



O USO DO SIG PARA IDENTIFICAÇÃO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA RIO RIOZINHO – PR

Ana Paula Colavite¹, Jonathan Santos Pericinoto², Oseias Cardoso³

(1 – Universidade Estadual do Paraná, Professora Adjunta do Colegiado de Geografia e do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar Sociedade e Desenvolvimento, Doutora em Geografia, apcolavite@hotmail.com, 2 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, mestrando do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, jonathansousantos@hotmail.com, 3 - Universidade Estadual do Paraná, Professor Adjunto do Colegiado de Geografia, Doutor em Geografia, oseiascardoso@hotmail.com)

Resumo: A pesquisa objetivou, a partir de imagens de satélite processadas em Sistema de Informação Geográfica, analisar a distribuição espacial e a métrica dos fragmentos florestais na bacia hidrográfica rio Riozinho, localizada em municípios do interior do estado do Paraná, (Janiópolis, Boa Esperança, Farol e Mamborê). O processo metodológico deu-se com a construção de banco de dados no programa Spring (versão 5.1.8); composição colorida de imagens de satélite aplicada através do programa ENVI (5.1); classificação de valores métricos como área, perímetro e Índice de Circularidade (IC) dos fragmentos realizados no QGIS; realização de trabalho de campo para corroborar os dados laboratoriais. A quantidade de fragmentos registrada foi de 489 na área da bacia, com área total de 41,12 km²; o IC predominante foi de 0,55 a 0,75, indicando formato medianamente alongado. Os fragmentos estão distribuídos de forma dispersa pela bacia com distância significativa entre eles, apresentando alta fragilidade e isso dificulta o desenvolvimento da biodiversidade. Observou-se, também, que os fragmentos com maiores extensões consistem nas áreas de vegetação ripária.

Palavras chave: Sensoriamento Remoto; Ecologia da Paisagem; Biodiversidade.

THE USE OF GIS FOR IDENTIFICATION OF FOREST FRAGMENTS IN THE RIOZINHO RIVER HYDROGRAPHIC BASIN - PARANÁ



Abstract: The objective of this research was to analyze, through satellite images processed in Geographic Information System, the spatial distribution and the metric of forest fragments in the Riozinho river hydrographic basin, located in municipalities in the interior of the state of Paraná (Janiópolis, Boa Esperança, Farol and Mamborê). The methodological process was done with the construction of database in the Spring program (version 5.1.8); colored composition of satellite images applied through the ENVI program (5.1); classification of metric values as area, perimeter and Circularity Index (CI) of the fragments made in the QGIS; fieldwork to corroborate the laboratory data. The number of fragments recorded was 489 in the basin area, with a total area of 41.12 km²; the predominant CI was 0.55 to 0.75, indicating a moderately elongated shape. The fragments are distributed in a dispersed manner in the basin with significant distance between them, presenting high fragility and this hinders the development of biodiversity. It was also observed that the fragments with larger extensions consist of areas of riparian vegetation.

Key words: Remote Sensing; Ecology of Landscape; Biodiversity.

EL USO DEL SIG PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FRAGMENTOS FORESTALES EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO RIOZINHO EN EL ESTADO DE PARANÁ

Resumen: En este trabajo se objetivó analizar la distribución espacial y la métrica de los fragmentos forestales en la cuenca hidrográfica del Río Riozinho, ubicada en los municipios de Janiópolis, Boa Esperança, Farol y Mamboré, en el interior del estado de Paraná (Brasil). El proceso metodológico se inició con la construcción de una base de datos en el programa Spring (versión 5.1.8); la composición colorida de imágenes de satélite aplicadas a través del programa ENVI (5.1); la clasificación de valores métricos como área, perímetro e índice de circularidad (IC) de los fragmentos elaborados en el QGIS; trabajo de campo para corroborar datos de laboratorio. Se registró la cantidad de 489 fragmentos en el área de la cuenca, con un área total de 41,12 km²; y el IC predominante fue de 0,55 a 0,75, indicando un formato medianamente alargado. Los fragmentos están repartidos de manera dispersa por la cuenca con una distancia significativa entre ellos, presentando alta fragilidad, una vez que dificulta el desarrollo de la biodiversidad. Se observó que los fragmentos con mayores extensiones consisten en las áreas de vegetación riparia.

