

Metodologia Espaço-Temporal Aplicada ao Mapeamento de Paisagens em Fazendas de Gado de Corte no Pantanal



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 129

Metodologia Espaço-Temporal Aplicada ao Mapeamento de Paisagens em Fazendas de Gado de Corte no Pantanal

Ana Paula Souza Silva
Ivan Bergier
Urbano Gomes Pinto de Abreu
Ériklis Nogueira
Luiz Orcírio Fialho de Oliveira
Catia Urbanetz
Juliana Corrêa Borges Silva
Célio Silva Júnior

Exemplares dessa publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS
Caixa Postal 109
Fone: (67) 3234-5800
Fax: (67) 3234-5815
Home page: www.embrapa.br/pantanal
Email: www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade Responsável pelo conteúdo

Embrapa Pantanal

Comitê Local de Publicações da Embrapa Pantanal

Presidente: *Suzana Maria de Salis*

Membros: *Ana Helena B.M. Fernandes*

Sandra Mara Araújo Crispim

Vanderlei Doniseti Acassio dos Reis

Viviane de Oliveira Solano

Secretária: *Eliane Mary P. de Arruda*

Supervisora editorial: *Suzana Maria de Salis*

Normalização: *Viviane de Oliveira Solano*

Tratamento de ilustrações: *Eliane Mary P. de Arruda*

Foto da capa: *Ivan Bergier*

Editoração eletrônica: *Eliane Mary P. de Arruda*

Disponibilização na página: *Marilisi Jorge da Cunha*

1ª edição

Formato digital (2016)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Metodologia espaço-temporal aplicada ao mapeamento de paisagens em fazendas de gado de corte no Pantanal. [recurso eletrônico] / Ana Paula Souza Silva ... [et al.]. – Dados eletrônicos. – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2016. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7215 ; 129).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP129.pdf>

Título da página da Web: (acesso em 26 jul. 2016).

1. Sensoriamento Remoto. 2. Processamento de imagens. 3. Metodologia. I. Silva, Ana Paula Souza II. Bergier, Ivan III. Abreu, Urbano Gomes Pinto de IV. Érikis Nogueira V. Oliveira, Luiz Orcírio Fialho de VI. Urbanetz, Catia VII. Silva, Juliana Corrêa Borges VIII. Silva Júnior, Célio. IX. Embrapa Pantanal. X. Título. XI. Série.

CDD 621.3678

© Embrapa 2016

Sumário

| | |
|---|----|
| Resumo | 5 |
| Abstract | 6 |
| Introdução | 7 |
| Material e Métodos | 8 |
| Área de estudo | 8 |
| Seleção e processamento digital das imagens | 8 |
| Análise de componentes principais e mapeamento da paisagem | 10 |
| Resultados e Discussão | 12 |
| Conclusões | 17 |
| Referências | 17 |

Metodologia Espaço-Temporal Aplicada ao Mapeamento de Paisagens em Fazendas de Gado de Corte no Pantanal

*Ana Paula Souza Silva*¹

*Ivan Bergier*²

*Urbano Gomes Pinto de Abreu*³

*Ériklis Nogueira*⁴

*Luiz Orcírio Fialho de Oliveira*⁵

*Catía Urbanetz*⁶

*Juliana Corrêa Borges-Silva*⁷

*Célio Silva Júnior*⁸

Resumo

Este trabalho apresenta uma metodologia simples e bem conhecida de mapeamento espaço-temporal aplicada a paisagens de fazendas de produção de gado de corte no Pantanal. A área foco de estudo, a Fazenda São Bento, localizada na sub-região do Abobral, Estrada Parque, totaliza 9,2 mil hectares. Utilizou-se dados do satélite Landsat-5 de 1985 a 2011, entre junho e setembro, sendo selecionadas imagens livres de nuvens das bandas espectrais 3, 4 e 5 para o processamento digital e a classificação das paisagens da fazenda. As imagens foram inicialmente retificadas geométrica e radiometricamente, e a posteriori foi feita uma análise estatística por componentes principais. A identificação e a quantificação em área das paisagens da fazenda foram obtidas por segmentação, seguida de classificação supervisionada (Bhattacharya) da combinação do primeiro componente principal (informação espaço-temporal útil) de cada banda espectral. Esta etapa e o mapeamento de classes foram realizados no Sistema de Processamento de Informações Geográficas (SPRING) do INPE. Foram mapeadas oito categorias de paisagem de acordo com a dinâmica espaço-temporal de cheias interanuais: campo inundável (32,2%), campo não inundável (24%), planície de inundação fluvial (16,2%), mata de capão ou mata ciliar (9,9%), macrófitas aquáticas (6,3%), zona úmida (6,5%), estradas (3,4%) e água livre (1,4%). O mapeamento das paisagens de fazendas pantaneiras por esta técnica simples e de imediata aplicação de processamento digital de imagens permite melhor orientar o uso da terra para a produção de gado, bem como otimizar pesquisas de campo para a coleta de dados ambientais visando ganhos de competitividade e sustentabilidade. Permite ainda corroborar com a definição de critérios de permissão de uso da terra, contribuindo para adequar o Código Florestal Brasileiro à realidade das fazendas do Pantanal.

Termos para indexação: dinâmica espaço-temporal, gestão de paisagens, cadastro ambiental rural, área de uso restrito ou compartilhado.

¹ Bióloga, Bolsista DTI-C do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Corumbá, MS

² Biólogo, Dr., Pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

³ Médico-veterinário, Dr., Pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

⁴ Médico-veterinário, Dr., Pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

⁵ Médico-veterinário, Dr., Pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

⁶ Bióloga, Dra., Pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

⁷ Médica-veterinária, Dra., Pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

⁸ Administrador, Gerente da Fazenda Real – Filial São Bento, Miranda, MS

Spatio-Temporal Methodology applied to Mapping of Landscapes in Pantanal's Cattle-Breeding Farms

Abstract

This paper addresses a well-known method for the mapping of landscapes in cattle-breeding farms in the Pantanal. As an example, the method was applied to São Bento Farm in the Abobral sub-region, 'Estrada Parque Road'. The study area totals 9,2 ha. It was used Landsat-5 satellite data from 1985 to 2011, between June and September, being employed cloud-free images of spectral bands 3, 4 and 5 for the digital processing and classification of diverse landscapes in the spatial boundary of the farm. The images were initially geometric and radiometrically rectified for later principal component analysis. The identification and area quantification of landscapes in the farm were then obtained by segmentation followed by supervised classification (Bhattacharya) of the first principal component (useful information in the space-time dynamics) of each spectral band, and the mapping in the SPRING (Geographic Information Processing System). Eight thematic classes were mapped accordingly to the spatio-temporal dynamics of inter-annual floods: flooded fields (32.2%), non-flooded field (24%), river floodplain (16.2%), 'capão' forest or riparian forest (9.9%), aquatic macrophytes (6.3%), wetlands (6.5%), roads (3.4%) and open water (1.4%). The mapping of landscapes of Pantanal farms by this digital image processing technique allows better land-use planning for livestock production and also to optimize field surveys to collect environmental data to improve both commercial competitiveness and sustainability. It also corroborates the definition of land use criteria to the Brazilian Forest Code, contributing to the reality of the Pantanal farms.

Index terms: *spatio-temporal dynamics, landscape management, rural environmental register, land sparing or sharing.*

Introdução

Com uma área aproximada de 140 mil km², o Pantanal compreende uma das maiores zonas úmidas do mundo (NUNES DA CUNHA; JUNK, 2010), com uma paisagem bastante complexa (COUTINHO, 2006), que muda de acordo com o pulso de inundação (JUNK et al., 1989). Tal variabilidade de alagamento determina características ecológicas no sistema, ora favorecendo espécies terrestres, ora favorecendo espécies hidrófitas ou anfíbias (RESENDE, 2008). De acordo com Junk et al. (1989), o pulso de inundação pode ser expresso como a principal força motriz responsável pela existência, produtividade e interação da biota em sistemas rio-planície de inundação como no Pantanal e na Amazônia. O pulso de inundação é constituído de quatro fases: enchente, cheia, vazante e seca, em que, além do regime de chuva no verão austral, dois aspectos colaboram com sua amplitude e magnitude. Um deles é o fato de ser uma das regiões mais baixas na planície inundável (RAVAGLIA et al., 2010). O outro fator é sua baixa declividade e ausência de formações rochosas superficiais, o que contribui para aumentar o tempo de retenção da água sobre as planícies (GALDINO, 2005).

As condições locais de drenagem, solo e microrrelevo resultam um mosaico de diferentes tipos de vegetação no Pantanal, com distintas fitofisionomias (PRANCE; SCHALLER, 1982). Coutinho (2006) considera o Pantanal como um complexo de biomas, localizado na zona de macroclima tropical, com chuvas de verão e seis meses de inverno seco. Já o IBGE (2004) considera cinco Biomas existentes no Brasil e o Pantanal como sendo um deles. Os tipos de vegetação (classes de formação) são bastante variáveis e incluem formações aluviais, florestadas, arborizadas, arbustivas, parques e as gramíneo-lenhosas. Nas classes de formações florestais (MANUAL..., 2012) estão as Florestas Estacionais Semidecíduas (localmente chamadas de mata), localizadas em áreas conhecidas regionalmente como cordilheiras (pequenas elevações formadas por paleodiques aluviais não sujeitas à inundação); as Florestas Estacionais Semidecíduas Aluviais (conhecidas como matas ciliares), as Florestas Estacionais Decíduas (mata seca ou calcária), localizadas sobre afloramentos rochosos e solos rasos calcários. Na classe campestre estão as Savanas Arborizadas (Cerrado Típico, Cerrado aberto, Campo Cerrado); a Savana Florestada (Cerradão); a Savana Parque (lixeril, canjiqueiral, cambarazal, paratudal, campos sujos, campos-demurundus, campos rupestres sobre afloramentos rochosos); a Savana Gramíneo-Lenhosa (caronal, campo sujo, campinas); a Savana Estépica Florestada (Chaco). Há também as áreas de Formações Pioneiras com influência fluvial ou lacustre; palmeiral com água salobra (salinas, carandazal) ou doce (buritizal); herbácea (campos inundáveis, vazantes, baias). Isso sem contar diversos ecótonos.

