das estatísticas oficiais (Figura 3.2), que apontam uma grande concentração de gado nessa região, a amostragem foi realizada de forma esparsa devido à baixa incidência de pastos e gado, motivo pelo qual esse trecho não foi percorrido na campanha de 2012.

Na campanha de 2012, o pior trecho para amostragem foi no bioma Amazônia, entre os municípios de Juina (MT) e Vilhena (RO), devido às péssimas condições da rodovia MT-319 e do difícil acesso aos pastos. Esta região apresentou um elevado número de pastos em franco processo de degradação agrícola e quase sem gado obtendo-se apenas uma amostra (Figura 1.1 e 5.2). A região sul do estado do Mato Grosso do Sul, na fronteira com o Paraguai, também foi pouco amostrada em ambas as campanhas em decorrência da falta de segurança.

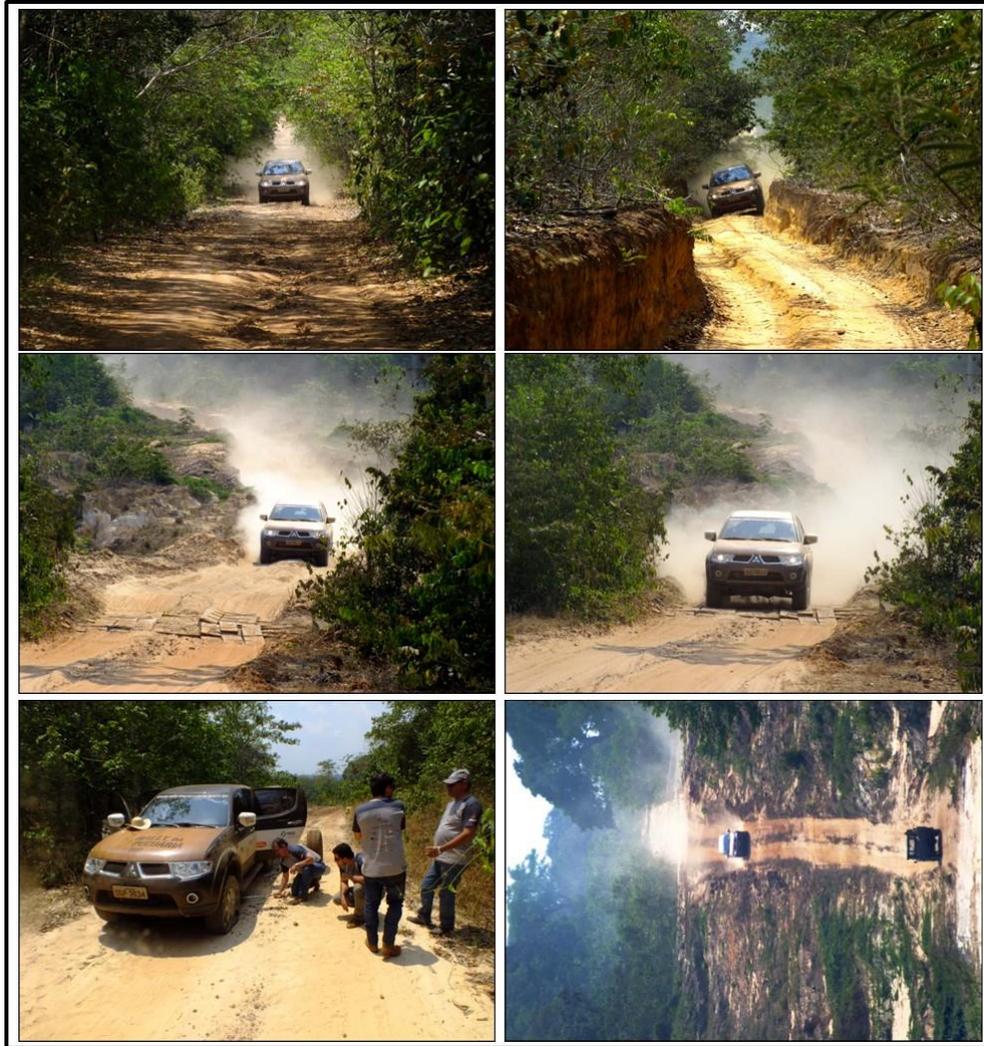


Figura 5.2 - Trechos da rodovia MT319 entre os municípios de Juina (MT) e Vilhena (RO) ilustrando a dificuldade de locomoção e os pastos abandonados em avançado estágio de degradação agrícola nas margens da rodovia.

Fonte: MCPress (2012).

Considerando a abrangência da campanha de campo e a condição deficitária das estradas, a escolha do período que coincide com o auge da época seca se mostrou acertada; embora seja mais adequado avaliar as pastagens no final do período chuvoso (SILVA *et al.*, 2008). Mas isto comprometeria o trabalho em várias regiões por conta da impossibilidade de locomoção, conforme relatado por produtores e caminhoneiros.

5.2 Caracterização das pastagens a campo

Nas campanhas de campo de 2011 e 2012, foram amostrados 852 pastos distribuídos em quatro biomas, dos quais 422 (49,5%) no Cerrado, 285 (33,4%) na Amazônia, 125 (14,7%) na Mata Atlântica e 20 (2,3%) no Pantanal (Figura 5.5b). A distribuição das amostras entre os biomas foi corroborada pelo Levantamento de Produção Pecuária Municipal (IBGE, 2006), o qual apontou que, em 2011, aproximadamente 34,6% das cabeças de bovinos estavam no Cerrado, enquanto 27,2% na Amazônia e 24,7% na Mata Atlântica (Figura 1.2).



Figura 5.3 - Ilustração de pastos amostrados nos biomas Cerrado (ID 220, canto superior esquerdo, adquirida em 24/08/2012); Amazônia (ID 96, canto superior direito, adquirida em 30/08/2012); Pantanal (ID 372, canto inferior esquerdo, adquirida em 23/09/2012); e Mata Atlântica (ID 756, canto inferior direito, adquirida em 26/09/2012).

Dentre os pastos amostrados, 591 (70,2%) eram da espécie *Brachiaria brizantha*; 87 (10,3%) de outras espécies do gênero *Brachiaria*; 78 (9,3%) do gênero *Panicum*; 54 (6,4%) do gênero *Andropogon*; 23 (2,7%) de outros capins; e 9 (1,1%) de capins nativos (Figura 5.5c). Estas proporções foram semelhantes às encontradas em cada um dos biomas (Tabela 5.1). Para avaliar os processos de degradação e intensificação da pastagem é preciso conhecer o tipo de capim, pois o potencial produtivo da pastagem depende do tipo de capim (DIAS-FILHO, 2011; MACEDO, 1997; PIRES, 2006d).

Características como: i) baixa exigência de precipitação (aproximadamente 1.000 mm/ano); ii) boa capacidade de rebrota; iii) boa tolerância à seca; iv) boa palatabilidade; e v) média exigência de fertilidade, fizeram da *Brachiaria brizantha* a espécie mais utilizada nos pastos do Brasil (MACEDO *et al.*, 2012; PIRES, 2006d). Já os capins do gênero *Panicum*, mais exigentes em termos de fertilidade do solo e precipitação, foram mais frequentes no bioma Amazônia, identificados em 49 pastos (17,4%) (Tabela 5.1), onde estas condições, em geral, são atendidas (AB'SABER, 2003).

Tabela 5.1 - Proporção por bioma dos tipos de capim identificados nas campanhas de campo.

Bioma	B		OB		A		P		OC		CN		Total	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Amazônia	182	64,8	28	10,0	12	4,3	49	17,4	9	3,2	1	0,4	281	33,4
Cerrado	308	74,0	36	8,7	39	9,4	22	5,3	6	1,4	5	1,2	416	49,4
Mata Atlântica	86	69,4	20	16,1	2	1,6	7	5,6	8	6,5	1	0,8	124	14,7
Pantanal	15	71,4	3	14,3	1	4,8	0	0,0	0	0,0	2	9,5	21	2,5
Total	591	70,2	87	10,3	54	6,4	78	9,3	23	2,7	9	1,1	842	

B: *Brachiaria brizantha*; OB: Outras Brachiarias; A: *Andropogon*; P: *Panicum*; OC: Outros Capins; e CN: Capins Nativos.

Nos diversos pastos em que havia mais de um tipo de capim identificou-se o capim predominante. Ressalta-se que a impureza física dos lotes de sementes utilizados no plantio pode acelerar o processo de degradação das pastagens em decorrência da impossibilidade de manejo adequado em pastos com capins com exigências diferentes quanto ao manejo, *e.g.*, a altura mínima de pastejo (DIAS-FILHO, 2011; PERON; EVANGELISTA, 2004). Em 10 pastos amostrados, não foi possível identificar o tipo de capim devido ao avançado estágio de degradação, dos quais cinco estavam no Cerrado, quatro na Amazônia e um na Mata Atlântica.

Os resultados do teste Kruskal-Wallis para as principais classes avaliadas são apresentados na Tabela 5.7. A altura média do capim nos pastos amostrados foi de 24,7 cm (Tabela 5.2). De acordo com Silva *et al.* (2008), os fatores que influenciam a altura do capim são: o índice de área foliar, a arquitetura foliar, aspectos ambientais e manejo. Os capins dos pastos em condição de pós-pastejo apresentaram a menor mediana da altura (15,0 cm), enquanto os capins dos pastos sem sinais de pastejo apresentaram a maior mediana da altura (17,7 cm) (Tabela 5.8).

Geralmente, a altura do capim na condição de pré-pastejo está relacionada à interceptação da luz pelo dossel e pode ser utilizada como um parâmetro indicador dos momentos de entrada do gado em sistemas de lotação rotativa e contínua (SILVA *et al.*, 2008). A altura média dos capins dos pastos amostrados no Cerrado e na Amazônia, por tipo e condição de pastejo, é apresentada na Tabela 5.3. Adotando-se a hipótese de que a condição *pós pastejo* (PP) refere-se ao período imediato após a saída do gado, a despeito do tempo e da intensidade de pastejo, as alturas médias obtidas são corroboradas pelas alturas ideais do capim por ocasião da saída do gado indicadas por Dias-Filho (2011) para cada gênero.

Tabela 5.2 - Estatística descritiva dos parâmetros biofísicos coletados em campo.

Estatística	Nº de plantas	Altura (cm)	Peso pastagem colhida (g)	Peso serrapilheira (g)	Peso MS (kg/ha)	nº de placas fezes	nº de invasoras	nº de cupinzeiros
Mínimo	1,0	10,0	17,8	12,3	144,8	0,3	0,3	0,3
Máximo	73,3	106,7	11.170,0	1.480,0	11.799,6	28,3	428,3	59,3
1º Quartil	11,0	12,0	245,3	99,5	1.393,2	1,6	1,3	0,0
Mediana	16,7	22,3	381,4	160,0	2.241,2	3,3	5,3	0,0
3º Quartil	26,0	34,4	599,6	232,1	3.221,6	6,0	20,3	0,3
Média	20,2	24,7	487,4	185,1	2.651,0	4,2	18,7	0,6
Desvio-padrão	20,0	16,1	534,1	144,3	2.936,8	3,8	38,2	2,5

Independentemente da condição das pastagens quanto ao pastejo, a mediana da altura das pastagens no bioma Amazônia (29,3 cm) foi 33,1% maior que no Cerrado (22,0 cm) e 138,2% maior que na Mata Atlântica (12,3 cm) (Tabela 5.8). Como as proporções dos tipos de pastagens foram similares nos biomas, pode-se inferir que a diferença na altura das pastagens está relacionada, entre outras causas, à taxa de lotação, à disponibilidade de água e às condições de solo em cada bioma.

O gênero de capim com maior mediana da altura foi o *Panicum* (38,8 cm), de comportamento cespitoso e que tem o meristema apical alto. Por esse motivo, a altura mínima da pastagem para retirada do gado do pastejo nesse tipo de capim é maior que em outros tipos de capim (DIAS-FILHO, 2011; PIRES, 2006d). A mediana da altura dos capins do gênero *Andropogon* foi de 31,7 cm e da *Brachiaria brizantha* foi de 20,9 cm (Tabela 5.8).

Tabela 5.3 - Altura média (em centímetros) dos capins dos pastos amostrados na Amazônia e no Cerrado, por tipo de capim e condição de pastejo.

Tipo de capim	Amazônia			Cerrado		
	SP	CP	PP	SP	CP	PP
B	30,4	27,8	26,0	25,3	22,2	19,4
A	26,9	39,4	34,5	35,2	27,9	28,0
P	36,4	42,5	48,3	36,6	21,8	34,1

A: *Andropogon*; B: *Brachiaria brizantha*; P: *Panicum*; SP: Sem Pastejo; CP: Com pastejo e PP: Pós-Pastejo.

A colheita nos quadrados de 1 m² não foi realizada em 140 pastagens com altura inferior a 10 cm devido à dificuldade operacional para executar esta tarefa em pastagens de baixo porte. As medidas de peso foram realizadas em 712 pastos, 83,6% do total. O peso médio do capim colhido no quadrado de 1 m² foi de 487,4 g (Tabela 5.2).

Em ambas as campanhas, a chegada ao bioma Mata Atlântica ocorreu já nas primeiras chuvas, em outubro em 2011 e setembro de 2012, quando a pastagem já respondia à maior disponibilidade de água, e, como consequência, a mediana do peso do capim colhido nesse bioma foi 27,3% maior que no bioma Cerrado, a despeito da diferença de altura já citada (Tabela 5.3). A mediana do peso do capim do bioma Amazônia foi 423,1 g. Essa região teve o maior número de amostras em pastos cultivados com capins do gênero *Panicum* (Tabela 5.1), de comportamento de touceira e que pode chegar, dependendo do cultivar, a 30 t/ha/ano de matéria seca (PIRES, 2006d).

Contudo, a mediana da matéria seca no Cerrado (2.042,5 kg/ha) não diferiu significativamente da mediana da matéria seca na Mata Atlântica (2.024,7 kg/ha; Tabela 5.8), ambas abaixo da mediana da matéria seca na Amazônia (2.586,6 kg/ha). Neste bioma, por conta da rápida ciclagem dos

nutrientes, mesmo em solos menos férteis, o crescimento da pastagem é maior (DIAS-FILHO *et al.*, 2001; NUMATA *et al.*, 2003).

A mediana do peso da pastagem e de matéria seca por classe de *stand* refletiu o estágio de degradação da pastagem. As pastagens classificadas como *degradadas* tiveram valores de mediana de peso e de matéria seca 38,9% e 35,6% menores que as pastagens consideradas *adequadas*, respectivamente. Esses resultados corroboram os estudos que indicam a perda de biomassa como parte do processo de degradação de pastagens tropicais (DIAS-FILHO, 2011; MACEDO *et al.*, 2012; ZIMMER *et al.*, 2012).

Os valores de mediana do peso da serrapilheira por bioma são apresentados na Tabela 5.8. A maior mediana do peso de serrapilheira foi encontrada na Mata Atlântica, 12,2% e 5,3% maior que dos biomas Cerrado e Amazônia, respectivamente. A presença de serrapilheira pode ser um indicador de subpastejo, que, por sua vez, pode ser consequência do manejo inadequado ou mesmo das condições de mercado da carne, que faz com que o produtor venda o gado antes de o capim estar na altura mínima recomendada (Figura 5.4).



Figura 5.4 - Pasto amostrado em 29/08/2012 no estado do Pará (ID 87) apresentando elevada quantidade de serrapilheira e indicadores de subpastejo, *i.e.*, pastagem “envareta”, com baixo valor nutritivo.

A contagem das plantas foi realizada apenas nos pastos onde houve colheita da pastagem e foi um dos critérios para estabelecer o *stand* da pastagem. Nos pastos onde o *stand* foi classificado como *adequado*, a mediana do número de plantas/m² foi de 23,3, número 66,4% maior que nos pastos

com *stands intermediário* e *degradado* (Tabela 5.8). O número de plantas/m² está relacionado ao tipo de capim presente e às suas características estruturais (PIRES, 2006d). Capins do gênero *Panicum*, quando comparados à *Brachiaria brizantha* e aos capins do gênero *Andropogon*, apresentam a menor mediana do número de plantas/m² devido à sua característica de touceira (Tabela 5.8).

Embora o número de plantas/m² tenha sido um importante critério para a definição do *stand* das pastagens amostradas, o especialista em campo considerou, além de uma visão geral da pastagem, outros fatores para definir o *stand*; adotado neste trabalho como atributo para inferir sobre o estágio de degradação da pastagem. Ressalta-se que a classe *adequado* não necessariamente representou pastagens que estavam produzindo adequadamente, mas referiu-se, de fato, às pastagens que poderiam responder rapidamente e com ótimo custo/benefício a estímulos para ampliar a produtividade e melhorar o manejo. O percentual de amostras em cada classe de *stand* encontra-se na Figura 5.5a.

O *stand* da pastagem foi avaliado em 848 pastos amostrados. O percentual de pastagens com *stand* degradado foi de 20%, ficando abaixo dos números oficiais (ZIMMER *et al.*, 2012). Mais da metade dos pastos amostrados tinham *stand* adequado (57%) e 23% estavam com *stand* intermediário (Figura 5.5a). Os gabaritos fotográficos (Figura 3.6) auxiliaram na classificação do nível de degradação do *stand* das pastagens, entretanto, o método de classificação foi passível de subjetividade por ter sido realizado por diversos especialistas, de acordo com o trecho percorrido.

A despeito da subjetividade intrínseca ao método, a classificação do *stand* da pastagem em campo permitiu avaliar a condição geral das pastagens considerando as realidades regionais de produção pecuária. Os percentuais de classe de *stand* por estado e bioma estão nas Tabelas 5.4 e 5.5. Entre os estados com os maiores percentuais de *stand* degradados, merecem destaque o Pará, Tocantins, Mato Grosso e Minas Gerais, todos com mais de 20% das pastagens amostradas degradadas (Tabela 5.5).

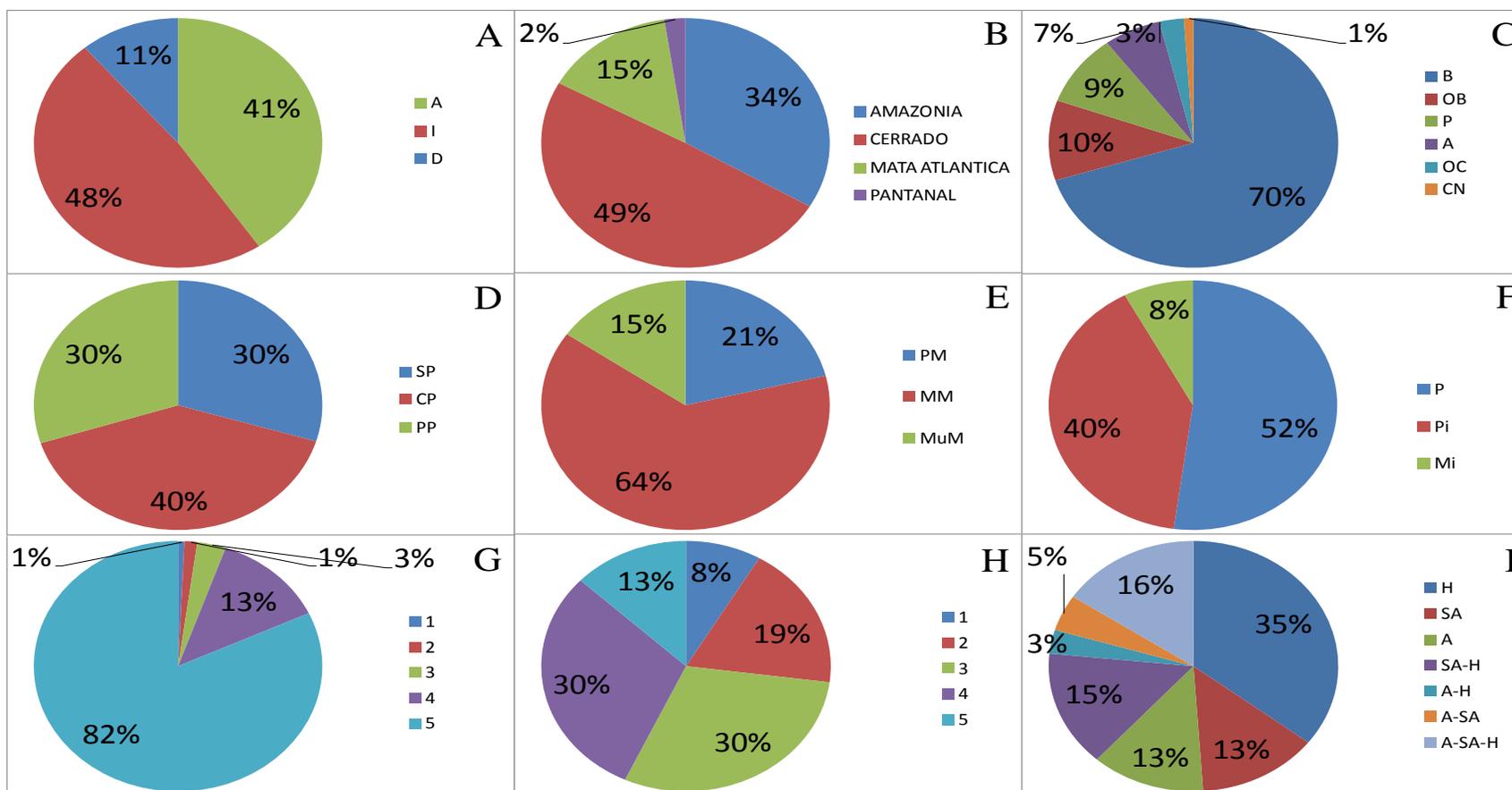


Figura 5.5 - Percentuais de classes de *stand* (A), em que A: *Adequado*, I: *Intermediário* e D: *Degradado*; biomas (B); tipos de pastagem (C), em que B: *Brachiaria brizantha*, OB: *Outra Brachiarias*, P: *Panicums*, A: *Andropogon*, OC: *Outros Capins* e CN: *Capins Nativos*; condições de pastejo (D), em que SP: *Sem Pastejo*, CP: *Com Pastejo* e PP: *Pré-Pastejo*; aparência visual (E), em que PM: *Pouca Massa*, MM: *Média Massa* e MuM: *Muita Massa*; terreno (F), em que P: *Plano*, PI: *Pouco Inclinado* e MI: *Muito Inclinado*; erosão (G); homogeneidade (H) e tipo de invasoras (I), em que H: *Herbáceas*, SA: *Semi-arbustivas*, A: *Arbustivas* e SA-H, A-H, A-SA, A-SA-H: combinações entre os tipos de invasoras.

Tabela 5.4 - Classe de *stand* por estado para os pastos amostrados nas campanhas de campo.

UF	Adequado		Intermediário		Degradado		Total n°
	n°	%	n°	%	n°	%	
GO	45	55,6	24	29,6	12	14,8	81
MG	54	59,3	18	19,8	19	20,9	91
MS	75	68,2	20	18,2	15	13,6	110
MT	104	49,5	56	26,7	50	23,8	210
PA	48	38,1	35	27,8	43	34,1	126
PR	32	76,2	4	9,5	6	14,3	42
RO	23	65,7	7	20,0	5	14,3	35
SP	42	71,2	8	13,6	9	15,3	59
TO	53	56,4	20	21,3	21	22,3	94

Tabela 5.5 - Classe de *stand* por bioma para os pastos amostrados nas campanhas de campo.

Bioma	Adequado		Intermediário		Degradado		Total n°
	n°	%	n°	%	n°	%	
Amazônia	136	47,7	74	26,0	75	26,3	285
Cerrado	235	56,1	99	23,6	85	20,3	419
Mata Atlântica	93	75,0	15	12,1	16	12,9	124
Pantanal	12	60,0	4	20,0	4	20,0	20

No Cerrado foram avaliados 419 pastos, nos quais as pastagens foram classificadas com *stand adequado* em 56,1%, *stand intermediário* em 23,6% e *stand degradado* em 20,3% (Tabela 5.5). Em estudo desenvolvido em pastagens do Cerrado, Macedo *et al.* (2012) avaliaram os custos de recuperação de pastagens com diferentes níveis de degradação, considerando várias estratégias de manejo, e concluíram que os custos podem variar de R\$58,33/ha a R\$462,67/ha. Já na Amazônia, onde 26,3% das pastagens tinham *stand degradado*, os custos de renovação/recuperação de pastagens com nível de degradação avançado variam de R\$1.850,00/ha a R\$2.250,00/ha, de acordo com a estratégia de recuperação adotada (TOWNSEND *et al.*, 2009).

As pastagens com *stand intermediário* necessitam da atenção do produtor, que deve adotar medidas e técnicas de manejo com o objetivo de não permitir que a pastagem alcance um nível de degradação no qual não há alternativa além da renovação/recuperação da pastagem. De acordo com Townsend *et al.* (2009), a diferença entre os custos de recuperação de uma pastagem no bioma

Amazônia com nível intermediário de degradação e outra com nível avançado pode chegar a até 164%. Nesse sentido, Oliveira (2005) estimou que a recuperação de um pasto com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu tem um custo 28,1% superior à reforma.

A prática de manejo mais comum no Brasil é a de pastejo contínuo (MACEDO, 1997), sendo que 40% das pastagens amostradas estavam em pastejo, 30% sem sinais de pastejo recente e 30% com sinais de pastejo recente (Figura 5.5d). A distinção entre as pastagens recém pastejadas e sem sinais de pastejo recente nem sempre foi clara tendo sido necessário lançar mão de binóculos para certificação de que não havia presença de gado em pastagens com grandes dimensões.

A distribuição das placas de fezes na pastagem ocorre de modo heterogêneo sob a influência de diversos fatores, sendo que a taxa de placas de fezes pode não representar a taxa de lotação (BRAZ *et al.*, 2003). Apesar disso, a mediana do número de placas de fezes/28,27 m² foi de 4,0 nos pastos sob pastejo, 73,9% maior que nos pastos sem sinal de pastejo e 8,1% maior que nos pastos pós pastejados. Entre os biomas, a mediana do número de placas de fezes nas pastagens amostradas do bioma Mata Atlântica foi de 4,7/28,3 m², 56,6% maior que nos biomas Cerrado e Amazônia (Tabela 5.8).

O número de placas de fezes por unidade de área pode ser um indicativo das técnicas de manejo do pastejo adotadas e, por consequência, pode indicar um processo de degradação por superpastejo ou subpastejo. O excessivo número de fezes por unidade de área, associado a outras observações, como a presença de manchas de solo exposto e o baixo *stand* da pastagem pode ser um forte indicativo de superpastejo. No entanto, a presença de poucas ou mesmo a inexistência de placas de fezes por unidade de área em condição de pastejo ou pós-pastejo, associada à elevada quantidade de pastagem seca e serrapilheira (“pasto passado” ou “pasto acamado”), pode ser um indicativo de subpastejo (BRAZ *et al.*, 2003).

O número médio de plantas invasoras por unidade de área nas pastagens amostradas foi 18,7 plantas/28,27 m² (Tabela 5.2). A mediana do número de plantas invasoras por bioma não diferiu significativamente (Tabela 5.8). Entretanto, no bioma Amazônia, onde o processo de degradação agrícola é mais comum (DIAS-FILHO, 2005), foram contadas, em média, 5,7 plantas/28,27 m², número 7,5% maior que no bioma Cerrado e 45,2% maior que no bioma Mata Atlântica.

As invasoras dos tipos semiarbusivas ou arbustivas são responsáveis por 66,3% e 61,3% das invasoras das pastagens nos biomas Amazônia e Cerrado, respectivamente (Tabela 5.6). Outra ressalva importante é que no bioma Amazônia apenas 4,6% das pastagens amostradas não tinha plantas invasoras, enquanto que nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, 11,9% e 31,2% das pastagens amostradas não tinham plantas invasoras, respectivamente. A Figura 5.6 ilustra uma pastagem amostrada tomada por invasoras no estado do Mato Grosso do Sul.

Tabela 5.6 - Tipo de invasoras por bioma.

Bioma	sem invasoras		H		SA		A		H - SA		H - A		SA - A		H - SA - A	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Amazônia	13	4,6	83	29,1	40	14,0	46	16,1	41	14,4	6	2,1	14	4,9	42	14,7
Cerrado	50	11,9	113	26,8	59	14,0	47	11,2	54	12,8	15	3,6	20	4,8	63	15,0
Mata Atlântica	39	31,2	65	52,0	1	0,8	2	1,6	12	9,6	1	0,8	0	0,0	5	4,0

H: Herbáceas, SA: Semiarbusivas, A: Arbustivas e H-SA, H-A, SA-A, H-SA-A: combinações entre os tipos de invasoras.

Quanto à presença de cupinzeiros, não há consenso na literatura de sua relação com a degradação da pastagem (LIMA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2011). Todavia, a elevada densidade de cupinzeiros, quando associada a outros fatores, *e.g.*, idade da pastagem, pode servir de indicador da ausência ou ineficácia do manejo da pastagem, principalmente quanto ao controle de insetos (LIMA *et al.*, 2011; PIRES, 2006e). O número médio de cupinzeiros por unidade de área foi de 0,6 cupinzeiros/28,27 m² (Tabela 5.2).



Figura 5.6 - Pastos com excesso de invasoras (ID 372, à esquerda), 58 plantas/28,7 m², e cupinzeiros (ID 222, à direita), 4,3 cupinzeiros/28,7 m², amostrados na campanha de 2012 nos estados do Mato Grosso do Sul e do Tocantins, respectivamente.

O maior número de cupinzeiros entre os pastos amostrados foi de 58 cupinzeiros/28,27 m² (ID 380). Em casos extremos, a área ocupada pelos cupinzeiros pode significar perda de área útil para o pastejo (CZEPAK *et al.*, 2003). Por outro lado, Cunha e Morais, (2010) e Nash *et al.* (1999) ressaltam que, do ponto de vista ecológico, a presença de cupinzeiros pode contribuir para o aumento da biodiversidade microbiana quando se encontram mais que uma espécie de cupim.