Palabras clave: Detecção remota; Ecología del paisaje; Biodiversidad.

INTRODUÇÃO

O desmatamento é considerado uma das principais causas da fragmentação florestal, restando, muitas vezes, pequenas áreas de vegetação com distintas características (PRIMACK, RODRIGUES, 2001; RAMBALDI; OLIVEIRA, 2005; LAURANCE; VASCONCELOS, 2009). Os processos de desmatamento e fragmentação florestal produzem implicações significativas no funcionamento do ecossistema e na conservação da biodiversidade e afeta diretamente as florestas tropicais (TAPIA-ARMIJOS et al., 2015; SHAPIRO et al., 2016).

A fragmentação florestal consiste na interrupção (natural ou antrópica) da continuidade de uma vegetação natural, com diminuição de seu tamanho e formação de duas ou mais áreas de vegetação (WILCOVE, 1986; VIANA, 1990; SHAFER, 1990, HERNÁNDEZ et al., 2014), este processo acarreta inúmeras modificações ambientais no entorno e no interior dos remanescentes florestais. Por sua configuração, esses recortes espaciais, não apresentam abrangência e tamanho ideais para manutenção de sua biodiversidade, resultado da constante interferência antrópica que sofrem pelas atividades do entorno (PRIMACK, RODRIGUES, 2001; CABACINHA, 2008).

Dentre os efeitos da fragmentação florestal, tem-se a mudança ecológica na composição florestal e faunística (riqueza e densidade de espécies), redução da migração e dispersão de espécies de uma área para outra, aumento da fragilidade natural ocasionado pelo efeito de borda, além das interferências promovidas pelo tipo de atividade desenvolvida no entorno (LAURANCE; VASCONCELOS, 2009; CARVALHO; NASCIMENTO, 2009). Blumenfeld et al. (2016) indicam que os diferentes tipos de uso da terra do entorno dos fragmentos produzem efeitos de borda de extensão, quantidade e qualidade distintos, e constituem a consequência mais significativa da fragmentação florestal.

A agricultura é uma das atividades econômicas de maior relevância no Brasil, porém acarretou historicamente ações de desmatamento e perda da biodiversidade em ambientes florestais, principalmente ocasionado pela prática do corte e da queima das árvores, com danos à vegetação, além da exposição do solo aos possíveis impactos (PEDROSO JUNIOR, MURRIETA, ADAMS, 2008). O contínuo processo de fragmentação florestal resulta na

instituição de manchas de vegetação com dimensões reduzidas e isoladas, que compõem paisagens com baixa diversidade de habitats (CALEGARI et al., 2010), dentre as ações antrópicas de maior relevância neste processo, tem-se o desmatamento para ampliação de áreas agricultáveis.

No país, a agricultura teve seu desenvolvimento de formas distintas em grande parte do território nacional. A crise do café, na década de 1930, levou o governo a implantar medidas para a recuperação econômica do setor agrícola, com incentivos que resultaram em um processo de rápida expansão das fronteiras agrícolas brasileiras, um dos focos era a ocupação do interior do Paraná, principalmente nas décadas de 1950 a 1960 (MUELLER, 1992). Na década de 1960, Maack (1968) alertou que os rumos tomados pelo governo estadual (em concordância com as estratégias do governo federal) resultariam, em poucas décadas, em vasta perda de áreas de florestas paranaenses. Balsan (2006) atribui ao processo de modernização da agricultura significativa parcela de responsabilidade na destruição das florestas brasileiras e conseqüentemente na perda da biodiversidade.

Gubert Filho (2010) expõe que a cobertura florestal original do estado do Paraná ocupava aproximadamente 80% do território e manteve-se praticamente intacta até as últimas décadas do século 19 e primeiras décadas do século 20, porém, decorrente de sucessivas ações antrópicas, na década de noventa restava apenas 6% da cobertura florestal original. Accioly (2013) aponta que a paisagem do estado do Paraná encontra-se, na atualidade, altamente fragmentada, resultado de processos históricos de expansão de fronteiras agrícolas e da exploração de espécies florestais.

Diante do exposto, a pesquisa teve como objetivo analisar a distribuição espacial e a métrica dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica rio Riozinho a partir de imagens de satélite processadas em SIG, com dados corroborados em trabalho de campo.