A variabilidade interanual e interdecadal do pulso de inundação também influenciam os sistemas de produção no Pantanal, os quais passam por transformações e adaptações em função dessas mudanças. Em épocas mais secas, como entre os anos de 1964 a 1973, houve o predomínio de atividade pecuária, e em períodos mais úmidos nas últimas quatro décadas, atividades como a pesca e o turismo ganharam destaque (RESENDE; GALDINO, 2001). Não se percebe, entretanto, uma clara periodicidade nos ciclos de cheia-seca interdecadais (BERGIER; RESENDE, 2010), talvez influenciado por grandes mudanças no uso da terra nas áreas rurais de planalto, nas nascentes dos rios pantaneiros. Nas regiões mais elevadas, a substituição da cobertura vegetal natural de cerrado por monocultura de grãos e pastagem tem alterado a eco-hidrologia de toda a bacia hidrográfica (BERGIER, 2013). As planícies pantaneiras utilizadas para a pecuária extensiva são influenciadas sobremaneira pela magnitude e amplitude das cheias do pulso anual de inundação (PRADO et al., 1994). Uma das sub-regiões mais influenciadas pela intensidade da cheia do pulso de inundação é a sub-região do Abobral. Diante dessa realidade, um dos principais desafios enfrentados pelos produtores nessa sub-região é a definição de critérios de manejo para o gado de corte durante as épocas de cheia (COMASTRI FILHO, 1984).

Foram implantadas na Fazenda São Bento, localizada na Estrada Parque, na sub-região pantaneira do Abobral, uma série de tecnologias com enfoque de sistemas, cujo objetivo foi a intensificação sustentável do sistema de produção (BAILEY et al., 2015). Essa intensificação permitiu o desenvolvimento de um sistema de gestão para análise integral do processo produtivo da cadeia de bovino de corte na propriedade (ABREU et al., 2013). Em consonância aos incrementos de produção de alimentos, foi preciso adequá-los aos usos múltiplos da fazenda, em particular a manutenção da produção de igual valor e relevância dos serviços ambientais (POWER, 2010). No entanto, ainda é necessário aprimorar essas ferramentas de gestão de modo a otimizar a aquisição e a integração de dados zootécnicos (NOGUEIRA et al., 2013, 2015; OLIVEIRA et al., 2014) aos econômicos e ambientais, e que também auxiliem em uma melhor orientação sobre o uso de áreas para a produção de gado, principalmente levando em conta os ciclos de seca e cheia. Nesta ótica, é importante destacar a importância das ferramentas do sensoriamento remoto que tem como um dos principais objetivos a extração de informações relevantes da paisagem contidas nas imagens e a sua documentação nas formas de tabelas, gráficos ou mapas (MENESES; ALMEIDA, 2012). A partir dessa sistematização da informação é possível definir estratégias de uso da terra e da gestão das fazendas pantaneiras.

No Pantanal, as alterações de origem antrópica na paisagem e nos habitats interferem tanto em padrões espaciais como em processos ecológicos, embora seja difícil demonstrar e quantificar seus efeitos (TOMÁS et al., 2009). Para a sub-região da Nhecolândia, influenciada principalmente por inundações pluviais, foi estabelecida uma

chave de classificação de unidades de paisagem com base em imagens dos satélites Landsat e CBERS (RODELA et al., 2008). Contudo, uma metodologia baseada somente em números digitais e na classificação pixel-a-pixel pode fornecer resultados pouco satisfatórios se levado em conta variações nas condições atmosféricas, insolação e água/umidade disponível da superfície em datas e locais distintos quando da aquisição das imagens de satélite. Uma forma de melhorar os resultados de classificação das paisagens em fazendas do Pantanal pode ser a associação de três técnicas bem conhecidas de sensoriamento remoto: a retificação radiométrica (HALL et al., 1991; POLIDORIO et al., 2005; SANTOS et al., 2010), a seleção de informação relevante de componentes principais em séries históricas (BANON, 1992; MENESES; ALMEIDA, 2012) e a classificação orientada a objeto (VASCONCELOS; NOVO, 2004).

O conceito de paisagem é bastante controverso e muitas vezes os autores o definem de maneira conflitante (BRITTO; FERREIRA, 2011). Dessa maneira, o conceito de paisagem, utilizado no presente trabalho, é “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e em uma determinada escala de observação” (METZGER, 2001). Esse conceito se insere em uma abordagem geográfica, sob a perspectiva do homem e como ele atua nas extensões do território segundo seus anseios, necessidades e planos de ocupação territorial. Tal enfoque permite uma análise em uma escala espaço-temporal ampla, na qual o conjunto interativo da paisagem no presente estudo é composto por unidades de uso e ocupação da propriedade rural. As unidades que interagem são definidas pelo meio abiótico (dinâmica hidrogeomorfológica, microrrelevo e tipos de solo), pelas perturbações naturais (enchentes) e pelas intervenções antrópicas (formação de pastagens, estradas etc.). Desse modo, a classificação de paisagens dinâmicas e interativas parece ser mais adequada do que a classificação por tipos de vegetação para a gestão da propriedade.

O objetivo deste estudo foi, portanto, apresentar uma ferramenta que incorpora essas três técnicas simples e bem conhecidas de mapeamento de paisagens (retificação radiométrica, seleção de informação relevante por componentes principais em séries históricas e classificação orientada a objeto), ainda não aplicadas em fazendas do Pantanal. A ferramenta pode ser considerada uma metodologia de geração de um mapa espaço-temporal da paisagem relativo, em grande medida, à dinâmica hidrológica de fazendas pantaneiras. A metodologia fornece indicadores de áreas passíveis de uso intensivo para melhor subsidiar a definição de critérios de permissão de uso da terra. Dessa maneira, a metodologia aqui proposta contribui para uma melhor adequação ao novo Código Florestal Brasileiro (Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012) das fazendas no Pantanal. A metodologia proposta foi aplicada à Fazenda São Bento, na sub-região do Abobral.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo é a Fazenda São Bento (Figura 1), limitada ao norte pelo rio Abobral e ao sul pelo rio Miranda. Ela conta com 9,2 mil ha de extensão, dos quais 4,96 mil ha são de pastagem natural, 2,38 mil ha de pastagem de braquiária - *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick (syn. *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga) e 1,86 mil ha de reservas naturais. Informações sobre hidrologia, solo e cobertura vegetal dessa região estão disponíveis em Abreu et al. (2001), Bacani et al. (2006) e Ravaglia et al. (2010).

Seleção e processamento digital das imagens

O estudo foi feito com base no processamento e análise estatística de imagens (dados orbitais) históricas obtidas entre 1985 e 2011 com o aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Geográficas) do INPE (<http://www.dpi.inpe.br/spring/>). De modo a considerar a maior variabilidade possível na produção do mapa espaço-temporal, foi selecionado o maior número disponível de imagens históricas do Landsat-5 totalizando 26 datas (Tabela 1) livres de nuvens da órbita 226 e ponto 74 do satélite Landsat-5 (TM, *Thematic Mapper*, resolução espacial de 30 m e resolução radiométrica de 256 níveis de cinza). Foram utilizadas somente imagens entre junho e setembro (Tabela 1) que asseguram ausência de nuvens (dados espúrios) na análise estatística por componentes principais.

Evitou-se imagens do período chuvoso/cheia para se evitar influência demasiada da classe água livre na concentração da variabilidade de informação temporal nas primeiras componentes principais de cada banda. As imagens foram adquiridas no catálogo online do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As bandas espectrais 3 (0,63-0,69 μm), 4 (0,76-0,90 μm) e 5 (1,55-1,75 μm) foram selecionadas de modo a maximizar a separação espectral entre áreas de vegetação, solo e água.

