

Avaliação temporal de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Goiás: análise da paisagem e qualidade ambiental.

Daniela de Lima^{1*} (PG) aporau@gmail.com, Samantha Salomão Caramori² (PQ), Manuel Eduardo Ferreira³ (PQ)

1. Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais do Cerrado, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas, BR 153, número 3105, CP 459, Anápolis, Goiás.
2. Laboratório de Biotecnologia, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas, BR 153, número 3105, CP 459, Anápolis, Goiás.
3. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, Universidade Federal de Goiás, Campus II Samambaia, CP 131, Goiânia, Goiás.

Resumo: Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e seus derivados são atualmente uma alternativa muito utilizada para a melhoria da qualidade ambiental nas regiões onde são implantadas. Proprietários rurais das regiões que comportam o bioma Cerrado vêm aderindo à utilização de tais técnicas em seus domínios, havendo diversos estudos sobre o comportamento do solo que sustentam essa modalidade agropecuária. A paisagem é uma das composições mais atingidas pelas modificações promovidas pela atividade agropecuária. Assim, com o uso de técnicas de sensoriamento remoto, o presente estudo tem como base a avaliação de três sistemas de ILPF localizados em Cerrado goiano, demonstrando as implicações paisagísticas que o sistema oferece comparativamente às áreas de seu entorno através de um buffer de 10km em um recorte temporal de 10 anos (2006/2016). Observar os tipos de influências geradas pelos sistemas agrossilvipastoris na paisagem em relação ao seu entorno é o objeto chave deste trabalho, que parte do princípio de que áreas ocupadas por sistemas de integração agrossilvipastoris são ambientalmente mais adequadas que aquelas que utilizam agricultura tradicional.

Palavras-chave: Cerrado. ILPF. Geoprocessamento. SIG. Paisagem

Introdução

O Ecossistema de savana mais rico do mundo encontra-se na América do Sul, mais precisamente no Brasil, na região conhecida como Cerrado. Tal fato se deve, em geral, ao elevado grau de endemismo das espécies de flora e fauna que habitam este ambiente (cerca de 40%), potencializadas por um sistema de solos, clima, hidrografia e relevo bastante peculiares dentre os biomas brasileiros (Klink e

Machado, 2005; Ministério do Meio Ambiente, 2015), inclusive pela larga extensão territorial (pouco mais de 2 milhões de km², ao longo de 10 unidades da federação).

Por outro lado, este complexo vegetacional encontra-se bastante ameaçado há várias décadas. Segundo dados do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira PROBIO (PROBIO/MMA - Sano et al., 2008), referentes ao ano de 2002, cerca de 40% do Cerrado já estavam convertidos em áreas de pastagens e agricultura.

Uma tecnologia em campo bastante em voga no momento, tema desta pesquisa, é a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Apesar de recente no bioma Cerrado (Balbino, Barcellos e Stone, 2011), a utilização desse sistema de integração entre pastagens e floresta vem se mostrando interessante para a recuperação de pastagens degradadas ou com baixa produtividade bovina, em geral associadas ao cultivo de eucalipto.

Seja pela expansão da agricultura, seja pela pecuária, ambas monoculturas representam fontes de risco para o Cerrado, ao exceder a utilização de defensivos e fertilizantes (Verdesio, 1990), sobretudo com uma pecuária prioritariamente extensiva e extrativista. Neste caso, em contraponto às práticas tradicionais, Kluthcouski e Aidar (2004) enumeram alguns benefícios dos sistemas de ILPF, como maior lucratividade, baixos custos de produção, geração de empregos e preservação ambiental, elementos altamente importantes para a sustentabilidade no setor agropecuário.

Apesar de Wilkins (2008) afirmar que os sistemas mistos de produção agrícola são mais sustentáveis do que as monoculturas especializadas em produção de grãos e fibra, para Vilela (2012), a adoção do sistema de integração lavoura-pecuária ainda é pequena no Brasil, possivelmente devido ao maior custo de implantação e maior complexidade para manutenção.