O ESTUDO DAS MÉTRICAS DE FRAGMENTOS FLORESTAIS

Estudos da paisagem, especialmente aqueles voltados a análise dos fragmentos florestais remanescentes, podem contribuir para a preservação e/ou conservação desses, além de subsidiarem ações de recuperação de áreas degradadas e de ampliação de áreas vegetadas. Conhecer o estágio de desenvolvimento dos fragmentos florestais, suas métricas, estruturas e

os índices ecológicos associados, pode subsidiar ações de gestão e manejo ambientais (ABDALLA; CRUZ, 2015).

As métricas da paisagem descrevem e quantificam os padrões espaciais dos fragmentos (BRAGA et al., 2018), esse conhecimento pode indicar áreas prioritárias para a conservação, especialmente se associados ao que rege a legislação ambiental (PIROVANI et al., 2014). Vieilledent et al. (2018) destacam a importância do mapeamento dos fragmentos florestais e das mudanças de cobertura florestal como suporte à implementação de novas estratégias de conservação das florestas tropicais naturais e manutenção de sua biodiversidade.

Nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG`s) estão disponíveis funções de processamento digital das imagens, que propiciam a identificação e a classificação dos fragmentos florestais, também é possível a realização de cálculos métricos, tais como o tamanho do fragmento, a identificação da área core, a forma e o grau de isolamento (SILVA; SOUZA, 2014; ABDALLA; CRUZ, 2015). A partir de imagens de satélite é possível detectar áreas verdes, avaliar a condição de conservação e identificar os elementos conflitantes presentes no entorno dos fragmentos (RIBEIRO, et. al. 2005; BRITO et al., 2007; OLIVEIRA, et. al. 2008; CALEGARI, et. al. 2010).

No processo de mapeamento dos fragmentos florestais a escala adotada é um aspecto que precisa ser observado com atenção, elementos com dimensões reduzidas, podem não ser classificados (ABDALLA; CRUZ, 2015). O nível de detalhamento do mapa obtido, a possibilidade de identificação ou não dos objetos presentes é dependente da resolução espacial da imagem original (KUPLICH et al., 2016).

Outra questão levantada é que os métodos de análise de imagens de satélite são incapazes de detectar mudanças muito sutis no interior da floresta (PERES et al. 2006). Entretanto, Cardoso, Reis e Cruz (2009) apontam a importância do uso de mapeamentos em escalas maiores, que permitam uma análise mais detalhada da vegetação. Diante do atual quadro de desenvolvimento das geotecnologias, há uma tendência de ampliação do uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (Vant`s) para aquisição de imagens de alta qualidade, com baixo custo e rápida aplicação em diagnósticos e monitoramento de fragmentos florestais (SILVA et al., 2018).



Após a delimitação dos fragmentos florestais, são inúmeras as possibilidades de aplicação de métricas. No caso desta pesquisa, trabalhou-se com os cálculos de área e perímetro dos fragmentos e, com base nestes, obteve-se o Índice de Circularidade.

A área é uma variável fundamental na análise dos fragmentos, pois geralmente a existência, a riqueza e a abundância de certas espécies depende do tamanho dos fragmentos (VOLOTÃO, 1998). Somado a este fator, McGarigal et al. (2002) apontam que o resultado do cálculo da média dos tamanhos dos fragmentos é considerado um bom indicativo do grau de fragmentação de uma paisagem, quanto menor o tamanho médio dos fragmentos, mais fragmentada encontra-se uma área. Abdalla e Cruz (2015) destacam que quanto maior a área do fragmento, maior será a área sem influência do efeito de borda, portanto, maior proteção para a biodiversidade interna do fragmento.

Já o perímetro de um fragmento é um indicativo da borda que este apresenta, quanto maior a extensão da borda, maior será a exposição da vegetação aos agentes externos. Laurance e Vasconcelos (2009) comentam que os efeitos de bordas estão diretamente correlacionados aos efeitos de área. Embora nas florestas existam bordas naturais, o processo de fragmentação amplia significativamente a quantidade de bordas, criando uma transição abrupta entre a floresta e a área do entorno, mudando sua composição florística. A fragilidade ocasionada pelo efeito de borda, também se associa ao formato do fragmento, quanto mais circular menor será o efeito, quanto mais alongado maior será o efeito. O efeito de borda pode interferir na taxa de mortalidade de árvores, na ampliação do número de espécies pioneiras, em detrimento das espécies de áreas não perturbadas.