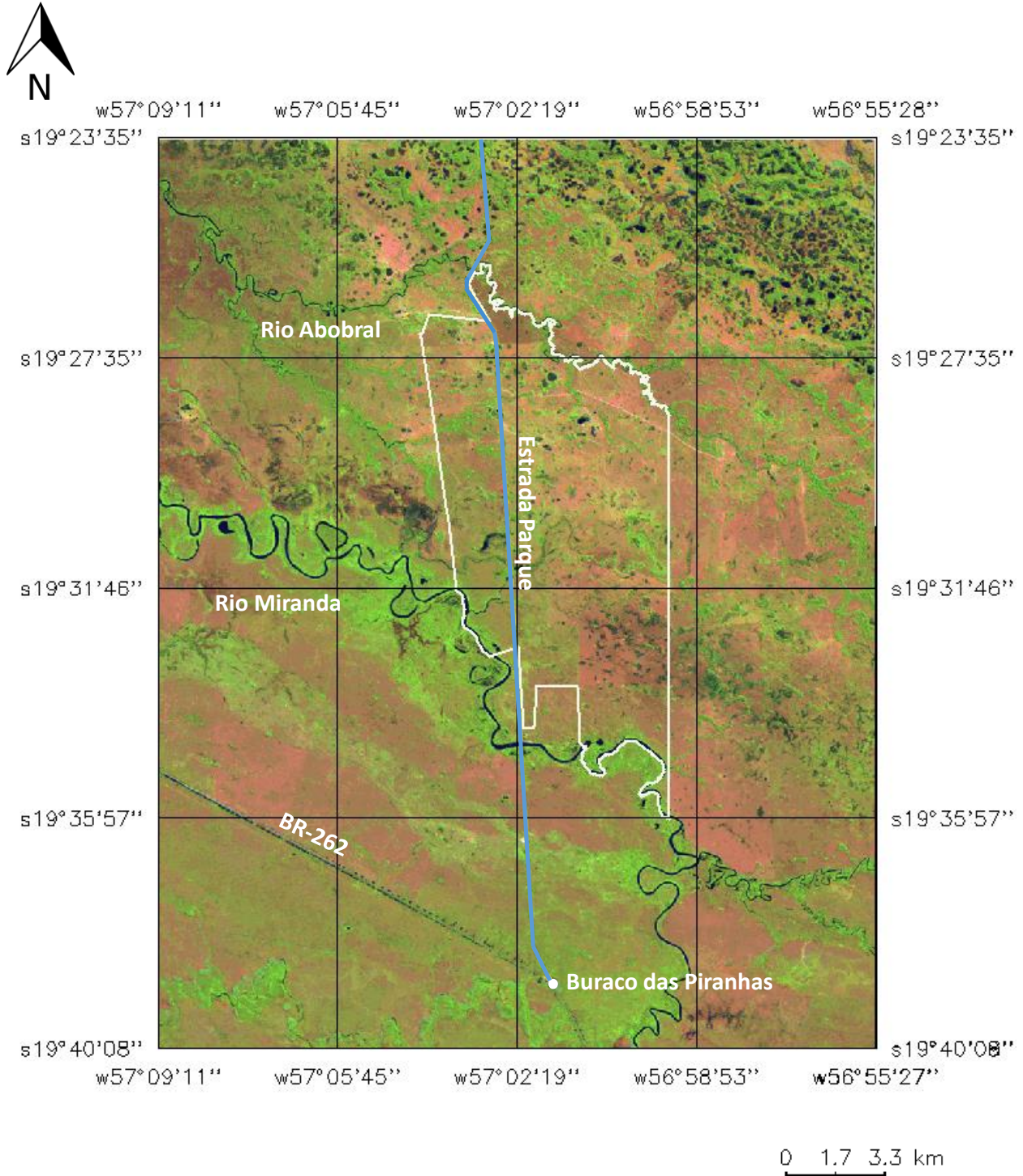


Figura 1. Composição colorida R5G4B3 do Landsat-5 sensor *Thematic Mapper* (órbita 226/ponto 74) obtida em agosto de 2011. O polígono delimita a área da Fazenda São Bento e a linha azul identifica a Estrada Parque (MS-228) a partir do 'Buraco das Piranhas' na BR-262.

Tabela 1. Data (mês e ano) das imagens TM/Landsat-5 (226/74) livres de nuvens selecionadas para o desenvolvimento da metodologia de mapeamento espaço-temporal.

| Mês | Anos |
|------------------|--|
| Junho (n = 3) | 1992 1995 2001 |
| Julho (n = 6) | 1988 1991 1994 1997 2004 2010 |
| Agosto (n = 13) | 1896 1987 1990 1993 1996 1998 1999 2000 2005 2006 2008 2009 2011 |
| Setembro (n = 4) | 1985 1989 2003 2007 |

Para realizar o processamento digital de imagens foi utilizado o aplicativo SPRING e IMPIMA versões 5.2.7. A projeção cartográfica adotada foi a UTM, Datum WGS 84 Zona 21. As imagens selecionadas em formato 'tif' foram convertidas em 'spg' no IMPIMA para realizar a retificação geométrica ou georreferenciamento. Após converter todas as imagens, utilizou-se uma imagem de nível de correção 1G de maio de 2006 do Landsat-5, Global Land Survey (GLS-Landsat, www.dgi.inpe.br/CDSR/) como referência, assumindo polinômio de segunda ordem e erro < 0,5 pixel. Após realizar o georreferenciamento, as imagens foram importadas para o banco de dados do SPRING.

Imagens obtidas em datas distintas por sensores ópticos apresentam distorções radiométricas devido às diferenças nas condições atmosféricas, de iluminação solar, umidade do solo, entre outros (HALL et al., 1991; POLIDÓRIO et al., 2005; SANTOS et al., 2010). Para minimizar tais influências e melhorar a comparação de momentos estatísticos entre imagens obtidas em datas diferentes é, portanto, altamente recomendável a retificação ou normalização radiométrica dos conjuntos de dados. Desse modo, a retificação radiométrica foi realizada no SPRING pelo método de uniformização de médias e variâncias (SANTOS et al., 2010). O método tem por finalidade igualar a média e a variância entre duas imagens (imagem de ajuste e imagem de referência) através de uma transformação linear. As bandas espectrais 3, 4 e 5 da imagem de agosto de 2011 (data mais recente do banco de dados) foram selecionadas como referência no processo de retificação. Após realizar a retificação, cada plano de informação foi recortado pelo polígono que representa os limites da área da fazenda, criando novos planos de informação com dados relevantes a serem processados.

Análise de componentes principais e mapeamento da paisagem

Após retificar radiometricamente e recortar as imagens, realizou-se no aplicativo SPRING a análise estatística por componentes principais de cada banda espectral individualmente ao longo do tempo (por exemplo, todas as datas da banda 3 somente). A análise envolve a rotação e a translação em um espaço multidimensional de atributos em um sistema de coordenadas da função de densidade de probabilidade, produzindo novas variáveis conhecidas por componentes principais ou eixos principais que são combinações lineares dos dados originais (várias datas numa mesma banda espectral). No novo sistema de eixos (ou componentes ortogonais rotacionais). A partir disso foram obtidos os valores de dados no primeiro componente (PC1), que correspondem à maior quantidade de informação espectral temporal útil (BANON, 1992; MENESES; ALMEIDA, 2012). Dessa maneira, foi produzida uma imagem de pixels que agregam a máxima variabilidade espaço-temporal do período estudado. Para a classificação digital orientada a objeto das categorias de paisagem foram usados os três PC1 obtidos para cada uma das bandas 3, 4 e 5 em imagem sintética falsa-cor. Foi usado o algoritmo de segmentação (classificação orientada a objeto) do SPRING para fragmentar as regiões do mapa em unidades homogêneas. O método utilizado foi 'crescimento de regiões' que rotula cada pixel e o relaciona a uma dada região. Dois parâmetros foram analisados para definir o grau de segmentação (tamanho dos polígonos ou segmentos). Um deles é o índice de similaridade baseado na distância euclidiana entre os valores médios dos níveis de cinza de cada região. O outro índice é a área representada pela área mínima a ser considerada em uma dada região em número de pixels (ALMEIDA FILHO; SHIMABUKURO, 2002; DLUGOSZ et al., 2009).

Depois de realizar vários testes de ajuste, adotou-se os valores limiares de similaridade igual a 8 números digitais e de área igual a 9 pixels (Figura 2). Foram selecionadas 15 amostras para cada classe definida com base nas paisagens identificadas na Figura 3 na classificação pixel-a-pixel supervisionada dos segmentos (método Bhattacharya), considerando um limiar de aceitação de 99,9%. O limiar de aceitação refere-se ao percentual utilizado para refinar a classificação a partir da rejeição de dados discrepantes, ou seja, com baixa probabilidade de pertencer ao conjunto desejado (CRUZ et al., 2009). Para produzir o mapa temático final com as categorias paisagens, utilizou-se a imagem classificada resultante, e executou-se a função "mapeamento de classes para imagem temático" no SPRING, mapeando as classes da imagem classificada para a categoria 'temático'. Ao executar esse procedimento, o SPRING gera um plano de informação com o mapa temático ou produto final com as classes identificadas. A classe estrada, em particular, foi editada a mão para melhor realçá-la. A validação de campo dos resultados do mapeamento foi realizada com fotografias digitais obtidas em março de 2015 das principais paisagens obtidas em trabalho de campo com GPS. Alguns desses pontos são mostrados na Figura 3 e a localização de cada um é mostrada na Figura 4.

As paisagens identificadas e mapeadas foram (ver também a Figura 3):

- 1) Mata ou mata de capão: porções mais elevadas no terreno onde se desenvolve vegetação arbóreo-arbustiva.
- 2) Campo não inundável: porções de vegetação herbácea não ou pouco influenciada pela cheia anual.
- 3) Campo inundável: porções de vegetação herbácea influenciada pela cheia anual.
- 4) Zona úmida: porções mais baixas do terreno com vegetação herbácea em alagados ou brejos.
- 5) Mata ciliar: porções elevadas no terreno com vegetação arbóreo/arbustiva ao longo de rios ou outros corpos d'água.

- 6) Planície de inundação fluvial: campos de vegetação herbáceo/arbustiva na área de influência rios ou outros corpos d'água.
- 7) Macrófitas aquáticas: porções de corpos d'água recobertos por vegetação aquática.