Na perspectiva da dinâmica da paisagem, sabe-se que sua qualidade devendo ser medida pelo nível das interações ecológicas e pelos aspectos visuais, podendo ser estudada nas escalas espaciais e temporais. O fator temporalidade refere-se às mudanças dos elementos formadores da paisagem ao longo do tempo, pela eliminação e/ou inserção de novos elementos (naturais e antrópicos). Turner (1990), já reforçava esta ideia, inserindo o desequilíbrio ambiental neste processo; isto é, a evolução da paisagem pode ser percebida pelas mudanças em seu

processo natural de transformação, bem como por um episódio de desequilíbrio ecológico.

Neste contexto, a presente pesquisa tem como foco a análise da qualidade da paisagem de três áreas de Cerrado ocupadas pelo sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e seu entorno imediato, com base no recorte temporal de uma década (2006/2016). Técnicas de sensoriamento remoto foram empregadas na construção de mapas que irão orientar esta pesquisa.

Material e Métodos

Este trabalho foi dividido nas seguintes etapas:

1. levantamento de áreas onde foram implantados os sistemas de ILPF;
2. obtenção de imagens de satélite referentes ao recorte temporal de interesse para o estudo (2006/2016);
3. determinação do raio no entorno das áreas de interesse (ILPF), para análise comparativa com métodos convencionais de produção e influência sobre o ambiente em geral;
4. elaboração dos mapas de uso do solo através de métodos de classificação temática (com o emprego de processamento digital de imagens) e visual;
5. quantificação das classes de uso do solo;
6. confecção de mapas de índice de vegetação (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index), a partir de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto;
7. determinação de métricas das paisagens analisadas com ferramentas de geoprocessamento;
8. Criação do Modelo Digital de Elevação (MDE), Mapas de Declividade e de Aspecto de cada buffer;
9. detecção das mudanças ocorridas na paisagem durante o recorte temporal, com respectiva análise dos resultados.

As áreas de estudo estão localizadas no estado de Goiás, nos municípios de Ipameri, Cristalina e Cachoeira Dourada.

Resultados e Discussão

Os produtos obtidos com o processamento das imagens de satélite, indicaram que a composição das paisagens nas áreas analisadas sofreu significativas alterações relacionadas até o ano de 2016. Através da análise da tabela 1 pode-se observar o aumento das áreas de pastagem e reduções nas áreas de agricultura e de vegetação nativa.

Tabela 1: Percentuais de classificação - Fazenda Maringá.

Percentuais de classificação - Fazenda Maringá						
Ano	Agricultura	Área Urbana	Pastagem	Recursos Hídricos	Vegetação	Silvicultura
2006	60,14%	1,11%	3,29%	1,28%	34,18%	0,00%
2016	39,67%	3,28%	32,78%	0,92%	23,19%	0,14%

Apesar da redução das áreas destinadas à agricultura, a análise temporal na propriedade Maringá (a primeira desta série com ILPF) demonstra que houve o aumento da utilização de irrigação por pivô central, o que é indicado pelas formas geométricas circulares constantes nas imagens de satélite das áreas estudadas.

No ano de 2016, já se observava o desenvolvimento da silvicultura dentro dos limites da Fazenda Maringá e também em suas proximidades, demonstrando o início da implantação das práticas de ILPF na propriedade e em seu entorno. A opção por sistemas agrossilvipastoris é explicada por Balbino et al. (2011), onde os autores afirmam que a intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência dos sistemas de produção podem contribuir para harmonizar interesses voltados para o desenvolvimento socioeconômico, sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais.

O mapa gerado por NDVI relativo ao ano de 2006, mostra que a Noroeste da área pesquisada há uma extensão considerável de vegetação estressada ou desnuda, provenientes de solo exposto/preparado para o cultivo, inclusive nos locais com utilização de pivô central. Nas áreas de vegetação nativa, principalmente relativas à vegetação ripária, observa-se pequena expressividade da cobertura nativa, além da sua distribuição esparsa, não havendo grandes concentrações desta cobertura no recorte estudado. Nas áreas referentes aos sistemas de ILPF observamos um NDVI com valor de 0,18, evidenciando o baixo índice de área plantada durante o ano de 2006, através das imagens de satélite verificamos que possivelmente trata-se de um período de preparo da terra para plantio.