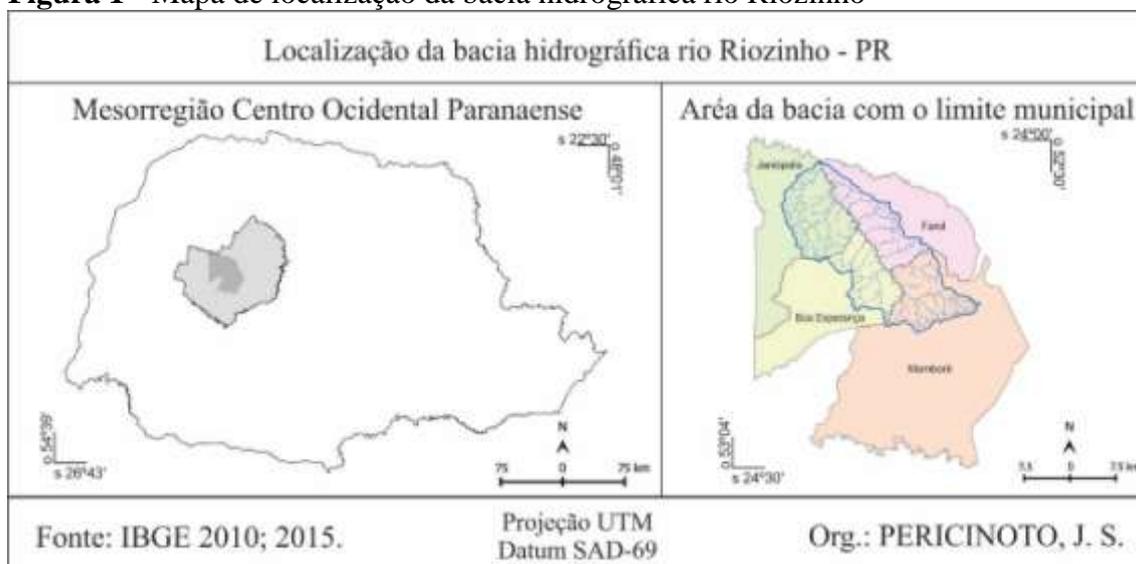
O Índice de Circularidade auxilia na análise e estudo referente aos fragmentos florestais que podem ser interpretados como indicativo de remanescentes florestais (BARROS FILHO, 1997). Os fragmentos que possuem IC com escala até 1 são menos suscetíveis ao efeito de borda, ou seja, o centro está distante as bordas da área do fragmento estando protegido a efeitos externos que causa maiores danos a vegetação (VIANA, PINHEIRO, 1998; SCARIOT et al., 2003). Com relação ao formato dos fragmentos Abdalla e Cruz (2015) salientam que quanto mais irregulares, maior o total de bordas.

METODOLOGIA

Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na bacia hidrográfica rio Riozinho, afluente do rio Goioerê, o qual, por sua vez, faz parte da bacia hidrográfica do rio Piquiri. A bacia em estudo localiza-se em parte do território dos municípios de Janiópolis, Farol, Mamborê e Boa Esperança, situados no interior do Estado do Paraná (Figura 1). Os limites geográficos da bacia são: latitudes sul 24° 02' e 24° 19' e longitudes oeste 52° 30' e 52° 50', conforme visualizado na Figura 1 (PERICINOTO, COLAVITE, 2017).

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica rio Riozinho



Fonte: PERICINOTO, COLAVITE, 2017

A bacia hidrográfica rio Riozinho apresenta área total de 453 km², perímetro de 116 km, um total de 293 corpos hídricos, ordem final 5, o canal principal apresenta 51 km de extensão (PERICINOTO, COLAVITE, 2017), com alinhamento sudeste-noroeste. A nascente principal localiza-se no município de Mamborê, o canal principal se forma no município de Farol e deságua no rio Goioerê no município de Janiópolis.