A observação sobre a homogeneidade da pastagem foi realizada apenas na segunda campanha de campo. Dos 462 pastos amostrados em 2012, 73% tinham pastagens com homogeneidade vertical entre 3 e 5 (veja *sessão 3.1.4.1*), enquanto 27% (125) das pastagens tinham homogeneidade entre 1 e 2 (Figura 5.5h). Entre os pastos mais heterogêneos, classificados como 1 e 2, 25,6% eram cultivados com *Outras Brachiarias* (OB), *Outros Capins* (OC) e *Capins Nativos* (CN). Na medida em que essas classes agruparam os gêneros de capins mais difíceis de serem reconhecidos e menos comuns, pode-se afirmar que nesses pastos frequentemente havia mais que um tipo de capim.

Tabela 5.7 - Resultados do teste Kruskal-Wallis para os atributos biofísicos considerando os principais fatores de condições de pastagem, *stand*, bioma e tipo de capim.

Fatores	df	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Condição da pastagem			
Plantas	2	6,082	0,05
Altura	2	5,765	0,06
PesoMO	2	2,667	0,3
Peso Serrapilheira	2	10,424	0,005
Peso(kg/ha)	2	1,850	0,4
Placa de fezes	2	38,588	>0,0001
Invasoras	2	21,471	>0,0001
Stand			
Plantas	2	74,320	>0,0001
Altura	2	19,412	>0,0001
PesoMO	2	34,050	>0,0001
Peso Serrapilheira	2	38,626	>0,0001
Peso(kg/ha)	2	35,712	>0,0001
Placa de fezes	2	8,147	0,02
Invasoras	2	60,157	>0,0001
Bioma			
Plantas	3	47,836	>0,0001
Altura	3	80,493	0
PesoMO	3	21,862	>0,0001
Peso Serrapilheira	3	4,361	0,2
Peso(kg/ha)	3	35,827	>0,0001
Placa de fezes	3	11,252	0,01
Invasoras	3	6,088	0,1
Tipo de capim			
Plantas	5	93,806	0
Altura	5	89,432	0
PesoMO	5	28,656	>0,0001
Peso Serrapilheira	5	21,565	0,0006
Peso(kg/ha)	5	15,687	0,008
Placa de fezes	5	19,821	0,08
Invasoras	5	9,939	0,001

Tabela 5.8 - Comparação entre as medianas dos parâmetros biofísicos por classe de Condição de pastagem, *Stand*, Bioma e Tipo de capim.

Fatores	Classe	nº de plantas	Altura (cm)	Peso da pastagem (g)	Peso de serrapilheira (g)	Matéria seca (kg/ha)	nº de invasoras	nº de placas de fezes
Condição da pastagem	Com pastejo	17,0 ^{a, b}	23,3 ^{a, b}	380,0	161,4 ^{a, b}	2.258,5	4,7 ^a	4,0 ^a
	Pós pastejo	15,0 ^a	21,0 ^a	360,0	180,0 ^a	2.318,1	3,7 ^a	3,7 ^a
	Sem pastejo	17,7 ^b	23,9 ^b	402,8	142,8 ^b	2.140,3	9,9 ^b	2,3 ^b
Stand	Adequado	23,3 ^a	23,3 ^a	411,2 ^a	162,8 ^a	2.103,3 ^a	4,2 ^a	3,7 ^a
	Intermediário	14,0 ^b	23,0 ^a	380,0 ^a	170,0 ^a	2.514,1 ^b	4,3 ^a	3,0 ^b
	Degradado	14,0 ^b	15,2 ^b	251,4 ^b	77,0 ^b	1.355,4 ^c	28,2 ^b	3,0 ^b
Bioma	Amazônia	14,0 ^a	29,3 ^a	423,1 ^a	162,8	2.586,6 ^a	5,7	3,0 ^a
	Cerrado	17,3 ^b	22,0 ^b	340,0 ^b	152,8	2.042,5 ^b	5,3	3,0 ^a
	Mata Atlântica	25,5 ^c	12,3 ^c	433,1 ^a	171,4	2.024,7 ^b	4,0	4,7 ^b
Capim (Gênero)	<i>Andropogon</i>	12,0 ^a	31,7 ^a	360,0 ^a	130,0	2.772,5	4,2	2,0 ^a
	<i>Brachiaria</i>	17,3 ^b	20,9 ^b	372,8 ^a	170,0	2.158,3	5,0	3,7 ^b
	<i>Panicums</i>	10,5 ^a	38,8 ^a	534,8 ^b	182,2	2.463,1	6,2	2,7 ^{a, b}

*Medianas com letras distintas em uma mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). Medianas com letras iguais ou sem letras em uma mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

Apenas 8% dos pastos amostrados estavam em terrenos muito inclinados (Figura 5.5f), 52% em terrenos planos e 40% em terrenos pouco inclinados. Dos 66 pastos em terrenos inclinados, cinco eram cultivados com tipos de capins de comportamento de touceiras e foram classificados como *stand degradado*. Pires (2006d) adverte que esse tipo de capim não é apropriado para terrenos muito inclinados, porque facilita o processo de erosão pela água que se movimenta entre as touceiras. Somente seis (1%) dos pastos amostrados foram classificados com o nível 1 de erosão - *excessiva, em todo o pasto*; 93,5% dos pastos não tinham erosão ou tinham apenas nas trilhas do gado (veja *sessão 3.1.4.3*).

Somente 21 (2,5%) dos pastos amostrados apresentaram sinais de integração Lavoura Pecuária (iLP), dos quais 85,7% estavam com stand adequado ou intermediário. Os sinais mais comuns encontrados nessas áreas foram restos culturais (adubo residual da lavoura) e plantio em linha do capim (Figura 5.7). Nenhum pasto visitado apresentou sinais de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). Este resultado pode ser um indicativo de que a meta estabelecida pelo Programa ABC do governo federal de implantar 4 Mha de iLPF ainda está longe de ser cumprida (ASSAD, 2013)

De acordo com Dias-Filho (2011), a baixa lucratividade nos primeiros três ou quatro anos, associada à elevada necessidade de investimentos na fase inicial dos sistemas de iLP e iLPF, transformam-se em barreiras de difícil transposição para o produtor. Nesse sentido, os benefícios ambientais atribuídos aos sistemas integrados, *e.g.*, aumento da biodiversidade e sequestro de carbono, são apenas benefícios marginais sob a ótica dos produtores.

A despeito da escala do mapa de solos utilizado nesse trabalho, *i.e.*, 1:500.000, inapropriada para determinar o tipo de solo em escala local, a intersecção entre o mapa e a localização dos pontos amostrados indicou os tipos de solo sob os pastos visitados (Figura 5.8). Por conta da escala do mapa, 30 pastos amostrados (3,5%) não estavam sobre classes de solo ou estavam sobre a classe “massa d’água”. Aproximadamente 60% dos pastos amostrados estavam sob Argissolos Vermelho-Amarelo (PVA), Latossolos Vermelho (LA) e Latossolos Vermelho-Amarelo (LVA).



Figura 5.7 - Pastagem com sinais de integração lavoura pecuária no estado do Mato Grosso.

Um requisito comum de manejo para a produção agropecuária sobre esses tipos de solo, quando distróficos ou álicos, é a correção da acidez (MACEDO, 1997). Os Argissolos também necessitam de técnicas de conservação, pois, mesmo em relevos planos, têm alta susceptibilidade à erosão. Entretanto, apenas 6,3% das pastagens sob esse tipo de solo estavam sobre terrenos muito inclinados (*mi*) e 2,1% apresentavam sinais de erosão em toda a pastagem. A Tabela 5.9 apresenta a condição do relevo e de erosão verificada em campo para os principais tipos de solo das pastagens amostradas.

Tabela 5.9 - Condição do relevo e erosão para as pastagens amostradas sobre os principais tipos de solo.

Tipo de solo	Relevo						Erosão									
	<i>p</i>		<i>pi</i>		<i>mi</i>		1		2		3		4		5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
PVA	105	55,3	68	35,8	12	6,3	1	0,5	3	1,6	5	2,6	23	12,1	154	81,1
LV	96	54,9	68	38,9	11	6,3	3	1,7	2	1,1	8	4,6	15	8,6	145	82,9
LVA	74	49,0	61	40,4	16	10,6	2	1,3	3	2,0	4	2,6	20	13,2	120	79,5

p: plano; *pi*: pouco inclinado; *mi*: muito inclinado. Classes de erosão conforme seção 3.1.4.3. PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo

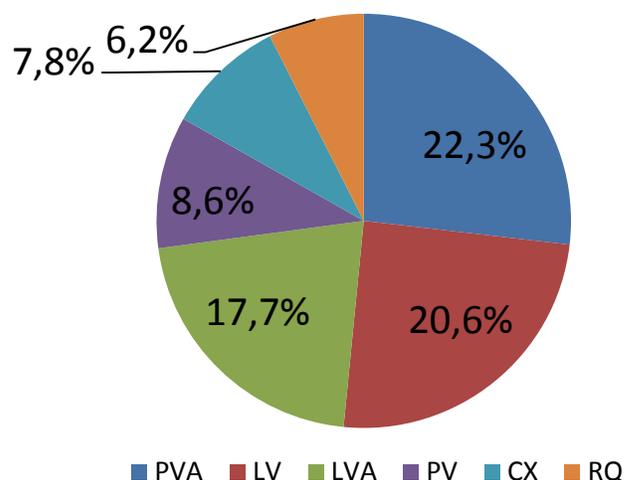


Figura 5.8 - Frequência das principais classes de solo das pastagens amostradas (EMBRAPA, 2012).

PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo; PV: Argissolo Vermelho; CX: Cambissolo Háplico; e RQ: Neossolo Quartzarênico.

5.3 Frações de cobertura da superfície

5.3.1 Estimativa das frações

Na primeira campanha de campo foram adquiridas fotografias verticais em 222 pastos amostrados, enquanto que, na segunda, em 433 pastos amostrados (Tabela 5.10). O aumento no número de câmeras e baterias adicionais na campanha de 2012 potencializou a aquisição das fotografias (veja sessão 3.3). No total foram adquiridas 3.273 fotografias verticais, das quais 672 (20,5%) referentes à campanha de 2011 e 2.601 (79,5%) à campanha de 2012. Adicionalmente, na campanha de 2012, foram adquiridas 439 fotografias da paisagem que auxiliaram na análise dos resultados.

Tabela 5.10 - Fotografias verticais adquiridas nas campanhas de campo.

Campanha	Pastos visitados	Pastos fotografados n°	Fotografias %	Fotografias adquiridas	Número médio de fotografias por pasto
2011	390	222	56,9	672	3,0
2012	462	433	93,7	2.601	6,0
Total	852	655	76,9	3.273	5,0

Na etapa de treinamento dos intérpretes, 60 pontos distribuídos sistematicamente em 40 fotografias verticais foram classificados por um especialista e quatro intérpretes entre seis classes de fração

de cobertura da superfície (veja *sessão 3.4*). A Tabela 5.11 apresenta os valores de D calculado pelo teste Kolmogorov-Smirnov, com nível de significância de 5%, sobre as classificações realizadas por classe de fração de cobertura da superfície. A classificação das frações *FSeca* e *FSerrapilheira* de todos os intérpretes diferiu significativamente da classificação de referência.

A classificação correta dessas classes não é uma tarefa simples devido à semelhança da vegetação seca em pé e da vegetação seca sobre o solo (Figura 5.9). Nesse sentido, diversos estudos têm utilizado métodos de classificação orientados a objetos para classificar de forma automática fotografias verticais de diferentes tipos de cobertura da superfície (LALIBERTE *et al.*, 2007; LI *et al.*, 2005; LUSCIER *et al.*, 2006).

Tabela 5.11 - Teste Kolmogorov-Smirnov para a classificação das frações de cobertura de superfície dos intérpretes.

Frações	Intérpretes			
	1	2	3	4
<i>FVerde</i>	0,077	0,154	0,154	0,231
<i>FSeca</i>	0,308	0,385	0,231	0,308
<i>FSerrapilheira</i>	0,385	0,231	0,308	0,308
<i>FSolo</i>	0,077	0,154	0,154	0,154
<i>FInvasoras</i>	0,077	0,077	0,077	0,077
<i>FOutros</i>	0	0,154	0	0,077

As classificações que não diferiram significativamente da classificação de referência são apresentadas em negrito ($D_{\text{calc}} < D_{\text{crítico}}$; $\alpha = 5\%$; $D_{\text{crítico}} = 0,2101$ para $n: 40$).

Esses métodos de classificação podem aumentar a eficácia na distinção de vegetação seca em pé da vegetação seca sobre o solo, caracterizadas por formas menos longilíneas com orientações verticais e mais longilíneas com orientações horizontais, respectivamente, já que consideram a forma dos objetos no processo de segmentação pré-classificação (LALIBERTE *et al.*, 2007). Entretanto, apesar de laboriosa, a classificação visual de pontos distribuídos de forma sistemática nas fotografias garante uma ótima acurácia quando comparada a métodos automáticos de classificação (BOOTH, 2006; BOOTH *et al.*, 2006b; LI *et al.*, 2005).

Diferentemente de trabalhos que fizeram uso de imagens de sensores orbitais, nos quais não foi possível distinguir a fração de vegetação não fotossinteticamente ativa em pé da serrapilheira sobre

o solo (ASNER *et al.*, 2004; LU *et al.*, 2007; NUMATA *et al.*, 2007; NUMATA *et al.*, 2007b), a escala de análise adotada nesse trabalho, *i.e.*, pontos distribuídos em fotografias verticais, permitiu distinguir as *FSeca* e *FSerrapilheira*. A distinção dessas classes é fundamental para a estimativa correta da *FñPastagem* e para a criação de um indicador objetivo do nível de degradação biológica da pastagem (DIAS-FILHO, 2011; OLIVEIRA, 2005).

De maneira oposta, as classificações das frações *FVerde*, *FSolo*, *FInvasoras* e *FOutros* realizadas pela maioria dos intérpretes não diferiram significativamente da classificação de referência. Os resultados da etapa de treinamento mostraram-se satisfatórios uma vez que foram utilizados para aprimorar o método de classificação e enfatizar as chaves de interpretação utilizadas pelos intérpretes na etapa de classificação. Adicionalmente, a supervisão continuada por parte do especialista nessa etapa dirimiu as dúvidas que foram surgindo ao longo da interpretação.

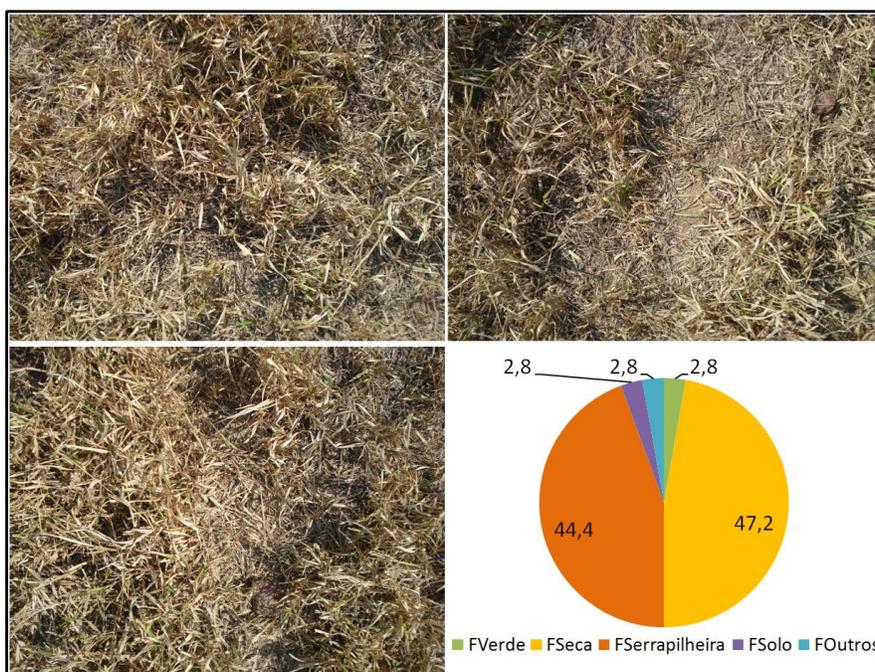


Figura 5.9 - Fotografias verticais da pastagem (ID 212) adquiridas em 8/10/2011 e frações médias estimadas (canto inferior direito).

Os resultados dessa etapa também permitiram estabelecer o número de pontos necessário para a classificação das fotografias verticais. A Figura 5.10 ilustra o desvio padrão da classificação para *FVerde* de acordo com o número de pontos utilizados na etapa de treinamento. É possível notar

que com 36 pontos o desvio padrão da classificação da *FVerde* é $\approx 2\%$ maior que o desvio padrão da classificação com 60 pontos. Para as outras principais frações consideradas foram encontradas distribuições de desvios padrões similares e, dessa forma, o número de pontos adotado para a classificação das fotografias verticais neste trabalho apresentou a melhor relação entre a qualidade da classificação e o tempo necessário para estimar as frações de cada uma das 3.273 fotografias verticais.

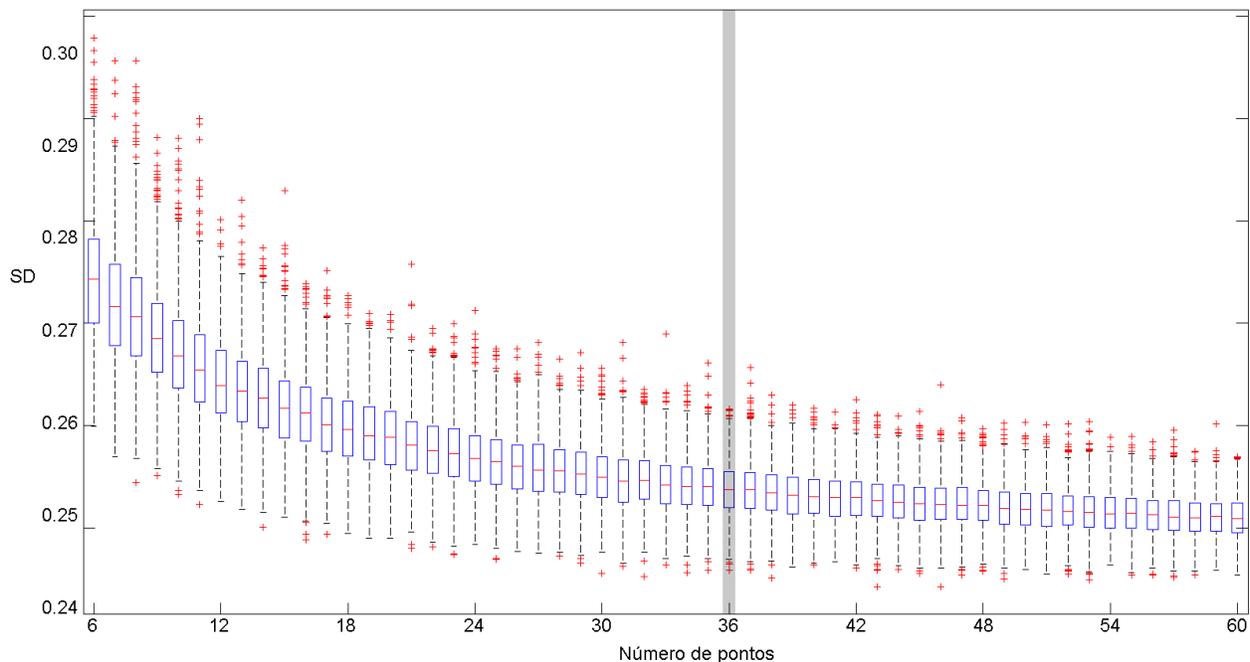


Figura 5.10 - Box Plot do desvio padrão (SD) da classificação da *FVerde* por número de pontos.

5.3.2 Caracterização das pastagens por meio das frações de cobertura da superfície

Os resultados do teste K-W para as principais frações de cobertura da superfície avaliadas estão na Tabela 5.12. Como esperado, a mediana da *FVerde* foi maior para os pastos *sem pastejo* (20,6%) e menor para os pastos em condição de *pós-pastejo* (11,1%) (Tabela 5.13). Tal resultado pode ser consequência do pastejo seletivo realizado pelo gado, definido pelas características estruturais e pela palatabilidade do capim.

As plantas que mais suportam o pisoteio e os cortes frequentes (sempre com rebrota nova e mais verdes) são mais pastejadas em detrimento das plantas que necessitam de maior tempo para sua recuperação (SILVA *et al.*, 2008). Já para a *FSeca*, a situação é inversa, *i.e.*, em pastos *sem pastejo*

o valor médio foi 23,9%, enquanto que nos pastos em condição de *pós-pastejo*, o valor médio foi de 59,6%.

As medianas de *FInvasoras* e *FSolo* do bioma Amazônia diferiram significativamente dos outros biomas. Esses resultados são compatíveis com aqueles relatados em outros estudos nesta região, onde o processo de degradação agrícola é mais frequente (DIAS-FILHO e ANDRADE, 2005; DIAS-FILHO *et al.*, 2001). No Cerrado, onde o processo de degradação biológica é mais comum, a mediana da *FSolo* foi maior e significativamente diferente dos valores encontrados para os outros biomas, como descrito por Macedo (1997) e Oliveira (2005).

Em termos de *stand*, as medianas de *FInvasoras* e *FSolo* das pastagens consideradas degradadas foram significativamente maiores que as das pastagens consideradas adequadas. A exemplo dessas frações, a mediana da *FSerrapilheira* também foi significativamente maior nas pastagens degradadas. O processo de degradação das pastagens tropicais não apenas impacta a produção de forrageira, como diminui a razão entre a pastagem verde e a serrapilheira, reduzindo a quantidade de forragem disponível para o gado (MÜLLER *et al.*, 2004).

Alguns autores têm associado o incremento da *FSeca* ao longo do tempo à idade da pastagem e à queda de fertilidade do solo (ASNER *et al.*, 2004; NUMATA *et al.*, 2007; NUMATA *et al.*, 2007b; NUMATA *et al.*, 2003). Todavia os resultados alcançados neste trabalho não permitem corroborar tal afirmativa. Para tanto seria necessário estimar a *FSeca* de um mesmo pasto ao longo do tempo e conhecer as técnicas de manejo e taxas de lotação empregadas.

Tabela 5.12 - Resultados do teste Kruskal-Wallis para as frações de cobertura da superfície considerando os principais fatores de condições de pastagem, *stand*, bioma e tipo de capim.

Variáveis	df	Chi-sq	Prob>Chi-sq
Condição da pastagem			
<i>FPastagem</i>	2	0,552	0,8
<i>FVerde</i>	2	15,640	0,0004
<i>Vseca</i>	2	14,963	0,0006
<i>FñPastagem</i>	2	0,576	0,7
<i>Fserrapilheira</i>	2	0,174	0,9
<i>Finvasoras</i>	2	1,347	0,9
<i>Fsolo</i>	2	1,883	0,5
Stand			
<i>FPastagem</i>	2	91,933	0,0
<i>FVerde</i>	2	56,200	0,0
<i>Vseca</i>	2	22,531	>0,0001
<i>FñPastagem</i>	2	92,208	0,0
<i>Fserrapilheira</i>	2	54,154	0,0
<i>Finvasoras</i>	2	90,629	0,0
<i>Fsolo</i>	2	53,737	0,0
Bioma			
<i>FPastagem</i>	3	30,982	0,000001
<i>FVerde</i>	3	124,091	0,0
<i>Vseca</i>	3	93,204	0,0
<i>FñPastagem</i>	3	30,940	>0,0001
<i>Fserrapilheira</i>	3	33,886	>0,0001
<i>Finvasoras</i>	3	14,352	0,002
<i>Fsolo</i>	3	34,117	>0,0001
Tipo de capim			
<i>FPastagem</i>	5	40,875	>0,0001
<i>FVerde</i>	5	42,727	>0,0001
<i>Vseca</i>	5	20,840	0,0009
<i>FñPastagem</i>	5	40,926	>0,0001
<i>Fserrapilheira</i>	5	23,374	0,0003
<i>Finvasoras</i>	5	23,428	>0,0001
<i>Fsolo</i>	5	36,681	0,0003

Tabela 5.13 - Medianas das frações de cobertura da superfície por classe de: Condição de pastagem, *Stand*, Bioma e Tipo de capim.

Observação	Classe	<i>FPastagem</i> (%)	<i>FVerde</i> (%)	<i>FSeca</i> (%)	<i>FñPastagem</i> (%)	<i>FSerrapilheira</i> (%)	<i>FInvasoras</i> (%)	<i>FSolo</i> (%)
Condição da pastagem	Com pastejo	83,8	12,0 ^a	59,7 ^a	16,2	8,3	0,0	2,8
	Pós pastejo	84,2	11,1 ^a	64,4 ^a	15,8	8,3	0,5	3,8
	Sem pastejo	83,3	20,6 ^b	50,3 ^b	16,7	8,1	0,0	2,8
Stand	Adequado	90,7 ^a	26,4 ^a	56,9 ^a	9,3 ^a	4,6 ^a	0,0 ^a	1,4 ^a
	Intermediário	80,1 ^b	9,7 ^b	63,0 ^b	19,9 ^b	9,7 ^b	0,5 ^b	4,2 ^b
	Degradado	59,0 ^c	11,4 ^b	45,8 ^a	41,0 ^c	19,4 ^c	2,8 ^c	7,0 ^b
Bioma	Amazônia	85,7 ^a	9,7 ^a	70,8 ^a	14,4 ^a	8,3 ^a	0,5 ^a	1,7 ^a
	Cerrado	80,1 ^a	12,5 ^a	54,2 ^a	19,9 ^a	9,7 ^a	0,0 ^b	4,0 ^b
	Mata Atlântica	91,7 ^b	41,0 ^b	38,0 ^b	8,4 ^b	2,8 ^b	0,0 ^b	4,0 ^b
Capim (Gênero)	<i>Andropogon</i>	60,6 ^a	1,4 ^a	56,7	39,4 ^a	14,4	0,9	12,5 ^a
	<i>Brachiaria</i>	84,7 ^b	12,3 ^b	62,8	15,3 ^b	8,3	0,0	2,8 ^b
	<i>Panicuns</i>	77,3 ^{a, b}	18,5 ^b	54,2	22,7 ^{a, b}	11,1	0,5	2,8 ^b

*Medianas com letras distintas em uma mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). Medianas com letras iguais ou sem letras em uma mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

Já a mediana da *FVerde* das áreas de pastagens com *stand adequado* foi 131,6% maior que a das áreas de pastagem com *stand degradado* (Tabela 5.13). Para Purevdorj (1998), a estimativa de vegetação fotossinteticamente ativa em pastagens é um importante indicador de produtividade e de degradação de pastagens, contudo, a *FñPastagem* apresentou maior sensibilidade às classes de *stand* de pastagem adotadas neste trabalho.

Adicionalmente, esta fração é menos sensível à sazonalidade quando comparada às *FVerde* e *FSeca* e, por isso, deve ser considerada para estimar o nível de degradação das pastagens (DAVIDSON *et al.*, 2008). Esse resultado é corroborado por Oliveira (2005), que propõe determinar a necessidade de renovação de um pasto de acordo com a fração de não pastagem (solo + plantas invasoras).

A Figura 5.11 ilustra os diagramas ternários da estimativa de fração de cobertura da superfície para os pastos amostrados em cada uma das campanhas e para o conjunto das campanhas. As frações *FSerrapilheira*, *FSolo*, *FInvasoras*, *FOutros* foram agrupadas em uma única fração *FñPastagem*. A campanha de 2011 se estendeu até a época chuvosa e, por esse motivo, as pastagens estavam

mais verdes. A *FVerde* média foi de 30,9% naquela campanha, enquanto que na campanha de 2012 foi de apenas 15,8%.

Ao contrário de Davidson *et al.* (2008), o agrupamento das frações *FSerrapilheira*, *FSolo*, *FOutros* e *FInvasoras* impediu que pastagens em processo avançado de degradação agrícola fossem identificadas como pastagens produtivas. Na pastagem sob ID 372 (Figura 5.6), por exemplo, toda a vegetação invasora estava verde à época da amostragem e, se não tivesse sido distinguida da pastagem verde, a estimativa para essa pastagem seria 53,7% de *FVerde* e $\approx 40\%$ de *FñPastagem*, indicando uma pastagem produtiva.

Dessa forma, os maiores valores de *FVerde* estão associados às pastagens mais produtivas (PUREVDORJ *et al.*, 1998), enquanto os maiores valores de *FñPastagem* às pastagens degradadas, independentemente do tipo de processo de degradação (Figura 5.12), *i.e.*, agrícola ou biológica. É possível definir, com base na análise gráfica da Figura 5.12, a linha de degradação das pastagens amostradas, como discutido por Davidson *et al.*, 2008 e Numata *et al.* (2007). Essa linha teórica liga, a partir de um arco, as extremidades da base do triângulo.

O emprego de técnicas de manejo e intervenções para a melhoria da pastagem aproxima os valores de *FVerde* à extremidade direita do diagrama, enquanto o processo de degradação aproxima os valores de *FñPastagem* à extremidade esquerda do diagrama. Pastagens cultivadas em sistemas de irrigação com pivôs e nas quais são empregadas técnicas de manejo adequadas, *i.e.*, rotação de pastejo e adubação frequente, têm valores próximos a 100% de *FVerde*; portanto, quase 100% de *FPastagem*, o que caracteriza, segundo Dias-Filho (2011), a capacidade de suporte plena da forrageira.

A análise da intersecção entre a classificação do *stand* realizada em campo e as frações obtidas pelas fotografias verticais permite identificar algumas incoerências na realização da classificação do *stand* das pastagens realizada em campo (Figura 5.12). Isso se deve, em parte, à subjetividade implícita ao método adotado em campo e, principalmente, ao fato de a classificação realizada em campo ser mais abrangente, *i.e.*, não se restringir à área compreendida nas fotografias verticais. Davidson *et al.* (2008) ainda acrescentam que a classificação de níveis de degradação de pastagens envolve julgamento de valores e, quando realizada por vários especialistas, pode apresentar incoerências.

Embora haja subjetividade na estimativa das frações de cobertura do solo devido ao processo de classificação dos pontos, a escolha entre as classes adotadas por parte dos intérpretes tornou-se uma tarefa simples devido à escala de análise, *i.e.*, pixel a pixel (BOOTH *et al.*, 2006b; LI *et al.*, 2005; ROTZ *et al.*, 2008; STEWART *et al.*, 2007). Dessa maneira, pode-se afirmar que as frações de superfície extraídas de fotografias verticais de pastagens tropicais são um importante indicador do estágio de degradação e podem ser utilizadas para determinar, de forma objetiva, a necessidade de intervenção para melhoria das pastagens.

