



# Fragmentação da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Preto (BHRP) - Cerrado Baiano

Crisliane Aparecida Pereira dos Santos <sup>1</sup>

## RESUMO

O objetivo deste artigo é analisar a BHRP (Bacia Hidrográfica do Rio Preto) por meio de métricas que expliquem e/ou demonstrem a fragmentação da paisagem como consequência do processo da expansão da modernização da fronteira agrícola no Oeste da Bahia. Com base nos limites das sub-bacias da BHRP efetuou-se o mapeamento dos fragmentos naturais, no período de 1980 - 2010 e em seguida aplicou-se os índices obtidos por meio da extensão gratuita Patch Analyst 2.0. A antropização da cobertura natural levou à redução de áreas contínuas em fragmentos mais reduzidos. Essas áreas foram sendo subtraídas pelo avanço das ocupações agrícolas, aumentando-se o efeito de borda, seguidas de menor área central interna. As sub-bacias de maior intensidade e uso do solo, associadas ao maior grau de modernização agropecuária (Rio do Ouro e Rio Riachão) mostraram perdas de área maior, seguidas de menor qualidade da paisagem que nas demais sub-bacias (Rio Sapão, Alto Curso, Médio Curso e Baixo Curso).

**Palavras-Chave:** Fronteira Agrícola; Métricas da Paisagem; Fragmentos; Remanescentes Naturais; Oeste da Bahia.

---

<sup>1</sup> Doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás, UFG, Brasil. Docente na Universidade do Estado da Bahia, UNEB, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-5157-642X>. [crispereira@uneb.br](mailto:crispereira@uneb.br)

A paisagem deve ser entendida sobre o prisma da integração dinâmica de elementos naturais (físicos e biológicos) e antrópicos, com combinação dinâmica indissociável e integradas numa só unidade espacial (Silva 2008). Já Trol (1971) explica a paisagem sob uma visão holística, cuja compreensão do “todo” (componentes da paisagem) torna-se muito maior que a simples soma das partes.

Forman and Godron (1986) consideraram a paisagem com um mosaico heterogêneo e complexo. Em adequação a esta terminologia, toda e qualquer paisagem deve apresentar as seguintes características: (i) Estrutura: relação de dependência entre a configuração da paisagem e a distribuição de espécies, de energia e de matéria dos ecossistemas; (ii) Função: interações entre os componentes espaciais da paisagem (abióticos, bióticos e antrópicos), tais como fluxos de energia e de matéria, bem como dos organismos constituintes; e (iii) Variação: alteração dos padrões funcionais e estruturais da paisagem em escala temporal.

A Ecologia da Paisagem é uma ciência fundamental para o estudo da paisagem, sob os mais variados aspectos, permitindo orientar ações de manejo, desenvolvimento, conservação e planejamento da paisagem (Boscolo, Ferreira, and Lopes 2016). Ela deve adotar, com ênfase, a concepção de escala espaço-temporal. Esta escala pode ser compreendida como sendo: (1) uma área espacialmente heterogênea (Urban and Shugart 1989); (2) um mosaico variado de caracteres, tipo de cobertura vegetal, relevo e diferentes formas de ocupação do solo (Urban and Shugart 1986); e (3) uma área heterogênea, representada por um conjunto de ecossistemas.

E o manejo e a gestão de recursos naturais são fortemente influenciados pelos processos ecológicos desempenhados pela cobertura vegetal natural, segundo os padrões espaciais da paisagem, tornando-se o foco principal da Ecologia da Paisagem (Pirovani, Silva, and Santos 2015; Pereira Santos, Sano, and Santana Santos 2016).

A fragmentação ocorre no nível de paisagem e pode ser entendida como um processo pelo qual determinada área contínua sofre redução do tamanho do habitat original e se separa em dois ou mais fragmentos, de tamanhos reduzidos e isolados entre si (Lobo and Guimarães 2008; Moraes, Mello, and Toppa 2015).

Para avaliar o efeito das atividades antrópicas numa determinada bacia hidrográfica, em diferentes escalas espaciais e temporais, um conjunto de métricas permite realizar uma análise do histórico da fragmentação em áreas de remanescentes naturais (Sano et al. 2009) e para melhor análise deve-se fazer a comparação entre paisagens com diferentes níveis de fragmentação.

Em áreas de Cerrado, a expansão da fronteira agrícola, orientada pela agricultura moderna, tem sido a principal causa de desmatamento (Saito et al. 2011), resultando em um crescente processo de fragmentação da paisagem (Pereira Santos, Sano, and Santana Santos 2016). Isto sugere que mudanças na paisagem pela ação humana não são aleatórias, mas pautadas mediante interações entre fatores socioeconômicos e fisiográficos (Goulart et al. 2013).

Com relação à fronteira agrícola no Cerrado baiano, no Oeste da Bahia, desde a década de 1980 que está vem ocupando áreas planas, de maior intensidade pluviométrica e em solos com potencial produtivo, tornando-se um grande celeiro de produção agrícola. E, na Bacia Hidrográfica do Rio Preto (BHRP), situação idêntica foi observada, cuja área é vista como o novo polígono de expansão da fronteira agrícola (Pereira Santos, Sano, and Santana Santos 2016). Assim, o objetivo deste artigo é analisar a BHRP por meio de métricas que expliquem e/ou demonstrem a fragmentação da paisagem como consequência do processo da expansão da modernização da fronteira agrícola no Oeste da Bahia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A BHRP localizada no Oeste da Bahia possui uma área de drenagem correspondente a 22.382 km<sup>2</sup>. É tida como um dos principais contribuintes da bacia hidrográfica do Rio Grande, que por sua vez é o principal afluente da margem esquerda da bacia hidrográfica do Rio São Francisco (Figura 01).