Já nos mapas relativos ao NDVI de 2016, a porção Leste da área estudada aparece com maior ocorrência de baixos índices de vegetação, enquanto que a

região Noroeste, outrora com menores índices, neste recorte temporal demonstra melhoria principalmente pelas áreas que receberam culturas. As áreas com pivô central em toda porção do recorte estudado apresentaram cobertura mais significativa (NDVI de 0,5). Neste período, os dados relativos à vegetação nativa são evidenciados principalmente na porção Nordeste da área estudada, onde observamos a perda de índice desta cobertura vegetal.

De maneira geral, observa-se um decréscimo nos índices de vegetação no entorno da Fazenda Maringá para o período estudado, sendo que o valor relativo à maior cobertura vegetal em 2006 sofreu decréscimo em 0,163 e as áreas que já apresentavam maior fragilidade vegetal diminuíram mais 0,0543 pontos em seu NDVI.

Através dos índices obtidos pelas métricas da paisagem, observamos o aumento da segmentação nas áreas relativas à pecuária, agricultura e vegetação natural. Ao compararmos tais índices com os mapas de uso de solo dos períodos analisados, vemos que houve diminuição das áreas destinadas à agricultura e à vegetação natural, com o aumento de áreas destinadas ao pasto, desta forma, podemos afirmar que as áreas relativas à ocupação agrícola visivelmente perderam homogeneidade e foram fragmentadas pela formação de segmentos convertidos em pasto.

A área da classe, representada por **CA**, traz o tamanho da área (em hectares) de fragmentos da classe, onde um valor maior representa uma maior cobertura da paisagem pela classe. Observa-se que no recorte temporal analisado, a vegetação natural do entorno da Fazenda Maringá sofreu perda de 99 fragmentos de área expressos por uma área de classe de 4707,06 ha no período analisado, enquanto que houve avanço muito expressivo das pastagens que aumentaram sua área em 12537,14 ha.

Já a coluna **ED**, se refere ao valor médio da densidade da borda dos fragmentos da classe (dado em %). Segundo os autores Lang e Blaschke (2009), através da métrica de densidade das bordas é possível nivelar a riqueza da estrutura da paisagem, onde valores altos podem significar riqueza na composição de elementos naturais ou pressão em casos de elementos de origem antrópica.

No recorte temporal estudado, observa-se maior significância da densidade de bordas no ano de 2006, principalmente da pastagem. No ano de 2016, nota-se a expressiva diminuição da densidade das bordas principalmente nas áreas de

vegetação natural, que sofreram considerável redução em seu percentual ao longo da década, o que segundo Lang e Blaschke (2009), demonstra maior influência das áreas antrópicas na dinâmica da paisagem, exercendo grande impacto nas manchas vizinhas, inclusive com vegetação natural, onde o ideal seria o contrário.

Já a coluna **MSI**, se refere ao valor médio do índice de forma dos fragmentos da classe. Esta métrica faz analogias a formas geométricas, sendo os valores próximos de 1 semelhantes a um círculo, indicando um fragmento com geometria simples. Situação considerada mais favorável e benéfica à conservação. Já valores superiores indicam geometrias recortadas, marcadas por reentrâncias e saliências, distanciando-se da forma ideal do círculo, logo, implicam em situações marcadas pelas ações antrópicas, estando mais expostas às forças externas.

De acordo com os resultados obtidos relativos ao buffer do entorno da Fazenda Maringá, o índice de forma dos fragmentos sofreu diminuição no recorte temporal analisado, o que poderia ser justificado pelo aumento da implantação de pivôs, que promove a marca circular da agricultura na paisagem, o que pode influenciar na diminuição desta variável.

Com relação às médias relativas à Fazenda Maringá observa-se valores menores que aqueles relativos às médias do buffer de seu entorno, apresentado maior variação na métrica **ED** no ano de 2016. O percentual de densidade de borda da Fazenda Maringá em 2006 foi de 4,76% enquanto que a média para a mesma métrica das classes de seu buffer foi 13,18 no mesmo ano. Já em 2016 a densidade de borda da propriedade foi de 5,08, enquanto que em seu entorno a média desta métrica para as classes analisadas foi de 4,29, demonstrando exercer maior influência sobre as paisagens em seu entorno.