Com base em frações extraídas de imagens de satélite, Numata *et al.* (2007) propõem que, para as pastagens em estágio avançado de degradação, a soma das frações de vegetação não fotossinteticamente ativa e de solo exposto deve ser maior que 50%. Aplicando esse limiar de corte ao valor da *FñPastagem* para classificar as pastagens amostradas e fotografadas, 12,8% (84) estão em estágio avançado de degradação. Entretanto, apenas 25,0% (21) dessas pastagens foram classificadas com *stand degradado* a campo. Entre o restante, 61,9% (52) e 13,1% (11) foram classificadas com *stand intermediário* e *adequado*, respectivamente, sendo que todas as 11 pastagens classificadas como adequadas foram amostradas na campanha de 2011.

A atribuição da classe de *stand intermediário* às pastagens com *FñPastagem* acima de 50% não necessariamente foi um erro de classificação, já que fatores como o tipo de capim e a realidade regional das pastagens podem levar um especialista a atribuir tal classe de *stand* às pastagens com estes valores de *FñPastagem*. Entretanto, a atribuição da classe *stand adequado* a estas pastagens pode ser um indicador de erro de classificação, independentemente do tipo do capim.

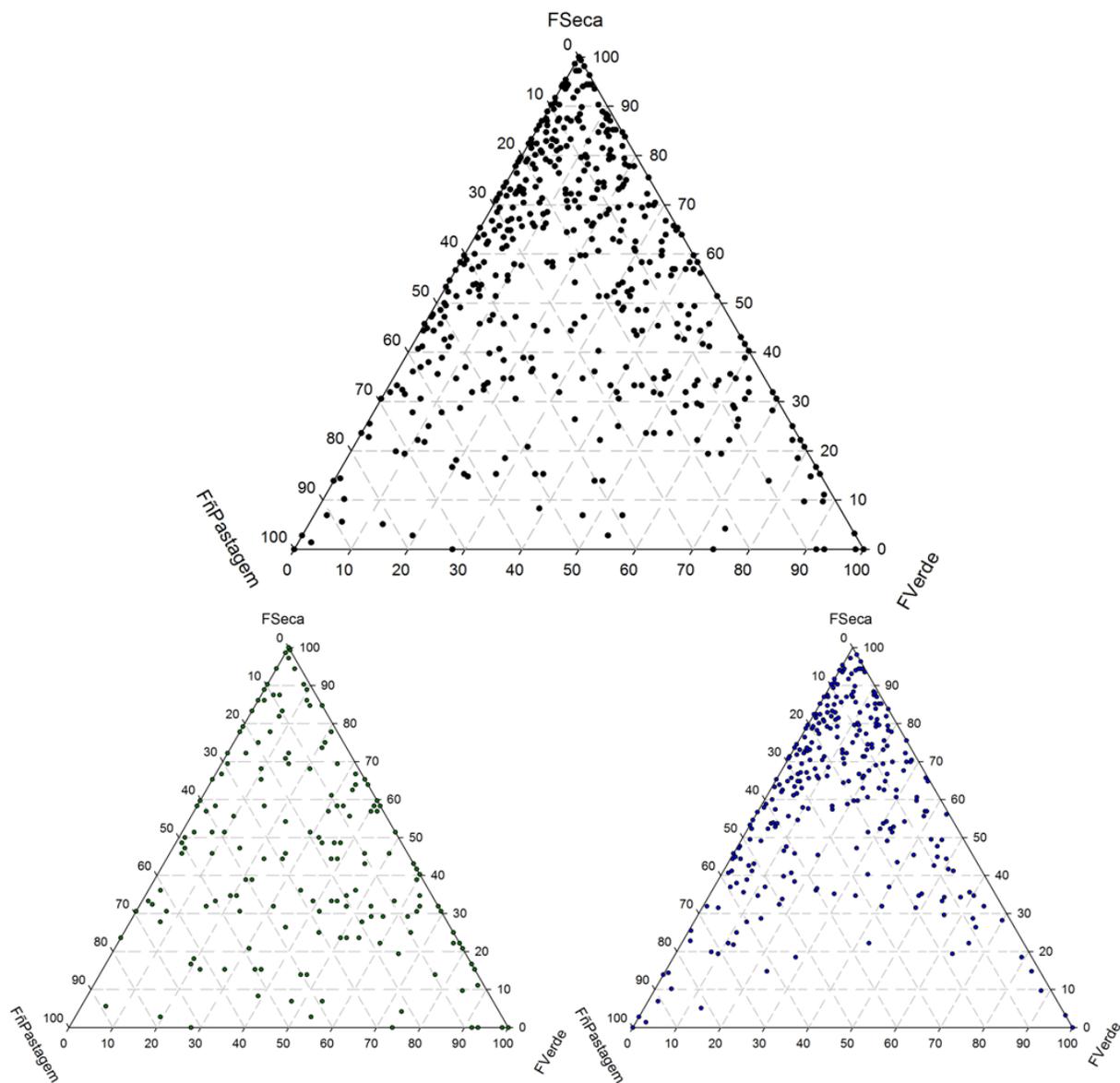


Figura 5.11 - Gráficos ternários das frações médias de *FVerde*, *FSeca* e *FñPastagem* para a campanha de 2011 (canto inferior esquerdo), a campanha de 2012 (canto inferior direito) e para o conjunto das campanhas (centro superior).

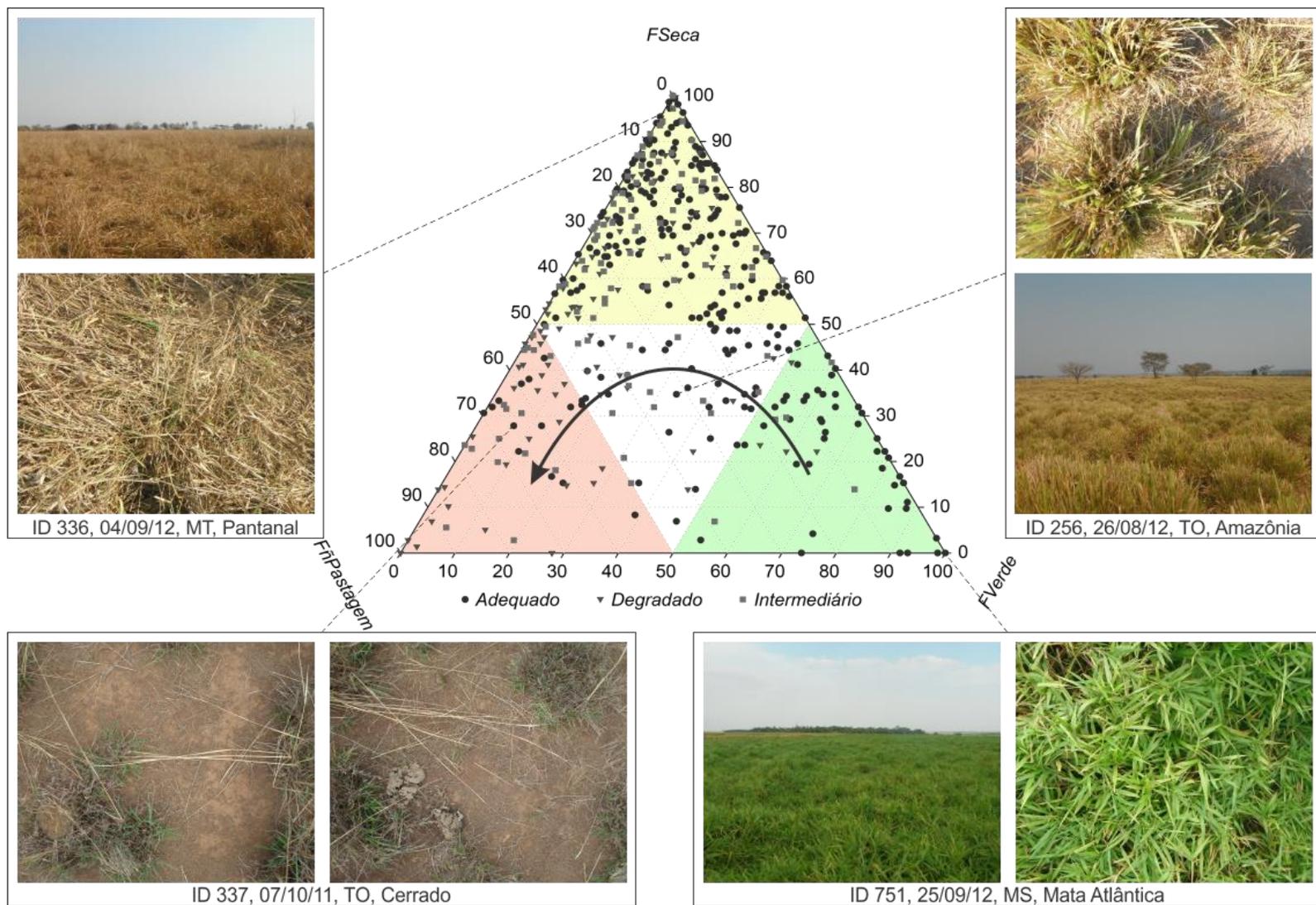


Figura 5.12 - Diagrama ternário das frações de cobertura da superfície por classe de *stand*, curva teórica de degradação e fotografias adquiridas a campo.

É importante salientar que as frações de cobertura da superfície estão relacionadas ao tipo de capim presente (Tabela 5.6). Capins cespitosos têm menor *FPastagem* enquanto capins decumbentes têm maior *FPastagem* (PIRES, 2006d). Questões relacionadas ao manejo também devem ser consideradas para a análise das frações de superfície, *e.g.*, pastagens recém-plantadas têm maior fração de solo exposto no período de três a sete semanas após o plantio, dependendo das condições de clima, solo e qualidade das sementes.

A Figura 5.13 ilustra o mapa da *FñPastagem* e *stand* das pastagens amostradas. Nota-se que a maioria das pastagens amostradas com *FñPastagem* acima de 50% está localizada nos biomas Amazônia e Cerrado, em especial no noroeste de Goiás, sudoeste de Tocantins e leste dos estados do Pará e Mato Grosso. Segundo Risso (2013), a região leste do estado do Mato Grosso, no entorno do município de Querência, que tradicionalmente era uma importante região de produção pecuária, tem passado por uma expressiva conversão de pastagens para o cultivo de soja. Isso ocorre tendo em vista a disponibilidade de terras ocupadas com pecuária de baixa produtividade e boa aptidão agrícola e, principalmente, a perspectiva futura de escoamento da produção pelos portos da região norte/nordeste.

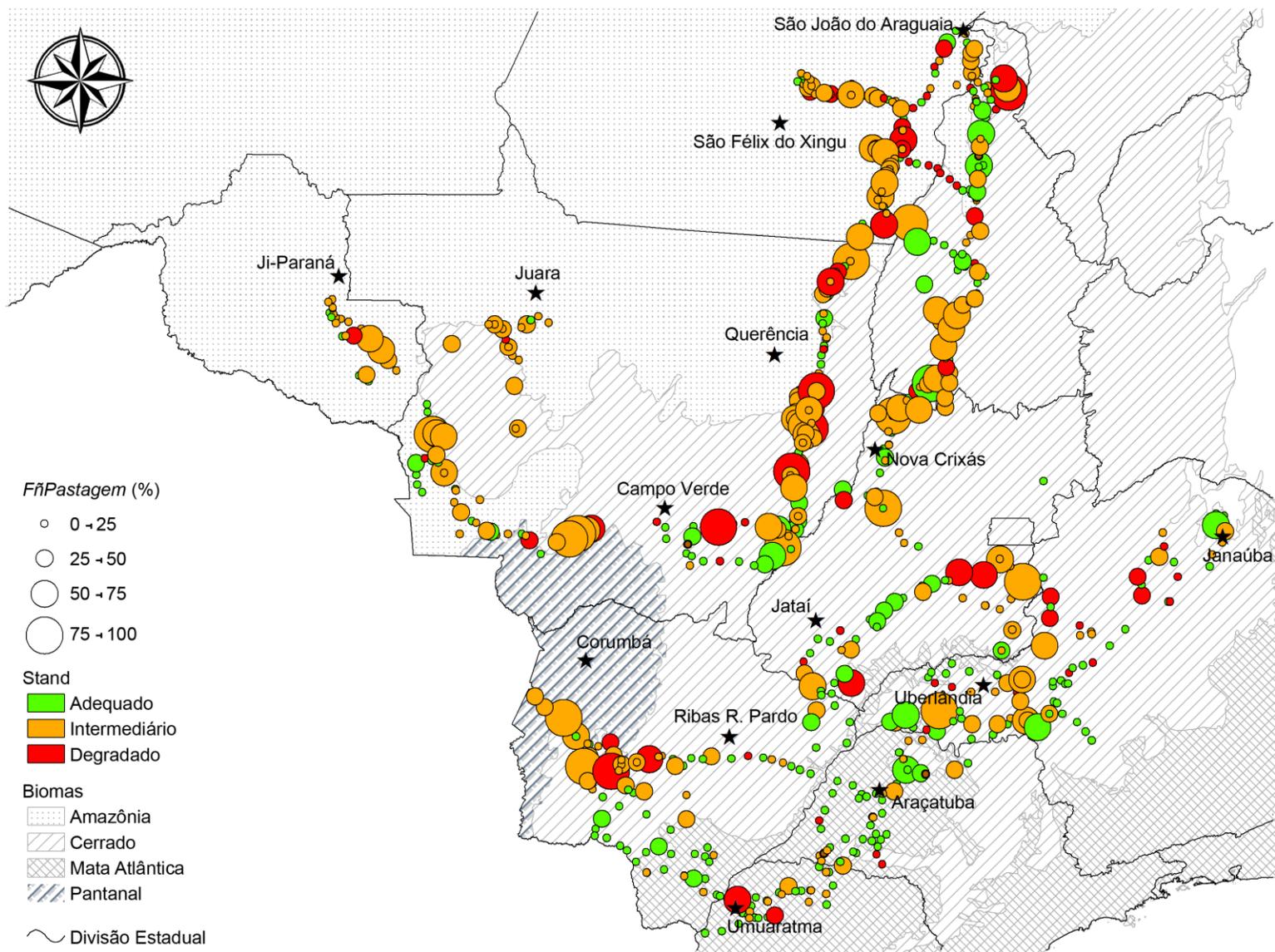


Figura 5.13 - Mapa da *FñPastagem* e *stand* das pastagens amostradas por bioma.

5.4 Degradação e melhoria das pastagens

A *webtool* elaborada neste trabalho para visualização das séries temporais do EVI-2 permitiu analisar de forma integrada imagens de sensores orbitais adquiridas em diferentes datas, fotografias verticais e dados coletados em campo. Algumas das figuras desta sessão foram capturadas diretamente da tela do computador para apresentar os resultados alcançados com a *webtool* denominada Pastagensat e ilustrar a facilidade de visualização de diversos dados para análise e discussão dos resultados.

Dos 852 pastos amostrados, não foi possível realizar a análise com as séries temporais do EVI-2 em 70 pastos devido à forma ou ao tamanho incompatível com a resolução espacial do MODIS. A Figura 5.14 ilustra alguns exemplos de pasto amostrados não avaliados com as séries do EVI-2.

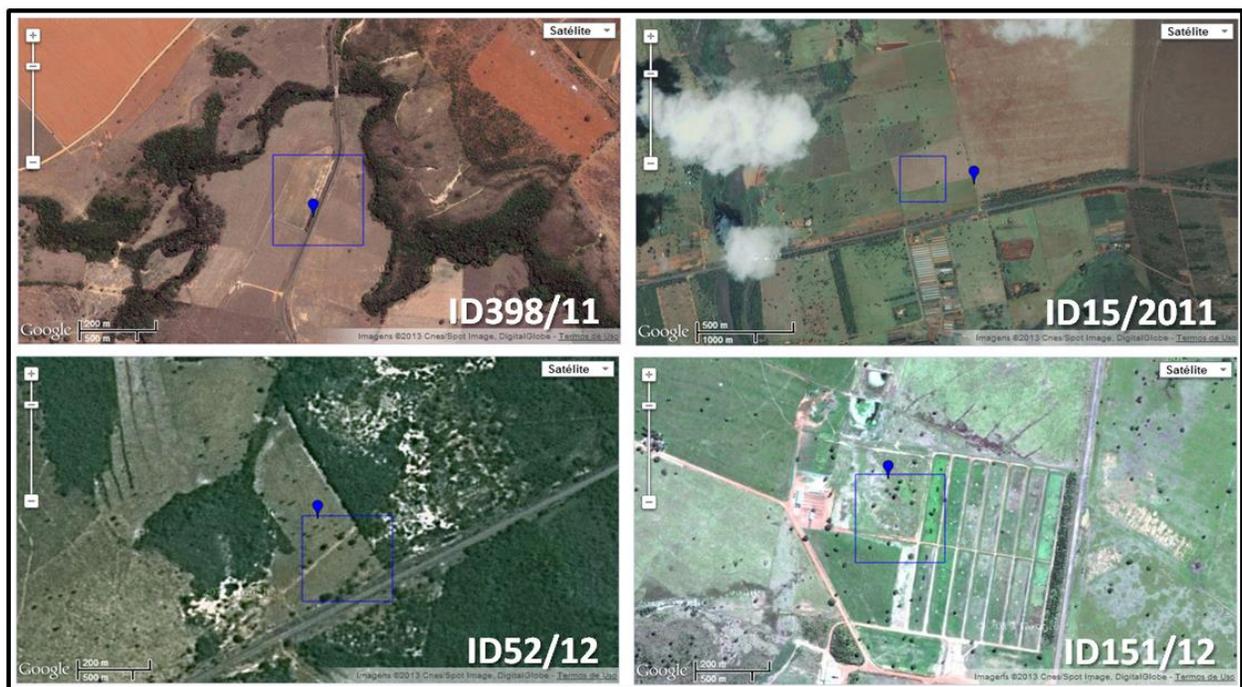


Figura 5.14 - Pastos amostrados que não foram analisados com séries temporais EVI-2 MODIS devido à sua incompatibilidade em termos de tamanho com a resolução das imagens MODIS.

5.4.1 Análise regional

A Figura 5.15 contém a série temporal média do EVI-2 para os pastos amostrados nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica. É possível notar que, em média, os pastos amostrados no bioma Amazônia apresentam valores máximos de EVI-2 maiores que dos outros biomas.

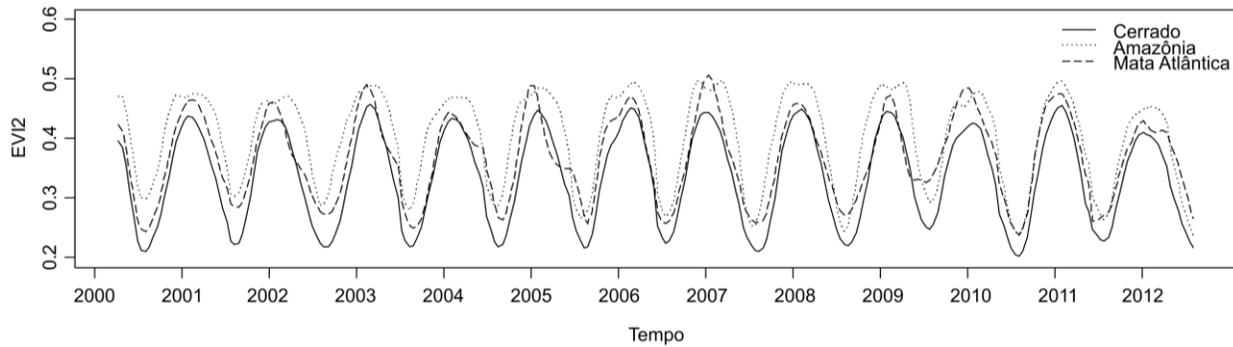


Figura 5.15 - Valores médios da série temporal de EVI-2 dos pastos amostrados nas campanhas de campo nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica.

É possível que a diferença nos valores médios de EVI-2 entre estes três biomas não esteja associada apenas às características edafoclimáticas (AB’SABER, 2003), mas também às diferentes taxas de lotação das pastagens, em geral maiores na Mata Atlântica e no Cerrado que na Amazônia (SCHLESINGER, 2010), as quais impactam diretamente na disponibilidade de forragem.

Além dos diferentes regimes de precipitação, a diferença no patamar da média dos valores mínimos de EVI-2 entre os biomas pode ser parcialmente explicada pelo tipo de degradação mais comum em cada bioma, *i.e.*, agrícola na Amazônia e biológica no Cerrado e Mata Atlântica (veja Tabelas 5.8 e 5.13). Isto ocorre porque as plantas invasoras permanecem verdes devido à sua maior capacidade de captar água mesmo na época seca (NETO *et al.*, 2006), mantendo os valores de EVI-2 dos pastos em processo de degradação agrícola num patamar acima das pastagens sem invasoras (Figura 5.16).

A análise gráfica das séries médias de EVI-2 das pastagens amostradas em cada bioma evidencia que, nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, os picos de máximo EVI-2 são mais bem definidos (com forma de “v” invertido) enquanto que na Amazônia há mais valores próximos do ponto de inflexão da curva (forma de “u” invertido) (Figura 5.15). Isso também pode ser explicado pela presença das plantas invasoras que se mantêm verdes por mais tempo (NETO *et al.*, 2006).

O EVI-2 está diretamente correlacionado com a biomassa presente na superfície (JIANG *et al.*, 2008). Os atributos biofísicos da vegetação e as observações realizadas em campo para caracterização das pastagens amostradas, *i.e.*, medidas de peso, altura e número de plantas das pastagens, números de invasoras, *FVerde*, *FPastagem*, *FñPastagem* e *FInvasoras*, tiveram relação direta com os valores de EVI-2 observados.

Apesar da avaliação realizada em campo ter tido como intuito abranger toda a variabilidade da pastagem amostrada, selecionando os locais de amostra de acordo com a realidade local (veja Figura 3.3, *sessão 3.1.1*), o valor de EVI-2 do pixel representativo dessa pastagem, em um determinado momento, é reflexo de toda a biomassa compreendida no pixel (6,25 ha). Assim, é importante ressaltar que as escalas de análise adotadas neste trabalho são diferentes e nem sempre comparáveis.

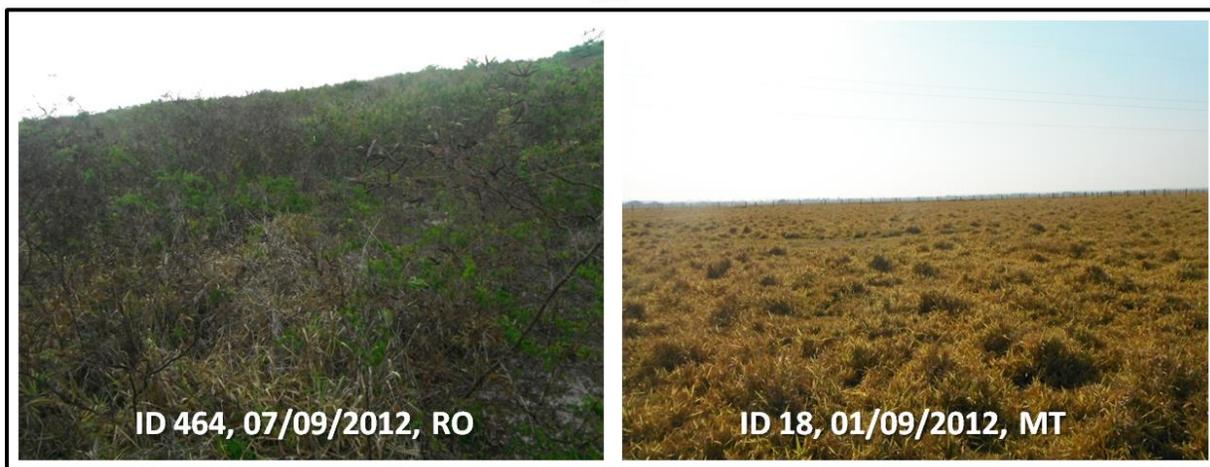
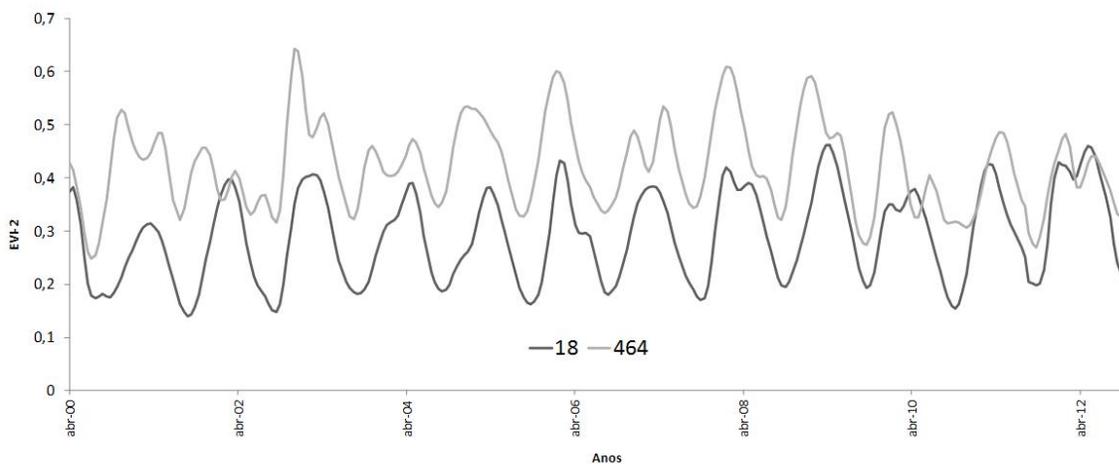


Figura 5.16 - Séries temporais de EVI-2 (no topo) e fotografias panorâmicas dos pastos sob IDs 464 (Amazônia) e 18 (Cerrado).

A análise da Figura 5.15 também pode servir para avaliar as mudanças no regime de precipitação do período analisado e o impacto dessas mudanças nas pastagens. Contudo, a influência da precipitação sobre os índices de vegetação extraídos de imagens de satélites varia de acordo com o tipo de vegetação e as propriedades do solo (EVANS; GEERKEN, 2004). No caso das pastagens, ainda há outra variável importante que deve ser considerada, *i.e.*, o pastejo. A distinção do impacto de cada uma dessas variáveis sobre as pastagens só pode ser realizada em ambientes controlados nos quais se conhece o histórico de pastejo e de precipitação (ARCHER, 2004; LI; GUO, 2012). Nesta sessão, analisar-se-á a influência da precipitação sobre algumas das pastagens amostradas.

As séries temporais médias das pastagens amostradas por tipo de capim são apresentadas na Figura 5.17, a despeito dos processos de renovação que tenham ocorrido nesse período. Os capins do gênero *Panicums*, em geral, apresentaram os maiores valores médios de EVI-2, enquanto que os capins do gênero *Andropogon* apresentaram os menores valores médios. A espécie *Brachiaria brizantha*, capim mais comum entre os pastos amostrados, apresentou valores intermediários quando comparado aos outros gêneros. Esses resultados estão de acordo com a mediana dos pesos medidos em campo (Tabela 5.8) e com a literatura (OLIVEIRA, 2005; PIRES, 2006d; SILVA *et al.*, 2008).

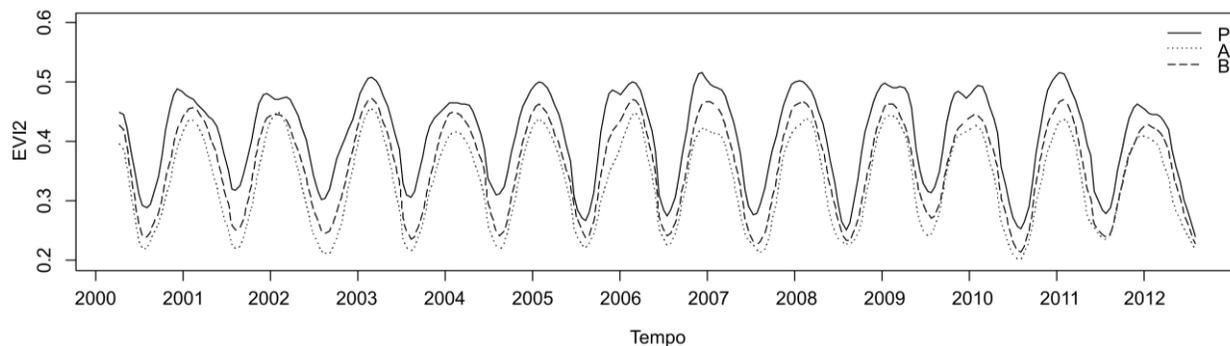


Figura 5.17 - Valores médios da série temporal de EVI-2 para das pastagens amostradas nas campanhas de campo com capins dos gêneros *Panicums* (P) e *Andropogon* (A) e da espécie *Brachiaria brizantha* (B).

Por esse motivo, salienta-se que a análise das pastagens tropicais com séries temporais de índices de vegetação deve considerar o tipo de capim. Nesse sentido, ressalta-se, mais uma vez, que trabalhos que se propõem a classificar a degradação de pastagens com base na análise de índices

de vegetação sem ponderar o tipo de capim estão sujeitos a erros (FERREIRA *et al.*, 2012). Evidentemente, diversos fatores tornam a obtenção de informações de referência para análises de pastagens em escala regional, *e.g.*, tipo de capim, onerosa e de difícil execução (HAGEN *et al.*, 2012; WASHINGTON-ALLEN *et al.*, 2008).

A Figura 5.18 apresenta os valores médios das séries temporais de EVI-2 de acordo com o *stand* identificado em campo em cada uma das campanhas. As pastagens de *stand adequado*, em média, têm valores ligeiramente superiores às pastagens com *stand degradado*. Todavia, os valores médios de EVI-2 das pastagens com *stand intermediário* são superiores às pastagens de *stand adequado* em alguns meses do ano analisado. De maneira geral, assim como nas análises realizadas em campo com base em atributos biofísicos da vegetação e em fotografias verticais, as pastagens em estádios avançados de degradação se distinguem das pastagens em ótimas condições, entretanto, as pastagens em estádios intermediários se confundem com as pastagens de *stand adequado* e *degradado* e não são facilmente distinguidas pela análise do EVI-2.