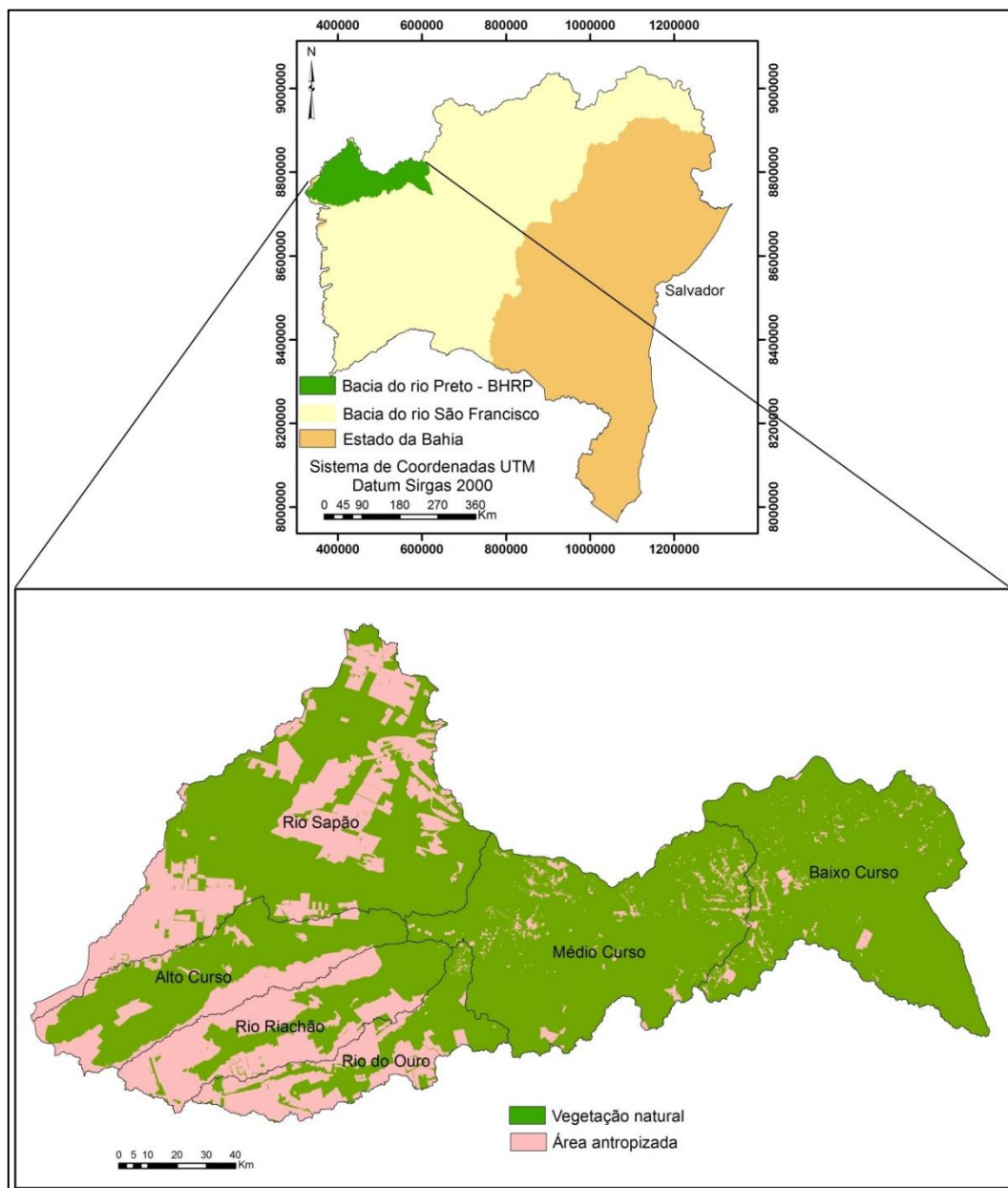
O Rio Preto é o principal Rio da BHRP, além de receber contribuições de afluentes importantes como do Rio Sapão, do Ouro, Riachão, e outros. Nasce no Chapadão (Espigão Mestre), divisa dos Estados de Tocantins e Bahia, e corre na direção oeste-leste, totalizando um percurso de 450 km e desaguando no Rio Grande próximo a Serra do Boqueirão, no município de Mansidão (Pereira Santos 2014).

Incluem no território da bacia os municípios de Formosa do Rio Preto, Mansidão e Santa Rita de Cássia. Apresenta uma pluviosidade média anual entre 800 a 1600 mm (direção leste-oeste da bacia, respectivamente). Possui fitofisionomias distintas, tais como Florestas Estacionais, Mata de Galeria, Mata Ciliar, Cerrado e Veredas. Além de predominar manchas de solos classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo; Gleissolos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Litólicos (Alves et al. 2011; Vale and Reis 2012).

Para avaliar o padrão da paisagem na BHRP séries temporais da imagem de satélite TM - Landsat 5 (1980 - 2010) foram utilizadas e, uma vez realizada a classificação das imagens, por interpretação visual, segundo a metodologia de Sano et al. (2011) e escala 1:60.000, efetuou-se o

mapeamento dos fragmentos naturais, ortofotomosaico no período de trinta anos, recortando-os com base nos limites das sub-bacias da BHRP.

**Figura 01.** Mapa de localização da área de estudo, BHRP, Oeste da Bahia.



Fonte: Autores.

A delimitação das sub-bacias foi gerada a partir do modelo numérico de terreno obtido pela missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), onde cada célula do Modelo Digital de Elevação (MDE) possui pixels de 90m. Para tal necessitou-se realizar mapas de direção de fluxo e fluxo acumulado, sendo posteriormente convertidas para o formato vetorial e obtendo tanto a delimitação da BHRP quanto as suas sub-bacias hidrográficas (Rio do Ouro, Rio Riachão, Alto Curso, Rio Sapão, Médio Curso e Baixo Curso).

Em seguida utilizou-se nos fragmentos naturais remanescentes, para cada sub-bacia da BHRP, as métricas ou os índices de paisagem, obtidos por meio da extensão gratuita Patch Analyst 2.0. Adotou-se para tal as métricas de área: CA (área da classe, cuja redução denota em mudança de matriz, expresso em ha), MPS (tamanho médio dos fragmentos, expresso em ha), PSSD (desvio padrão do tamanho médio do fragmento, expresso em ha), as métricas de borda: ED (densidade de bordas, em m/ha), TE (soma das bordas da classe, e quanto maior o valor, maior a influência da borda, em m/ha) e a métrica de área central: TCA (área central total) (Mcgarigal and Marks 1995; Lang and Blaschke 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 01 representa os valores estimados das áreas de cada classe de uso e ocupação do solo para cada sub-bacia de análise. Entre os anos de 1980 - 2010, na sub-bacia denominada de Alto Curso, houve uma redução de 28,4% na sua cobertura vegetal natural, enquanto que as ocupações por pastagens e culturas agrícolas cresceram 4.143% e 1.886%, respectivamente. A expansão de áreas ocupadas com cultura agrícola iniciou-se por volta de 1990 e tornou-se mais significativa, a partir de 2000, período de maior investimento feito pelo governo em favor da expansão agrícola (Castro et al. 2013).

**Tabela 01.** Quantificação das classes de uso e ocupação dos solos da BHRP, em hectares, durante o período de 1980 a 2010.

Ano	Uso do Solo	Alto Curso	Baixo Curso	Médio Curso	Rio do Ouro	Rio Riachão	Rio Sapão	Rio Preto Total
1980	Cultura	-	-	-	-	-	-	-
	Natural	261.683	447.399	470.382	169.839	225.670	658.050	2.233.022
	Pastagem	288	3.824	753	-	359	-	5.223
1990	Cultura	2.645	-	375	31.035	12.731	49.397	96.183
	Natural	251.306	433.641	463.749	132.067	207.839	584.476	2.073.078
	Pastagem	8.021	17.582	7.011	6.738	5.459	24.176	68.986
2000	Cultura	29.854	520	1.911	72.203	78.667	94.712	277.867
	Natural	231.377	435.162	447.844	90.928	136.046	486.731	1.828.087
	Pastagem	727	15.591	22.104	6.708	11.316	76.231	132.678
	Reflorestamento	1	-	-	-	0	-	1
2010	Cultura	52.539	295	1.310	76.699	88.048	189.882	408.774
	Natural	187.320	433.660	445.633	86.426	91.987	402.171	1.647.198
	Pastagem	12.236	17.268	24.192	6.714	32.550	65.996	158.956
	Reflorestamento	9.875	-	-	-	13.444	-	23.139

Fonte: Santos (2014).