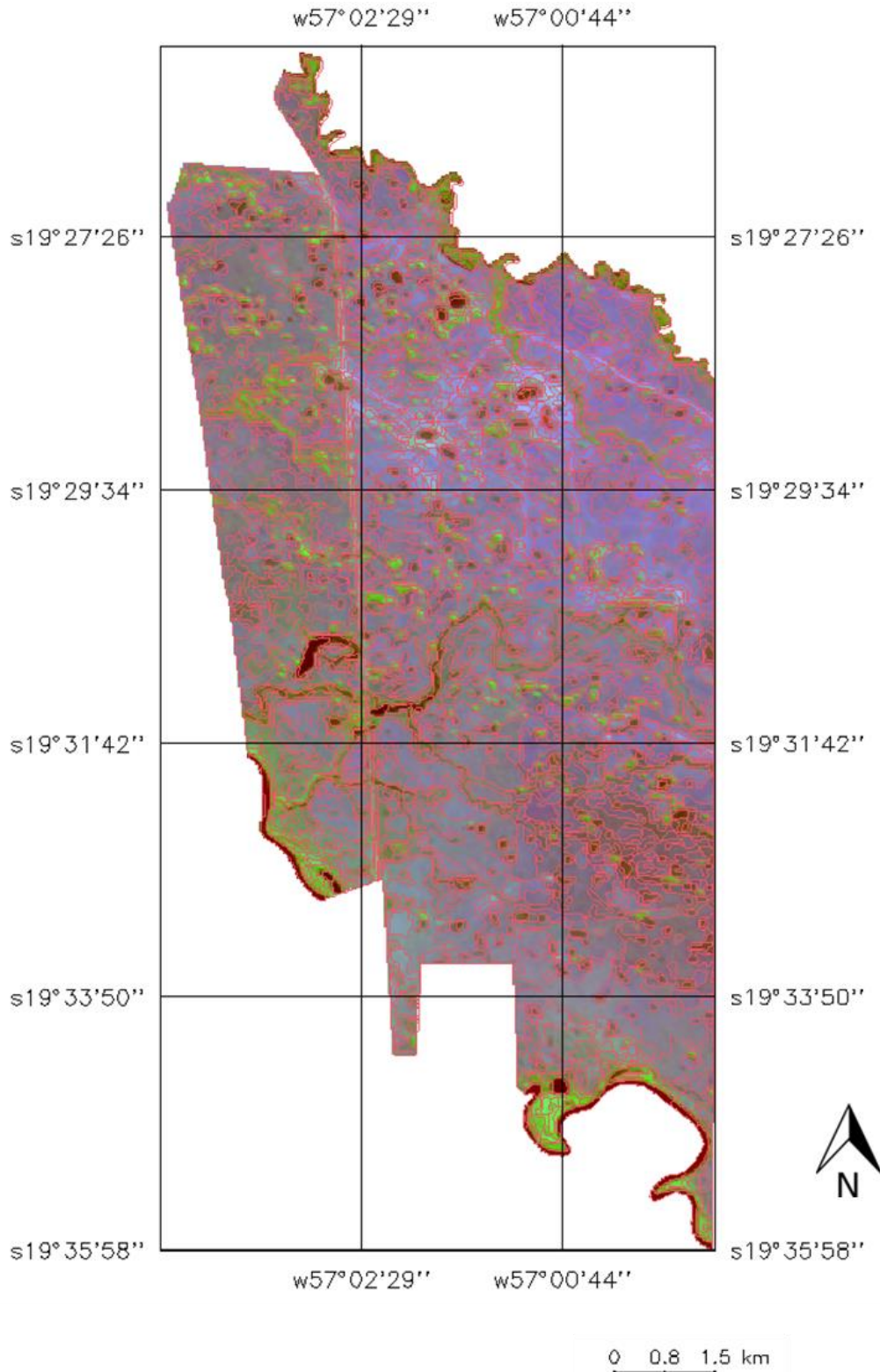
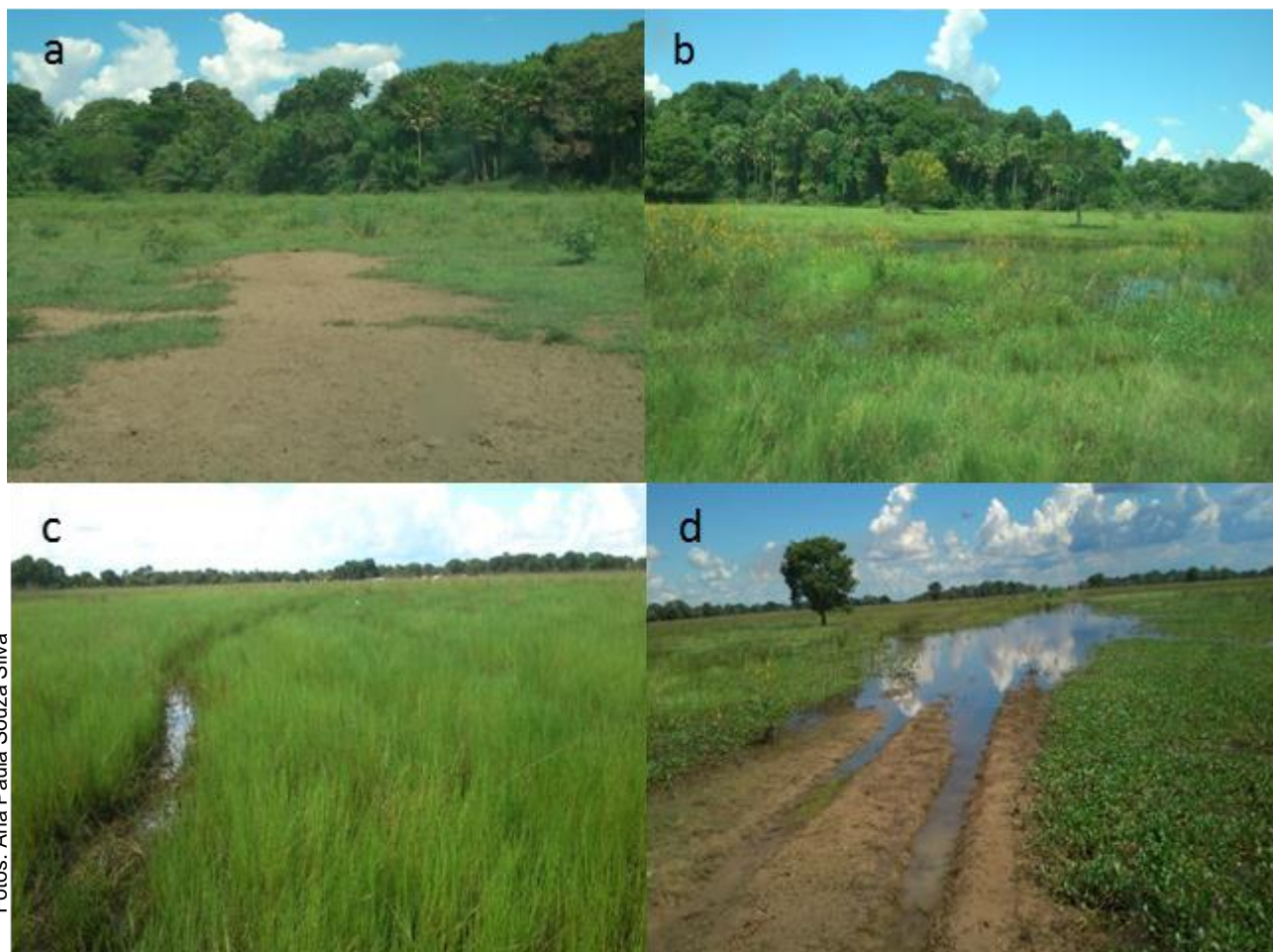


Figura 2. Composição colorida (sintética, falsa-cor) RGB segmentada (polígonos em vermelho) obtida pela combinação dos primeiros componentes principais para cada banda (PC1(banda 3) – R; PC1(banda 4) – G; PC1(banda 5) – B) e com índices de similaridade 8 e de área 9, utilizados para a classificação das paisagens da Fazenda São Bento.



Fotos: Ana Paula Souza Silva

Figura 3. Paisagens predominantes registradas em 17 de março de 2015 durante trabalho de campo na Fazenda São Bento: a) Campo não inundável e mata de capão ao fundo, b) Zona úmida (brejo) e mata de capão ao fundo, c) Campo inundável e mata ciliar ao fundo, d) Estrada, planície de inundação fluvial e mata ciliar ao fundo. A localização de cada foto é apresentada na Figura 4.

Resultados e Discussão

Estudos no Pantanal utilizando componentes principais são escassos. Foi encontrada uma referência (ALMEIDA et al., 2015) cujos autores adotaram essa técnica com imagens históricas do MODIS para estudar mudanças sazonais no Pantanal. Nosso estudo mostra que estes estudos podem ser também realizados com imagens históricas do Landsat livres de nuvens para mapeamentos da dinâmica da paisagem em fazendas de gado de corte na planície pantaneira. Como resultado da aplicação prática da proposta metodológica aqui apresentada, foi possível identificar e mapear oito classes distintas de paisagens espaço-temporais, cujas áreas relativas são: 24% de campo não inundável, 32,2% de campo inundável, 16,2% de planície de inundação fluvial, 9,9% de mata de capão ou mata ciliar, 6,3% de macrófitas aquáticas, 6,5% de zona úmida (brejos), 1,4% de água livre e 3,4% de estradas (incluindo a Estrada Parque Estadual) (Figura 4).