Diferentemente das análises realizadas *in loco* e das análises realizadas com base nas fotografias verticais, em que é possível distinguir plantas invasoras do capim, nas séries temporais de EVI-2, os valores refletem a presença de toda a biomassa da área imageada. Dessa forma, pastagens bem manejadas e em processo de degradação agrícola, distinguidas nas análises supracitadas, podem apresentar valores similares de EVI-2.

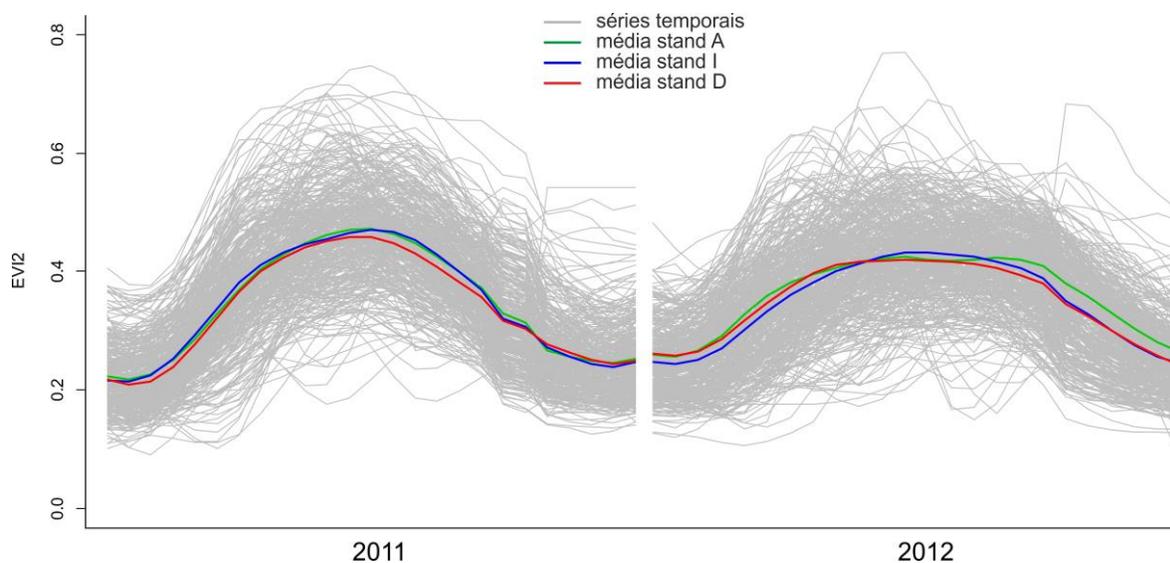


Figura 5.18 - Séries de EVI-2 e valores médios por classe de *stand Adequado* (A), *Intermediário* (I) e *Degradado* (D), para as pastagens amostradas nas campanhas de campo de 2011 (à esquerda) e de 2012 (à direita).

5.4.2 Resultados da aplicação do protocolo

5.4.2.1 Intervenções

As sete métricas fenológicas adotadas para a avaliação das séries temporais de EVI-2 de pastagens tropicais foram calculadas para todos os pastos amostrados em cada ano do período analisado (veja Tabela 4.1) e comparadas de acordo com os critérios *booleanos* e *numéricos* propostos no protocolo (veja Tabelas 4.2 e 4.3). Diversos trabalhos fazem uso de métricas fenológicas extraídas de séries temporais de IV para identificar mudanças de uso e cobertura da terra, mapear coberturas florestais e detectar a fenologia de culturas agrícolas (GALFORD *et al.*, 2008; LUNETTA *et al.*, 2006; SAKAMOTO *et al.*, 2005; SENF *et al.*, 2013; VAN LEEUWEN *et al.*, 2013).

Ao contrário de culturas agrícolas, com calendários de plantio e colheita bem definidos, e de florestas, onde em geral a variabilidade da biomassa ao longo das estações não é tão acentuada, nas pastagens não há um calendário bem definido e a variabilidade anual da biomassa pode ser grande, dependendo do tipo de capim e das condições edafoclimáticas (FERREIRA *et al.*, 2004, 2013; HUETE *et al.*, 2002; WASHINGTON-ALLEN *et al.*, 2008). Nesse sentido, a busca pelo valor máximo de EVI-2 a cada ano-safra foi definida com precisão usando uma janela móvel.

Os processos de recuperação e renovação das pastagens foram agrupados devido à dificuldade de se identificar, na maioria dos casos, a alteração do tipo de capim cultivado em função da renovação. No entanto, os dois processos são caracterizados pela exposição prévia do solo que altera significativamente os valores mínimos de EVI-2 por ocasião do início destes processos, permitindo sua identificação por meio da análise das séries temporais de EVI-2 (veja *sessão 4.1*).

Para facilitar a discussão dos resultados são apresentados a seguir diversos exemplos de séries temporais de EVI-2 de pastos amostrados, que incluem também a imagem de alta resolução espacial disponibilizada no Globo virtual do *Google*, indicando a posição do pixel MODIS, as imagens dos sensores TM e/ou ETM+ adquiridas em datas distintas, além de fotografias obtidas em campo por ocasião da amostragem.

Nestas figuras os valores de EVI-2 estão no eixo Y principal e o tempo no eixo X, a linha em vermelho é a série filtrada (FREITAS *et al.*, 2011) e a linha em azul a série pré-filtrada (SAKAMOTO *et al.*, 2005). No eixo Y secundário estão os valores de precipitação adquiridos pelo sensor TRMM de 2000 a 2011 (veja *sessão 2.3.1.1*), representado pelas barras em azul. Sobre o gráfico das séries temporais do EVI-2, em exemplos de pastagens que passaram por intervenções, é apresentada uma tabela com as informações acerca da classificação.

As Figuras 5.19 e 5.20 ilustram exemplos de pastagem nas quais foram identificadas intervenções classificadas como Renovação/Recuperação indireta, de acordo com a definição de Macedo *et al.* (2012) e Zimmer *et al.* (2012). Na Figura 5.19, de uma pastagem amostrada em 31/10/11 no estado do Mato Grosso do Sul, é possível identificar uma redução expressiva dos valores máximos de EVI-2 a partir do ano de 2001 até o ano de 2008. Em março de 2009, houve uma queda brusca do valor de EVI-2, alcançando a marca de 0,153 (pequenos círculos em vermelho e azul), 179% e 200% menor que os valores mínimos de 2008 e 2007, respectivamente. É importante ressaltar que os baixos valores de EVI-2 foram verificados a despeito dos elevados montantes de precipitação do período, caracterizando exposição de solo e remoção de pastagem.

Nesta pastagem, os valores máximos de EVI-2 dos dois picos seguintes à exposição do solo foram superiores ao valor máximo esperado para pastagens (Figuras 5.15 e 5.17). Com base na imagem ETM+ adquirida em 04/11/2009 observa-se que houve cultivo agrícola nesse período, enquanto que a imagem TM adquirida em 26/11/11 evidencia a nova pastagem. Infere-se que a nova

pastagem foi plantada no ano-safra 2010/2011 e o valor máximo de EVI-2 nas “águas” de 2011 reflete a melhoria da pastagem. Na safra seguinte, o valor máximo retornou ao patamar anterior à renovação/recuperação, o que pode estar associado ao aumento na taxa de lotação em resposta à melhoria da capacidade de suporte da pastagem, de acordo a ressalva feita por Davidson *et al.* (2008).

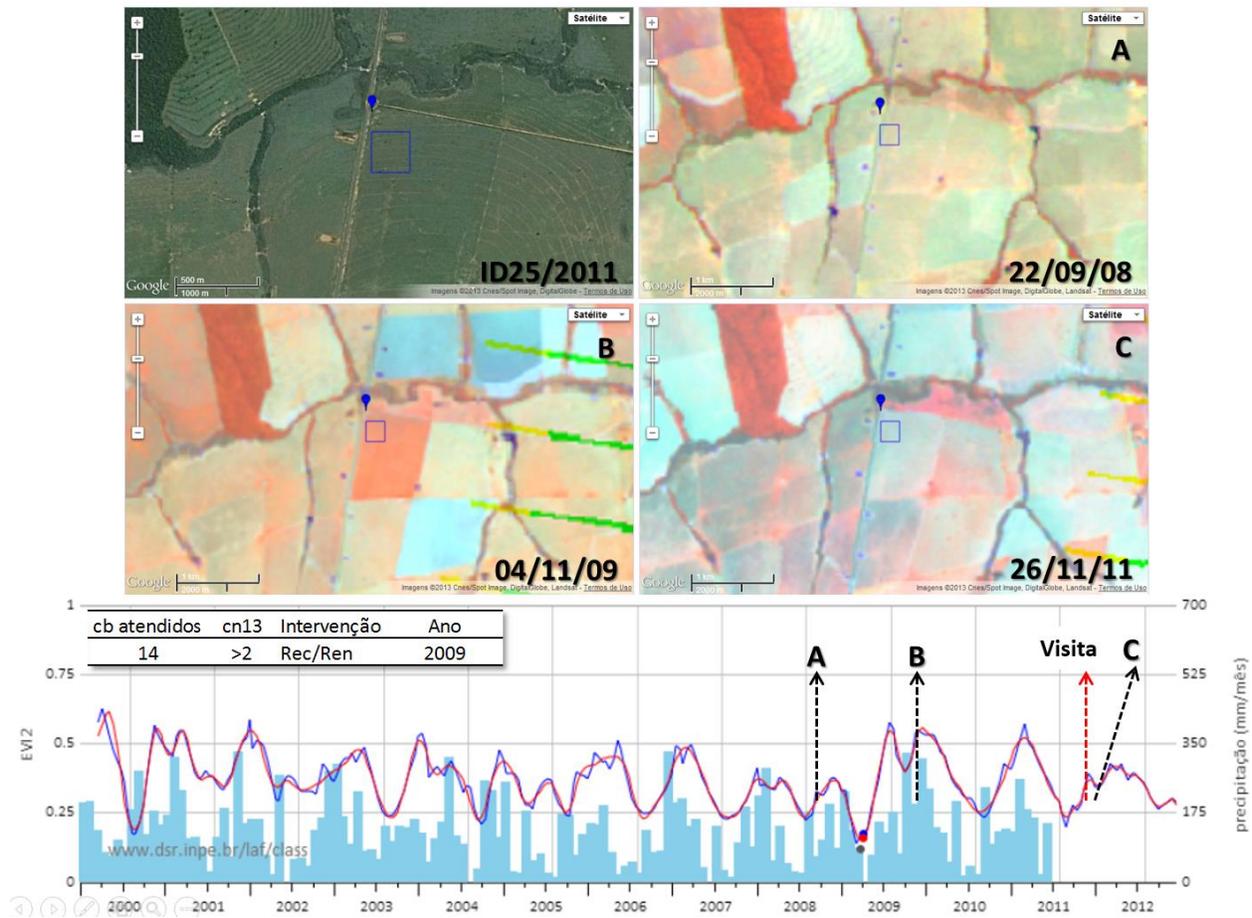


Figura 5.19 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 25 (coordenadas -22,615; -54,037), MS, Cerrado, *stand intermediário, Brachiaria brizantha*.

A Figura 5.20 ilustra a série temporal de EVI-2 de uma pastagem amostrada em 03/11/2011 no estado de São Paulo. Observa-se que houve uma mudança no patamar dos valores máximos de EVI-2 entre os períodos de 2000 até 2004 e de 2008 até 2012. Os valores máximos médios de EVI-2 do segundo período são 10,5% maiores que do período anterior. Em setembro de 2004, houve uma redução brusca e o valor de EVI-2 alcançou 0,159 (pequenos círculos em vermelho e azul). Nos três anos-safra seguintes, os valores máximos de EVI-2 e o comprimento dos ciclos

evidenciaram cultivos agrícolas, tipicamente safra seguida de safrinha em 2004/2005 e 2005/2006 (ADAMI. *et al.*, 2012; GALFORD *et al.*, 2008), e uma cultura de ciclo mais longo no ano-safra 2006/2007 seguido do plantio da pastagem.

Este resultado é corroborado por Macedo *et al.* (2012) e Zimmer *et al.* (2012), que afirmam que a renovação indireta pode ser realizada com a utilização de pastagem anual de milho, aveia ou sorgo, ou culturas anuais de soja, milho ou arroz. Estes autores afirmam ainda que o tempo de cultivo de pastagens anuais ou culturas agrícolas é determinado pelas circunstâncias econômicas locais e pelo anseio do produtor.

Outra observação importante acerca da pastagem ilustrada na Figura 5.20 é que para o ano seguinte à intervenção, 12 critérios *booleanos* (*cb*) foram aceitos, com exceção dos critérios 7 e 9, *i.e.*, “ ive_{ano} é maior que ive_{ano-1} ?” e “ dps_{ano} é maior que dps_{ano-1} ?” (veja Tabela 4.2). Além disso, o critério numérico (*cn*) 13 foi menor que 2. Adverte-se que o protocolo foi elaborado considerando o comportamento padrão de séries temporais de EVI-2 de pastagens tropicais, entretanto, a conversão de pastagens para cultivo agrícola ou plantio de florestas geralmente atende a todos os critérios estabelecidos. Já a manutenção por mais de um ano-safra de outro uso da terra pode ocasionar erros de interpretação com base nos critérios estabelecidos.

Uma característica típica observada nas séries temporais de EVI-2 de pastagens é a presença de pequenas reduções e aumentos nos valores de EVI-2 ao longo da curva sazonal típica da pastagem, como “dentes”, melhor observada nas séries temporais pré-filtradas (linha em azul, Figura 5.20). Comparando os períodos em que houve cultivo da pastagem com os períodos em que houve cultivo agrícola, nota-se a diferença entre a quantidade desses “dentes”, mais frequentes nos períodos de cultivo da pastagem (Figura 5.20). Acredita-se que isso se deva ao pastejo, *i.e.*, à entrada e saída do gado ou à variação significativa na taxa de lotação da pastagem.

Em sentido contrário, a ausência destes “dentes” em séries temporais de EVI-2 de pastagem pode indicar um pastejo contínuo ou sem grandes alterações na taxa de lotação, ou ainda refletir um pasto “vedado”, sem a presença de gado. Essa prática de manejo é geralmente adotada na época chuvosa com o objetivo de acumular ou transferir a forragem para ser consumida na época seca (MACHADO; KICHEL, 2004). A obtenção de informações históricas acerca do pastejo, como data de entrada/saída e taxa de lotação, pode corroborar essa hipótese.

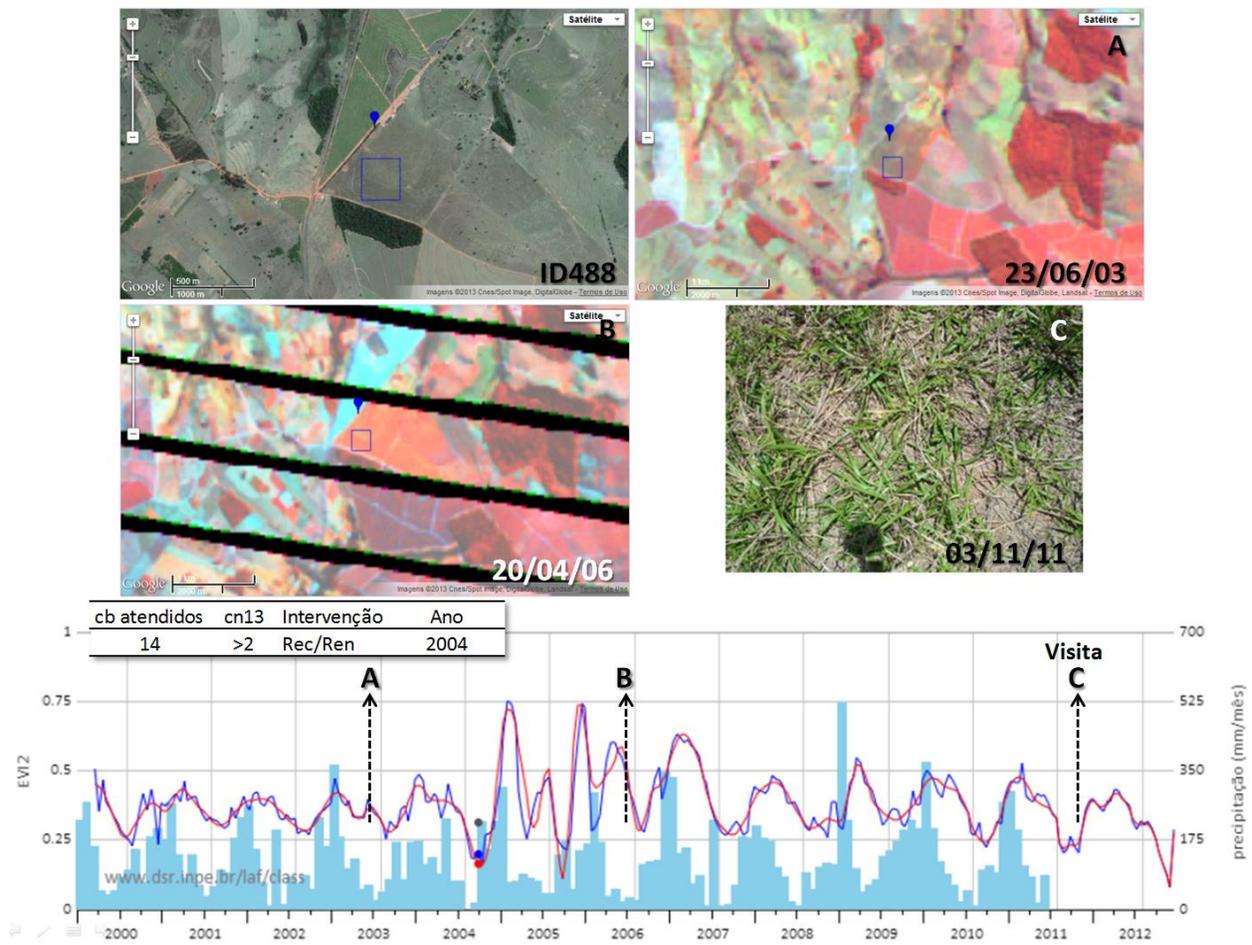


Figura 5.20 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 488 (coordenadas -18,916; -47,855), SP, Mata Atlântica, *stand adequado*, *Brachiaria brizantha*.

A Figura 5.21 ilustra a série temporal de EVI-2 de uma pastagem amostrada em 01/09/12 no estado de Mato Grosso. É notória a redução gradual nos valores de EVI-2 entre 2003 e 2007, quando houve a renovação ou recuperação direta da pastagem, de acordo com o protocolo. Neste período, houve uma redução de 27% nos valores máximos de EVI-2. No ano-safra 2007/2008, houve um acréscimo percentual no valor máximo de EVI-2 em relação à safra anterior de 54% e de *inv* de 443%, enquanto que o valor mínimo de EVI-2 no período pré-plantio da pastagem (bolinha vermelha) foi 24,3% menor que o valor mínimo da época seca do ano-safra anterior.

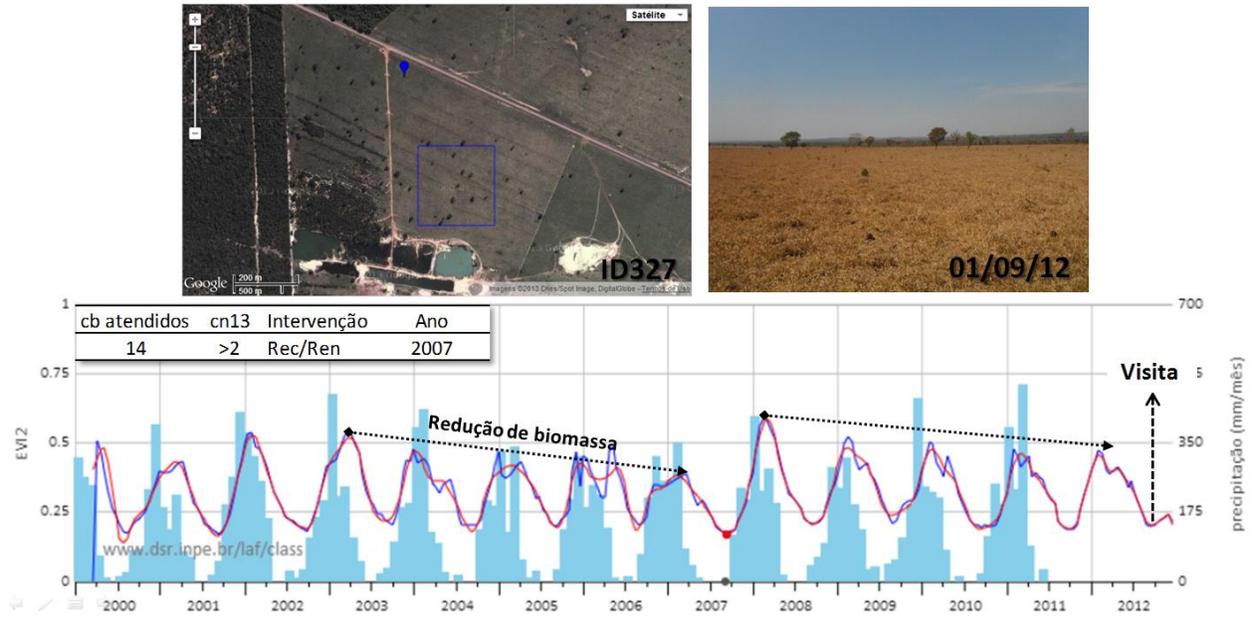


Figura 5.21 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 327 (coordenadas -15,87; -52,392), MT, Cerrado, *stand adequado*, *Brachiaria brizantha*.

Nesta pastagem, a redução nos valores máximos de EVI-2, ocorrida entre 2003 e 2007, foi acompanhada por uma diminuição da precipitação, o que pode ser um indicativo da influência da precipitação na disponibilidade de biomassa da pastagem, contudo, no segundo período de redução de biomassa (2008 a 2012), após a intervenção ocorrida no ano-safra 2007/2008, houve anos em que a precipitação anual foi acima da média do período analisado, *e.g.*, anos-safra 2009/2010 e 2010/2011. Considerando que, segundo Chimner e Welker (2011), a precipitação e o pastejo são os principais fatores que afetam a estrutura e a função das pastagens, uma possível explicação para a diferença entre a resposta do EVI-2 à variação de precipitação nos dois períodos pode ter sido a mudança na taxa de lotação da pastagem.

As Figuras 5.22 e 5.23 ilustram exemplos de pastagens nas quais foram identificadas intervenções classificadas como reforma. De acordo com Oliveira (2005), as atividades contidas no processo de reforma de uma pastagem são: avaliação das plantas forrageiras para certificar a possibilidade de reforma → coleta de amostras de solo → correção de solo → fertilização corretiva e → adubação de manutenção. As duas primeiras atividades podem ser realizadas a qualquer momento do ano, no entanto, as outras atividades têm períodos propícios para serem realizadas, *i.e.*, a correção do solo deve ser realizada entre março e junho (faixa bege, Figura 5.22), a fertilização deve ocorrer

em outubro e novembro e a adubação de outubro a março, depois de cada pastejo, podendo se estender na época seca se não houver irrigação adequada (faixa verde; Figura 5.22). Nesse sentido, com base na série temporal de EVI-2 ilustrada na Figura 5.22, supõe-se que o aumento de 40,5% no valor médio de EVI-2 do ano-safra 2009/2010 em relação ao anterior foi reflexo da adubação no início das “águas”.

Diferentemente das figuras previamente apresentadas, na série temporal ilustrada na Figura 5.22 não há valores de EVI-2 que evidenciem solo exposto e atividades relacionadas à renovação e à recuperação de pastagens. A métrica fenológica *ive* (intensidade do verdejar) do ano-safra 2009/2010 é 43,1% e 25,8% maior que nos anos-safra 2007/2008 e 2008/2009, respectivamente. Essa métrica reflete as mudanças bruscas na vegetação da superfície (ATKINSON *et al.*, 2012) e, no caso das pastagens, estão associadas, entre outras coisas, à adubação e fertilização.

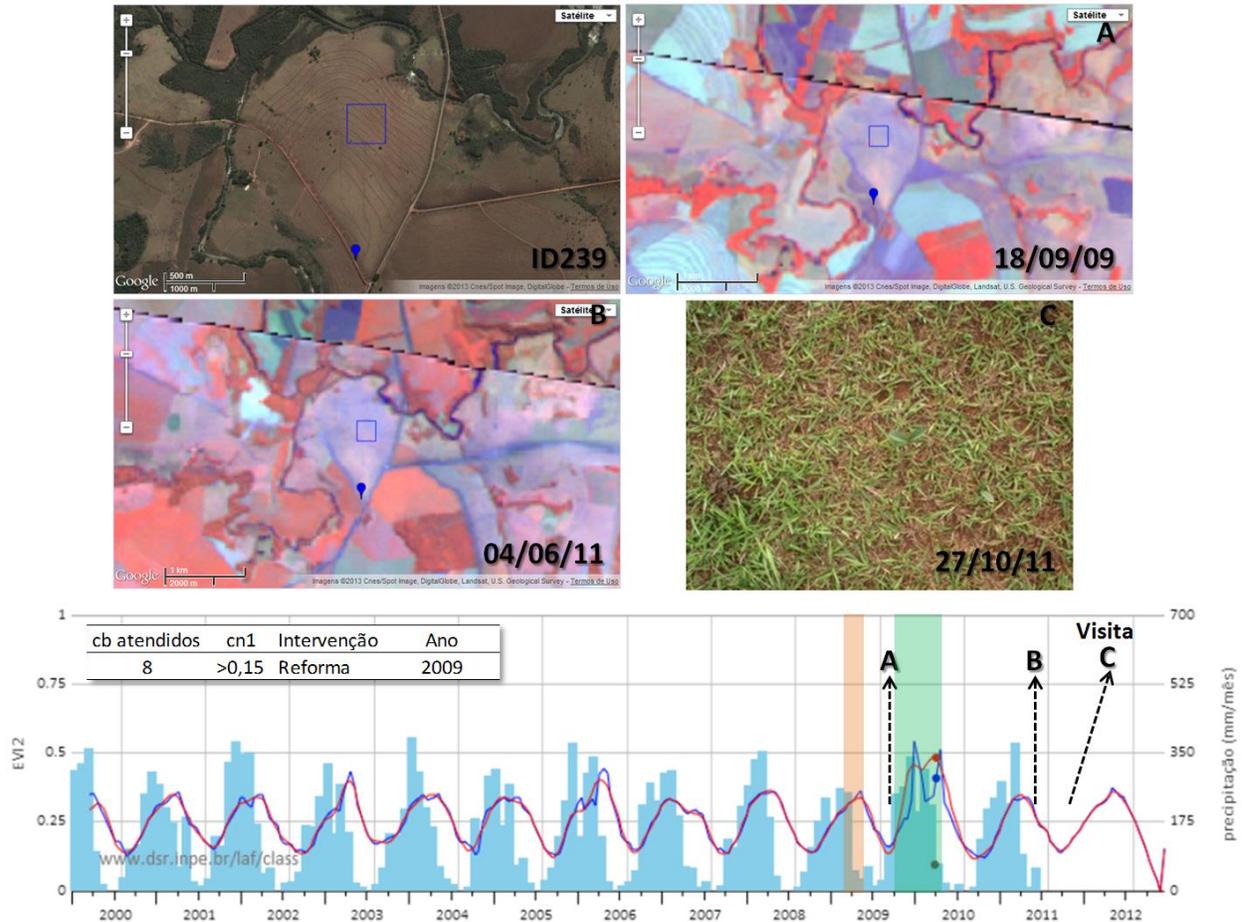


Figura 5.22 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 239 (coordenadas -17,996; -51,8), GO, Cerrado, *stand adequado, Brachiaria brizantha*.

A Figura 5.23 ilustra a série temporal de EVI-2 de uma pastagem amostrada em 04/09/12 no município de Jauru (MT), bioma Amazônia. A comparação entre a série temporal de EVI-2 desta pastagem com as anteriormente apresentadas do bioma Cerrado evidencia que, em média, os valores são maiores e próximos de 0,5. As principais razões para isso são as condições edafoclimáticas características do bioma Amazônia, mais propícias ao desenvolvimento da pastagem quando comparadas às condições do Cerrado (DIAS-FILHO *et al.*, 2001), bem como a diferença na taxa de lotação média e o tipo de degradação mais comum em cada bioma.

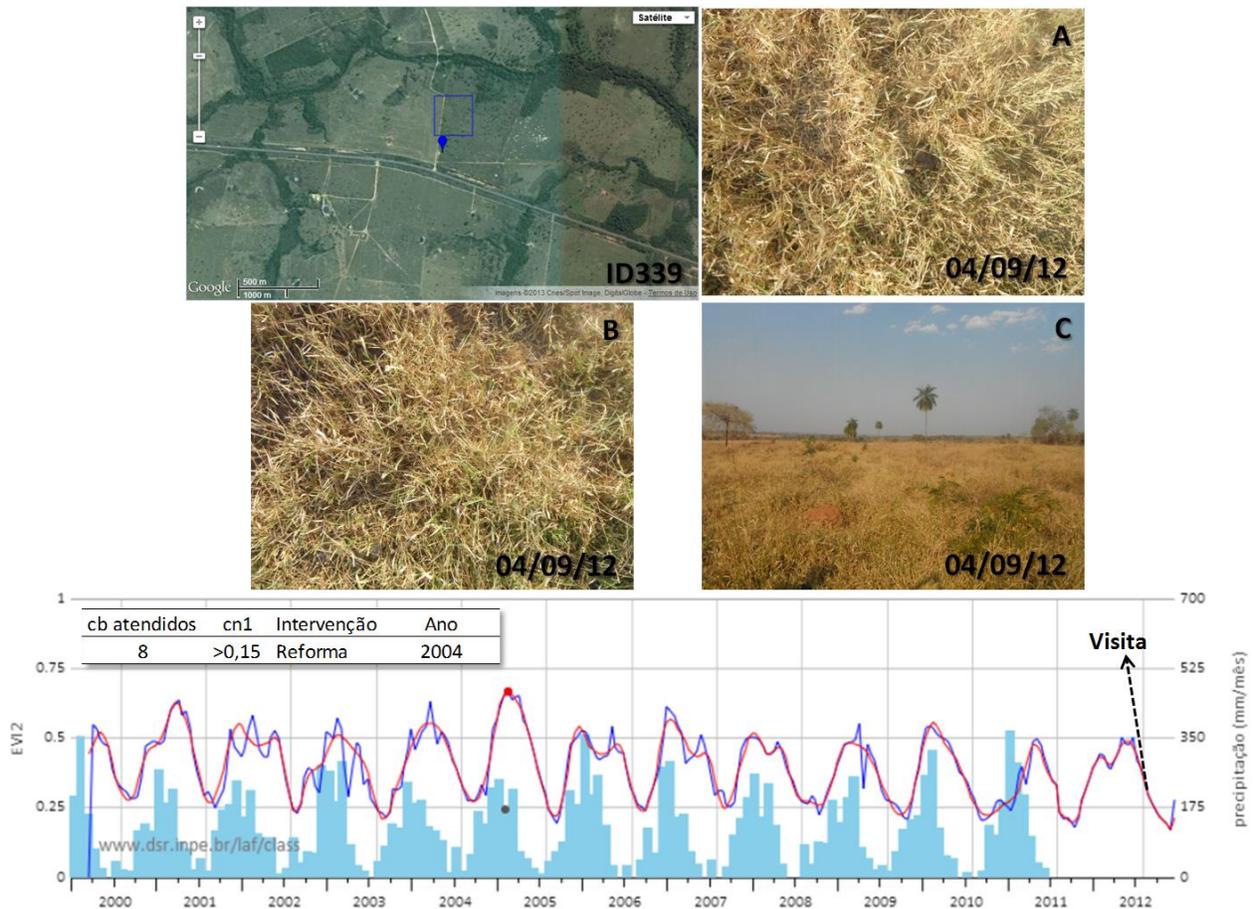


Figura 5.23 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 339 (coordenadas -15,597; -58,863), MT, Amazônia, *stand intermediário*, *Brachiaria brizantha*.