Para a sub-bacia Baixo Curso, destaca-se que, apesar da ocupação agrícola ter começado a partir do ano 2000 houve uma redução em área plantada por culturas agrícolas de 43,2% em 2010. A pastagem cultivada apresentou incremento de 11% para o mesmo período (2000 - 2010) e de 352% para todo o período de análise (1980 - 2010). Para a classe cobertura natural, a redução foi de apenas

3,1%, no período de 1980 - 2010, o que implica em dizer que há, nesta sub-bacia, 96,9% de remanescentes de cobertura natural no período de estudo e que a perda da cobertura natural está relacionada principalmente com a expansão da pecuária ao invés da agricultura.

A dinâmica de ocupação antrópica da sub-bacia Médio Curso é similar à da sub-bacia Baixo Curso, visto que, durante os trinta anos de ocupação, houve perda de apenas 5,3% de toda a cobertura natural, o que implica em pequena conversão de áreas naturais em áreas agropecuárias. No entanto, a pastagem saiu de uma área de 753 ha em 1980 para 22.104 ha em 2010, um crescimento de 2.835%. Já a classe cultura agrícola apresentou dois momentos distintos: o primeiro, representado pelo crescimento acentuado de 410,3% no período 1990 - 2000 e o segundo, representado pela redução de 31,5% no período 2000 - 2010.

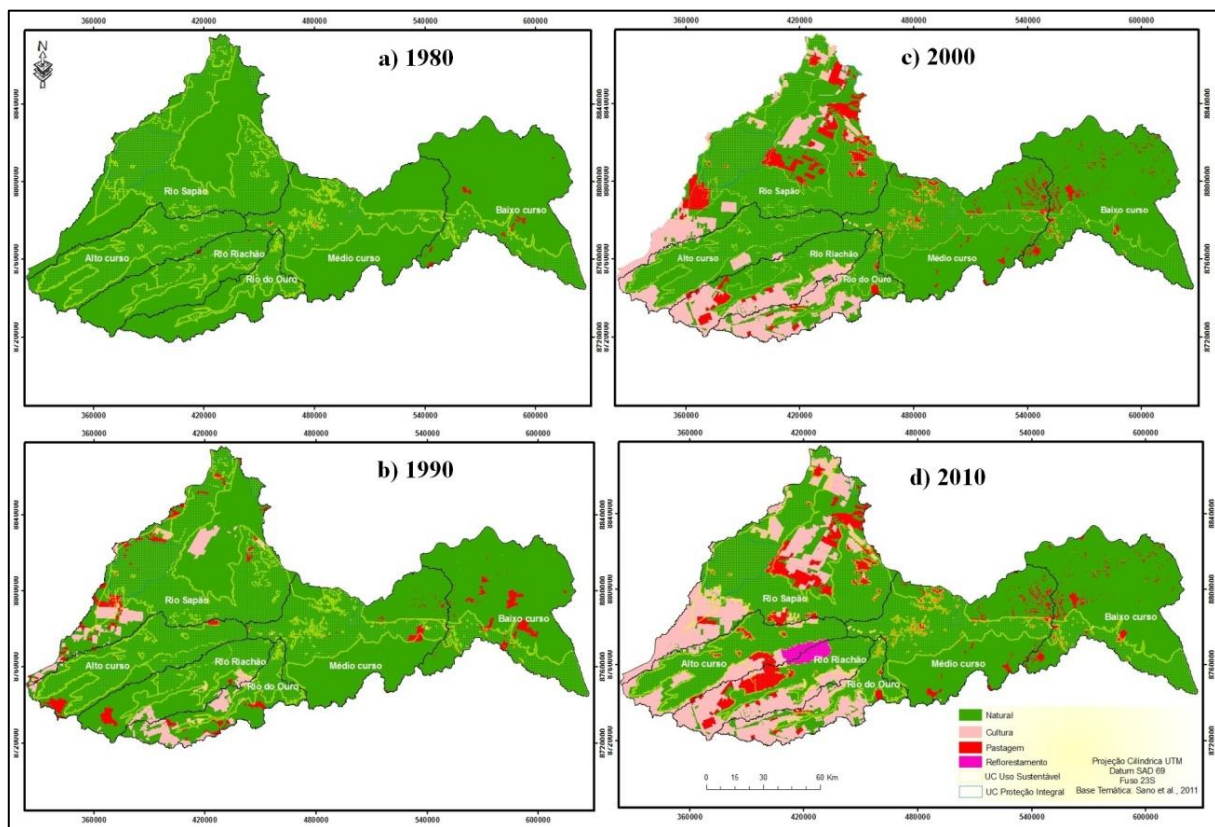
No ano de 1980 a cobertura natural cobria 100% da sub-bacia Rio do Ouro, sendo predominante até 1990, ano em que o padrão de cobertura vegetal na sub-bacia começou a ser alterado. Em apenas dez anos de ocupação, já havia uma perda de 22,2% da cobertura natural. Diante deste novo padrão de uso e ocupação do solo, a área de cobertura natural em 2010 se resumia a 86.426 ha, uma redução de 49,1%. Em contrapartida, durante o período de 1990 - 2010, sendo que as áreas ocupadas por culturas cresceram 147,1%, enquanto que aquelas ocupadas por pastagens apresentaram uma pequena redução, inferior a 0,4% da área.

Em 1980 a cobertura natural correspondia a 99,8% da área total da sub-bacia Rio Riachão. A partir da década de 1990, a paisagem começou a sofrer transformações ao longo do tempo e do espaço, o que implicou no crescimento da área ocupada por pastagem em 1.420% (1980 - 1990) e o aparecimento de uma nova classe, a de cultura agrícola, que a partir de então apresentou um crescimento vertiginoso até o período de 2010 (591,6%). Já a pecuária representa uma atividade de ocupação mais antiga. Por esta razão, apresentou um incremento de área de 8.964% no período 1980 - 2010. À medida que se aumentavam as áreas ocupadas pelas classes de cultura agrícola e pastagem cultivada, reduziavam-se drasticamente as áreas de cobertura vegetal natural na sub-bacia (- 61%).

A ocupação dos solos da sub-bacia Rio Sapão seguiu a mesma dinâmica da sub-bacia do Rio do Ouro. Em 1980, a cobertura natural era completamente predominante, mas foi sendo gradualmente transformada a partir de 1990. As culturas agrícolas tiveram suas áreas ampliadas em 284,4%, enquanto que a classe pastagem cultivada cresceu 215,3% no período 1990 - 2000 e perdeu 13,4% de área no período seguinte (2000 - 2010). Entretanto, as perdas mais significativas ocorreram na classe cobertura natural, cuja área diminuiu de 658.049 ha em 1980 para 402.170 ha em 2010, uma redução de 39% de toda a cobertura natural.