A bacia assenta-se sobre as formações geológicas Caiuá, do Grupo Bauru, e Serra Geral, do Grupo São Bento (MINEROPAR, 2001). Já o solo da bacia possui distintas características em seu território, o latossolo é predominante, seguido do nitossolo e contém áreas de argissolo (EMBRAPA, 2006). O relevo apresenta baixa dissecação, com predomínio de declividades de até 20% e a amplitude altimétrica de 350 metros (PERICINOTO, COLAVITE, 2017).



Accioly (2013) indica que na região de inserção da Bacia Hidrográfica em estudo, há aproximadamente 6% de cobertura florestal. Ao realizar o levantamento do percentual florestas naturais nos municípios paraenses, o Serviço Florestal Brasileiro (2018) indicou que o município de Boa Esperança apresenta 8% de seus territórios cobertos por vegetação, seguido por Janiópolis com 11%, Farol 12% e Mamborê 13%. Historicamente as atividades humanas que mais impactaram na dinâmica e na fragmentação das florestas, no recorte geográfico da pesquisa, é a atividade agrícola.

A construção do banco de dados em SIG

A etapa de desenvolvimento da pesquisa iniciou com a construção do banco de dados da bacia hidrográfica rio Riozinho, no programa Spring (versão 5.1.8), com base nas cartas topográficas: SG.22-VA-III-1-MI-2802/1 (Janiópolis); SG.22-V-A-III-2-MI-2802/2 (Farol); SG.22-V-A-III-2-MI-2802/4 (Mamborê), obtidas no site do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG) na escala 1:50000 (PERICINOTO, COLAVITE, 2017).

A base cartográfica criada possibilitou a orientação precisa da bacia e dos elementos que a compõe. Adquiriram-se imagens de satélites no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), privando pela confiabilidade de um órgão oficial e federal. As imagens do satélite são originárias do Landsat 8, na pesquisa selecionou-se as bandas 3, 5 e 7.

A composição das bandas permitiu o reconhecimento de áreas verdes e de solos expostos que foram delimitados para compreender o tamanho das áreas em destaque. Identificaram-se os fragmentos florestais através do *software* ENVI (versão 5.1), com a composição colorida também executada no mesmo programa a Figura 2 representa a imagem antes do processamento digital no Envi e após este.

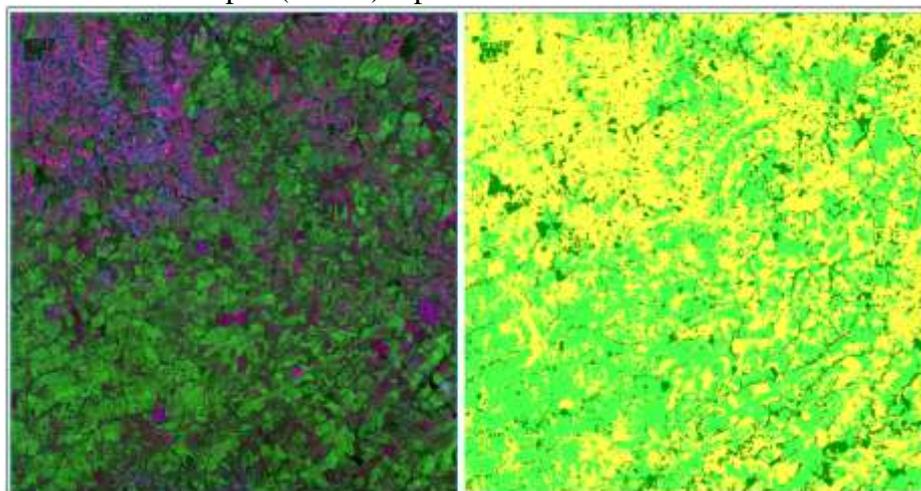
Os fragmentos exportados do Envi em *shapefile* foram importados no QGis, que possibilitou a realização dos cálculos dos fragmentos, adquirindo a quantidade de fragmentos, área total, maior e menor fragmento e a média encontrada, além do arquivo vetorial exportado contendo os polígonos dos fragmentos.

Com base nos dados originais, realizou-se o cálculo de métricas Índice de Circularidade¹, perímetro e área, os resultados foram agregados em classes temáticas de

¹ Calculado pela fórmula $IC = (2 \cdot \sqrt{\pi A}) / L$, onde IC é o Índice de Circularidade, A é a área e L é o perímetro de cada fragmento.

acordo com metodologia proposta por Nascimento et al. (2006). Os produtos cartográficos foram editados e finalizados no programa CorelDraw X7. Os dados produzidos em laboratório foram corroborados com trabalho de campo, apontando com melhor ênfase as características elencadas no decorrer da pesquisa.