Embora os valores de EVI-2 desse bioma sejam, em média, mais altos (Figura 5.15), ainda assim a melhoria da pastagem resultante da reforma neste pasto foi identificada de acordo com os critérios estabelecidos (Figura 5.23). Comparado ao valor máximo de EVI-2 do ano-safra 2003/2004, houve um aumento de 30% no ano-safra 2004/2005, mesmo com a redução de 2,9% do montante de precipitação acumulado. Nota-se, com base na análise do gráfico da Figura 5.23, que não houve uma tendência clara de redução de biomassa no período de 2006 a 2012, o que poderia ser explicado pela manutenção de boas práticas de manejo, uma estratégia fortemente recomendada na literatura (MACEDO *et al.*, 2012; ZIMMER *et al.*, 2012).

A manutenção de boas práticas de manejo é um indicador de intensificação da pecuária. A Figura 5.24 ilustra uma pastagem, amostrada em 31/10/11, na qual foram identificadas duas intervenções no período analisado. De acordo com os critérios estabelecidos, no ano-safra 2006/2007 foi

identificada uma renovação ou recuperação e no ano-safra 2009/2010 uma reforma. As imagens Landsat corroboram tal constatação.

Em maio de 2006 (A), antes da primeira intervenção, o valor de EVI-2 da pastagem amostrada foi similar ao valor de EVI-2 da pastagem vizinha (ao sul da pastagem amostrada). Após a primeira intervenção, cujo resultado positivo pode ser observado nitidamente na imagem Landsat de fevereiro de 2007 (coloração intensa vermelho-alaranjada), verifica-se um aumento de biomassa do piquete amostrado em comparação ao piquete vizinho. No ano-safra 2009/2010, houve uma nova intervenção caracterizada pelo acréscimo dos valores médios de EVI-2, o que contribuiu para a manutenção das ótimas condições da pastagem, como verificado em campo (Figura 5.24).

Ainda em relação a esta pastagem, no período de 2004 a 2006, observa-se um comportamento atípico dos valores de EVI-2. Ele pode estar associado ao intenso pastejo que pode ter contribuído para que os critérios de renovação/recuperação tenham sido atendidos, apesar das métricas relacionadas ao mínimo valor de EVI-2 (*mim*, *dps* e *ips*) do ano-safra 2006/2007 serem similares aos outros anos-safra (Figura 5.24). Nesse sentido, diversos autores afirmam que a definição precisa dos valores mínimos e máximos de índices de vegetação é essencial para o estabelecimento de critérios de classificação para séries temporais de índices de vegetação (HÜTTICH *et al.*, 2009).

A Figura 5.25 apresenta as fotografias verticais adquiridas na pastagem amostrada em 31/10/11, sob ID 361.

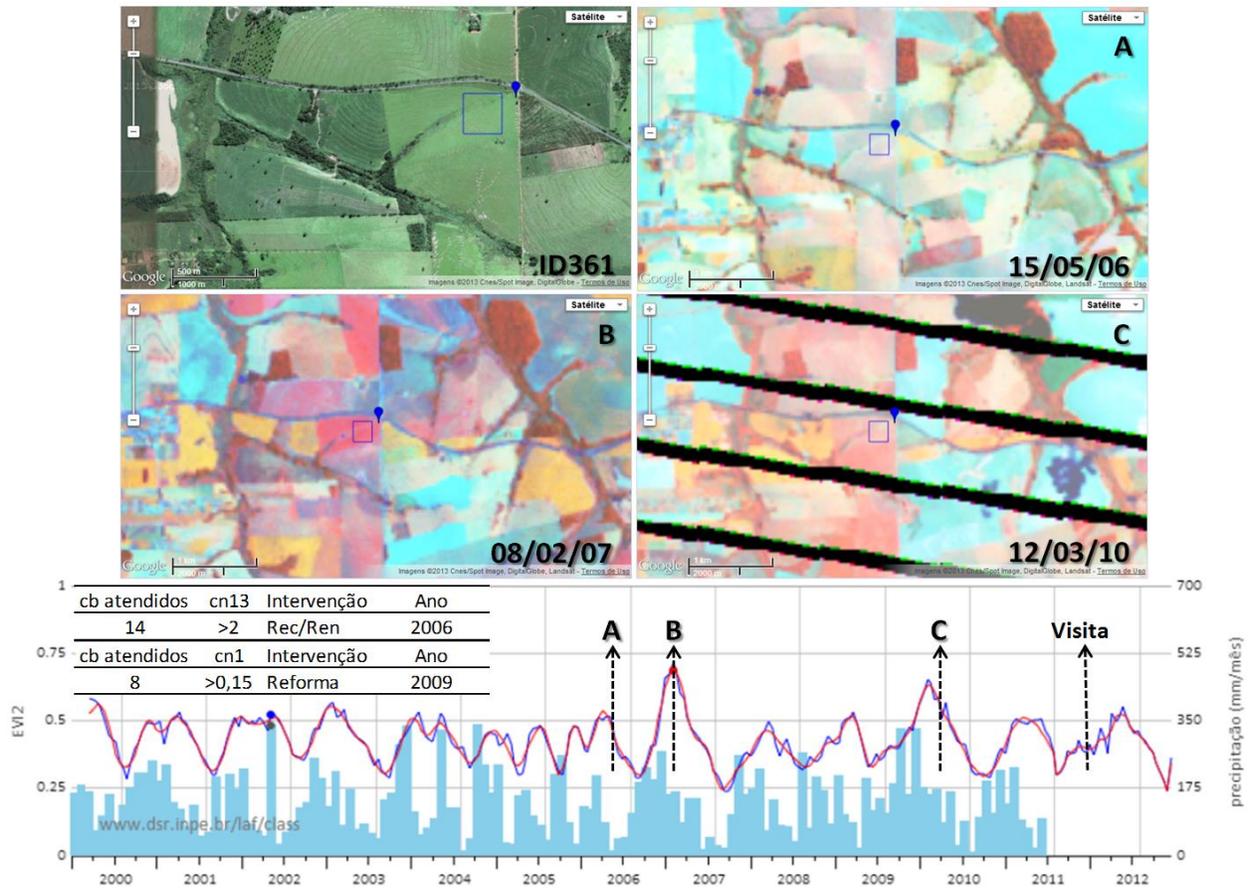


Figura 5.24 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 361 (coordenadas -24,083; -54,135), PR, Mata Atlântica, stand adequado, *Brachiaria brizantha*.



Figura 5.25 - Pastagem sob ID 361, amostrada em 31/10/11, em ótimas condições e com 86,3% de *FVerde* média.

5.4.2.2 Pastagens em processo de degradação

As Figuras 5.26 e 5.27 ilustram séries temporais de EVI-2 de pastagens que apresentaram tendência de redução no valor da métrica fenológica *ivv* ao longo do período analisado (veja no capítulo 4). Em cada um dos exemplos a seguir também são apresentados os gráficos de dispersão dos valores reescalados de *ivv*.

A Figura 5.26 ilustra uma pastagem amostrada no município de Crixás do Tocantins (TO) em que o coeficiente de inclinação da reta (-0,507) foi estatisticamente menor que zero ($R^2 = 0,305$; p -valor = 0,031; $\alpha = 5\%$). O gráfico da série temporal de EVI-2 permite afirmar que há uma leve tendência de redução de *ivv* (medida de área sob a curva acima do valor médio de EVI-2 – linha horizontal tracejada) e da biomassa ao longo do tempo.

À época da visita do pasto sob ID 206 (Figura 5.26), pôde-se observar a presença de cinzas decorrentes da queima da pastagem, fato corroborado pela imagem TM adquirida em 17/09/11, onde é possível observar uma grande cicatriz de queimada, caracterizada pelos tons escuros de azul na composição 3B4R5G. A queima de pastagens é uma prática comum no Cerrado (FERREIRA *et al.*, 2012) que, apesar de trazer benefícios temporários à pastagem, *e.g.*, concentração de potássio na superfície do solo, é extremamente prejudicial a médio e longo prazo, pois reduz a matéria orgânica do solo e a capacidade de infiltração da água (DIAS-FILHO, 2011; PIRES, 2006a).

Outro indício do processo de degradação desta pastagem pode ser observado na análise dos montantes de precipitação mensais (Figura 5.26). Apesar da tendência de queda do *ivv*, o ano-safra 2010/2011 foi o mais chuvoso no período avaliado, com precipitação acumulada 12% maior que a média desse período (1.744 mm/ano). Isso pode ser explicado pela incapacidade de infiltração da água no solo devido à reduzida cobertura vegetal do solo, evidenciado pela elevada *FñPastagem* que foi de 48,4% (BRAZ *et al.*, 2011).

Para essa pastagem, a taxa média de redução no valor acumulado de EVI-2 foi de 7,60% por ano-safra, entretanto, ela foi classificada a campo como tendo um *stand intermediário*. É importante ressaltar que os critérios estabelecidos pelo protocolo para identificar as pastagens como “em degradação” tratam estritamente da redução de biomassa. Uma pastagem identificada com

tendência de redução de biomassa não necessariamente estava degradada no momento da avaliação de campo, contudo, caso nenhuma prática de manejo tenha sido adotada para melhorar essa pastagem, a produção pecuária fica comprometida devido à contínua redução de biomassa e a consequente redução da capacidade de carga da pastagem (DIAS-FILHO, 2011; MACEDO *et al.*, 2012; OLIVEIRA, 2005), restando ao produtor recuperar ou renovar a pastagem.

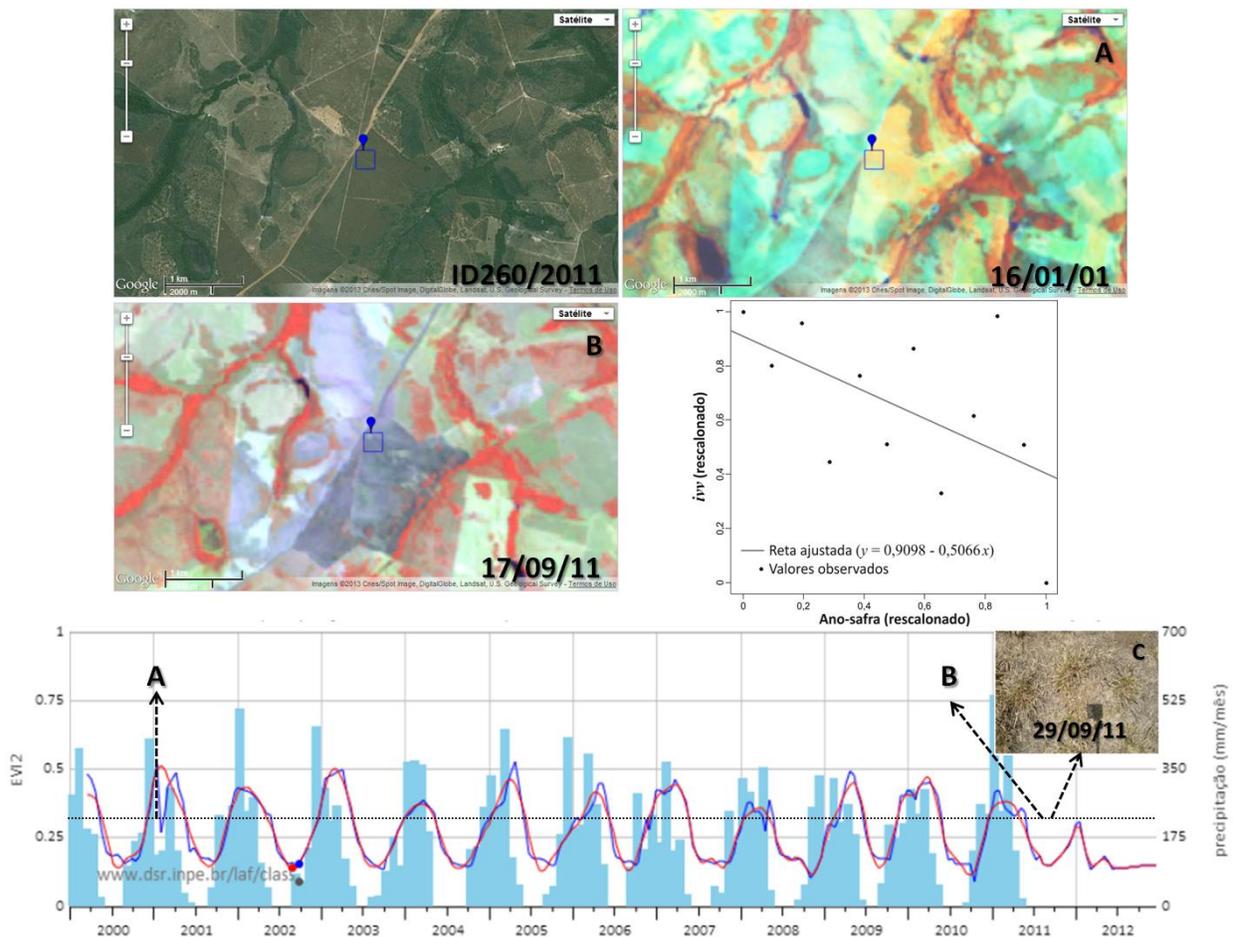


Figura 5.26 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 260 (coordenadas -11,162; -48,837), TO, Cerrado, *stand intermediário*, *Brachiaria brizantha*.

A Figura 5.27 ilustra uma pastagem amostrada no município de Porto Nacional em que o coeficiente de inclinação da reta (-0,679) foi estatisticamente menor que zero ($R^2 = 0,61$; p-valor = 0,001; $\alpha = 5\%$). Os valores de *ivv*, acumulados e máximos de EVI-2 até o ano-safra 2004/2005

indicaram que a disponibilidade de biomassa era acima da média das pastagens do bioma Cerrado (Figura 5.15). A partir do ano-safra 2006/2007, a tendência de queda se intensificou e, no ano-safra 2011/2012, o valor acumulado de EVI-2 foi 36,6% menor que no ano-safra 2001/2002. Apesar de a *FñPastagem* média para pastagens com capim do gênero *Andropogon* ter sido maior que dos outros tipos de capim (Tabela 5.13), a *FñPastagem* da amostra sob ID 224 foi de 38,9%, ou seja, 83,4% maior que a média para esse gênero, caracterizando a degradação da pastagem.

Apesar do aumento nos valores de EVI-2 no ano-safra 2007/2008, o cumprimento dos critérios *booleanos* impediu que fosse identificado algum tipo de intervenção nesta pastagem (Figura 5.27). No caso da reforma, os *cb* 11 e 12 (*ips*) foram válidos quando deveriam ser inválidos e, no caso da renovação e recuperação, os *cb* 3 e 4 (*min*) foram inválidos quando deveriam ser válidos (veja Tabela 4.4). Os valores de EVI-2 da época chuvosa do ano-safra 2006/2007 foram atípicos em relação aos outros anos-safra, não apresentando o padrão esperado para um pasto com capim *andropogon* (Figura 5.17). Isso pode ser um indicativo de que houve alguma intervenção ou mudança no manejo do pastejo que impactou na disponibilidade de biomassa. Dessa forma, se hipoteticamente esse ano-safra for excluído da análise, observa-se que a tendência de degradação da pastagem fica ainda mais evidente, corroborando a classificação com base no protocolo.

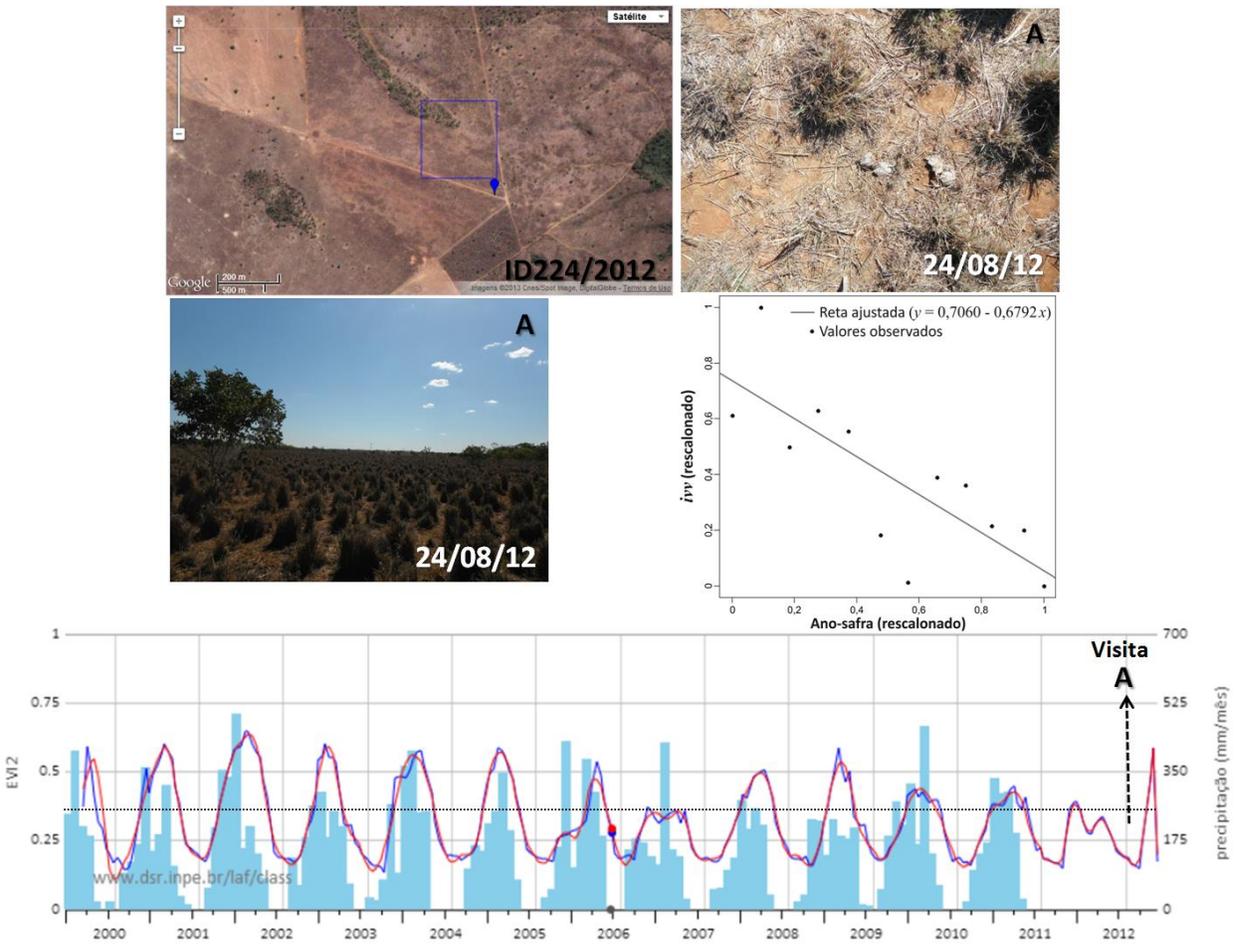


Figura 5.27 - Série temporal de EVI-2 da pastagem sob ID 224 (coordenadas -10,406; -48,476), TO, Cerrado, *stand intermediário*, capim *andropogon*.

5.4.3 Considerações acerca das hipóteses assumidas no protocolo e práticas de manejo adotadas.

O protocolo elaborado foi proposto para avaliar áreas de pastagens tropicais usando uma janela temporal móvel, que considerou a sazonalidade típica da pastagem; assim, áreas convertidas a partir de 2000 ou que tenham tido outros usos no período de análise, *e.g.*, culturas agrícolas temporárias por vários anos, florestas ou cana-de-açúcar, podem não cumprir as premissas adotadas (Figura 5.28).

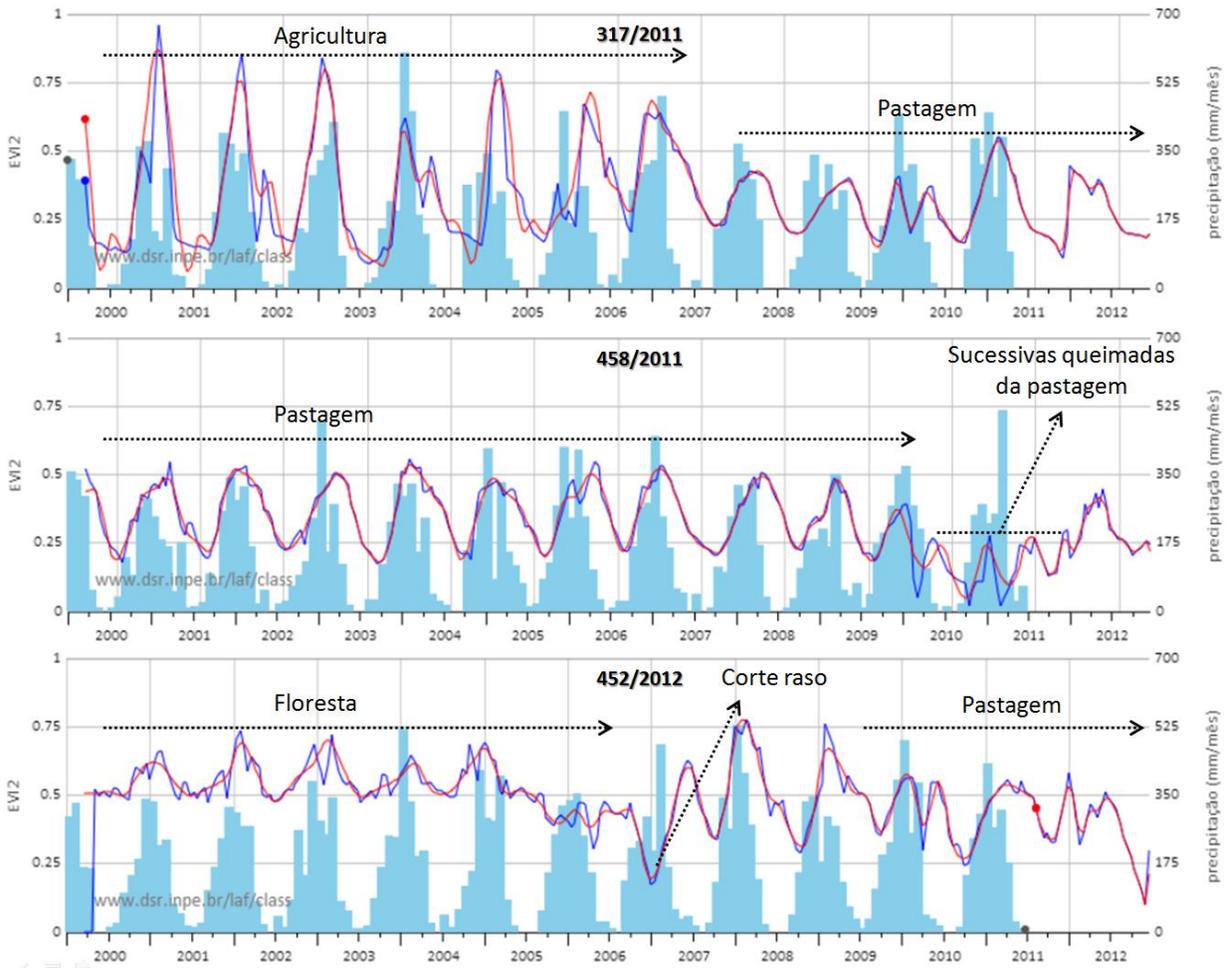


Figura 5.28 - Exemplos de áreas amostradas com diferentes classes de uso e cobertura da terra ao longo do período analisado.

Para esses casos, a definição das métricas fenológicas deve considerar outros critérios ao invés dos aqui propostos, como, por exemplo, os estabelecidos por Senf *et al.* (2013), para mapeamento de floresta e seringueiras; por Hüttich *et al.* (2009), para mapeamento de tipos de vegetação; por Zhang *et al.* (2007), para estimativa de produção primária bruta de pastagens subtropicais; e por Adami *et al.* (2011), na elaboração da chave de interpretação para avaliar a mudança do uso e cobertura da terra em decorrência da expansão da cana-de-açúcar.

O uso do fogo como prática de manejo das pastagens e a ocorrência de incêndios na época seca, comum no Cerrado (FERREIRA *et al.*, 2012) e na Amazônia (DIAS-FILHO; ANDRADE, 2005), também podem ser uma fonte de erro. A queima das pastagens reduz drasticamente a disponibilidade de biomassa, entretanto, a oferta de potássio advinda das cinzas aumenta o vigor

de crescimento da pastagem após a queima (DIAS-FILHO, 2011; PIRES, 2006c). O reflexo desse processo na série temporal de EVI-2 pode se assemelhar ao processo de renovação/recuperação da pastagem.

Pastagens bem manejadas também podem ser erroneamente identificadas pelos critérios do protocolo. Nesse sentido, pastagens sob sistemas de irrigação não têm o comportamento típico esperado, pois independem da disponibilidade sazonal da água. Nesses casos, a identificação dos valores máximos e mínimos de EVI-2 não faz sentido e o único indicativo da condição da pastagem é o elevado valor médio do EVI-2. Para a série temporal ilustrada na Figura 5.29, de uma pastagem irrigada amostrada no município de Nova Crixás (GO), por exemplo, o menor valor de EVI-2 encontrado é 0,376 no ano-safra 2010/2011, aproximadamente 80% maior que o valor mínimo médio das pastagens amostradas.

Na imagem ETM+ adquirida em 19/11/11, é possível notar a diferença de tonalidade de vermelho na área do pivô, indicativo da diferença de disponibilidade de biomassa nos piquetes devido ao pastejo (Figura 5.29). Os piquetes com sistema de pastejo rotacionado normalmente são pequenos (PIRES, 2006b) e um mesmo pixel MODIS pode representar um piquete sob intenso pastejo, com pouca biomassa, e um piquete sem pastejo, com elevada disponibilidade de biomassa, mascarando a real condição da pastagem.

Como discutido anteriormente, intervenções mal sucedidas podem não ser identificadas pelo protocolo, no entanto, geralmente não representam um ganho de biomassa e melhoria da capacidade de suporte da pastagem e, dessa forma, não contribuem para a intensificação da pecuária (MACEDO *et al.*, 2012; OLIVEIRA, 2005). Mudanças bruscas e importantes na taxa de lotação das pastagens podem contribuir para o aumento da disponibilidade de biomassa, refletindo nos valores de EVI-2 de forma semelhante à reforma da pastagem. De acordo com Machado e Kichel (2004), reduções drásticas na taxa de lotação das pastagens não são comuns e normalmente estão associadas a fatores econômicos, como preço do gado e necessidade de venda.

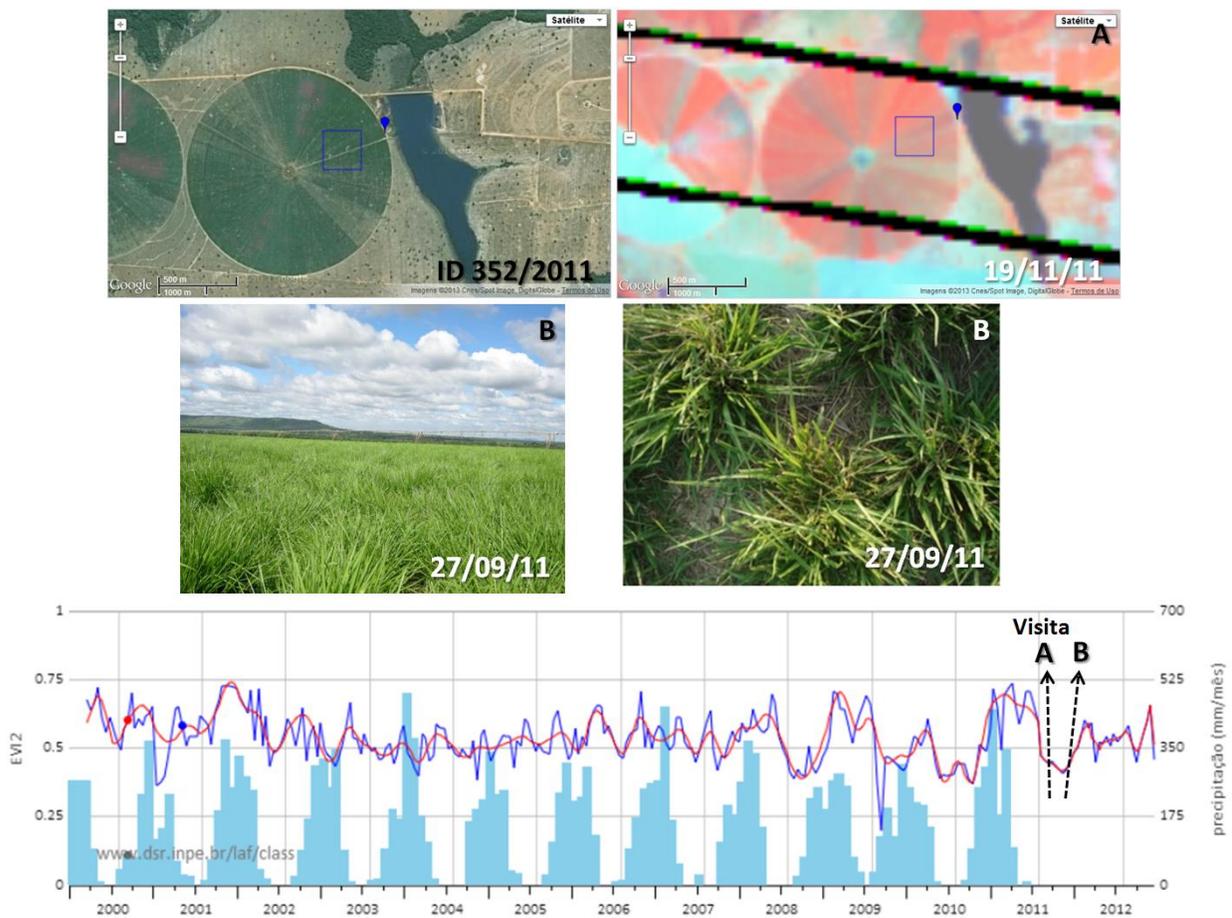


Figura 5.29 - Série temporal da pastagem sob ID 352/2012 (coordenadas -14,081 ; -50,439), GO, Cerrado, stand adequado, *Brachiaria brizantha*.