Em 2010 18,3% do uso e ocupação do solo da BHRP estavam representados por culturas agrícolas e 7,1% por pecuária e 74,6% de cobertura vegetal natural de Cerrado. Embora seja detentora deste remanescente, esta paisagem está sendo gradualmente transformada em função da expansão da fronteira agrícola. Portanto, em trinta anos de uso do solo (1980 – 2010) a BHRP perdeu 28,9% de cobertura vegetal natural, enquanto a área antropizada cresceu 3.074,4% para a pecuária e 325% para a cultura agrícola (Figura 02).

**Figura 02.** Uso e ocupação do solo da BHRP e suas sub-bacias entre 1980 – 2010.



Fonte: Santos (2014).

As culturas agrícolas concentram-se na região oeste da bacia, enquanto que as pastagens encontram-se dispersas por toda a bacia. Esta diferença na dinâmica espacial é fortemente marcada pela existência de atributos físicos da bacia que atuam como fator limitante para incorporação de áreas para culturas agrícolas. A topografia acidentada representa uma barreira à expansão dos cultivos da soja e do algodão, em função do impedimento à mecanização agrícola, o que explica a alocação de culturas agrícolas nas regiões mais planas (oeste da bacia).

Apesar da pecuária ter sido a primeira atividade responsável pela transformação da paisagem, foi no processo de implantação do agronegócio (monoculturas extensas de soja, algodão e milho), diretamente relacionados aos estímulos do Estado, que ocorreu a maior expressividade da alteração da

paisagem, tanto no início de implementação desta atividade antrópica quanto nos períodos mais recentes, o que a caracteriza como sendo a principal ameaça aos remanescentes da cobertura natural (Castro et al. 2013), visto que “a ampliação das áreas agrícolas na BHRP é uma realidade concreta e que já atingiu quase a totalidade dos espaços não protegidos” (Vale and Reis 2012).

Por outro lado, a distribuição da cobertura natural está limitada pelas características edafoclimáticas, o que justifica a extensa quantidade de remanescentes desta cobertura nas sub-bacias Baixo e Médio Curso e a conversão agrícola das demais sub-bacias.

Os dados permitiram efetuar uma hierarquização segundo a remoção da cobertura natural, sendo a sub-bacia Rio Riachão e Rio do Ouro as mais problemáticas (91,0% e 9,1%, respectivamente), enquanto que as do Rio Sapão (39,0%) e Alto Curso (28,4%) encontram-se como perda de cobertura intermediária. Já as sub-bacias do Médio e Baixo Curso apresentaram 5,3% e 3,11% de remoção da cobertura natural durante o período de 1980 – 2010. Os maiores percentuais de remanescentes naturais nas sub-bacias Médio e Baixo Cursos se deve pela existência de restrições de atributos do meio físico com impedimentos à conversão do uso do solo.

A antropização da cobertura natural levou à redução de áreas contínuas em fragmentos com áreas de tamanhos mais reduzidos. De acordo com Bezerra et al. (2011) pode ser considerado como um bom indicador do processo da fragmentação, pois as paisagens com maior redução do tamanho dos fragmentos podem ser consideradas como sendo as de maior influência do processo da fragmentação, portanto, as mais perturbadas ambientalmente. Assim, houve uma forte tendência do tamanho médio dos fragmentos variarem conforme a área de remanescente natural (Figura 03).

Estes dados são condizentes com os encontrados por Lobo and Ferreira (2008), que, ao analisarem a estrutura da vegetação remanescente em áreas prioritárias de conservação do Cerrado no Estado de Goiás, observou uma forte relação ( $r = 0,76$ ) entre as referidas métricas estudadas.

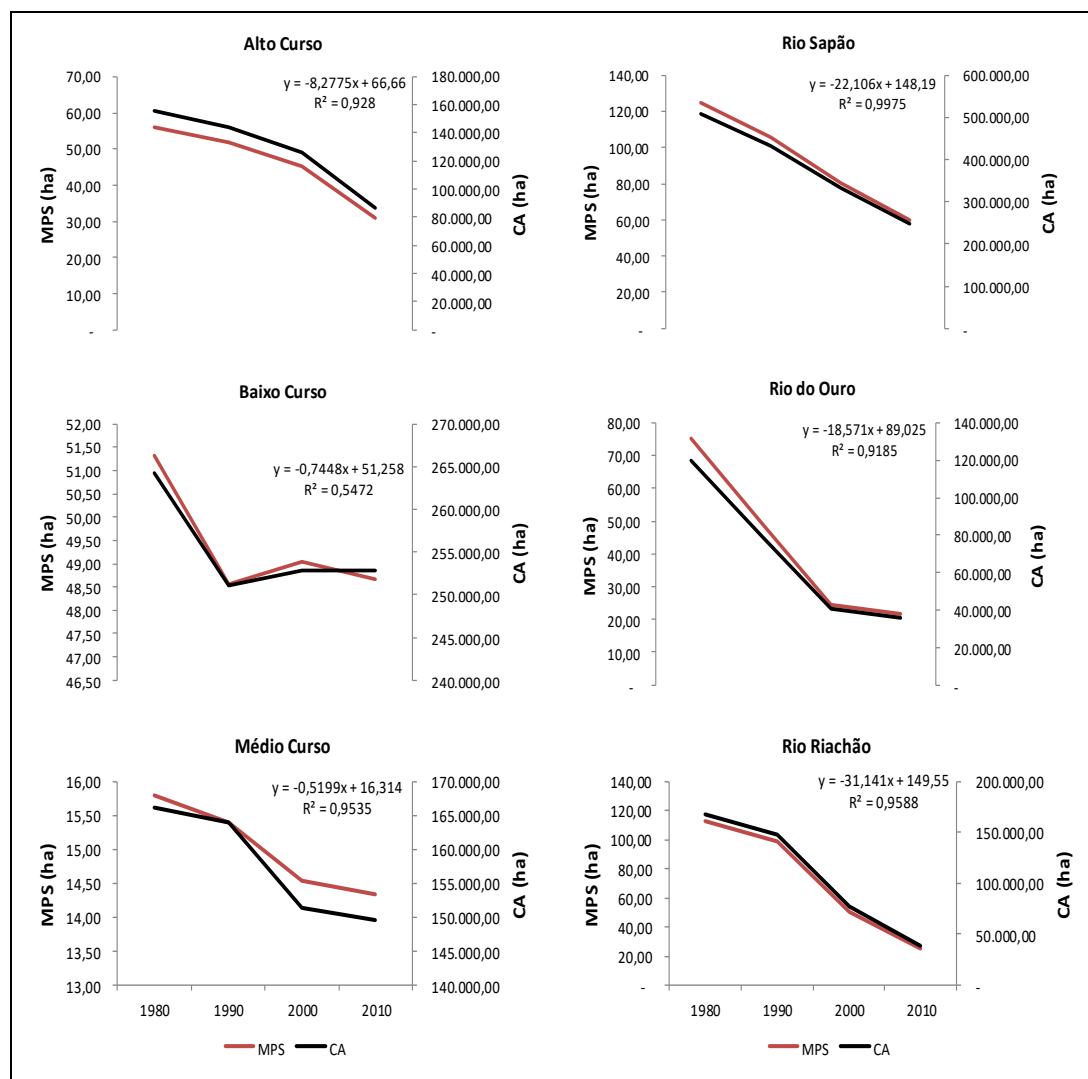
O tamanho médio dos fragmentos (MPS), em 2010, oscilou entre 14,3 ha (Médio Curso) a 59,9 ha (Rio Sapão). Entretanto, os valores de PSSD indicaram a existência de uma grande variabilidade no tamanho destes, em todas as sub-bacias, com fragmentos muito acima do tamanho médio e variando de 148 ha (Rio Riachão) a 2.308 ha (Baixo Curso) (Pereira Santos, Sano, and Santana Santos 2016).