As zonas úmidas ou brejos e a água livre representam as menores áreas da fazenda. As áreas de brejo concentram-se especialmente na porção sudeste da Fazenda (Figura 4), sob influência do rio Miranda. Por sua vez, as áreas de água livre representam os rios e pequenos corpos d'água, frequentemente ausentes de macrófitas aquáticas. As Macrófitas aquáticas, por sua vez, compõem um mosaico de espécies flutuantes e emergentes (POTT; POTT, 2000).

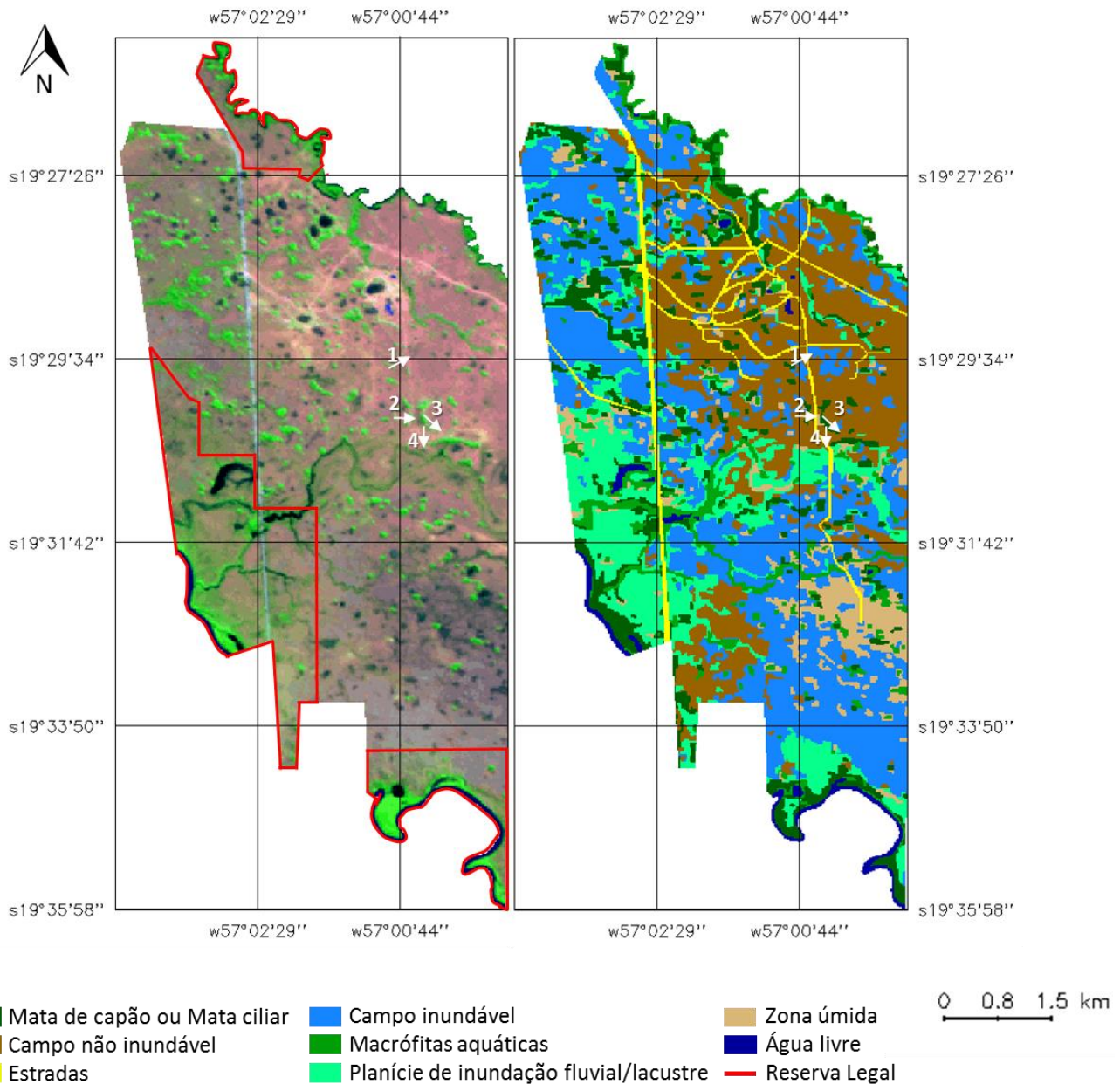


Figura 4. Composição colorida PC1-5R/PC1-4G/PC1-3B sintética (à esquerda) utilizada para o mapeamento das classes espaço-temporais (à direita) de acordo com o regime de inundação entre 1985 e 2011. Na composição colorida são mostradas as áreas de Reserva Legal da fazenda em vermelho (área de 1843 hectares ou 20% da área da fazenda). Os números de 1 a 4 indicam fotos (as setas indicam as direções de visada) obtidas em campo para a validação do mapeamento: 1) Campo inundável e Mata ciliar ao fundo (ver Figura 3c), 2) Zona úmida e Mata de capão ao fundo (ver Figura 3b), 3) Campo não inundável e Mata de capão ao fundo (ver Figura 3a) e 4) Estrada e Planície de inundação fluvial (ver Figura 3d).

As paisagens mais elevadas no terreno (9,9%) são as matas ciliares, com as espécies frequentes jenipapo (*Genipa americana* L.), cafezinho (*Guarea guidonia* (L.) Sleumer), almécega (*Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand), novateiro (*Triplaris americana* L.), tarumã (*Vitex cymosa*); e as matas de capão, compostas principalmente por espécies arbóreas/arbustivas de florestas estacionais decíduas e semidecíduas, com dominância da palmeira acuri (*Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.) e alta frequência das árvores angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), bálsamo (*Pterogyne nitens* Tul.), gonçalo (*Astronium fraxinifolium* Schott), guatambu (*Aspidosperma australe* Müll.Arg.), louro preto (*Cordia glabrata* (Mart.) A.DC.), moreira (*Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud.), piúva-do-campo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), e dos arbustos cabrito (*Rhamnidium elaeocarpum* Reissek) e taleira (*Celtis pubescens*) (DAMASCENO JUNIOR et al., 2009). A paisagem de mata de capão está distribuída em 'ilhas ou cordões' espalhadas por toda a fazenda. As matas ciliares situam-se ao longo dos rios Miranda e Abobral, e também ao longo de seus corixos. Interessante salientar que essas áreas de mata nativa na Fazenda São Bento têm permanecido visualmente inalteradas até pelo menos 2011. Se tivessem sido suprimidas em algum momento, a análise por componentes principais revelaria a mudança do uso da terra. Cabe salientar que a metodologia

utilizada não permite avaliar ou medir alterações em termos fitossociológicos nas florestas, na escala de comunidade. Para tanto, seria necessária uma avaliação *in loco* ao longo do tempo.

A paisagem campo inundável é a mais representativa da fazenda (32,2%), com dominância de espécies de gramíneas nativas como o capim-mimoso (*Axonopus purpusii* (Mez) Chase), mimosinho (*Reimarochloa brasiliensis* (Spreng.) Hitchc.), mimoso-vermelho (*Setaria geniculata* (Lam.) P. Beauv.), capim-fino (*Axonopus argentinus* Parodi), felpudo (*Paspalum plicatulum* Michx.), além dos capins vermelho (*Andropogon hypogynus* Hack.) e rabo-de-burro (*Andropogon bicornis* L.) nas partes mais elevadas destes campos. Esses campos são sazonalmente alagados a partir da planície de inundação fluvial que, por sua vez, é abastecida de água por corixos dos rios Miranda e Abobral, bem como por estes próprios rios na medida em que a cheia se desenvolve (ABREU et al., 2001).

Os campos não inundáveis (24%) constituem a segunda paisagem mais representativa e elevada para onde o gado é levado durante os períodos de enchente e cheia. Esses campos eram originalmente dominados por espécies de pastagens naturais como o capim-fino (*Axonopus argentinus*), capim-vermelho (*Andropogon hypogynus*), felpudo (*Paspalum plicatulum*), fura-bucho (*Paspalum lineare*), grama-do-cerrado (*Mesosetum chuseae* Luces) e rabo-de-burro (*Andropogon bicornis*). Essas pastagens foram substituídas pela gramínea exótica humidícola. Esta forrageira terrestre está adaptada a áreas úmidas e tem se desenvolvido bem na região, conferindo ganhos de produtividade, especialmente em categorias de bovinos mais sensíveis aos períodos de restrição alimentar durante a seca (ABREU et al., 2000). Moraes e Sampaio (2010) estimaram que propriedades com pastagens cultivadas possuem rentabilidade média por hectare 2,25 vezes superior à rentabilidade de propriedades sem pastagens cultivadas. Entretanto, os autores ressaltam garantir o equilíbrio entre benefícios econômicos e a conservação do meio ambiente. A vantagem da humidícola cultivada no sistema de cria e recria no Pantanal reside nos ganhos de produtividade. Essa espécie também reduz o risco de impactos ambientais por monocultivo, tendo em vista que a forrageira tende a restringir-se às áreas relativamente mais elevadas, cedendo lugar às espécies nativas hidrotolerantes nos campos inundáveis (BAO et al., 2014; POTT; SILVA, 2015). Vale ressaltar que a formação desta gramínea ocorre usualmente em áreas com substituição de pastagens nativas, não sendo necessária a supressão de matas.