Assumindo a hipótese de que o processo de degradação agrícola é caracterizado em séries temporais de EVI-2 como uma tendência de acréscimo dos valores acumulados, poder-se-ia identificar tal processo adotando a mesma metodologia proposta neste trabalho, considerando degradadas as pastagens em que o coeficiente de inclinação ajustado fosse positivo e significativo. Entretanto, de acordo com Davidson *et al.* (2008), distinguir pastagens com boa produtividade e em processo de degradação agrícola com base em imagens de sensores orbitais é uma tarefa complicada, já que diversos fatores podem contribuir para o acréscimo da biomassa de uma área de pastagem, por exemplo, subpastejo, adequação da taxa de lotação da pastagem e o emprego de técnicas de manejo do pastejo adequadas.

Há ainda o processo de degradação agrícola na qual as plantas invasoras são da espécie *Paspalum virgatum*, popularmente conhecido como capim-duro, muito comum no estado do Acre. Esse capim é de difícil identificação e mesmo em campo pode ser confundido com outras espécies de capim e, dessa forma, não pode ser identificado com imagens de satélite orbitais multi-espectrais.

5.4.4 Tendências de degradação ou intensificação das pastagens amostradas

Os resultados da aplicação do protocolo às pastagens amostradas nas campanhas de campo são apresentados na Tabela 5.14. Para os pastos amostrados em 2011, ao longo do período analisado, 52 foram reformados, 50 renovados/recuperados e três foram reformados e renovados/recuperados. Dos pastos amostrados naquela campanha, 97 (26,3%) estavam em processo de degradação, enquanto 167 (45,3%) não passaram por intervenções e não apresentaram tendência significativa de redução de biomassa. Já em 2012, o percentual de pastos amostrados em degradação foi maior. Dos 413 pastos amostrados, 140 (33,9%) estavam em processo de degradação.

Tabela 5.14 - Intervenções e pastagens em degradação.

Intervenção/Degradação	2011		2012		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Reforma	52	14,1	52	12,6	104	13,3
Ren/Rec*	50	13,6	49	11,9	99	12,7
Reforma e Ren/Rec*	3	0,8	2	0,5	5	0,6
Em degradação	97	26,3	140	33,9	237	30,3
Sem Intervenção	167	45,3	170	41,2	337	43,1
Total	369		413		782	

Obs: Ren/Rec: Renovação/Recuperação

A análise do conjunto das amostras revela que 26% dos pastos passaram por algum tipo de intervenção entre 2003 e 2011 (Tabela 5.14). A taxa de reforma média foi de 1,66% ao ano, enquanto que a taxa de renovação/recuperação média foi de 1,58% ao ano. Essas taxas de intervenção estão aquém da necessidade de melhora das pastagens brasileiras, considerando a área de pastagem com algum estágio de degradação apontada por Zimmer *et al.* (2012). Nesse sentido,

um dos sete programas estabelecidos dentro do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) prevê a recuperação de 15 Mha de pastagens degradadas até 2020 e, para cumprir essa meta, criou uma linha de crédito específica.

Das pastagens amostradas, 30,3% apresentaram tendência significativa de queda de biomassa e merecem atenção (Figura 5.30). O resultado da intersecção entre a avaliação do *stand* realizada a campo e a classificação obtida por meio das séries temporais de EVI-2 é apresentado na Tabela 5.15. Verificou-se que, dos 778 pastos avaliados com as duas metodologias, 30 (3,9%) apresentaram tendência significativa de redução de biomassa e já tinham o *stand* degradado no momento da amostragem. Para esses pastos, recomenda-se a renovação/recuperação imediata. Já os pastos de *stand* intermediário e em processo de degradação demandam algum tipo de intervenção, sem revolvimento do solo e/ou troca do capim. Nessa categoria foram encontrados 120 pastos (15,4%). Também foram encontrados 87 (11,2%) pastos com *stand* adequado e tendência de queda de biomassa. Para esses pastos, recomenda-se atenção no futuro.

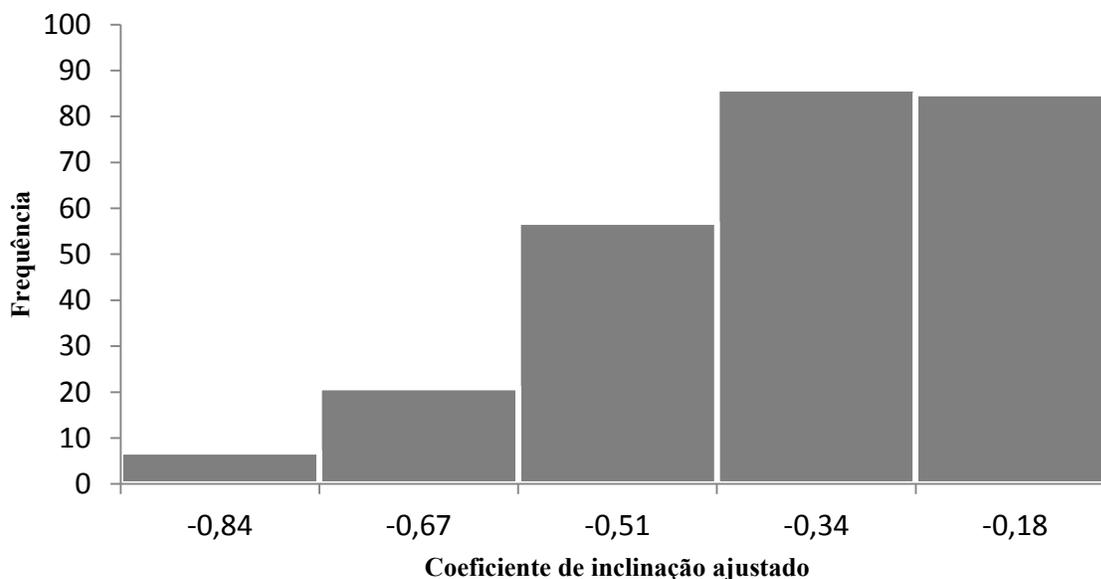


Figura 5.30 - Histograma de frequência dos coeficientes de inclinação ajustados das pastagens em processo de degradação.

Entre os 208 pastos que passaram por algum tipo de intervenção (Tabela 5.14), apenas 19 já estavam com o *stand* degradado em 2011 ou 2012. Contudo, se forem consideradas as intervenções

realizadas em 2009, 2010 e 2011, apenas o pasto sob ID 402 foi classificado com *stand* degradado, pois foi reformado em 2011, após a data de amostragem. Quanto aos pastos sem tendência de degradação e que não passaram por intervenções no período analisado, 298 (89,5%) foram classificados com *stand adequado e intermediário* (Tabela 5.14).

Tabela 5.15 - Resultados do protocolo de avaliação por classe de *Stand* e de *FñPastagem*.

Protocolo de avaliação	<i>Stand</i>						<i>FñPastagem</i>			
	Adequado		Intermediário		Degradado		<60%		>60%	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Em degradação	87	11,2	120	15,4	30	3,9	178	29,6	14	2,3
Reforma	48	6,2	57	7,3	7	0,9	88	14,6	5	0,8
Renovação/Recuperação	39	5,0	41	5,3	12	1,5	63	10,5	4	0,7
Reforma e Ren/Rec*	3	0,4	1	0,1	0	0,0	4	0,7	0	0,0
Sem intervenção	141	18,1	157	20,2	35	4,5	230	38,3	15	2,5
Total	318	40,9	376	48,3	84	10,8	563	93,7	38	6,3

* Ren/Rec: Renovação/Recuperação

Adotando um dos critérios estabelecidos por Townsend *et al.* (2010) para definir pastagens em avançado estágio de degradação, i.e., com fração de não pastagem maior que 60%, das 601 pastagens fotografadas e analisadas com base nas séries temporais de EVI-2, 2,3% apresentaram tendência de degradação e tinham, no momento da amostragem, *FñPastagem* maior que 60%. Para as pastagens que passaram por algum tipo de intervenção, menos que 1% tinha *FñPastagem* maior que 60% no momento da amostragem (Tabela 5.14).

Os resultados da aplicação do protocolo sobre as pastagens amostradas por biomas e estados são exibidos na Tabela 5.15 e 5.16 e nas Figuras 5.31 e 5.32, respectivamente. O Pantanal apresentou o maior percentual de pastagens em degradação, entretanto, o número de pastos amostrados nesse bioma foi pequeno. Entre os biomas mais amostrados, a Amazônia teve o maior percentual de pastagens em processo de degradação, com 34,5%, seguido pelo Cerrado, com 29,6%, e pela Mata Atlântica, com 18,9%. A reforma foi mais comum nas pastagens da Mata Atlântica (17,0%) e as renovações/recuperações nas pastagens da Amazônia (14,2%) (Tabela 5.15).

As diferenças observadas podem ser explicadas, em parte, pelo nível tecnológico adotado em cada bioma (SCHLESINGER, 2010). Todavia, outros fatores, como preço do gado, condições de mercado e a distância dos principais mercados consumidores, podem ser importantes na decisão do produtor sobre a intervenção (FERREIRA *et al.*, 2012). Entre os estados com pastagens amostradas, Goiás, Mato Grosso e Rondônia tiveram os maiores percentuais de degradação, com 37,5%, 37,1% e 36,7%, respectivamente, enquanto São Paulo teve o menor percentual, apenas 8%.

Tabela 5.16 - Número e percentual de pastagens amostradas que sofreram algum tipo de intervenção ou que estão em processo de degradação biológica por bioma.

Intervenção/Degradação	Amazônia		Cerrado		Mata Atlântica		Pantanal	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Reforma	31	11,6	53	13,6	18	17,0	2	10,0
Renovação/Recuperação	38	14,2	46	11,8	12	11,3	3	15,0
Reforma e Renovação/Recuperação	1	0,4	2	0,5	2	1,9	0	0,0
Em degradação	92	34,5	115	29,6	20	18,9	10	50,0
Sem Intervenção	105	39,3	173	44,5	54	50,9	5	25,0
Total	267		389		106		20	

O percentual de pastagens amostradas no estado de Goiás em degradação pôde ser comparado com o resultado alcançado por Andrade *et al.* (2013). Esses autores utilizaram séries temporais de NDVI do sensor SPOT Vegetation (resolução espacial de 1 km²), composição 10 dias, das áreas de pastagens cultivadas mapeadas pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) em 2008. Segundo esse artigo, a área de pastagens cultivada sob algum estágio de degradação foi de 3,5 Mha, equivalente a 27% da área de pastagem cultivada em 2008. Contudo, nas microrregiões onde houve amostras nas campanhas de campo, *i.e.*, Rio Vermelho, São Miguel do Araguaia e Porangatu, os percentuais de pastagens sob algum estágio de degradação de acordo com o protocolo foram similares aos resultados alcançados por Andrade *et al.* (2013), *i.e.*, acima de 30%.

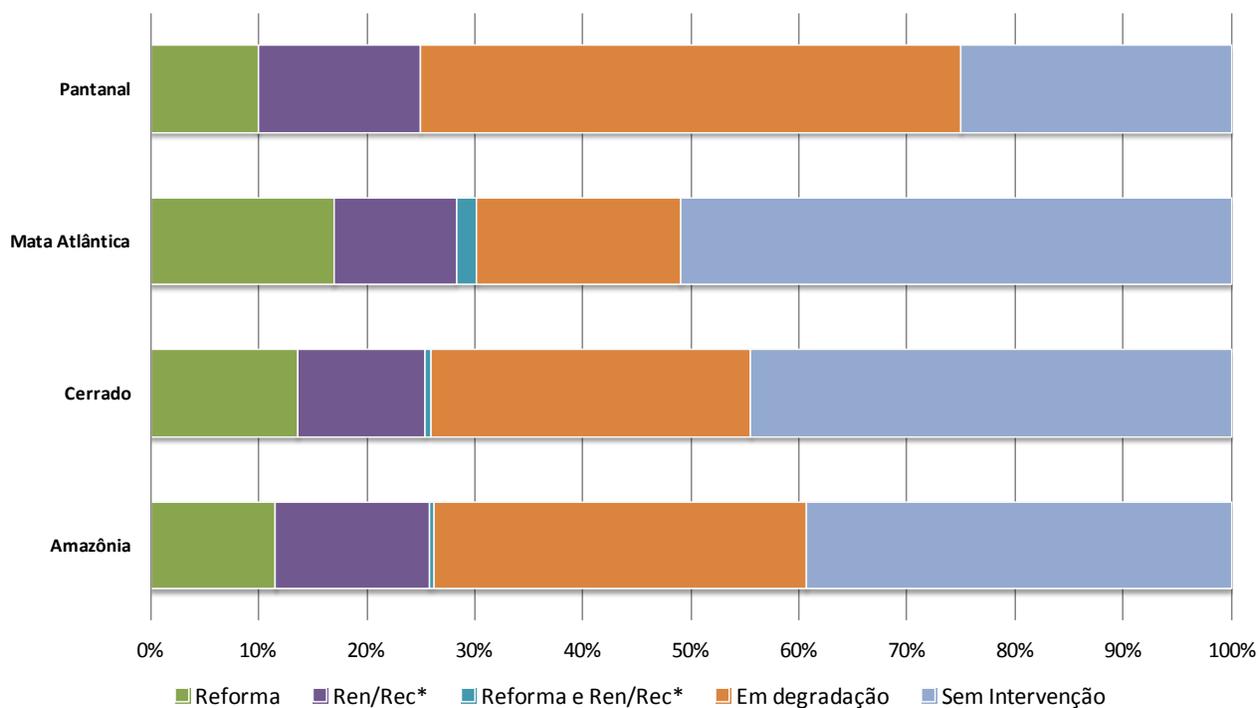


Figura 5.31 - Percentual de pastagens amostradas que sofreram algum tipo de intervenção ou que estão em processo de degradação biológica por bioma.

* Ren/Rec: Renovação/Recuperação

Tabela 5.17 - Número e percentual de pastagens amostradas que sofreram algum tipo de intervenção ou que estão em processo de degradação biológica por estado.

Intervenção/Degradação	GO		MG		MS		MT		PA		PR		RO		SP		TO	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Reforma	8	11,1	13	15,7	12	11,7	22	10,9	12	9,9	6	18,2	4	13,3	10	20,0	17	19,3
Ren/Rec*	2	2,8	11	13,3	17	16,5	17	8,4	26	21,5	3	9,1	3	10,0	8	16,0	12	13,6
Reforma e Ren/Rec*	0	0,0	0	0,0	1	1,0	1	0,5	0	0,0	2	6,1	0	0,0	0	0,0	1	1,1
Em degradação	27	37,5	22	26,5	29	28,2	75	37,1	44	36,4	10	30,3	11	36,7	4	8,0	19	21,6
Sem Intervenção	35	48,6	37	44,6	44	42,7	87	43,1	39	32,2	12	36,4	12	40,0	28	56,0	39	44,3
Total	72		83		103		202		121		33		30		50		88	

* Ren/Rec: Renovação ou Recuperação

Os estados de São Paulo, Tocantins e Paraná tiveram os maiores percentuais de reforma, enquanto Pará, Mato Grosso do Sul e São Paulo tiveram os maiores percentuais de renovação/recuperação (Tabela 5.16). Para efeito de comparação, de acordo com os resultados publicados pelo Observatório ABC, iniciativa da Fundação Getúlio Vargas para monitorar a aplicação dos recursos

do Programa ABC, as regiões Sul e Sudeste foram as que obtiveram o maior volume de recursos no programa até janeiro de 2013 (Figura 5.33). Contudo, para os autores do estudo, as regiões que deveriam receber o maior aporte de financiamentos são as regiões, Norte, Nordeste e Centro-Oeste (ASSAD, 2013).

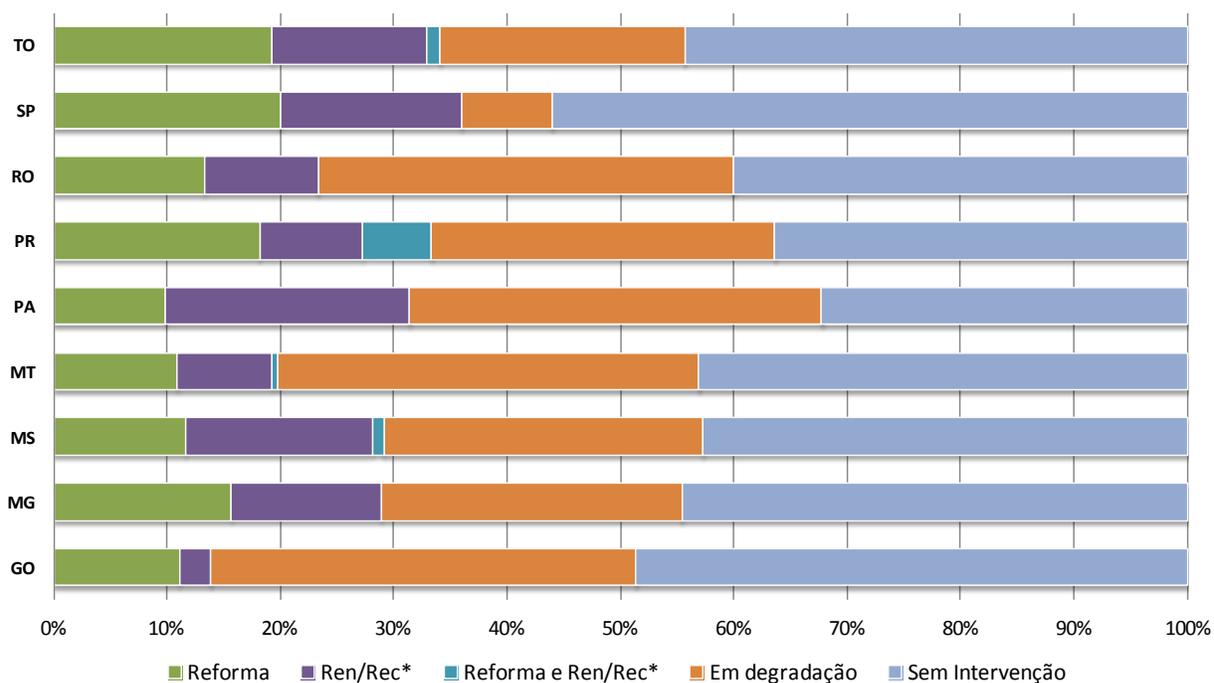


Figura 5.32 - Percentual de pastagens amostradas que sofreram algum tipo de intervenção ou que estão em processo de degradação biológica por estado.

* Ren/Rec: Renovação/Recuperação

A Figura 5.34 ilustra a distribuição espacial das pastagens amostradas que passaram por intervenção ou que estavam em processo de degradação. Pode-se vislumbrar, pelos resultados apresentados neste trabalho, uma ferramenta de monitoramento do Programa ABC. Segundo Assad (2013), o Brasil não tem hoje como verificar se os financiamentos concedidos pelo Programa ABC estão realmente provendo a redução da emissão de carbono.

Dois pontos são cruciais para a criação de um sistema de monitoramento, *i.e.*, é necessário ter as coordenadas do piquete onde haverá a intervenção e é necessário ter a análise química do solo desse piquete. O protocolo proposto neste trabalho, associado à caracterização da pastagem *in loco* com base em fotografias verticais, pode ser aplicado para análise de séries temporais de EVI-2 dos

piquetes financiados com o intuito de averiguar se houve de fato a intervenção prevista, qual o tipo da intervenção, qual o resultado obtido em termos de ganho de biomassa e se a condição prévia do piquete, objeto do financiamento, quando comparada às condições das pastagens dos piquetes vizinhos, deve ou não receber o financiamento.

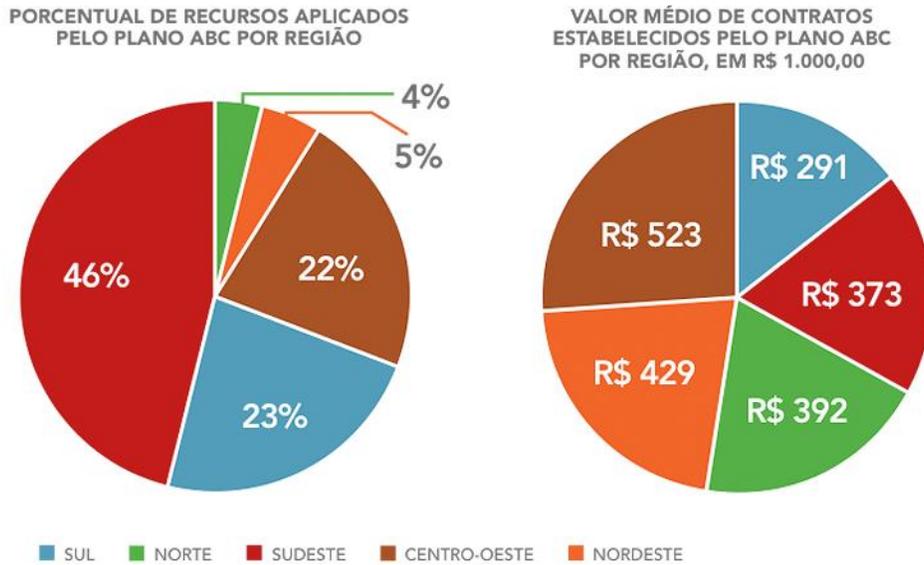


Figura 5.33 - Percentual e valor médio dos recursos aplicados pelo Programa ABC por região.

Fonte: Assad (2013).

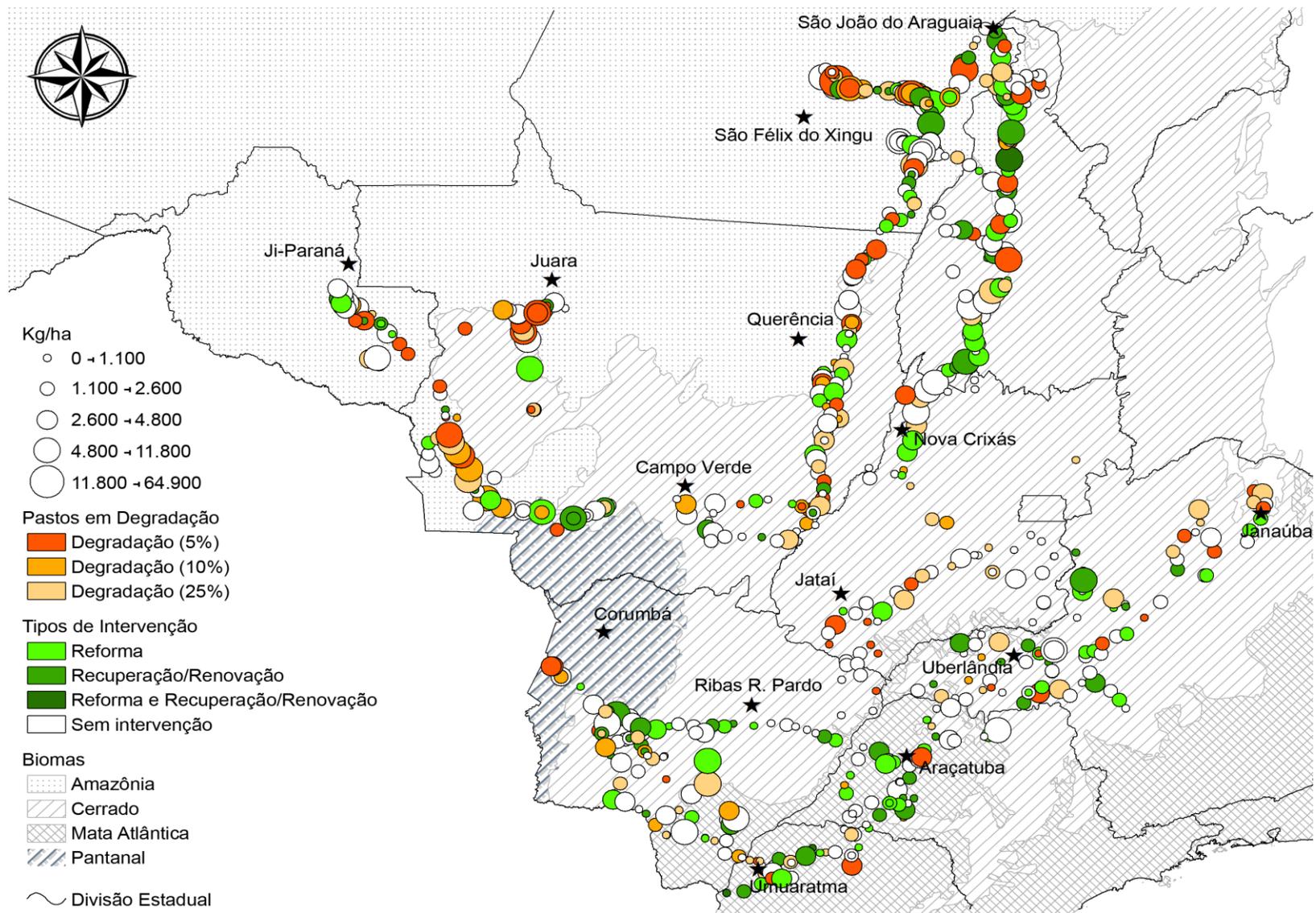


Figura 5.34 - Pastagens amostradas em processo de degradação ou que passaram por intervenções e medida de matéria seca.

6 CONCLUSÕES

As séries temporais de imagens MODIS se apresentaram como potenciais indicadores de renovação/recuperação, reforma e redução de biomassa. Os indicadores foram extraídos de um protocolo definido com base em conhecimento empírico adquirido em três extensivas campanhas de campo e na literatura. Houve dificuldade no levantamento de dados históricos acerca do manejo das pastagens e do pastejo, *i.e.*, condições das pastagens, incluindo medidas de biomassa ao longo do tempo, taxa de lotação, data de entrada e saída do gado, e técnicas de manejo empregadas nos procedimentos de renovação/recuperação e reforma, cujas informações são relevantes para tornar o protocolo mais abrangente.

Ainda existem poucos trabalhos dedicados ao estudo das pastagens tropicais com ferramentas de sensoriamento remoto. Neste sentido, a despeito da dificuldade de validação dos resultados obtidos, este trabalho avaliou pastagens tropicais por meio de indicadores de intensificação do uso e da degradação das pastagens que podem ser utilizados para direcionar e auditar mecanismos de financiamento de melhoria das pastagens, bem como servir de base para a elaboração de políticas públicas voltadas à pecuária e ao meio ambiente.

As medidas das frações de superfície, observadas nas fotografias verticais, se apresentaram como uma alternativa objetiva e rápida para a caracterização das pastagens amostradas e recomenda-se que sejam realizadas em épocas diferentes do ano para aumentar a capacidade de avaliação da condição das pastagens.

Quanto aos objetivos deste trabalho:

- As pastagens amostradas foram caracterizadas por meio de medidas de diversos atributos biofísicos e das observações acerca da pastagem, do manejo e da paisagem, realizadas em duas campanhas de campo de abrangência regional. Verificou-se que as condições do pastejo, o bioma e o tipo de capim exercem influência marcante sobre os atributos biofísicos das pastagens.
- O gráfico ternário das frações de cobertura da superfície permitiu caracterizar as pastagens amostradas. A *FñPastagem* mostrou ser um bom indicador do estágio da condição da pastagem.

- Com base nas séries temporais de imagens MODIS foram elaboradas sete métricas fenológicas que permitiram estabelecer indicadores de renovação/recuperação, reforma e tendência de redução de biomassa ao longo do período analisado.