E também diferem dos encontrados por Cunha, Ferreira, and Brandão (2007) que, ao avaliarem o processo da fragmentação do Cerrado na região Centro-Oeste, observaram que 90% dos fragmentos encontrados nas paisagens de Campos Belos, Jaciara, Brasília, Goianésia, Goiânia e



Morrinhos apresentaram-se como sendo muito pequenos, com valores menores ou iguais a 01 ha. Pelo fato da fronteira agrícola nestas áreas ter ocorrido de maneira pioneira no Cerrado, o processo da fragmentação é considerado mais acentuado que o ocorrido no Cerrado baiano.

**Figura 03.** Uso e ocupação do solo da BHRP e suas sub-bacias entre 1980 – 2010.



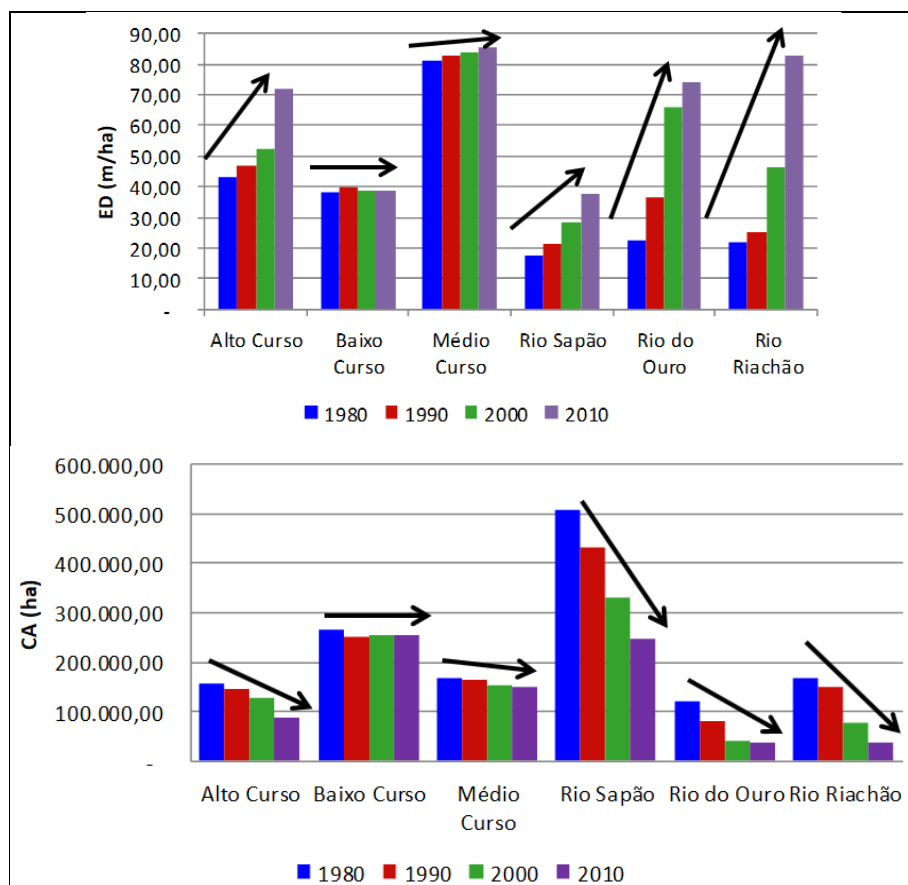
Fonte: Santos (2014).

À medida que as áreas de cobertura natural foram sendo subtraídas pelo avanço das ocupações agrícolas, aumentou-se o efeito de borda por meio da densidade de borda (ED). A métrica ED, representada na Figura 04, mostra valores diferenciados conforme se intensificou o padrão de uso do solo.

O crescimento da ED foi maior para as sub-bacias Rio Riachão (280,1%), Rio do Ouro (227,9%), Rio Sapão (118,0%), Alto Curso (66,1%) e menor para a Médio Curso (4,9%) e Baixo Curso (1,4%), segundo a análise temporal entre 1980 - 2010 (Pereira Santos, Sano, and Santana Santos 2016). Esses dados são condizentes com aqueles apresentados pela área da classe do fragmento (CA), cujos

maiores perdas de áreas foram percebidas na sub-bacias de maior atividade antrópica, tais como Rio Riachão (77,2%), Rio do Ouro (69,8%), Rio Sapão (51,3%) e Alto Curso (44,3%) e, conseqüentemente menor para aquelas de baixa interferência antrópica, Médio Curso (10,0%) e Baixo Curso (4,3%), de acordo a temporalidade entre 1980 - 2010.

**Figura 04.** Comportamento das métricas densidade de borda e área da classe.



Fonte: Santos (2014).

Os resultados demonstraram ainda a sensibilidade desta métrica quanto à distinção do padrão de mudanças do uso e ocupação do solo nas sub-bacias hidrográficas do Rio Preto numa escala temporal, estando portanto, em consonância com os dados encontrados por Saito et al. (Saito et al. 2011), cuja variação de valores de ED identificou diferentes tipologias do padrão de desmatamento na Amazônia, explanando sua sensibilidade às mudanças provocadas pela interferência antrópica.

Observou-se uma relação inversamente proporcional entre as métricas CA e ED, o que induz dizer que, quanto menor a ocupação do solo pela classe cobertura natural, observada pela redução de área, maiores serão os valores de ED. Assim sendo, “quanto maior o seu valor, maior o número de fragmentos em relação à área, e quanto maior a área e menor o número de fragmentos, menor a

densidade” (Goerl et al. 2011). Além disso, a variação da métrica ocorreu ao longo do tempo e do espaço, comportando-se como uma resposta às mudanças do uso e ocupação do solo.

Vale ressaltar que as métricas CA e MPS estão intrinsecamente relacionadas com a métrica ED. Neste sentido, o aumento da redução da CA implica em aumento de NP, bem como a redução de MPS e que, em conjunto, resultam em um ambiente favorável ao aumento da ED.