Figura 2 -Imagem do satélite Landsat 8, composição das bandas 3, 5 e 7 antes (esquerda) e após (direita) o processamento no ENVI



Org.: autores

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da metodologia aplicada obteve-se a área total de fragmentos calculada em 41,12 km², que corresponde a 9% de todo território da bacia hidrográfica. A quantidade de fragmentos catalogados pelo programa foi de 489 (Figura 3), com o menor registro de área de 150 m² e o maior de 1,17 km², a média da área dos fragmentos é de 8,4 ha.

Com relação a concentração de fragmentos de acordo com sua área, Gráfico 1, os dados estão subdivididos em 9 categorias. Em termos quantitativos a classe dos fragmentos muito pequenos, com até 2,0 ha, foi a mais representativa na paisagem da bacia. Esta classe somou 190 polígonos (39% do total de fragmentos), porém quando somadas suas áreas, correspondem a apenas 248 ha – 6% da área total ocupada pelos fragmentos.

A segunda classe, com áreas medidas entre 2 e 4 hectares, conta com 108 polígonos (22% do total), os quais juntos somam área de 309 ha – 7,5% da área total ocupada pelos fragmentos. A terceira classe, com áreas medidas entre 4 e 6 hectares, apresentou 61 polígonos (12% do total), os quais juntos somam área de 304 ha - 7,4% da área total ocupada

pelos fragmentos. A quarta classe, com áreas medidas entre 6 e 10 hectares, agrega 49 polígonos (10% do total), os quais juntos somam área de 392 ha.

Figura 3 - Mapa de localização da bacia hidrográfica rio Riozinho

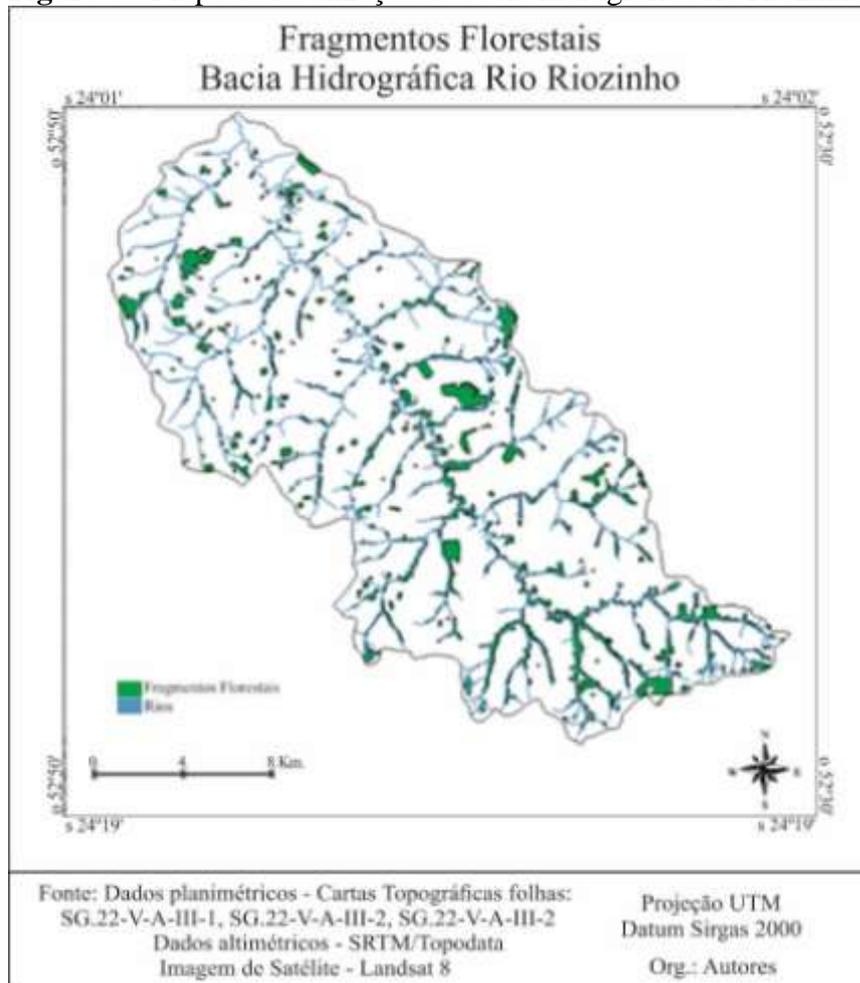
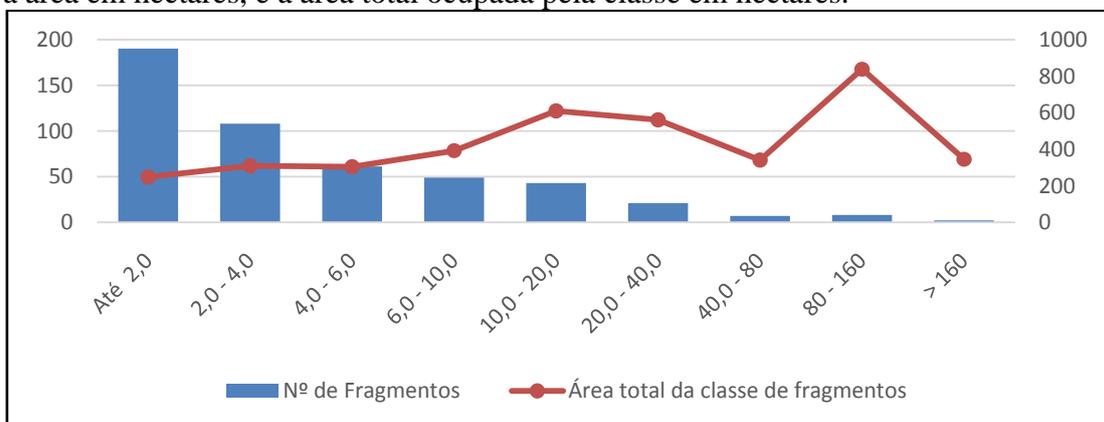