Das pastagens amostradas, 30,3% apresentaram tendência de redução de biomassa no período analisado, 26,6% passaram por algum tipo de intervenção para melhoria da pastagem e 43,1% não sofreram nenhum tipo de intervenção e não apresentaram tendência de redução de biomassa no período analisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 2. ed. São Paulo, SP: Ateliê Editorial, 2003. p. 163
- ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, R. M.; AGUIAR, D. A.; MELLO, M. P. Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. **Sustainability**, v. 4, n. 4, p. 574–585, abr. 2012.
- ADAMI, M.; MELLO, M. P.; AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SOUZA, A. F. A Web platform development to perform thematic accuracy assessment of sugarcane mapping in south-central Brazil. **Remote Sensing**, v. 4, n. 12, p. 3201–3214, 19 out. 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/4/10/3201>>. Acesso em: 4 ago. 2013.
- AGROCONSULT/BIGMA. Cenários de expansão da agricultura brasileira. Relatório técnico. Florianópolis, 2012.
- AGUIAR, D. A.; ADAMI, M.; SILVA, W. F.; RUDORFF, B. F. T.; MELLO, M. P.; SILVA, J. S. V. MODIS time series to assess pasture land. In: GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS), 2010, Honolulu. **Proceedings...** 2010. p. 2123-2126. DVD; On-line. ISBN 978-1-4244-9564-1, 978-1-4244-9565-8. ISSN 2153-6996. doi: <10.1109/IGARSS.2010.5649388>.
- AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SILVA, W. F.; ADAMI, M.; MELLO, M. P. Remote sensing images in support of environmental protocol: monitoring the sugarcane harvest in São Paulo State, Brazil. **Remote Sensing**, v. 3, n. 12, p. 2682–2703, 13 dez. 2011. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/3/12/2682/>>. Acesso em: 13 dez. 2011.
- ANDRADE, C. M. S.; FERREIRA, A. S.; FARINATTI, L. H. E. Tecnologias para intensificação da produção animal em pastagens: fertilizantes X leguminosas. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Org.). **A empresa pecuária baseada em pastagens**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 111–158.
- ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; GARÇON, E. A. M.; SILVA, G. B. S.; GOMES, D.; VICENTE, L. E.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C. **Indicativo de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation**. 2013, Foz do Iguacu: INPE, 2013. p. 6917–6922.
- ARAGÃO, L. E.; SHIMABUKURO, Y. E. Avaliação do Índice de Área Foliar na Amazônia. In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. 1. ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. p. 427.
- ARAI, E.; FREITAS, R. M. Pré-processamento. In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. 1. ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. p. 427.

ARCHER, E. Beyond the “climate versus grazing” impasse: using remote sensing to investigate the effects of grazing system choice on vegetation cover in the eastern Karoo. **Journal of Arid Environments**, v. 57, n. 3, p. 381–408, maio 2004. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140196303001071>>.

ARRUDA, D. S. R. **Comparação de métodos para avaliação da massa de forragem em pastos de capim-estrela submetidos a intensidades de pastejo**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2009.

ASNER, G. P.; ELMORE, A. J.; OLANDER, L. P.; MARTIN, R. E.; HARRIS, A. T. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 29, n. 1, p. 261–299, nov. 2004. Disponível em: <<http://arjournals.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.29.062403.102142>>.

ASNER, G. P.; TOWNSEND, A. R.; BUSTAMANTE, M. M. C.; NARDOTO, G. B.; OLANDER, L. P. Pasture degradation in the central Amazon: linking changes in carbon and nutrient cycling with remote sensing. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 844–862, maio 2004. Disponível em: <<http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1111/j.1529-8817.2003.00766.x>>.

ASSAD, E. D. **Agricultura de baixa emissão de carbono: a evolução de um novo paradigma**. São Paulo: [s.n.], 2013. Disponível em: <http://www.observatorioabc.com.br/ckeditor_assets/attachments/38/2013_06_28_relatorio_estudo_1_observatorio_abc.pdf>.

ATKINSON, P. M.; JEGANATHAN, C.; DASH, J.; ATZBERGER, C. Inter-comparison of four models for smoothing satellite sensor time-series data to estimate vegetation phenology. **Remote Sensing of Environment**, v. 123, p. 400–417, ago. 2012. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425712001629>>. Acesso em: 3 ago. 2012.

BARROS, A. L. M.; PEREIRA, E. M.; HAUSKNECHT, J. C. O. V.; FERNANDES JR., J. S.; FERNANDES, M. H. M. R. Estratégias de intensificação em pecuária de corte: da pecuária extensiva à adubação de pastagens e integração lavoura-pecuária. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Org.). **A empresa pecuária baseada em pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 29–51.

BASTIN, G. N.; PICKUP, G.; CHEWINGS, V. H.; PEARCE, G. Land degradation assessment in Central Australia using a grazing gradient method. **Rangeland Journal**, v. 15, n. 2, p. 190–216, 1993.

BEDUNAH, D. J.; ANGERER, J. P. Rangeland degradation, poverty, and conflict: how can rangeland scientists contribute to effective responses and solutions? **Rangeland Ecology & Management**, v. 65, n. 6, p. 606–612, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/REM-D-11-00155.1>>. Acesso em: 13 dez. 2012.

- BELLA, D.; FAIVRE, R.; RUGET, F.; SEGUIN, B.; GUÉRIF, M.; COMBAL, B.; WEISS, M.; REBELLA, C.; DI BELLA, D. Remote sensing capabilities to estimate pasture production in France. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 23, p. 5359–5372, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.informaworld.com/openurl?genre=article&doi=10.1080/01431160410001719849&magic=crossref||D404A21C5BB053405B1A640AFFD44AE3>>. Acesso em: 1 dez. 2012.
- BOOTH, D. T.; COX, S. E. Art to science: tools for greater objectivity in resource monitoring. **Society for Range Management**, v. 33, n. 4, p. 27–34, 2011.
- BOOTH, D. T.; COX, S. E.; BERRYMAN, R. D. Point sampling digital imagery with “SamplePoint”. **Environmental monitoring and assessment**, v. 123, n. 1-3, p. 97–108, dez. 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17109183>>. Acesso em: 10 mar. 2012.
- BOOTH, D. T.; COX, S. E.; FIFIELD, C.; PHILLIPS, M.; WILLIAMSON, N. Image analysis compared with other methods for measuring ground cover. **Arid Land Research and Management**, v. 19, n. 2, p. 91–100, 9 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15324980590916486>>. Acesso em: 17 mar. 2012.
- BOOTH, D. T.; COX, S. E.; MEIKLE, T. W.; FITZGERALD, C. The accuracy of ground-cover measurements. **Rangeland Ecology & Management**, v. 59, n. 2, p. 179–188, mar. 2006b. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/05-069R1.1>>. Acesso em: 17 mar. 2012.
- BRASIL. COP: Panorama. 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cop/panorama/o-que-o-brasil-esta-fazendo/metas-domesticas>>. Acesso em: 11 jul. 2013.
- BRAZ, A. M. S.; FERNANDES, A. R.; ALLEONI, L. R. F. Soil attributes after the conversion from forest to pasture in Amazon. **Land Degradation & Development**, p. n/a–n/a, 24 fev. 2011. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ldr.1100>>. Acesso em: 20 jul. 2011.
- BRAZ, S. P.; JÚNIOR, D. N.; CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; MIRANDA, D. M.; BARBOSA, R. A. Caracterização da Distribuição Espacial das Fezes por Bovinos em uma Pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 787–794, 2003.
- BRENNER, A. J.; FERNANDEZ, J. M.; YOUNIS, M. T.; BIOLOGY, A.; FISICA, F.; MANAGEMENT, R.; BUILDINGS, K. A comparison of direct and indirect methods for measuring leaf and surface areas of individual bushes. **Plant, Cell and Environment**, v. 18, p. 1332–1340, 1995.
- CÂNDIDO, M. J. D. **Métodos para medição da estrutura do pasto**. Viçosa: UFV, 2002.

CARMONA, R.; NETO, B. S. C. A.; PEREIRA, R. C. Controle de *Acacia farnesiana* e de *Mimosa pteridofita* em pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1301–1307, 2001.

CEBALLOS, J. C. Produtos para atmosfera - MODIS Atmosphere. In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. 1. ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. p. 427.

CHEN, Z.; CHEN, W.; SYLVAIN, G. Digital Photograph Analysis for Measuring Percent Plant Cover in the Arctic. **Arctic**, v. 63, n. 3, p. 315–326, 2010.

CHIMNER, R. A.; WELKER, J. M. Influence of grazing and precipitation on ecosystem carbon cycling in a mixed-grass prairie. **Pastoralism: Research, Policy and Practice**, v. 1, n. 1, p. 20, 2011. Disponível em: <<http://www.pastoralismjournal.com/content/1/1/20>>.

CUNHA, H. F.; MORAIS, P. P. A. M. Relação Espécie-Área em Cupinzeiros de Pastagem, Goiânia-GO, Brasil. **Entomo Brasilis**, v. 3, n. 3, p. 60–63, 2010.

CZEPAK, C.; ARAÚJO, E. A.; FERNADES, P. M. Ocorrência de espécies de cupins de montículo em pastagens no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n. 1, p. 35–38, 2003.

DAVIDSON, E. A.; ASNER, G. P.; STONE, T. A.; NEILL, C.; FIGUEIREDO, R. O. Objective indicators of pasture degradation from spectral mixture analysis of Landsat imagery. **Journal of Geophysical Research**, v. 113, p. G00B03, 23 jul. 2008. Disponível em: <<http://www.agu.org/pubs/crossref/2008/2007JG000622.shtml>>. Acesso em: 3 dez. 2012.

DEFRIES, R. S. Terrestrial vegetation in the coupled human-earth system: contributions of remote sensing. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 33, p. 369–390, 2008.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens na região Norte. **BeefPoint**, p. 1–4, 2005. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/bn/utills/print.asp?id_artigo=25088&nv=14/16/2006>.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém, PA, Brazil: MDBF, 2011. p. 215

DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. Pastagens no ecossistema do trópico úmido. Pastagens no ecossistema do trópico úmido. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: alternativas viáveis visando a sustentabilidade dos ecossistemas de produção de ruminantes nos diferentes ecossistemas, 2005, Goiânia, **Anais...Goiânia: SBZ**. p. 95-104

DIAS-FILHO, M. B.; DAVIDSON, E. A.; CARVALHO, C. J. R. Linking biogeochemical cycles to cattle pasture management and sustainability in the Amazon Basin. In: MCCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J. E. (Org.). **The biogeochemistry of the Amazon Basin**. Oxford, USA: Oxford University Press, 2001. p. 84–105.

DIFANTE, G. S. **Considerações sobre as técnicas de amostragem para avaliação da massa forrageira em pastagem**. 2003. 23.f. Monografia (Trabalho de graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Mapa de Solos do Brasil 2011**. Rio de Janeiro, RJ, Brazil: [s.n.], 2012.

EVANS, J.; GEERKEN, R. Discrimination between climate and human-induced dryland degradation. **Journal of Arid Environments**, v. 57, n. 4, p. 535–554, jun. 2004. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140196303001216>>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **World agriculture: towards 2015/2030 - Prospects by Major Sector**. Roma, 2003.

_____. **World agriculture: Statistics**. Roma, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/en/>>. Acesso em: 18 junho 2013

FERREIRA, L. G.; FERNANDEZ, L.; SANO, E. E.; FIELD, C.; SOUSA, S.; ARANTES, A.; ARAÚJO, F. Biophysical properties of cultivated pastures in the Brazilian savanna biome: an analysis in the spatial-temporal domains based on ground and satellite data. **Remote Sensing**, v. 5, n. 1, p. 307–326, 17 jan. 2013. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/5/1/307/>>. Acesso em: 6 maio 2013.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, M. E.; CLEMENTINO, N.; JESUS, E. T.; SANO, E. E.; HUETE, A. R. Evaluation of MODIS vegetation indices and change thresholds for the monitoring of the Brazilian Cerrado. In: GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 2004 (IGARSS '04), 2004, Anchorage, Alaska, USA. **Proceedings... IEEE International**, 2004. p. 4340 – 4343, vol.6. DOI: 10.1109/IGARSS.2004.1370098. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1370098>>

FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 10, p. 1837–1860, 2004. Disponível em: <<http://www.informaworld.com/openurl?genre=article&doi=10.1080/0143116031000101530&magic=crossref||D404A21C5BB053405B1A640AFFD44AE3>>.

FERREIRA, L. G.; SANO, E. E.; FERNANDEZ, L. E.; ARAÚJO, F. M. Biophysical characteristics and fire occurrence of cultivated pastures in the Brazilian savanna observed by moderate resolution satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v. In Press, 2012.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–4, jul. 2005. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16040698>>.

FORKEL, M.; CARVALHAIS, N.; VERBESSELT, J.; MAHECHA, M.; NEIGH, C.; REICHSTEIN, M. Trend change detection in NDVI time series: effects of inter-annual variability and methodology. **Remote Sensing**, v. 5, n. 5, p. 2113–2144, 3 maio 2013. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/5/5/2113/>>. Acesso em: 6 maio 2013.

FREITAS, R. M. **Laboratório virtual para visualização e caracterização do uso e cobertura da terra utilizando imagens de sensoriamento remoto**. 2012. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3BDRG5P>>.

FREITAS, R. M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; FERREIRA, A. S.; SATO, F. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; RUDORFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v. 2, n. 1, p. 57–68, mar. 2011.

GALFORD, G.; MUSTARD, J.; MELILLO, J.; GENDRIN, A.; CERRI, C. C. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 2, p. 576–587, 2008. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425707002258>>.

GIBBONS, J. D. **Nonparametric statistical inference**. New York, NY, USA: M. Dekker, 1985. p. 408.

GOLDEMBERG, J.; GUARDABASSI, P. Are biofuels a feasible option? **Energy Policy**, v. 37, n. 1, p. 10–14, jan. 2009. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421508004199>>.

GRAETZ, D. Grasslands. In: MEYER, W. B.; TURNER II, B. L. (Org.). **Changes in land use and land cover: a global perspective**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p. 125–148. Disponível em: <<http://books.google.com/books?id=X1pNRW6r0BoC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>>.

HAGEN, S. C.; HEILMAN, P.; MARSETT, R.; TORBICK, N.; SALAS, W.; VAN RAVENSWAY, J.; QI, J. Mapping total vegetation cover across western rangelands with moderate-resolution imaging spectroradiometer data. **Rangeland Ecology & Management**, LER para MODIS, v. 65, n. 5, p. 456–467, set. 2012. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/REM-D-11-00188.1>>. Acesso em: 19 dez. 2012.

HERRERO, M.; THORNTON, P. K.; NOTENBAERT, A. M.; WOOD, S.; MSANGI, S.; FREEMAN, H. A.; BOSSIO, D.; DIXON, J.; PETERS, M.; VAN DE STEEG, J.; LYNAM, J.; RAO, P. P.; MACMILLAN, S.; GERARD, B.; MCDERMOTT, J.; SERE, C.; ROSEGRANT, M. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 822–825, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1183725>>.

HERRICK, J. E.; BROWN, J. R.; BESTELMEYER, B. T.; ANDREWS, S. S.; BALDI, G.; DAVIES, J.; DUNIWAY, M.; HAVSTAD, K. M.; KARL, J. W.; KARLEN, D. L.; PETERS, D. P. C.; QUINTON, J. N.; RIGINOS, C.; SHAVER, P. L.; STEINAKER, D.; TWOMLOW, S. Revolutionary land use change in the 21st century: is (rangeland) science relevant? **Rangeland Ecology & Management**, v. 65, n. 6, p. 590–598, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/REM-D-11-00186.1>>. Acesso em: 19 dez. 2012.

HOLECHEK, J. L.; BAKER, T. T.; BOREN, J. C.; GALT, D. Grazing impacts on rangeland vegetation: what we have learned. **Rangelands**, v. 28, n. 1, p. 7–13, 2006.

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

HÜTTICH, C.; GESSNER, U.; HEROLD, M.; STROHBACH, B. J.; SCHMIDT, M.; KEIL, M.; DECH, S. On the suitability of MODIS time series metrics to map vegetation types in dry savanna ecosystems: a case study in the Kalahari of NE Namibia. **Remote Sensing**, v. 1, n. 4, p. 620–643, 2009. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/1/4/620/>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Agropecuária - censo agropecuário**. Rio de Janeiro,, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/default.shtm>. Acesso em: 22 jul. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Atlas da estrutura fundiária**. Brasília,, 2013. Disponível em: http://www2.fct.unesp.br/nera/atlas/estrutura_fundiaria.htm. Acesso em 05 abr. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **DETER**. São José dos Campos,, 2009. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/deter/metodologia_v2.pdf>. Acesso em: 5 maio. 2013

_____. **PRODES**. São José dos Campos,, 2013. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 5 maio. 2013

JIANG, Z.; HUETE, A; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band Enhanced Vegetation Index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3833–3845, 15 out. 2008. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425708001971>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

JÖNSSON, P.; EKLUNDH, L. Seasonality extraction by function fitting to time-series of satellite sensor data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 40, n. 8, p. 1824–1832, 2002.

KEMP, D. R.; GUODONG, H.; XIANGYANG, H.; MICHALK, D. L.; FUJIANG, H.; JIANPING, W.; YINGJUN, Z. Innovative grassland management systems for environmental and livelihood benefits. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, N. 21, p. 8369, 2013. DOI: 10.1073/pnas.1208063110. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23671092>>. Acesso em: 22 maio 2013.

KURTZ, D. B.; SCHELLBERG, J.; BRAUN, M. Ground and satellite based assessment of rangeland management in sub-tropical Argentina. **Applied Geography**, v. 30, n. 2, p. 210–220, abr. 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143622809000149>>. Acesso em: 30 set. 2011.

KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; NETER, J.; LI, W. **Applied linear statistical models**. 5. ed. New York, USA: McGraw-Hill, 2005. p. 1424

LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, v. 25, n. May/June, p. 185–190, 2009.

LALIBERTE, A. S.; RANGO, A.; HERRICK, J. E.; FREDRICKSON, E. L.; BURKETT, L. An object-based image analysis approach for determining fractional cover of senescent and green vegetation with digital plot photography. **Journal of Arid Environments**, v. 69, n. 1, p. 1–14, abr. 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140196306002758>>. Acesso em: 7 nov. 2012.

LATORRE, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O. Produtos para ecossistemas terrestres - MODLAND. In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. 1. ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. p. 427.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V.; CORTEZ, L. A. B.; GRIFFIN, W. M.; SCANDIFFIO, M. I. G. Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol? **Energy**, v. 34, n. 5, p. 655–661, 2009. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544208002958>>.

LI, X.B.; CHEN, Y. H.; YANG, H.; ZHANG, Y.-X. Improvement, comparison, and application of field measurement methods for grassland vegetation fractional coverage. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 47, n. 9, p. 1074–1083, set. 2005. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1744-7909.2005.00134.x>>.

LI, Z.; GUO, X. Detecting climate effects on vegetation in northern mixed prairie using NOAA AVHRR 1-km Time-Series NDVI Data. **Remote Sensing**, v. 4, n. 1, p. 120–134, 6 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/4/1/120>>. Acesso em: 17 mar. 2012.

LIU, S.; WANG, T.; GUO, J.; QU, J.; AN, P. Vegetation change based on SPOT-VGT data from 1998 – 2007 , northern China. **Environment Earth Science**, v. 60, p. 1459–1466, 2010.

LIMA, S. S.; ALVES, B. J. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; PINHEIRO, É. F. M.; SANT'ANNA, S. A. C.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Relação entre a presença de cupinzeiros e a degradação de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 12, p. 1699–1706, dez. 2011. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001200016&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>.

LU, D.; BATISTELLA, M.; MAUSEL, P.; MORAN, E. Mapping and monitoring land degradation risks in the Western Brazilian Amazon using multitemporal Landsat TM/ETM+ images. **Land Degradation & Development**, v. 18, n. 1, p. 41–54, jan. 2007. Disponível em:
<<http://doi.wiley.com/10.1002/ldr.762>>. Acesso em: 19 jul. 2011.

LUNETTA, R.; KNIGHT, J.; EDIRIWICKREMA, J.; LYON, J.; WORTHY, L. Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. **Remote Sensing of Environment**, v. 105, n. 2, p. 142–154, 2006. Disponível em:
<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425706002549>>.

LUSCIER, J. D.; THOMPSON, W. L.; WILSON, J. M.; GORHAM, B. E.; DRAGUT, L. D. Using digital photographs and object-based image analysis to estimate percent ground cover in vegetation plots. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 4, n. 8, p. 408–413, out. 2006. Disponível em: <[http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/1540-9295\(2006\)4\[408:UDPAOI\]2.0.CO;2](http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/1540-9295(2006)4[408:UDPAOI]2.0.CO;2)>.

MACEDO, M.C.M. Sustainability of pasture production in the savannas of tropical America. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., 1997, Winnipeg, **Proceedings...** Winnipeg: Canadian Grassland Association. 1997. v.4. p.7-16. 1997.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ARAÚJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. **Geodegrade**. Disponível em:
<<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/documents/16/38dd5196-1ad9-460b-8ca6-52c807c03fb7>>.

MACHADO, L. A. Z.; KICHEL, A. N. **Ajuste de lotação no manejo de pastagens**. Dourados, MS: [s.n.], 2004.

MCCLOY, K. R.; SCHONEVELD, R.; KEMP, D. Measurement of pasture parameters from reflectance data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, n. 6, p. 1107–1118, 1993. Disponível em:
<<http://www.informaworld.com/openurl?genre=article&doi=10.1080/01431169308904399&magic=crossref||D404A21C5BB053405B1A640AFFD44AE3>>.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004. p. 534

MÜLLER, M. M.; GUIMARÃES, M.; DESJARDINS, T.; MITJA, D. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian Amazon: a case study. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 103, n. 2, p. 279–288, jul. 2004. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880903004389>>. Acesso em: 1 dez. 2012.

NAIR, P. K. R.; SAHA, S. K.; NAIR, V. D.; HAILE, S. G. Potential for greenhouse gas emissions from soil carbon stock following biofuel cultivation on degraded lands. **Land Degradation & Development**, v. 22, n. 4, p. 395–409, 2 jul. 2011. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ldr.1016>>. Acesso em: 13 nov. 2012.

NAN, Z. B. **Remote sensing applicaion to grassland monitoring**. Gansu Grassland Ecological Research Institute. Technical Report.1999. Disponível em: <<http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/2001/tema32-2.pdf>>.

NASH, M. S.; ANDERSON, J. P.; WHITFORD, W. G. Spatial and temporal variability in relative abundance and foraging behavior of subterranean termites in desertified and relatively intact Chihuahuan Desert ecosystems. **Applied Soil Ecology**, v. 12, p. 149–157, 1999.

NASSAR, A. M.; RUDORFF, B. F. T.; ANTONIAZZI, L. B.; AGUIAR, D. A.; BACCHI, M. R. P.; ADAMI, M. Prospects of the sugarcane expansion in Brazil: impacts on direct and indirect land use changes. In: ZUURBIER, P.; VAN DE VOOREN, J. (Org.). **Sugarcane ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment**. 1. ed. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2008. p. 63–92.

NETO, A. L.; SVICERO, E. F.; BARROS, J. C. B. V. Manejo de plantas daninhas em pastagens. In: PIRES, WAGNER (Org.). **Manual de pastagens: formação, manejo e recuperação**. 1. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2006. p. 302.

NUMATA, I. ; ROBERTS, D.; CHADWICK, O.; SCHIMEL, J.; SAMPAIO, F.; LEONIDAS, F.; SOARES, J. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, n. 3, p. 314–327, 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425707000399>>.

NUMATA, I.; ROBERTS, D.; SAWADA, Y.; CHADWICK, O. A.; SCHIMEL, J. P.; SOARES, J. V. Regional characterization of pasture changes through time and space in Rondônia, Brazil. **Earth Interactions**, v. 11, n. 14, p. 1–25, set. 2007b. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/EI232.1>>. Acesso em: 4 dez. 2012.

NUMATA, I.; SOARES, J. V.; ROBERTS, D. A.; LEONIDAS, F. C.; CHADWICK, O. A.; BATISTA, G. T. Relationships among soil fertility dynamics and remotely sensed measures across pasture chronosequences in Rondônia, Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 446–455, 2003. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425703002049>>.

OLIVEIRA, M. I. L.; BRUNET, D.; MITJA, D.; CARDOSO, W. S.; BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M. F.; BROSSARD, M. Incidence of epigeal nest-building termites in Brachiaria pastures in the Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 181–185, 2 mar. 2011. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/7075>>. Acesso em: 4 jan. 2013.

OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 103, n. 2, p. 289–300, jul. 2004. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880903004390>>. Acesso em: 5 dez. 2012.

OLIVEIRA, P. P. A. **Recuperação de pastagens degradadas para sistemas intensivos de produção de bovinos**. São Carlos: Embrapa-Pecuária Sudoeste, 2005.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciências agrotec.**, v. 28, n. 3, p. 655–661, 2004.

PIRES, W. Formação ou reforma de pastagem. In: PIRES, W. (Org.). **Manual de pastagens: formação, manejo e recuperação**. 1. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2006a. p. 302.

_____. Intensificação da pecuária. In: PIRES, W (Org.). **Manual de pastagens: formação, manejo e recuperação**. 1. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2006b. p. 302.

_____. Manejo. In: PIRES, WAGNER (Org.). **Manual de pastagens: formação, manejo e recuperação**. 1. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2006c. p. 302.

_____. O que plantar? In: PIRES, WAGNER (Org.). **Manual de pastagens: formação, manejo e recuperação**. 1. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2006d. p. 302.

_____. Praga das pastagens. In: PIRES, WAGNER (Org.). **Manual de pastagens: formação, manejo e recuperação**. 1. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2006e. p. 302.

PIVELLO, V. R.; OLIVERAS, I.; MIRANDA, H. S.; HARIDASAN, M.; SATO, M. N.; MEIRELLES, S. T. Effect of fires on soil nutrient availability in an open savanna in Central Brazil. **Plant and Soil**, Efeito do fogo nas savanas!, v. 337, n. 1-2, p. 111–123, 2 set. 2010. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11104-010-0508-x>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

PURCELL, L. C. Soybean canopy coverage and light interception measurements using digital imagery. **Crop Science**, v. 40, n. 3, p. 834, 2000. Disponível em: <<https://www.crops.org/publications/cs/abstracts/40/3/834>>.

PUREVDORJ, T.; TATEISHI, R.; ISHIYAMA, T.; HONDA, Y. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 18,

p. 3519–3535, dez. 1998. Disponível em:

<<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014311698213795>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

RICHARDSON, M. D.; KARCHER, D. E.; PURCELL, L. C. Quantifying turfgrass cover using digital image analysis. **Crop Science**, v. 41, n. 6, p. 1884–1888, 2001.

RISSO, J. **Diagnóstico espacialmente explícito da expansão da soja no Mato Grosso de 2000 a 2012**. 2013. 129 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/02.27.01.54-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DKND9B>>. Acesso em: 09 set. 2013.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E. Avaliação do IAF para soja no Rio Grande do Sul. In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. 1. ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. p. 427.

ROBERTS, D. A.; SMITH, M. O.; ADAMS, J. B. Green vegetation , nonphotosynthetic vegetation , and soils in AVIRIS Data. **Remote Sensing of Environment**, v. 44, p. 255–269, 1993.

ROTZ, J. D.; ABAYE, A. O.; WYNNE, R. H.; RAYBURN, E. B.; SCAGLIA, G.; PHILLIPS, R. D. Classification of digital photography for measuring productive ground cover. **Rangeland Ecology & Management**, v. 61, n. 2, p. 245–248, mar. 2008. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/07-011.1>>. Acesso em: 1 dez. 2011.

RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. 1. ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. p. 427.

RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M.; AGUIAR, D. A.; MOREIRA, M. A.; MELLO, M. P.; FABIANI, L.; AMARAL, D. F.; PIRES, B. M. The Soy Moratorium in the Amazon Biome Monitored by Remote Sensing Images. **Remote Sensing**, v. 3, n. 1, p. 185–202, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/3/1/185/>>. Acesso em: 18 jan. 2011.

SAKAMOTO, T.; YOKOZAWA, M.; TORITANI, H.; SHIBAYAMA, M.; ISHITSUKA, N.; OHNO, H. A crop phenology detection method using time-series MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, v. 96, n. 3-4, p. 366–374, 2005. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425705001057>>.

SALMAN, A. K. D.; SOARES, J. P. G.; CANESIN, R. C. **Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens**. Porto Velho: [s.n.], 2006.

SCHLESINGER, S. **Onde pastar? O gado no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: FASE, 2010. p. 116.

SENF, C.; PFLUGMACHER, D.; VAN DER LINDEN, S.; HOSTERT, P. Mapping rubber plantations and natural forests in Xishuangbanna (Southwest China) using multi-spectral

phenological metrics from MODIS time series. **Remote Sensing**, v. 5, n. 6, p. 2795–2812, 31 maio 2013. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/5/6/2795/>>. Acesso em: 1 jun. 2013.

SENNA, M. C. A.; COSTA, M. H.; SHIMABUKURO, Y. E. Avaliação do produto FPAR para a floresta tropical Amazônica. In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. 1. ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. p. 427.

SILVA, S. C.; CUNHA, W. F. Métodos indiretos para estimar a massa de forragem em pastos de *Cynodon spp.* **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 981–989, ago. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003000800011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 2 jan. 2013.

SILVA, S. C.; JÚNIOR, D. N.; EUCLIDES, V. B. P. **Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo**. 1. ed. Viçosa: Suprema, 2008. p. 115.

SMITH, M. C. The feasibility of microwave ovens for drying plant samples. **Journal Of Range Management**, v. 36, n. 5, p. 676–677, 1983.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. D. A.; RASSINI, J. B. **Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de microondas doméstico**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudoeste, 2002.

STEWART, A. M.; EDMISTEN, K. L.; WELLS, R.; COLLINS, G. D. Measuring canopy coverage with digital imaging. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 38, n. 7-8, p. 895–902, abr. 2007. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103620701277718>>. Acesso em: 30 set. 2011.

THAYN, J. B.; PRICE, K. P. Julian dates and introduced temporal error in remote sensing vegetation phenology studies. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, n. 20, p. 6045–6049, 20 out. 2008. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160802235829>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

TODD, S. W.; HOFFER, R. M.; MILCHUNAS, D. G. Biomass estimation on grazed and ungrazed rangelands using spectral indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 3, p. 427–438, jan. 1998. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014311698216071>>.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A. Aspectos econômicos da recuperação de pastagens na amazônia brasileira. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 5, n. 10, p. 27–50, 2010.

_____. **Aspectos econômicos da recuperação de pastagens no Bioma Amazônia**. . Porto Velho: [s.n.], 2009.

VAN LEEUWEN, W.; HARTFIELD, K.; MIRANDA, M.; MEZA, F. Trends and ENSO/AAO driven variability in NDVI derived productivity and phenology alongside the Andes Mountains. **Remote Sensing**, v. 5, n. 3, p. 1177–1203, 6 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/5/3/1177/>>. Acesso em: 7 mar. 2013.

WASHINGTON-ALLEN, R. A.; WEST, N. E.; RAMSEY, R. D.; EFROYMSON, R. A. A Protocol for retrospective remote sensing: based ecological monitoring of rangelands. **Rangeland Ecology & Management**, v. 59, n. August 2004, p. 19–29, 2008.