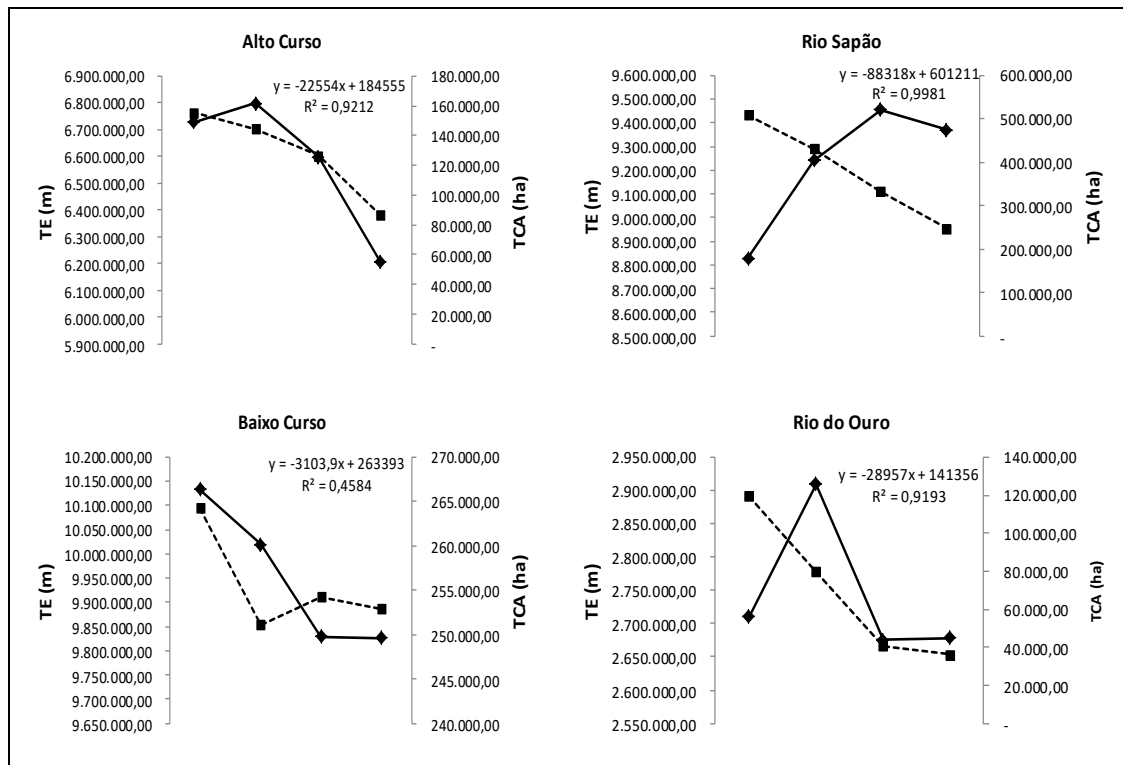
Pode-se afirmar que, quanto maior for a fragmentação da cobertura natural, maior será o aumento da ED nos habitats, proporcionados pelos aumento gradativo das atividades produtivas, representadas pela formação de novos polígonos, de cultura e de pastagem, nas sub-bacias de análises, o que implica em aumento do número de bordas, maior regularidade associada a menor circularidade do fragmento, ou seja, maior perturbação no ambiente. Logo, menor capacidade de resiliência da paisagem frente a possíveis distúrbios ambientais.

Os fragmentos das sub-bacias Rio Sapão e Baixo Curso mostraram menor relação borda/área (37,8% e 38,9%, respectivamente) que os fragmentos das demais sub-bacias hidrográficas do Rio Preto, representando menor interferência do efeito de borda e maior grau de conservação durante o ano de 2010 (Figura 05).

As demais sub-bacias remetem a ideia de maior área externa (cobertura natural) exposta ao efeito de borda, reflexo de uma transição abrupta entre esta classe remanescente e as classes antrópicas (cultura e pastagem) adjacentes. Sendo que das sub-bacias antropizadas, a do Rio Riachão apresentou uma proporção de 82,6%, portanto, superior às das sub-bacias Rio do Ouro (74,3%) e Alto Curso (71,8%).

A partir da década de 2000 as sub-bacias Alto, Baixo e Médio Curso apresentaram mais TCA que TE, enquanto que as sub-bacias Rio do Ouro e Rio Riachão revelaram uma maior proporção de TE que TCA, sobretudo a partir da década de 1990, o que implica sugerir que a transformação da paisagem nessas áreas foi mais precoce que nas demais sub-bacias.

Em paisagens fragmentadas, a manutenção de uma espécie depende não somente do tamanho da área como também da qualidade do habitat (Moilanen and Hanski 2001), por esta razão a preocupação de redução de áreas centrais nas sub-bacias de maior intensidade de uso do solo, tornam-se mais agravantes, ao se entender que existem espécies dependentes do interior do fragmento, ou seja, dependentes de uma estrutura mínima da área central para o seu estabelecimento no habitat (Goulart et al. 2013).

**Figura 05.** Relação entre as métricas soma de bordas e área central total para cada sub-bacia hidrográfica.

Fonte: Santos (2014).

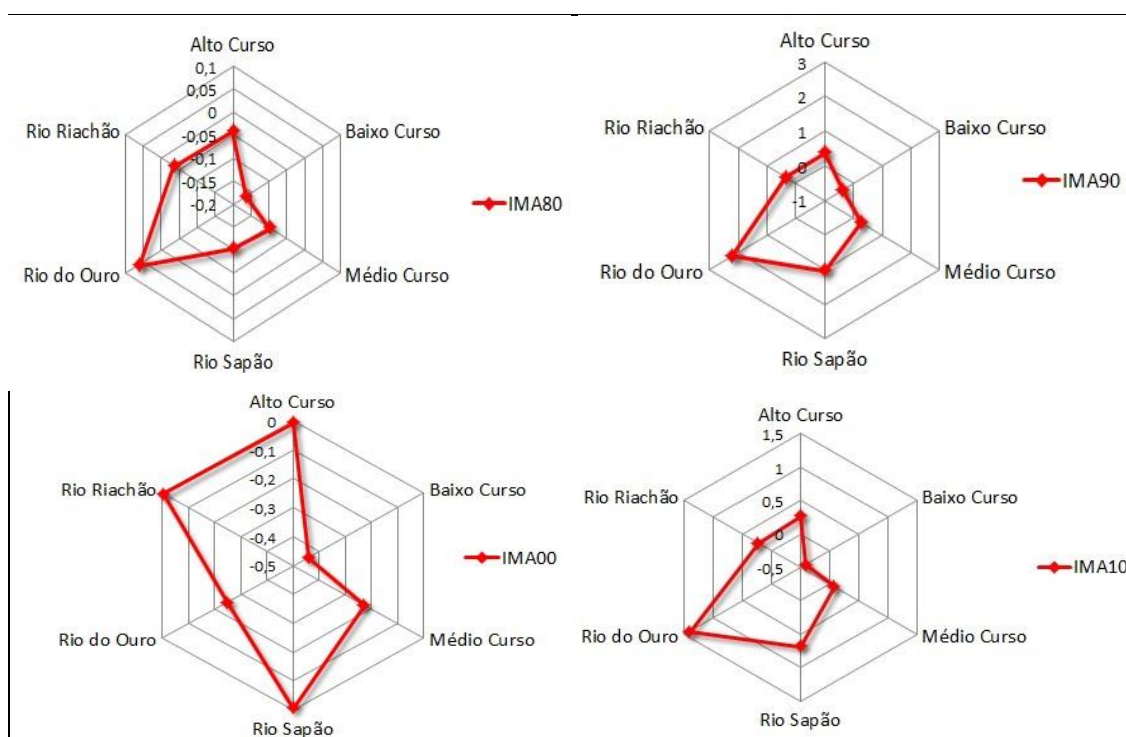
Os dados encontrados nas sub-bacias de maior antropização (Rio Riachão e Rio do Ouro) remetem à afirmativa defendida por Pirovani, Silva, and Santos (2015) ao sugerirem que uma redução contínua do tamanho do fragmento pode provocar uma situação em que todos os fragmento das paisagens apresentem habitats com peculiaridades exclusivas de borda e sem presença de área central, o que permite concluir que a área central é inversamente proporcional ao efeito de borda.