Gráfico 1 – Relação entre o número total de fragmentos, agrupados em classes de acordo com a área em hectares, e a área total ocupada pela classe em hectares.





A quinta classe, com áreas medidas entre 10 e 20 hectares, conta com 43 polígonos (8% do total), os quais juntos somam 610 ha – 15% da área total ocupada pelos fragmentos. A sexta classe, com áreas medidas entre 20 e 40 hectares, apresentou 21 polígonos (4% do total), os quais juntos somam 561 ha – 14% da área total ocupada pelos fragmentos. A sétima classe, com áreas medidas entre 40 e 80 hectares, agregou 7 polígonos (1,5% do total), os quais juntos somam 341 ha – 8% da área total ocupada pelos fragmentos.

A oitava classe, com áreas medidas entre 80 e 160 hectares, somou 8 polígonos (1,5% do total), os quais juntos somam 838 hectares – 20% da área total ocupada pelos fragmentos, destaca-se que esta é a classe mais representativa em termos de área ocupada pelos fragmentos. A nona e última classe, com áreas medindo mais de 160 hectares, agregou apenas 2 polígonos (menos de 1% do total), os quais juntos somaram 345 ha - 8% da área total ocupada pelos fragmentos.

O tamanho dos fragmentos influencia em sua permanência no espaço e no controle da biodiversidade local. Entende-se que os fragmentos de menor área estão mais vulneráveis a ações externas e podem ser extintos com maior facilidade. O elevado número de fragmentos com pequenas áreas indica um alto grau de fragmentação florestal na bacia hidrográfica em estudo. Entretanto, embora o reduzido tamanho da maioria dos fragmentos mapeados, acredita-se que esses servem como trampolins ecológicos no processo de mobilidade da fauna. Sua distribuição em formato disperso por toda a bacia hidrográfica, também é um indicativo de que esses fragmentos servem como passagem para fauna e podem contribuir para a manutenção e aumento da biodiversidade local.