WYLIE, B. K.; BOYTE, S. P.; MAJOR, D. J. Ecosystem performance monitoring of rangelands by integrating modeling and remote sensing. **Rangeland Ecology & Management**, v. 65, n. 3, p. 241–252, maio 2012. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/REM-D-11-00058.1>>. Acesso em: 19 dez. 2012.

YANG, X. **Assessing responses of grasslands to grazing management using remote sensing approaches**. 2012. Doctor of Philosophy (Ph.D.) - University of Saskatchewan Saskatoon, 2012.

YANG, X.; GUO, X. Investigating vegetation biophysical and spectral parameters for detecting light to moderate grazing effects: a case in mixed grass prairie. **Central European Journal of Geosciences**, v. 3, p. 336–348, 2011.

YANG, X.; WILMSHURST, J. F.; NATIONAL, J.; CANADA, P.; AB, J.; FITZSIMMONS, M.; PARK, G. N.; MARIE, V. Can satellite imagery evaluate the pre-condition of a grazing experiment? **Prairie Perspectives: Geographical Essays**, v. 14, p. 45–50, 2011. Disponível em: <http://pcag.uwinnipeg.ca/Prairie-Perspectives/PP-Vol14/PP_Vol-14.pdf>.

NAN, Z. B. **Remote Sensing applicaion to grassland monitoring**. Lanzhou, China: Gansu Grassland Ecological Research Institute, 1999.

ZHANG, L.; WYLIE, B.; LOVELAND, T.; FOSNIGHT, E.; TIESZEN, L. L.; JI, L.; GILMANOV, T. Evaluation and comparison of gross primary production estimates for the Northern Great Plains grasslands. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, n. 2, p. 173–189, 2007. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425706003178>>.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande-MS: Embrapa Gado de Corte, 2012., 2012. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/951322/1/DOC189.pdf>>.

APÊNDICE A

Boleta de Campo		Nº Amostra: 0656
Equipe:	Trecho/ Município:	Data: / /
Latitude:	Altitude (m):	Visão:
Longitude:		
1. Topografia <input type="checkbox"/> a Plano <input type="checkbox"/> b Pouco inclinado <input type="checkbox"/> c Muito inclinado		2. Condição Atual de Uso das Pastagens <input type="checkbox"/> a Sem gado, a entrar em pastejo <input type="checkbox"/> b Com gado em pastejo <input type="checkbox"/> c Em pós pastejo, com sinais de consumo recente
3. Critérios de Avaliação (Notas de 1 a 5, sendo 1 a pior avaliação e 5 a melhor avaliação)		
3.1. Homogeneidade do pasto	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	3.3. Presença de erosão
3.2. Stand	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	3.4. Volume de massa
4. Tipo de Capim Presente <input type="checkbox"/> a Braquiário <input type="checkbox"/> d Andropogon <input type="checkbox"/> b Outras braquiárias <input type="checkbox"/> e Capins nativos <input type="checkbox"/> c Panicum <input type="checkbox"/> f Outros capins		5. Invasoras Presentes <input type="checkbox"/> a Arbustiva <input type="checkbox"/> b Semi arbustiva <input type="checkbox"/> c Herbáceas
6. Medição de Pasto (1m² - Pastagem acima de 15cm) Altura do pasto (cm) <input type="text"/> Peso da matéria original (g) <input type="text"/> Plantas por metro quadrado <input type="text"/> Peso da amostra (g) <input type="text"/> Peso da matéria morta (g) <input type="text"/> Quantidade de cigarrinhas <input type="text"/>		
7. Medição de Pasto (28,3m² - Raio de 3,0m) Nº da Máquina Fotográfica <input type="text"/> Nº das Fotos <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Quantidade de placas de fezes <input type="text"/> Quantidade de invasoras <input type="text"/> Quantidade de cupins <input type="text"/> Altura do capim (cm) <input type="text"/>		
8. Cercas Quantidade de fios <input type="text"/> Distância entre faixas (m) <input type="text"/> Tipo de arame/cerca <input type="checkbox"/> a Farpado <input type="checkbox"/> b Liso <input type="checkbox"/> c Eletificado Cond. geral da cerca <input type="checkbox"/> a Boa <input type="checkbox"/> b Ruim <input type="checkbox"/> c Moderada		
9. Cochos Madeira <input type="checkbox"/> a Bombona <input type="checkbox"/> b Especial <input type="checkbox"/> c Coberto <input type="checkbox"/> a Descoberto <input type="checkbox"/> b		
10. Gado no Pasto Categoria animal <input type="checkbox"/> a Vacas soleiras <input type="checkbox"/> b Vacas com bezerras <input type="checkbox"/> c Bezerras / Novilhas <input type="checkbox"/> d Bezerras / Garrotes <input type="checkbox"/> e Bois magros / gordos <input type="checkbox"/> f Lotes compostos Condição Corporal <input type="checkbox"/> a Muito magra <input type="checkbox"/> b Magra <input type="checkbox"/> c Moderada <input type="checkbox"/> d Boa <input type="checkbox"/> e Gorda <input type="checkbox"/> f Muito gorda Raça Predominante <input type="checkbox"/> a Zebu <input type="checkbox"/> b Europeu <input type="checkbox"/> c Cruzado		
11. Caracterização das vias: Rodovia <input type="text"/> Pavimentação <input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Terra Acostamento <input type="checkbox"/> Adequado <input type="checkbox"/> Inadequado <input type="checkbox"/> Inexistente Sinalização <input type="checkbox"/> Completa <input type="checkbox"/> Somente horizontal <input type="checkbox"/> Somente Vertical <input type="checkbox"/> Inexistente Qualidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Razável <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Ótima		
Observações		
Amostra de Pasto Peso da amostra (g) <input type="text"/> Nº Amostra: 0656		

Figura A.1. Ficha de campo

ANEXO A

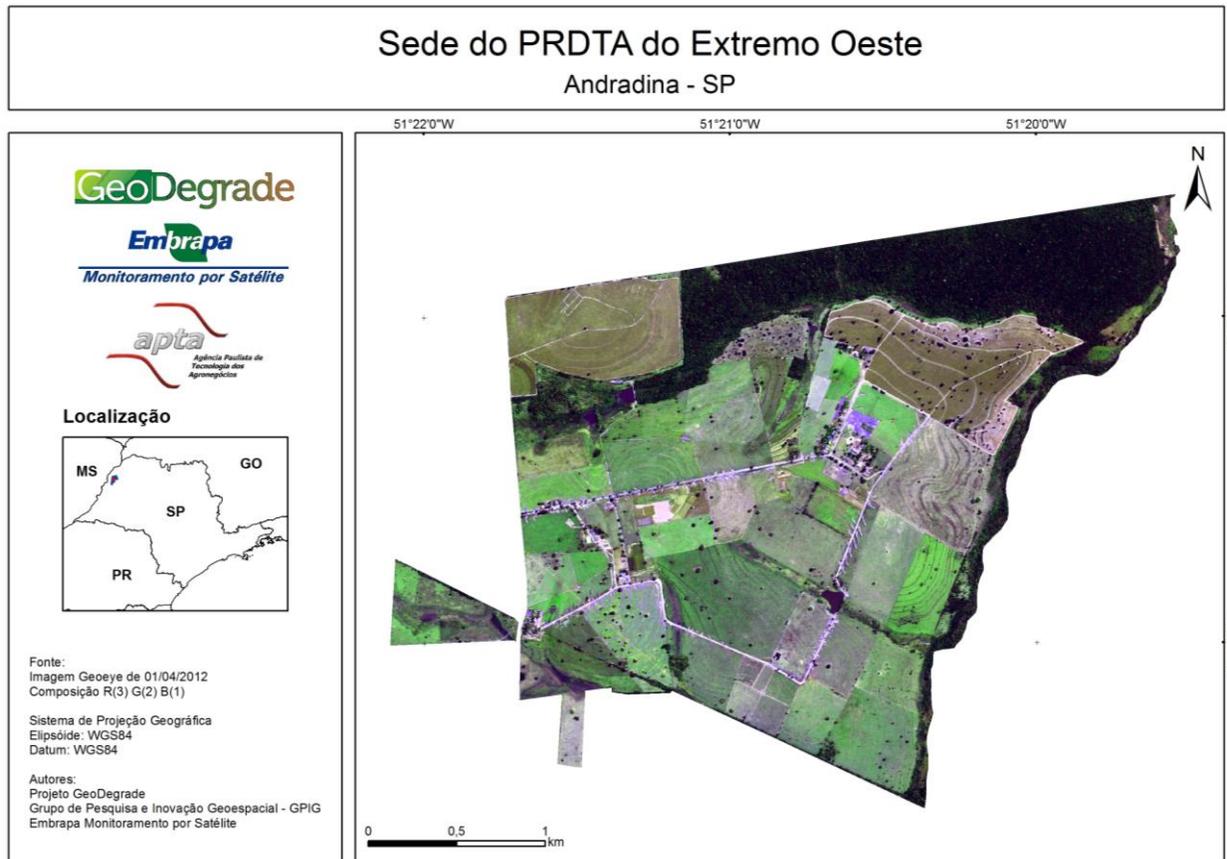


Figura A.1. Carta imagem do PRDTA do Extremo Oeste.

Fonte: EMBRAPA (<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/web/geodegrade/espacializacao>).

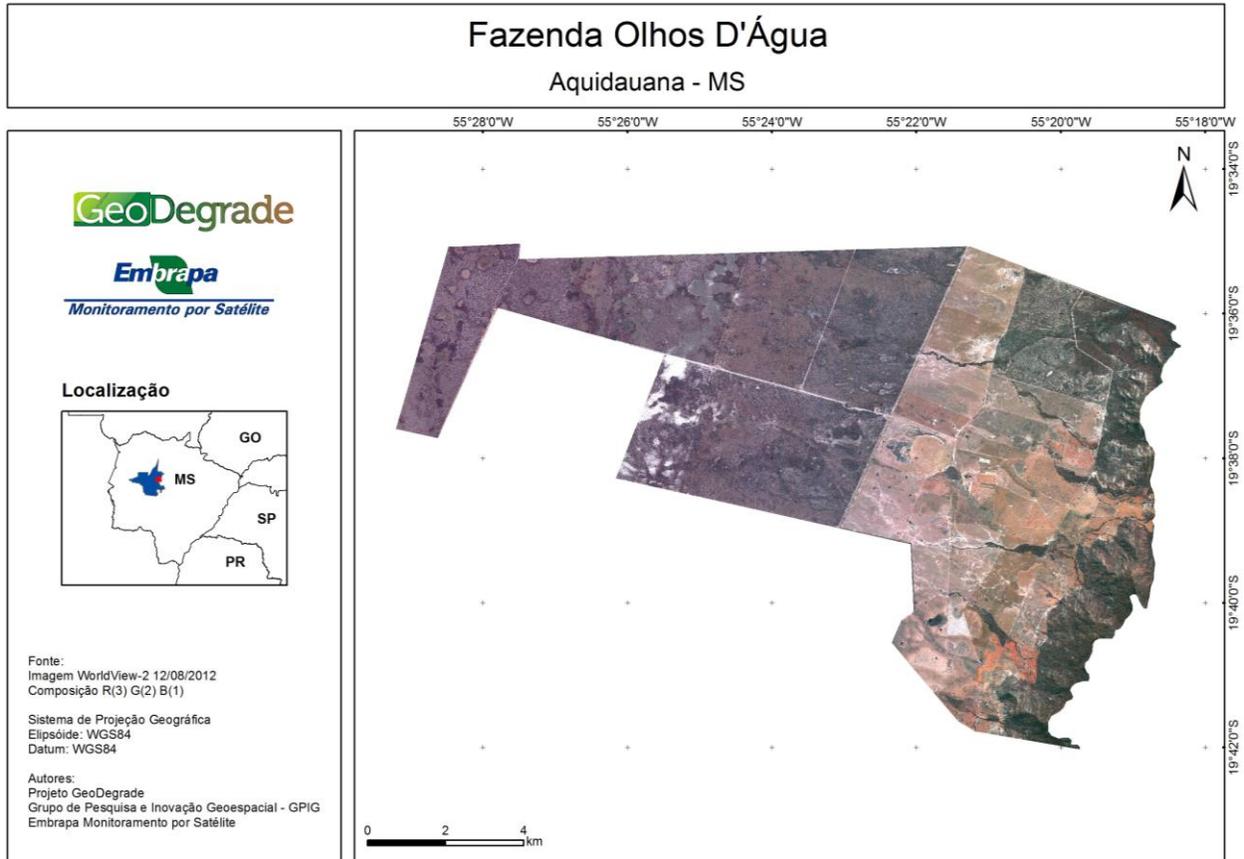


Figura A.2. Carta imagem da Fazenda Olhos D'Água.

Fonte: EMBRAPA (<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/web/geodegrade/espacializacao>).

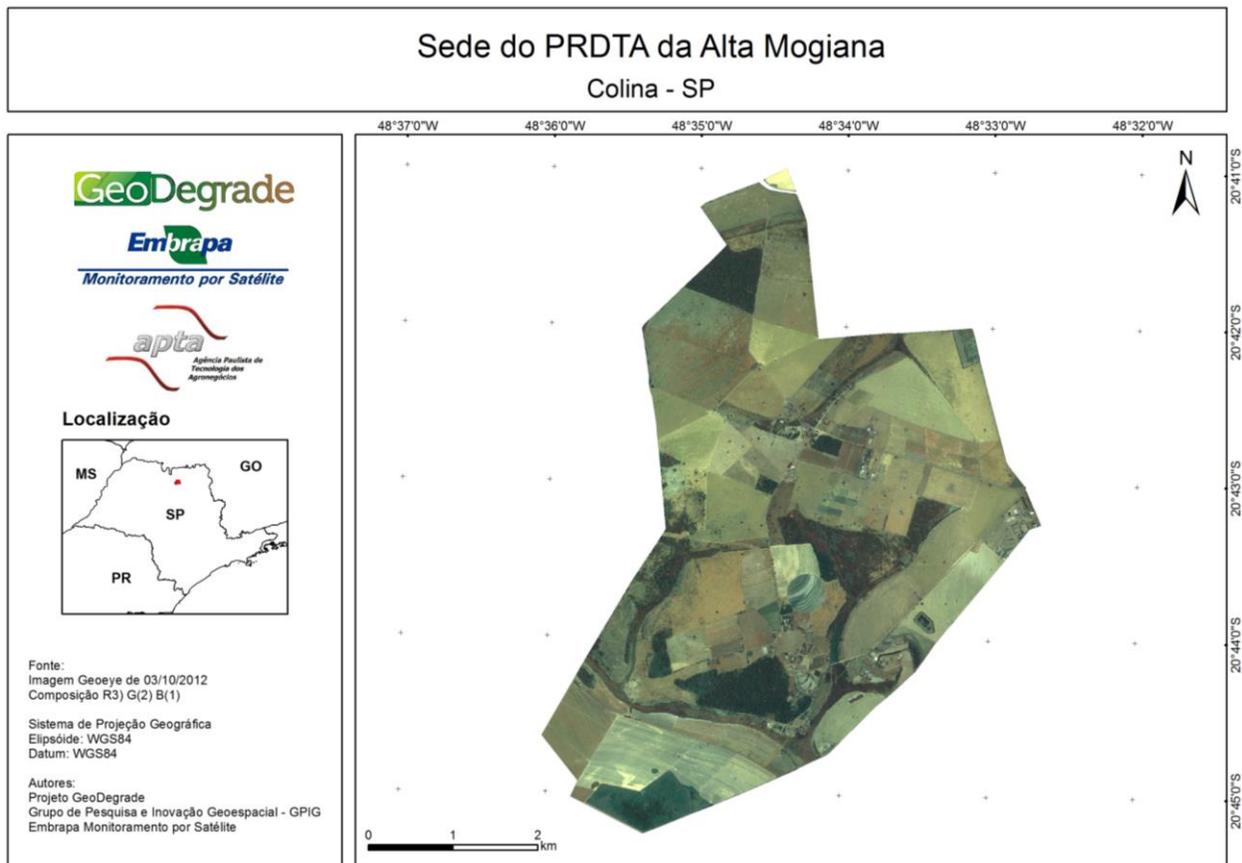


Figura A.3. Carta imagem do PRDTA da Alta Mogiana.

Fonte: EMBRAPA (<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/web/geodegrade/espacializacao>).

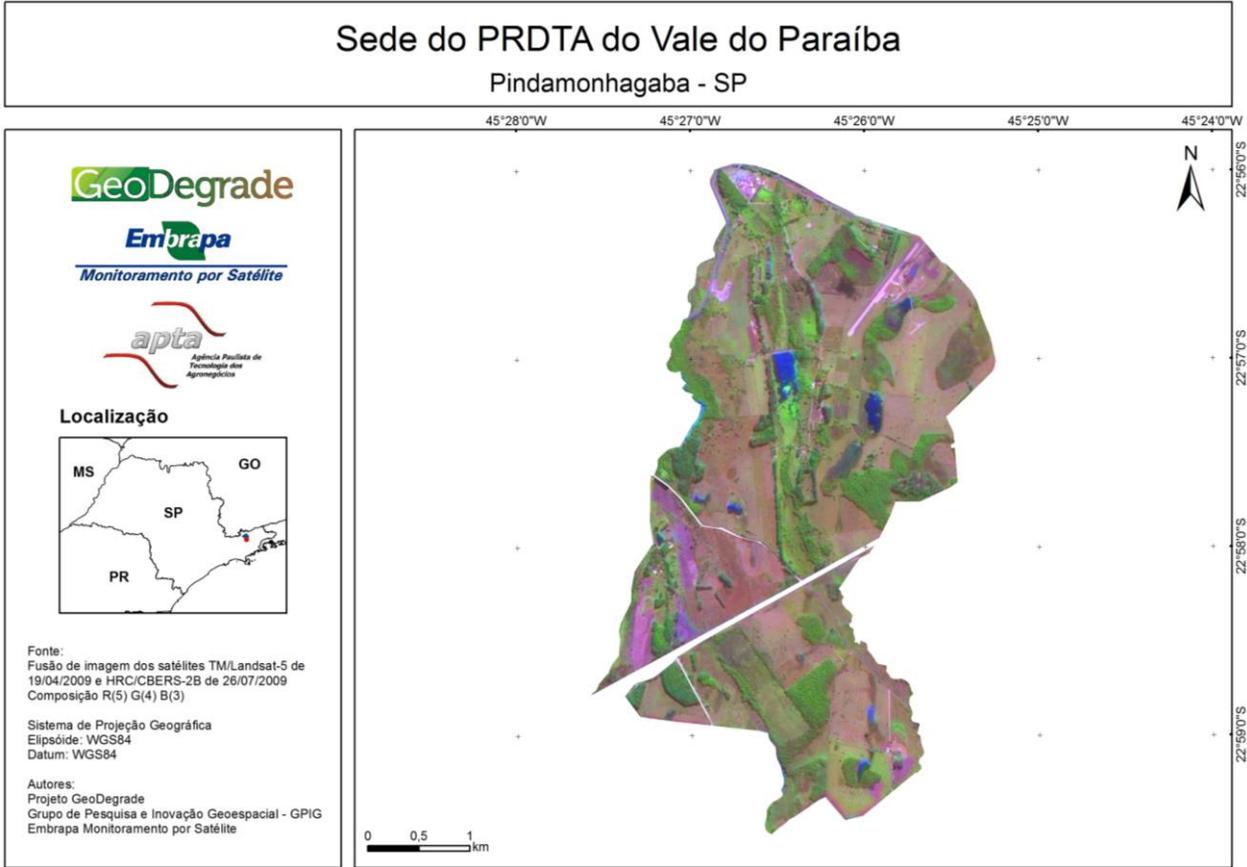


Figura A.4. Carta imagem do PRDTA do Vale do Paraíba.

Fonte: EMBRAPA (<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/web/geodegrade/espacializacao>).

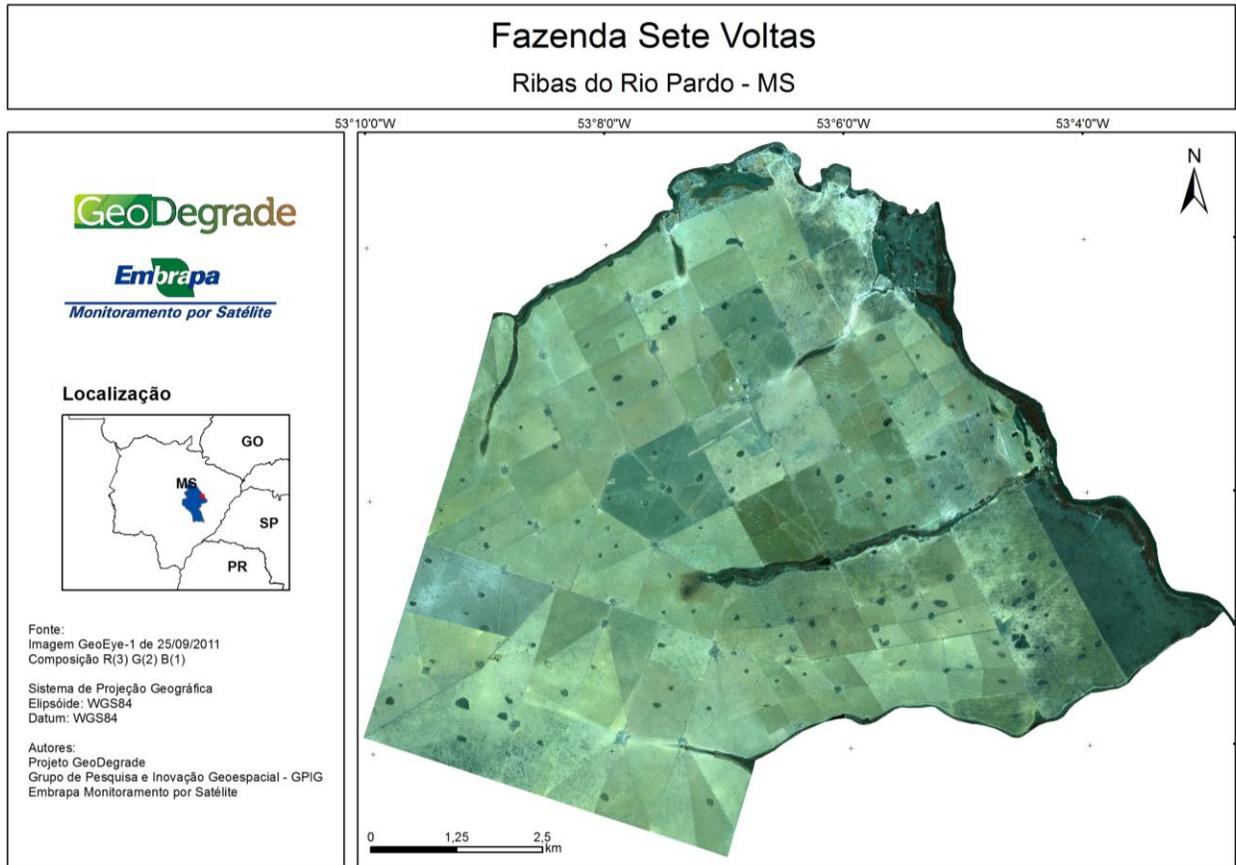


Figura A.5. Carta imagem da Fazenda Sete Voltas.

Fonte: EMBRAPA (<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/web/geodegrade/espacializacao>).

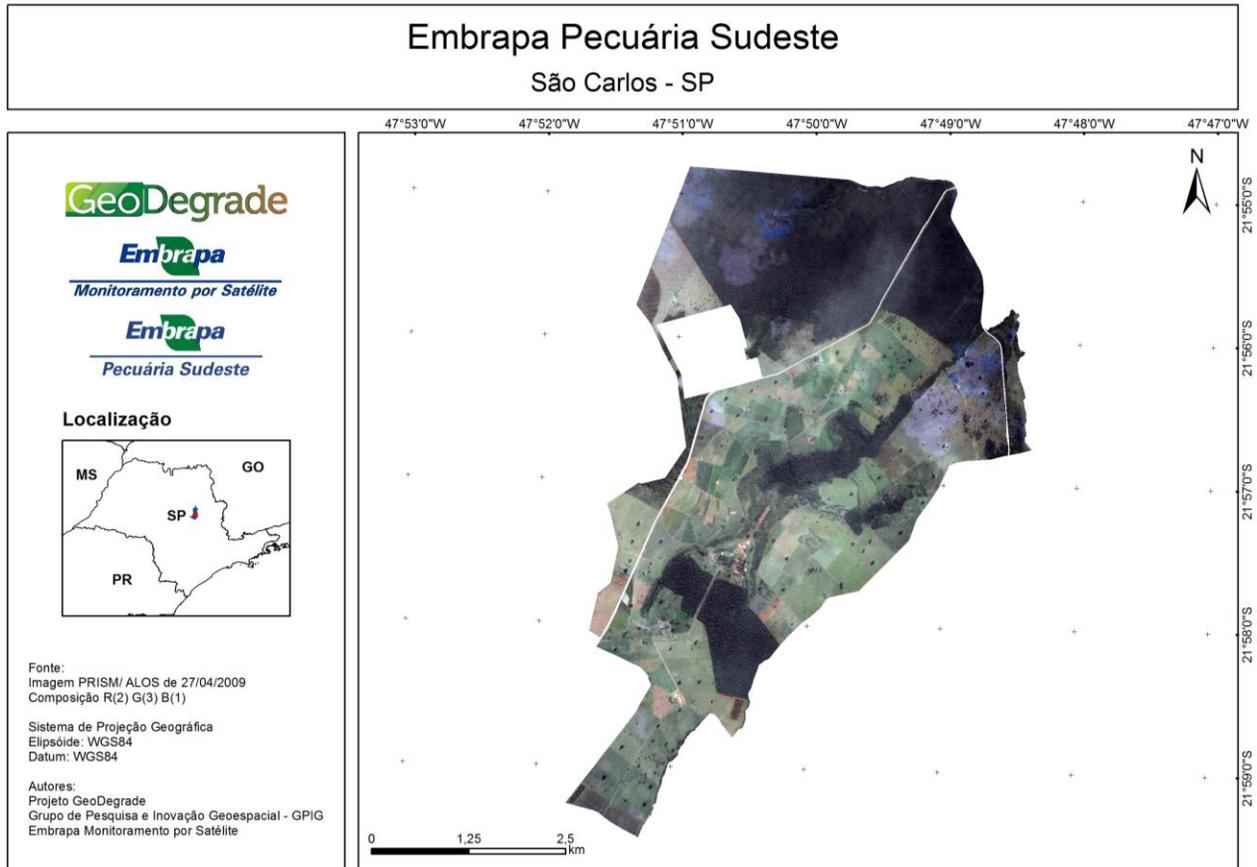


Figura A.6. Carta imagem da EMBRAPA Sudeste.

Fonte: EMBRAPA (<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/web/geodegrade/espacializacao>).

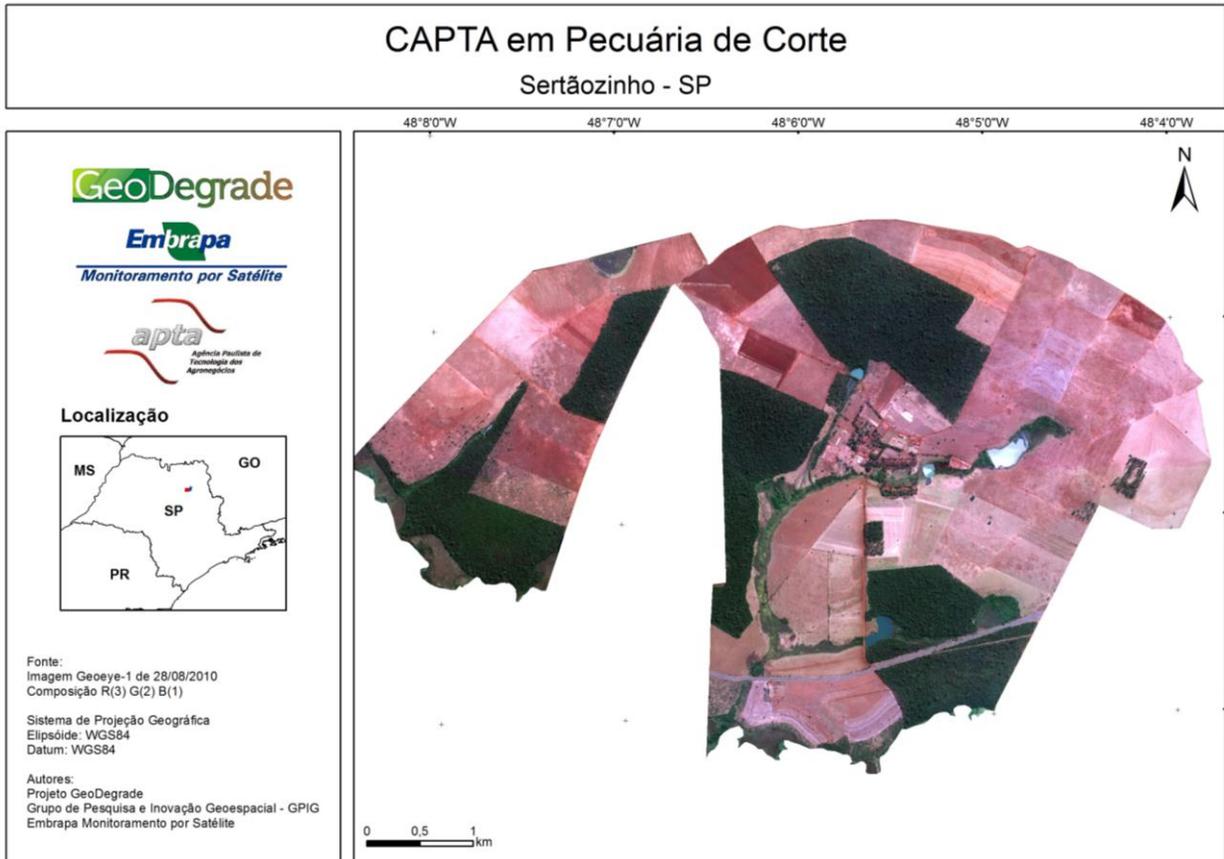


Figura A.7. Carta imagem da CAPTA em Pecuária de Corte.

Fonte: EMBRAPA (<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br/web/geodegrade/espacializacao>).