O Art. 10 da Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (BRASIL, 2012), define em particular que “*Nos pantanais e planícies pantaneiras, é permitida a exploração ecologicamente sustentável, devendo-se considerar as recomendações técnicas dos órgãos oficiais de pesquisa, ficando novas supressões de vegetação nativa para uso alternativo do solo condicionadas à autorização do órgão estadual do meio ambiente, com base nas recomendações mencionadas neste artigo.*”

No caso específico da Fazenda São Bento, percebe-se que a área de maior interesse para a substituição de espécies de pastagem nativa por espécies de pastagem exótica, mais produtivas, são aquelas que ocupam os terrenos mais elevados, áreas de campo não inundáveis, e que representam 24% da área da fazenda. Durante cheias anuais normais, não extraordinárias, é possível acomodar maior número de cabeças nessas partes elevadas se a produtividade da pastagem for otimizada.

A taxa de lotação é um dos principais indicadores de eficiência no uso da terra. O ajuste entre o número de unidade animais (UA) por hectare, face as dinâmicas ambientais do Pantanal, faz com que a taxa de lotação sofra contínuos ajustes conforme a oferta das pastagens. Nas pastagens nativas, o processo de manejo tende a ser mais dinâmico (SANTOS et al., 2008). Em pastagens cultivadas, há oferta mais constante, podendo elevar a taxa de lotação para 0,8 UA por hectare (COMASTRI FILHO, 1997). Durante o período de vazante e de seca, o gado pode ser melhor distribuído na fazenda, usando as partes mais elevadas com pastagem exótica e as partes baixas com pastagens nativas, as quais juntas representam 72,4% da área total da fazenda. Além disso, o emprego de novos insumos tecnológicos, como a IATF e a desmama precoce (100 dias), proporcionaram o aumento das taxas de prenhes da fazenda (NOGUEIRA et al., 2013, 2015; OLIVEIRA et al., 2014). A suplementação direcionada às categorias mais exigentes, como primíparas, com suplementação em blocos facilita o manejo de suplementação e diminui as perdas. Assim, essas técnicas possibilitam um aumento da produtividade do sistema e a metodologia aqui desenvolvida, com base na análise da dinâmica espaço-temporal da paisagem, permite identificar e mapear as áreas mais propícias a usos mais intensivos em fazendas da região, auxiliando o manejo considerando os três pilares da sustentabilidade.

O manejo do gado com base na dinâmica espaço-temporal hidrológica tem afinidade com os sistemas produtivos ‘Land Sharing’ (ACTON, 2014). Já os sistemas de produção agropecuária vigentes são os do tipo ‘Land Sparing’, cuja essência é o isolamento total de Áreas de Preservação Permanente (APP) ou de Reserva Legal (RL) e Áreas de Uso Restrito (AUR) com supressão parcial da vegetação nativa.

O ‘Land Sharing’ envolve um sistema de produção com baixa intensidade, em um mosaico de áreas de uso alternativo do solo em meio a áreas naturais (APP ou ARL ou AUR), ao invés de manter as áreas de produção separadas das áreas de preservação. Dependendo do caso, o sistema ‘Land Sharing’ mostra-se mais efetivo para a conservação da biodiversidade em relação ao ‘Land Sparing’ (PHALAN et al., 2011). Isso porque a maioria das espécies evoluiu para ocupar um nicho ecológico específico e esse sistema beneficia as espécies mais especialistas (ACTON, 2014), uma vez que proporciona uma maior diversidade da paisagem. A possibilidade do

'Land Sharing' associada com 'Land Sparing' no Pantanal (Capítulo III, Art. 10 da Lei n.º 12.651 – BRASIL, 2012), por meio do mapeamento espaço-temporal das paisagens, pode ser mais interessante no caso pantaneiro. Isso porque permite a análise da dinâmica espaço-temporal das fazendas, levando em conta os pulsos de inundação anuais e plurianuais. Dessa maneira, é possível realizar a gestão da paisagem da fazenda com base na proporção das classes mapeadas em função do ciclo hidrológico e identificar, assim, as áreas melhores e mais estratégias para uma eventual intensificação da produção. Esta ferramenta de gestão de paisagens permite conservar e preservar praticamente todas as paisagens, exceto as áreas de campos mais elevadas que podem ser direcionadas para a intensificação.

Em especial, nesse estudo de caso, a porcentagem de área de uso alternativo do solo é baixa (24%) em relação a área total da fazenda. Dessa maneira, a integridade dos processos ecológicos em toda a fazenda é naturalmente mantida, especialmente porque a forrageira exótica humidícola tem baixo risco de colonização de áreas mais frequentemente inundadas por não tolerar esses ambientes (BAO et al., 2014). Contudo, é preciso manter um percentual de pastagens nativas também nas áreas de campo mais elevadas para a forragem do 'pool' de herbívoros e para o rebanho de equinos (se houver) no período de cheia. A alimentação de equinos apenas com a humidícola pode levar à uma deficiência de cálcio e consequente desbalanço na relação Ca:P devido aos altos níveis de oxalato de cálcio, que indisponibilizam o cálcio dietético, levando a osteodistrofia fibrosa ou "doença da cara inchada" (NUNES et al., 1990).

A abordagem 'Land Sharing' associada com 'Land Sparing' de certa forma se distingue ou complementa a abordagem de fixação de valores percentuais de paisagens, conforme proposto no novo Código Florestal (BRASIL, 2012) e na Nota Técnica da Embrapa Pantanal (EMBRAPA PANTANAL, 2014). A nota sugere limites fixos para a substituição (por supressão da vegetação natural) de paisagens nativas no Pantanal visando conservar a sustentabilidade ecológica da região:

- 35% dos cerrados
- 36% das florestas
- 45% dos campos não inundáveis
- 45% dos campos inundáveis*

*quando estes apresentarem alta cobertura do solo por espécies de capins pouco palatáveis, como, por exemplo, o capim-vermelho.

Mais recentemente, foi publicado o Decreto Estadual Nº 14.273, de 8 de outubro de 2015 (MATO GROSSO DO SUL, 2015). O Decreto considerou o estudo "Exploração ecologicamente sustentável do bioma Pantanal: uma análise econômica e social" realizada pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). O seu Art. 9 aponta que será considerada Reserva Legal 20% da área das propriedades que estiverem dentro da planície, ao passo que o Art. 14 define critérios e limites para a substituição de paisagens nativas no Pantanal. A supressão poderá ocorrer somente com autorização do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (Imasul) e deverá ser considerada a relevância ecológica das espécies, de modo a conservar a sustentabilidade ecológica da região, de acordo com a Nota Técnica da Embrapa Pantanal (EMBRAPA PANTANAL, 2014). Considerando também o estudo do CEPEA, o Art. 14, § 1º, incisos I e II limitou a supressão da vegetação nativa em 50% para as formações de cerrado e de florestas (matas) e 60% para as formações campestres.

Note, contudo, que há um problema com a fixação de valores rígidos para supressão da vegetação para uso alternativo do solo no Pantanal. Cada fazenda pantaneira tem suas peculiaridades em termos de dinâmica de inundação espaço-temporal e, em especial, a diversidade de paisagens. Por exemplo, a relação entre pastagens mais elevadas e o total de pastagens disponíveis e/ou de matas. Nesse sentido, seria interessante se as proporções relativas das paisagens pudessem também ser observadas com base na utilização de análise de mapas espaço-temporais, similares ao apresentado na Figura 4. Assim, seria possível definir, caso a caso, o grau de intensificação (porcentagem de supressão da vegetação nativa com espécies exóticas e insumos) em função da distribuição espaço-temporal relativa das paisagens disponíveis no estabelecimento rural. Como exemplo, no caso da Fazenda São Bento, a proporção entre pastagens não inundáveis (com humidícola) e o total de pastagens disponíveis é de 33% (2211 hectares sobre 6670 hectares). É de conhecimento tradicional que uma boa fazenda no Pantanal abriga mil reses por légua de campo (uma rês a cada 3,6 hectares). Desse modo, assumindo-se um valor aproximado de 0,28 UA/ha para pastagens nativas, a Fazenda São Bento sem intensificação e com pastejo restrito às áreas de campos nativos tem o potencial de suportar pelo menos aproximadamente $6670 \times 0,28 = 1868$ UA.

Assumindo-se um valor conservador de 0,58 UA/ha, menor que o valor sugerido por Comastri Filho (1997), a introdução de pastagem exótica nos campos não inundáveis pode elevar a taxa de lotação, de maneira que o rebanho praticamente dobra para quase 4 mil UA (Tabela 2). Portanto, essa ferramenta permite localizar onde estão, quanto e quais são as áreas mais adequadas para uso alternativo do solo, no caso para a pecuária, na

propriedade. Com isso é possível estimar com maior precisão a capacidade suporte da fazenda para a produção e manejar o gado de maneira mais adequada nas épocas de seca e cheia. Nesse exemplo, a área formada na Fazenda São Bento para esse fim foi de 33%, porcentagem bastante inferior ao limite permitido pelo Decreto Estadual nº 14.273 (60% para as formações campestres), bem como ao limite recomendado pela Nota Técnica da Embrapa em 2014 (45% de campos inundáveis e não inundáveis). Isso sem contar que a fazenda não utiliza as áreas de floresta diretamente para a pecuária (formação de pastagem), muito embora possa realizar seu manejo para uso da madeira em postes, cercas e outras utilidades.