Com relação ao número total de fragmentos (**NumP**) existentes dentro da propriedade, houve o aumento de um fragmento na propriedade no ano de 2016. Já o índice de circunferência cuja média do buffer de 2006 ficou em 2,10712 e em 2016 alcançou 1,893153, nos limites da propriedade de ILPF, obteve valores mais baixos para o mesmo recorte temporal, sendo 1,26836 em 2006 e 1,26221 em 2016, o que demonstra que mesmo com a implantação dos pivôs no entorno da propriedade, seu índice de circunferência é mais próximo de 1, o que lhe confere menor exposição às forças externas que seu buffer, sendo mais resistente aos efeitos de bordas, propiciando uma maior interação com a matriz, o que ao longo do tempo, influencia na qualidade estrutural destes ecossistemas.

Após a confecção do mapa clinográfico da região estudada, os perfis topográficos foram gerados para a propriedade e seu entorno. De acordo com o perfil topográfico latitudinal gerado para a propriedade, foi observado um perfil com altitudes aproximadas entre 990 e 1015m, com relevo se mostrando ligeiramente curvo, com aproximadamente 1.5km de extensão. Já a secção longitudinal gerada para a propriedade, apresenta aproximadamente 4km de extensão, com declividades variando entre 1010 e 1020m de altitude, mostrando um relevo mais acidentado que no perfil latitudinal.

O buffer da propriedade apresenta perfil topográfico latitudinal com altitudes variando entre 930 e 1020m com aproximadamente 22 km de extensão, com relevo sinuoso, apresentando ondulações acentuadas. Já o perfil longitudinal da área do entorno da Fazenda Maringá apresenta variação altimétrica entre 1006 e 1040m, com extensão de aproximadamente 24km e progressão decrescente, demonstrando uma possível depressão.

Considerações Finais

Ao comparar os índices obtidos entre 2006 e 2016, observamos que houve intensa fragmentação da paisagem na área do buffer de entorno da Fazenda Maringá, com práticas de uso e ocupação do solo inadequadas para a composição do relevo, como por exemplo, a produção agrícola em áreas de fragilidade muito forte e também a conversão destas áreas agrícolas em pasto, observando-se a manutenção de vegetação natural principalmente em áreas onde o relevo apresenta declividade acima de 75%.

A análise dos mapas gerados para a propriedade da Fazenda Maringá e seu buffer, podemos afirmar que o uso do solo para a localização da propriedade é adequado, sendo que esta, contribui positivamente para a melhoria da paisagem, com índices que refletem esta afirmação, demonstrando que o sistema colabora, promovendo interação positiva se comparada às demais formas de apropriação no seu entorno. Sendo assim, é aconselhável para a área em questão, a observação dos produtores para uma possível conversão de outras áreas para tais sistemas, observando-se a localização estrutural do relevo onde a mesma será implantada, sendo este trabalho, mesmo ainda em fase de estudo pode contribuir para o

planejamento adequado, além da verificação dos pontos de atenção no uso e ocupação do solo da área.

Nas próximas etapas, este trabalho tem como foco a análise das duas demais propriedades onde há o uso de sistemas de ILPF, buscando como produto final a comparação dos dados obtidos com as três propriedades, chegando a um denominador comum frente a qualidade da paisagem das amostras estudadas.

Agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores pela prontidão em me auxiliar, ao colega João Vitor Silva Costa que me auxiliou na confecção dos primeiros mapas de uso do solo e aos meus amigos Ronny José de Moraes e Denise Aparecida Carvalho pela força, apoio e incentivo nesta jornada.

Referências

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, p. 130. 2011.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. O Bioma Cerrado. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biomas/category/62-cerrado>>. Acesso em: 10 março 2016, 16:30:25.

KLINK, C. A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n 3, p. 707-713, jun. 2005.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L.F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. Piracicaba: **POTAFOS**. Encarte Técnico, Informações Agrônômicas, 106. p. 20, 2004.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução Kux, H. São Paulo: Oficina de Textos, p. 424, 2009.

SANO, E. E.; et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

TURNER, M. G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. **Landscape Ecology**, Amsterdam, v. 4., p. 21-30, 1990.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.10, p. 1127-1138, 2012.

WILKINS, R. J. **Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems**. Philosophical Transactions Royal Society B, v.363, p.517-525, 2008.

VERDESIO, J. J. **Perspectivas Ambientais**. In: PINTO, Organização Maria Novaes. Caracterização, Ocupação e Perspectivas. Brasília: p. 561-582, 1990.