Uma das hipóteses que podem explicar os baixos valores de áreas centrais nas áreas de maior intensidade do uso do solo (Rio Riachão e Rio do Ouro) pode estar associada ao grau de modernização agropecuária nessas áreas. Assim, verificou-se que a sub-bacia Rio do Ouro foi a que mostrou maior valor dessa modernização, durante o período de 1980 - 1990, explícito aqui como índice de modernização agropecuária (IMA), cuja metodologia foi desenvolvida por Pereira Santos (Pereira Santos 2014). Após este período houve uma redução do IMA em 2000, seguido por um aumento novamente em 2010 (Figura 06).

Ressalta-se que a sub-bacia do Rio do Ouro está inserida tanto no município de Formosa do Rio Preto (84,2%) quanto no município de Riachão das Neves (15,2%), o que denota a existência de uma maior interferência do maior nível de modernização que as demais sub-bacias. Nota-se, também, uma crescente evolução desta modernização para o Rio Riachão e Rio Sapão. Por outro lado, o

crescimento dessa modernização não foi percebido às sub-bacias de maior remanente natural, sobretudo a Baixo Curso.

**Figura 06.** Representação do grau de modernização agropecuária por sub-bacia hidrográfica, durante o período de 1980 - 2010.



Fonte: Santos (2014).

Com exceção da sub-bacia Baixo Curso, o ano de 1990 foi o que apresentou maior modernização agropecuária, ocorrido justamente no período inicial de formação da fronteira agrícola. Esta relação ganha realce na medida em que se aumentou a antropização na paisagem, sobretudo pela incorporação das culturas agrícolas naquelas sub-bacias de baixa declividade (Rio do Ouro e Rio Riachão). Portanto, o fato dessa modernização ter sido maior no período inicial da fronteira agrícola, sugere-se que esta etapa é a que remete maior impacto negativo sobre a qualidade ambiental da paisagem da bacia.

Os dados demonstraram que a ocupação espacial pelas atividades antrópicas (agricultura ou pecuária), *per se*, não garantem uma relação positiva com o IMA, isto porque esta ocupação deve estar associada a algum grau de modernização. Assim, as sub-bacias que apresentaram uma associação positiva com o IMA foram aquelas de localização privilegiada à expansão da fronteira agrícola (Rio Riachão, Rio do Ouro, Rio Sapão e Alto Curso), o que mostra uma associação do IMA com áreas antropizadas pela agricultura. E esta situação ganhou intensidade à medida que novas áreas agrícolas foram incorporadas no processo da fronteira agrícola.

Por outro lado, como já abordado sub-bacias de importância e aptidão pecuária e de maior remanescente natural (Baixo e Médio Cursos) mostraram os menores valores de IMA, por não apresentar aptidão agrícola e/ou relevo plano. Portanto, valores altos de IMA só foram observados em sub-bacias com percentual de ocupação por pecuária, quando esta antropização esteve conectada a áreas de culturas agrícolas (por exemplo, o Rio Sapão).

É possível identificar a perda do tamanho dos fragmentos nas sub-bacias pós-1980, especialmente para o Rio do Ouro. Fica claro que, com a redução do tamanho dos fragmentos, perde-se a heterogeneidade da paisagem (menor variação do PSSD) e, com isso, aumenta-se a necessidade de áreas centrais intactas (TCA), a fim de garantir área de habitat efetivamente útil ao abrigo de espécies sensíveis ao efeito de borda.

A perda de área (CA), além de ter provocado a redução do tamanho do fragmento (MPS), conduziu à paisagem menor padrão estrutural heterogêneo e, conseqüentemente, ao aumento de área sob efeito de borda, tornando-a menos resistente a quaisquer distúrbios ou perturbações ambientais.

Resultado similar também foi observado por Pirovani, Silva, and Santos (2015), ao calcular as mudanças das métricas da paisagem, ocasionadas pelo aumento gradativo das atividades agropecuárias, no entorno de Unidade de Conservação, região Sul do Espírito Santo, entre o período de 1970 e 2007, cuja resposta foi um crescimento das métricas de borda (ED, TE) e uma redução das métricas de área central (CA, TCA) e esta perda é negativa para a qualidade da paisagem, haja visto que fragmentos pequenos significam estar diretamente influenciados pelo efeito de borda.

De uma forma geral, em áreas de expansão da fronteira agrícola os remanescentes vegetais sofrem com a fragmentação antropogênica, o que resulta em fragmentos de tamanhos médios reduzidos e com baixa ou nenhuma conectividade, ou seja, isolados entre si e, esta perda de habitat pode conduzir a um habitat de borda, fator crítico na dinâmica das espécies (Moraes, Mello, and Toppa 2015).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A fragmentação da paisagem na BHRP parece ser reflexo das mudanças e intensidades do uso do solo que ocorreram após a chegada da fronteira agrícola na primeira metade da década de 1980. Portanto, o processo da fronteira agrícola no Oeste da Bahia provocou significativas alterações na configuração da paisagem ao longo do tempo e do espaço.

A perda de área (CA) se mostrou como um possível efeito negativo do grau de modernização agropecuária, especialmente na etapa inicial de formação da fronteira agrícola e nas sub-bacias de maior intensidade e uso do solo (Rio do Ouro e Rio Riachão), cujas perdas de área efetivamente útil ao abrigo

das espécies foram relativamente maiores que nas demais sub-bacias (Rio Sapão, Alto Curso, Médio Curso e Baixo Curso), o que pode ser justificado pela presença de fragmentos com maior valor de TCA e menor TE nessas últimas sub-bacias, o que confere a estas paisagens, qualidade estrutural desejável.

Com a redução do tamanho dos fragmentos, a heterogeneidade da paisagem também foi reduzida, o que implica a maior exposição ao efeito de borda e menor qualidade ambiental da BHRP. E a mudança estrutural da paisagem pode resultar ao longo o tempo de uso e ocupação dos solos uma fragilidade ambiental dos fragmentos naturais remanescentes.

Desta forma, a fim de garantir a qualidade estrutural das sub-bacias hidrográficas, mediante uma proteção proativa, sugere-se que a manutenção de um remanescente natural não se resume simplesmente na manutenção de uma área mínima de abrigo às espécies, mas que seja uma alerta de viabilidade funcional, segundo a Ecologia de Paisagem.