Tabela 2. Estimativa da taxa de lotação com e sem forrageiras exóticas nas áreas de pastagens não inundáveis.

| Fazenda São Bento | Disponibilidade | Com introdução de espécie exótica nas pastagens não inundáveis | | Sem introdução de espécie exótica nas pastagens não inundáveis | |
|--|-----------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
| | Área (ha) | Rebanho | Taxa de lotação (UA/ha) | Rebanho | Taxa de lotação (UA/ha) |
| Total da fazenda | 9205 | 3869 | | 1868 | |
| Total de pastagens (campo inundável + campo não inundável + planície de inundação fluvial) | 6670 (72,5%) | | 0,58 | | 0,28 |
| Pastagens não inundáveis | 2211 (24,0%) | | 1,75 | | 0,84 |
| Pastagens inundáveis* | 4459 (48,4%) | | 0,87 | | 0,42 |

* Inclui a área de Reserva Legal (ver Figura 4).

A intensificação parcial não compromete a provisão de serviços ambientais da propriedade como um todo. Diferentemente do 'Land Sparing' exclusivo, por valores fixos para qualquer propriedade, a abordagem 'Land Sharing' combinada a 'Land Sparing' permite manter a integridade das paisagens espaço-temporais mapeadas para sistemas agropecuários 'smart-conservation' que integram as duas abordagens em florestas tropicais. Isso é válido exceto para as pastagens não inundáveis (Figura 4) que são manejadas (supressão da vegetação campestre nativa com plantio de humidícola) em favor de ganhos de eficiência de produção de gado da fazenda. A abordagem 'Land Sharing' combinada a 'Land Sparing' e aliada a novos insumos como a IATF, a suplementação alimentar (Nogueira et al., 2011) e a desmama precoce (OLIVEIRA et al., 2014) pode tornar as fazendas pantaneiras economicamente mais rentáveis. Isso sem a necessidade de supressão da vegetação das áreas de mata de capão ou mata ou da substituição da totalidade de pastagens nativas por exóticas, podendo manter a provisão dos serviços ecológicos fornecidos (GRISCOM; GOODMAN, 2015) e a diversidade de paisagens na propriedade rural requisitadas na Lei n.º 12.651 (BRASIL, 2012) que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa em substituição ao antigo Código Florestal.

A substituição ou supressão de paisagens de água aberta, zonas úmidas, macrófitas aquáticas e mata de capão ou ciliares (florestas) não é recomendável, considerando que estes ambientes provêm serviços ecológicos relevantes (e de interesse social, coletivo) como regulação térmica local e planetária, regulação hídrica, sequestro de carbono, e criação de áreas de refúgio e conectividade da fauna silvestre adaptada ao pulso de inundação.

Segundo o Art. 9 do Decreto Estadual n.º 14.273 de 8 de outubro de 2015 (MATO GROSSO DO SUL, 2015): "Na Área de Uso Restrito da planície inundável do Pantanal, a escolha das áreas de Reserva Legal deverá levar em conta a possibilidade de contemplar, preferencialmente, as áreas de vegetação nativa de porte arbóreo, em detrimento das áreas de campo nativo." Ainda de acordo com o Art. 9 do Decreto supracitado, o § 2º esclarece que é permitido o pastoreio extensivo pelo gado nas áreas de Reserva Legal, exclusivamente, sob os seguintes critérios:

I - se a Reserva Legal não se restringir apenas a áreas florestais ou de vegetação nativa de porte arbóreo, e possuir em seu interior áreas de pastagens nativas;

II - se o uso pecuário for efetuado de forma a reduzir a biomassa vegetal, e, conseqüentemente, o risco de incêndios florestais;

III - se o uso pecuário não descaracterizar a cobertura vegetal e não prejudicar a conservação da vegetação nativa da área de Reserva Legal;

IV - se o uso pecuário não comprometer a manutenção da diversidade de espécies e a resiliência da Reserva Legal."

Portanto, parte dos ambientes de mata, mesmo de Reserva Legal, pode ser manejada por meio de 'Land Sharing' silvo-pastoris ou silvo-agrícolas, incluindo, por exemplo, a produção de mel (REIS, 2003). Tais manejos buscariam o mínimo de impacto sobre os serviços ecológicos da paisagem natural, incrementando e diversificando a produção para auferir ganhos de rentabilidade e sustentabilidade socioeconômica.

A legislação estadual atual por meio do Decreto n.º 14.273 de 8 de outubro de 2015 permite, assim, conciliar 'Land Sharing' e 'Land Sparing', que considera intrinsecamente o conceito de *excedente ecossistêmico*, definido em Bergier e Salis (2011). Tal definição considera que um recurso da natureza pode ser removido do sistema natural e utilizado em um sistema produtivo humano sem prejuízo à dinâmica do ecossistema do qual faz parte (BERGIER; SALIS, 2011).

Assim, essa metodologia de análise e classificação espaço-temporal de paisagens tem aplicação múltipla para a gestão de fazendas pantaneiras. Em linhas gerais, a metodologia permite:

- Auxiliar a definição de áreas de amostragem de parâmetros ambientais de solo, água, gases biogênicos e biota para avaliar serviços ecológicos da fazenda.
- Melhor definir áreas de plantio de forrageiras exóticas não-hidrotolerantes, como a humidícola, para ganhos de produtividade.
- Auxiliar a definição de áreas de pastejo ao longo do ano, otimizando a estratégia de trabalho com o gado em função das cheias e do tipo de pastagem disponível.
- Identificar mudanças na cobertura de matas ciliares ou de capões na escala da paisagem.
- Oferecer subsídios para adequações à Lei n.º 12.651 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, em especial às Áreas de Uso Restrito e ao Cadastro Ambiental Rural (CAR), no que tange às propriedades localizadas na planície pantaneira.

Conclusões

A metodologia de mapeamento de paisagens por técnicas bem conhecidas de processamento digital com retificações geométrica e radiométrica, análise por componentes principais de imagens históricas e classificação orientada a objeto se mostrou uma ferramenta muito útil na compreensão da dinâmica espaço-temporal em fazendas pantaneiras. A técnica aplicada a imagens históricas do TM/Landsat, ou de outros sensores de melhor resolução espacial, permite produzir mapas espaço-temporais de classes de paisagens de fazendas pantaneiras para estudar e melhor orientar estratégias de manejo do pastejo do gado, identificar mudanças nas áreas de florestas, bem como produzir indicadores das áreas mais adequadas de uso alternativo do solo, passíveis de uso mais intensivo.

A ferramenta metodológica permite uma melhor gestão da paisagem de fazendas alagáveis, e pode subsidiar os produtores na adoção da Lei n.º 12.651 e do Cadastro Ambiental Rural, adequando-o à realidade dinâmica e diferenciada das fazendas pantaneiras.

Agradecimentos

Ao analista Luiz Alberto Pellegrin, por todo suporte com as imagens; e ao projeto da Embrapa MP2 02.13.14.011.00 "Inovações para a cria no Pantanal e no Cerrado, visando à produção de novilho precoce", pelo apoio concedido.

Referências

- ABREU, U. G. P.; CHALITA, L.V. A. S.; MORAES, A. S.; LOURERO, J. M. F. **Introdução de Tecnologias no Sistema de produção de Bovino de Corte no Pantanal, Sub-Região da Nhecolândia, MS**. Corumbá: Embrapa, 2000. 37p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 25).
- ABREU, U. G. P.; MORAES, A. S.; SEIDL, A. F. **Tecnologias Apropriadas para o Desenvolvimento Sustentado da Bovinocultura de Corte no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001. 31p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 24).
- ABREU, U.P.G.; OLIVEIRA, L. O. F.; NOGUEIRA, E.; BATISTA, D. S. N.; MENDES, E. D. M. Analysis of early weaning in the weight performance of cow-calf in the Pantanal of Mato Grosso do Sul. In: ANNUAL MEETING BRAZILIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 50., 2013, Campinas. **The integration of knowledge in animal production**: abstracts. Campinas: SBZ, 2013. 1CD-ROM.