## REFERÊNCIAS

- Alves, RR, J Brasil, AS Meira, and GD Feitosa. 2011. "Fragilidade Ambiental Na Bacia Hidrográfica Do Rio Preto - Oeste Da Bahia." In *Espaços Agrários e Meio Ambiente: Bahia, Bahias*, 204.
- Bezerra, Carolina Goulart, Alexandre Rosa dos Santos, Daiani Bernardo Pirovani, Leonardo Bergantini Pimentel, and Fernando Coelho Eugenio. 2011. "Estudo Da Fragmentação Florestal e Ecologia Da Paisagem Na Sub-Bacia Hidrográfica Do Córrego Horizonte, Alegre, ES." *Espaço & Geografia* 14 (2): 257–77.
- Boscolo, Danilo, Patricia Alves Ferreira, and Luciano Elsinor Lopes. 2016. "Da Matriz à Matiz: Em Busca de Uma Abordagem Funcional Na Ecologia de Paisagens." *Filosofia e História Da Biologia* 11: 157–87.
- Castro, Aracelly dos Santos, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, Renato Fontes Guimarães, Osmar Abílio de Carvalho Júnior, and Éder de Souza Martins. 2013. "Análise Da Dinâmica Da Paisagem No Município de Formosa Do Rio Preto (BA)." *Espaço e Geografia* 16: 307–23.
- Cunha, Héliida Ferreira, Anamaria Achtschin Ferreira, and Divino Brandão. 2007. "Composição e Fragmentação Do Cerrado Em Goiás Usando Sistema de Informação Geográfica (SIG)." *Boletim Goiano de Geografia* 27 (2). <https://doi.org/10.5216/bgg.v27i2.2661>.
- Forman, Richard TT, and Michel Godron. 1986. *Landscape Ecology*.
- Goerl, Roberto Fabris, Cesar Augusto Crovador Siefert, Gilson Bauer Schultz, Camila Strapasson dos Santos, and Irani dos Santos. 2011. "Elaboração e Aplicação de Índices de Fragmentação e Conectividade Da Paisagem Para Análise de Bacias Hidrográficas." *Revista Brasileira de Geografia Física* 4 (5): 1000–1012.
- Goulart, Fernando F., Paulo Salles, Carlos H. Saito, and Ricardo B. Machado. 2013. "How Do Different Agricultural Management Strategies Affect Bird Communities Inhabiting a Savanna-Forest Mosaic? A Qualitative Reasoning Approach." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 164 (January): 114–30. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.011>.
- Lang, Stefan, and Thomas Blaschke. 2009. *Análise Da Paisagem Com SIG*.
- Lobo, Fabio, and Laerte Ferreira Guimarães. 2008. "Vegetação Remanescente Nas Áreas Prioritárias

Para Conservação Da Biodiversidade Em Goiás: Padrões de Distribuição e Características.” *Boletim Goiano de Geografia* 28 (2): 89–104.

- Mcgarigal, Kevin, and Barbara J Marks. 1995. “FRAGSTATS: Spatial Patterns Analysis Program for Quantifying Landscape Structure.”
- Moilanen, Atte, and Ilkka Hanski. 2001. “On the Use of Connectivity Measures in Spatial Ecology.” *Oikos* 95 (1): 147–51. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.950116.x>.
- Moraes, Mayra Cristina Prado de, Kaline de Mello, and Rogério Hartung Toppa. 2015. “Análise Da Paisagem de Uma Zona de Amortecimento Como Subsídio Para o Planejamento e Gestão de Unidades de Conservação.” *Revista Árvore* 39 (1): 1–8. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100001>.
- Pereira Santos, Crisliane Aparecida. 2014. “Dinâmica Da Paisagem e a Fragilidade Natural e Antrópica Da Fronteira Agrícola No Oeste Da Bahia.”
- Pereira Santos, Crisliane Aparecida, Edson Eyji Sano, and Pablo Santana Santos. 2016. “Fronteira Agrícola e a Análise Da Estrutura Da Paisagem Na Bacia Do Rio Preto – Oeste Da Bahia.” *RAOEGA - O Espaço Geográfico Em Análise* 36: 179–207.
- Pirovani, Daiani Bernardo, Aderbal Gomes da Silva, and Alexandre Rosa dos Santos. 2015. “Análise Da Paisagem e Mudanças No Uso Da Terra No Entorno Da RPPN Cafundó, ES.” *CERNE* 21 (1): 27–35. <https://doi.org/10.1590/01047760201521011182>.
- Saito, Akemi, Leila Maria Garcia Fonseca, Maria Isabel Sobral Escada, and Thales Sehn Korting. 2011. “Efeitos Da Mudança de Escala Em Padrões de Desmatamento Na Amazônia.” *Revista Brasileira de Cartografia* 63: 401–14.
- Sano Eyji, Edson, Clóvis Caribe Menezes dos Santos, Euzebio Medrado da Silva, and Joselisa Maria Chaves. 2011. “Fronteira Agrícola Do Oeste Baiano: Considerações Sobre Os Aspectos Temporais e Ambientais.” *Geociências* 30 (3): 479–89.
- Sano, Makoto, Asako Miyamoto, Naoyuki Furuya, and Kazuhiko Kogi. 2009. “Using Landscape Metrics and Topographic Analysis to Examine Forest Management in a Mixed Forest, Hokkaido, Japan: Guidelines for Management Interventions and Evaluation of Cover Changes.” *Forest Ecology and Management* 257 (4): 1208–18. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.005>.
- Silva, AM. 2008. *Ecologia de Paisagem - Fundamentos e Aplicações*. Rio de Janeiro.
- Troll, C. 1971. *Geoecology and Biogeography*. Geoforum.
- Urban, Dean L, and Herman H Shugart. 1986. “Avian Demography in Mosaic Landscapes: Modeling Paradigm and Preliminary.” In *Wildlife 2000. Modeling Habitat Relationships of Terrestrial Vertebrates*, 273–79.
- . 1989. “Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process.” *Annual Review of Ecology and Systematics* 20 (1): 171–97. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.001131>.
- Vale, RMC, and SLS Reis. 2012. “A Bacia Hidrográfica Do Rio Preto: Repercussões Ambientais de Um Modelo Agroeconômico Industrial.” In *Oeste Da Bahia: Trilhando Velhos e Novos Caminhos Do Além São Francisco*, 433.



## Landscape Fragmentation in the Rio Preto Basin (BHRP) - Cerrado Bahian

### ABSTRACT

The objective of this article is to analyze the BHRP (Rio Preto Basin) by means of metrics that explain and/or demonstrate the fragmentation of the landscape as a consequence process expansion modernization agricultural frontier in the Western Bahia. Based on the limits of the BHRP sub-basins, the natural fragments were mapped from 1980 - 2010 and the indexes obtained through free extension Patch Analyst 2.0. Anthropization of natural cover has led to the reduction of continuous areas in smaller fragments. These areas were subtracted by the advancement of agricultural occupations, increasing the edge effect, followed by lower internal central area. The sub-basins of greater intensity and land use, associated to the greater degree of agricultural modernization (Rio do Ouro and Rio Riachão) showed higher losses, followed by lower quality landscape than that found in the other sub-basins (Rio Sapão, Alto Curso, Médio Curso and Baixo Curso).

**Keywords:** Agricultural Frontier; Landscape Metrics; Fragments; Natural Remnants; Western Bahia.

Submissão: 02/08/2018

Aceite: 12/06/2019