- ACTON, J. **Land sharing vs land sparing**: can we feed the world without destroying it? The Royal Society, 2014. Disponível em: <<http://blogs.royalsociety.org/in-verba/2014/12/03/land-sharing-vs-land-sparing-can-we-feed-the-world-without-destroying-it/>>. Acesso em: 09 out. 2015.
- ALMEIDA FILHO, R.; SHIMABUKURO Y. E. Digital processing of a Landsat-TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold miners, Roraima State, Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v.79, p.42–50, 2002.
- ALMEIDA, T. I. R.; PENATTI, N. C.; FERREIRA, L. G.; ARANTES, A. E.; AMARAL, C. H. Principal component analysis applied to a time series of MODIS images: the spatio-temporal variability of the Pantanal wetland, Brazil. **Wetlands Ecology and Management**, v. 23, n. 4, p. 737-748, 2015.
- BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; QUENOL, H. Mapeamento da cobertura vegetal e o uso do solo no Pantanal da Baixa Nhecolândia: um estudo comparativo entre os anos de 1987 e 2004. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2006, Campo Grande. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2006. p.302-311.
- BAILEY, J. C.; TEDESCHI, L. O.; MENDES, E. D.; SAWYER, J. E.; CARTENS, G. E. Technical note: evaluation bimodal distribution models to determine meal criterion in heifers fed a high-grain diet. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 8, p. 2750-2753, 2015.
- BANON, G. J. F. **Análise por Principais Componentes**. In: Curso Internacional de Sensoriamento Remoto, 4., INPE: São José dos Campos, p. 14, 1992.
- BAO, F.; POTT, A.; FERREIRA, F.A.; ARRUDA, R. Soil seed bank of floodable native and cultivated grassland in the Pantanal wetland: effects of flood gradient, season and species invasion. **Brazilian Journal of Botany**, v.34, n.5, 2014
- BERGIER, I. Effects of Highland Land-Use Over Lowlands of the Brazilian Pantanal. **Science of the Total Environment**, v. 463, p.1060-1066, 2013.
- BERGIER, I.; RESENDE, E. K. de. Dinâmica de cheias no Pantanal do rio Paraguai de 1900 a 2009. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3., 2010, Cáceres. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2010. p. 35-43. Geopantanal 2010.
- BERGIER, I. SALIS, S. M. **Excedente ecossistêmico e renovabilidade dos sistemas de produção em áreas úmidas**. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 2011. 11p (Embrapa Pantanal. Documentos, 114).
- BRASIL. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 149, n. 102, p.1-8, 28 maio 2012. Seção 1. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/05/2012&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=168>>. Acesso em: 20 out. 2015.
- BRITTO, M. C.; FERREIRA, C. C. M. Paisagem e as diferentes abordagens geográficas. **Revista de Geografia**, v.2, p.1-10, 2011.
- COMASTRI FILHO, J. A. **Pastagens nativas e cultivadas no Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: EMBRAPA-UEPAE Corumbá, 1984. 48p. (EMBRAPA-UEPAE Corumbá. Circular Técnica, 13).
- COMASTRI FILHO, J. A. Pastagens cultivadas. In: CATTO, J. B.; SERENO, J. R. B.; COMASTRI FILHO, J. A. (Org.). **Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1997. p. 21-47.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasílica**. v.20, n.1, p.13-23, 2006.
- CRUZ, Z. Q.; SILVEIRA, J. C.; RIBEIRO, G. P. Ensaios de segmentação e classificação digital de uma Unidade de Conservação com Imagens CBERS utilizando o Sistema SPRING. Estudo de Caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, 2009. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p.6853-6860.
- DAMASCENO JÚNIOR, G. A.; POTT, A.; POTT, V. J. Florestas estacionais no Pantanal: considerações florísticas e subsídios para conservação. In: Simpósio sobre Geotecnologias no Pantanal, 2. Corumbá, 2009. **Anais...** Campinas: Embrapa. CD-ROM.
- DLUGOSZ, F. L.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. Índice para a avaliação de segmentação de imagens. **Floresta**, Curitiba, v.39, n.1, p.131-143, 2009.

- EMBRAPA PANTANAL. **Nota técnica**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354999/1529097/Nota+T%C3%A9cnica+CAR+MS+Embrapa+Pantanal_agosto+2014.pdf/cc757107-32ae-4a73-ad83-acebf7b413b0>. Acesso em: 20 out. 2015.
- GALDINO, S. Hidrologia do Pantanal. In: ROESE, A. D.; CURADO, F. F. (Ed.). **Contribuições para a educação ambiental no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 43-45.
- GRISCOM, B. W.; GOODMAN, R. C. Reframing the Sharing VS Sparing Debate for Tropical Forestry Landscapes. **Journal of Tropical Forest Science**, v.27, n.2, p.145-147, 2015.
- HALL, F. G.; STREHEL, D. E.; NICKESON, J. E.; GOETZ S. J. Radiometric rectification: Toward a common radiometric response among multirate multisensor images. **Remote Sensing Environment**, v.35, p.11-27, 1991.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 23 mar. 2016.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. **Journal of Fishers and Aquatic**, v.106, p.110-127, 1989.
- MANUAL técnico da vegetação brasileira. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 274 p. Acompanha CD-ROM. (Manuais técnicos em geociências, n. 1).
- MATO GROSSO DO SUL (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômicos. Decreto nº 14.273, de 8 de outubro de 2015. Dispõe sobre a Área de Uso Restrito da planície inundável do Pantanal, no Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul**. Poder Executivo, Campo Grande, MS, v. 37, n. 9.022, p. 4-6, 9 out. 2015. Disponível em: <<http://www.spdo.ms.gov.br/diariodoe/Index/Download/42219>>. Acesso em: 20 out. 2015.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. CNPq: Brasília, 2012. 266 p. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 20 out. 2015.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Revista Biota Neotropica**. v.1, p.1-9, 2001.
- MORAES, A. S.; SAMPAIO, Y. S. B. Rentabilidade da pecuária tradicional do Pantanal para fazendas com e sem pastagens cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5., 2010, Corumbá. **Anais...** Corumbá Embrapa, 2010. 4p.
- NOGUEIRA, E.; ABREU, U. G. P.; OLIVEIRA, L. O. F.; BORGES, J. C. Desmama precoce: benefícios e resultados. In: ENCONTRO DOS ENCONTROS DA SCOT CONSULTORIA, 2., 2015, Ribeirão Preto. **Anais...** São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2015. p. 209-220.
- NOGUEIRA, E.; OLIVEIRA, L. O. F. de; ABREU, U. G. P. de; PETZOLD, H. V.; BATISTA, D. S. do N.; MENDES, E. D. M. Efeito da suplementação em "creep-feeding" sobre o desempenho de bezerros em pastagens nativas no Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 6.; EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO PANTANAL, 1., 2013, Corumbá, MS. **Desafios e soluções para o Pantanal**: resumos. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2013.
- NOGUEIRA, E.; SILVA, A. S.; DIAS, A. M.; ITAVO, L. C. V.; BATISTOTE, E. **Taxa de prenhez de vacas Nelore submetidas a protocolos de IATF no Pantanal de MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011. 6 p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 97). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT97.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2015.
- NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J. A preliminary classification of habitats of the Pantanal of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, and its relation to national and international wetland classification systems. In: JUNK, W. J.; SILVA, C. J.; NUNES DA CUNHA, C.; WANTZEN, K.M. (Ed). **The Pantanal**: ecology, biodiversity and sustainable management of a large Neotropical seasonal wetland. Sofia: Pensoft Publishers, 2010. p.127-142.
- NUNES, S. G.; SILVA, J. M.; SCHENK, J. A. P. **Problemas com Cavalos em Pastagens de Humidícola**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPq, 1990, p.1-4. (EMBRAPA-CNPq. Comunicado Técnico, 37).
- OLIVEIRA, L. O. F. de; ABREU, U. G. P.; NOGUEIRA, E.; BATISTA, D. S. N.; SILVA, J. C. B.; JÚNIOR, C. S. **Desmama Precoce no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2014. 20p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 127).
- PHALAN, B.; ONIAL, M.; BALMFORD, A.; GREEN, R. E. Reconciling Food Production and Biodiversity Conservation. **Land Sharing and Land Sparing Compared Science**, v.333, 1289-1291, 2011.
- POLIDORIO, A. M.; FRANCO, C.; IMAI, N. N.; TOMMASELLI, A. M. G.; GALO, M. L. B. T. Correção radiométrica de imagens multiespectrais CBERS e Landsat ETM usando atributos de reflectância e de cor. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 4241-4248.

- POTT A.; SILVA, J.S.V. Terrestrial and aquatic vegetation diversity of the Pantanal wetland. **Environmental Chemistry**, 1ed. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, v.1, p.1-21, 2015.
- POTT, V. J.; POTT, A. **Distribuição de Macrófitas Aquáticas no Pantanal**. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 3., 2000, Corumbá. Os Desafios do Novo Milênio, Corumbá-MS, 2000. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/agencia/congresso/Bioticos/POTT-003.pdf>> Acesso em: 09 out. 2015.
- PRADO, A.L.; HECKMAN, C.W.; MARTINS, F.R. The seasonal succession of biotic communities in wetlands of the tropical wetland-dry climatic zone: II. The aquatic macrophyte vegetation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Revue der Gessamten Hydrobiologic**, v.79, n.4, p.569-589, 1994.
- PRANCE, G.T.; SCHALLER, G.B. Preliminary study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Brittonia**, v. 34, n.2, p. 228–251, 1982.
- POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v.365, p. 2959-2971, 2010.
- RAVAGLIA, A. G.; SANTOS, S. A.; PELLEGRIN, L. A.; RODELA, L. G.; SILVA, L. C. F. **Classificação preliminar das paisagens da sub-região do Abobral, Pantanal, usando imagens de satélite**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010. 5p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 82).
- REIS, V. D. A. **Mel orgânico: oportunidades e desafios para a apicultura no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 26p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 59).
- RESENDE, E. K. **Pulso de inundação: processo ecológico essencial à vida no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 17 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 94).
- RESENDE, E. K.; GALDINO, S. **O Pantanal está secando?** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001. 2p. (Embrapa Pantanal. Artigo de Divulgação na Mídia, 6).
- RODELA, L. G.; SANTOS, S. A. S.; PELLEGRIN, L. A.; RAVAGLIA, A.; MAZIN, V.; QUEIROZ NETO, J. P. de. **Mapeamento de unidades de paisagem em nível de fazenda, Pantanal da Nhecolândia**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 24 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 83).
- SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2: passo a passo – aplicações práticas**. CCA-UFES: Gráfica F&M, 2010. p. 153. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/spring5x.htm>>. Acesso em: 8 mai. 2015.
- SANTOS, S. A.; DESBIEZ, A.; ABREU, U. G. P.; RODELA, L. G.; COMASTRI FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. A. **Guia de estimativa da taxa de lotação e pressão de pastejo em pastagens nativas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 26p. (Embrapa Pantanal. Folheto, 19).
- TOMÁS, W. M.; MOURÃO, G. de M.; CAMPOS, Z. M. da S.; SALIS, S. M. de; SANTOS, S. A. **Intervenções humanas na paisagem e nos habitats do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 58 p.
- VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. **Acta Amazônica**, v.34, n. 3, p. 487-493, 2004.



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