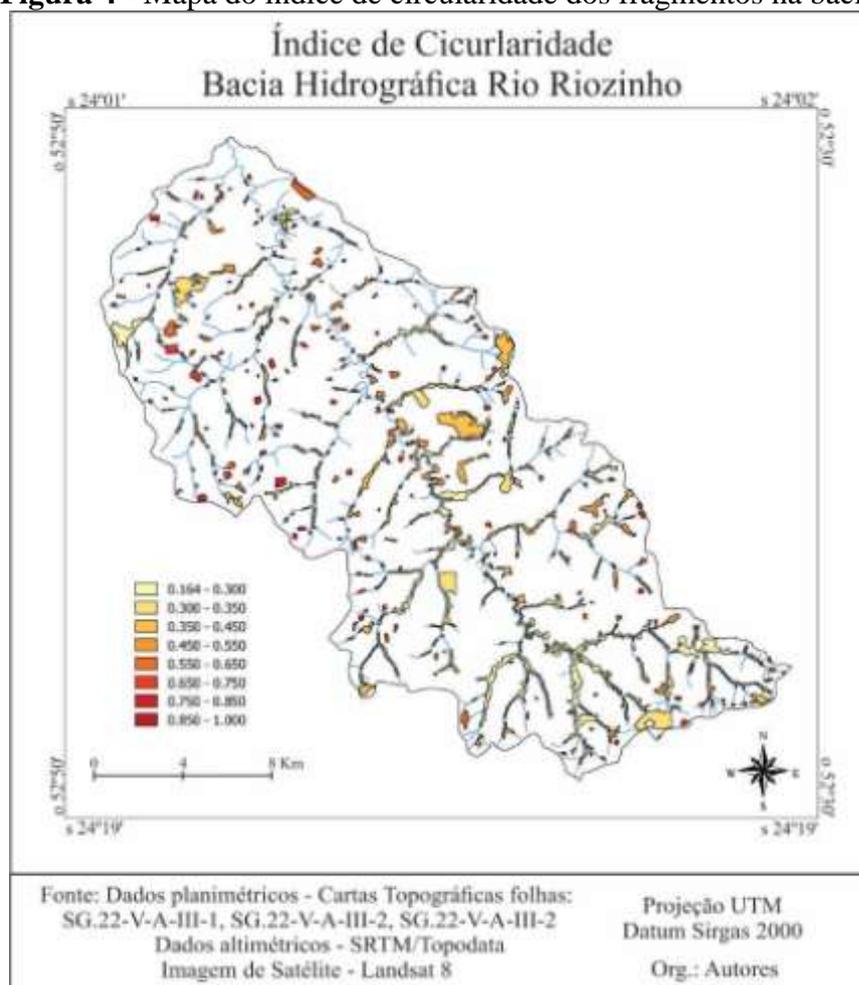
Com relação aos perímetros dos fragmentos (Tabela 1), obteve-se que a maioria (382 polígonos) apresentam até 2000 metros, o que corrobora os dados de área. Com valores entre 2000 e 8000 metros de perímetro foram classificados 92 fragmentos e apenas 15 fragmentos apresentam perímetro superior a 8000 metros. O menor perímetro calculado foi de 72 metros e o maior 28.860 metros.

A partir do cálculo do Índice de Circularidade, dividiu-se os valores obtidos em 8 classes temáticas (Figura 4). O menor IC identificado foi 0,164 que corresponde ao maior fragmento da bacia, seu formato alongado é decorrente de se constituir em uma área de vegetação ripária, portanto a vegetação acompanha o curso do rio. O maior IC identificado, ou seja, o mais circular, foi de 0,877 e pertence a um fragmento pequeno, com apenas 1,08 ha.

Tabela 1 - Classes de área e perímetro dos fragmentos mapeados na bacia

Perímetro (m)	Nº de Fragmentos
Até 500	55
500 - 1000	200
1000 - 1500	76
1500 - 2000	51
2000 - 4000	61
4000 - 8000	31
8000 - 12000	8
12000 - 16000	4
> 16000	3
Total	489

Figura 4 - Mapa do índice de circularidade dos fragmentos na bacia



As 8 classes temáticas, representando os diferentes ICs e suas ocorrências foram representadas em um conjunto de mapas (Figura 5) e na Tabela 2. A primeira classe, que

abrange índices menores que 0,3, contempla 21 fragmentos florestais, os quais somam 1000 ha, 24% da área total de fragmentos, concentrados especialmente no entorno dos rios, apresenta o formato mais alongado.

Figura 5 - Conjunto de mapas referente ao índice de circularidade dos fragmentos na bacia

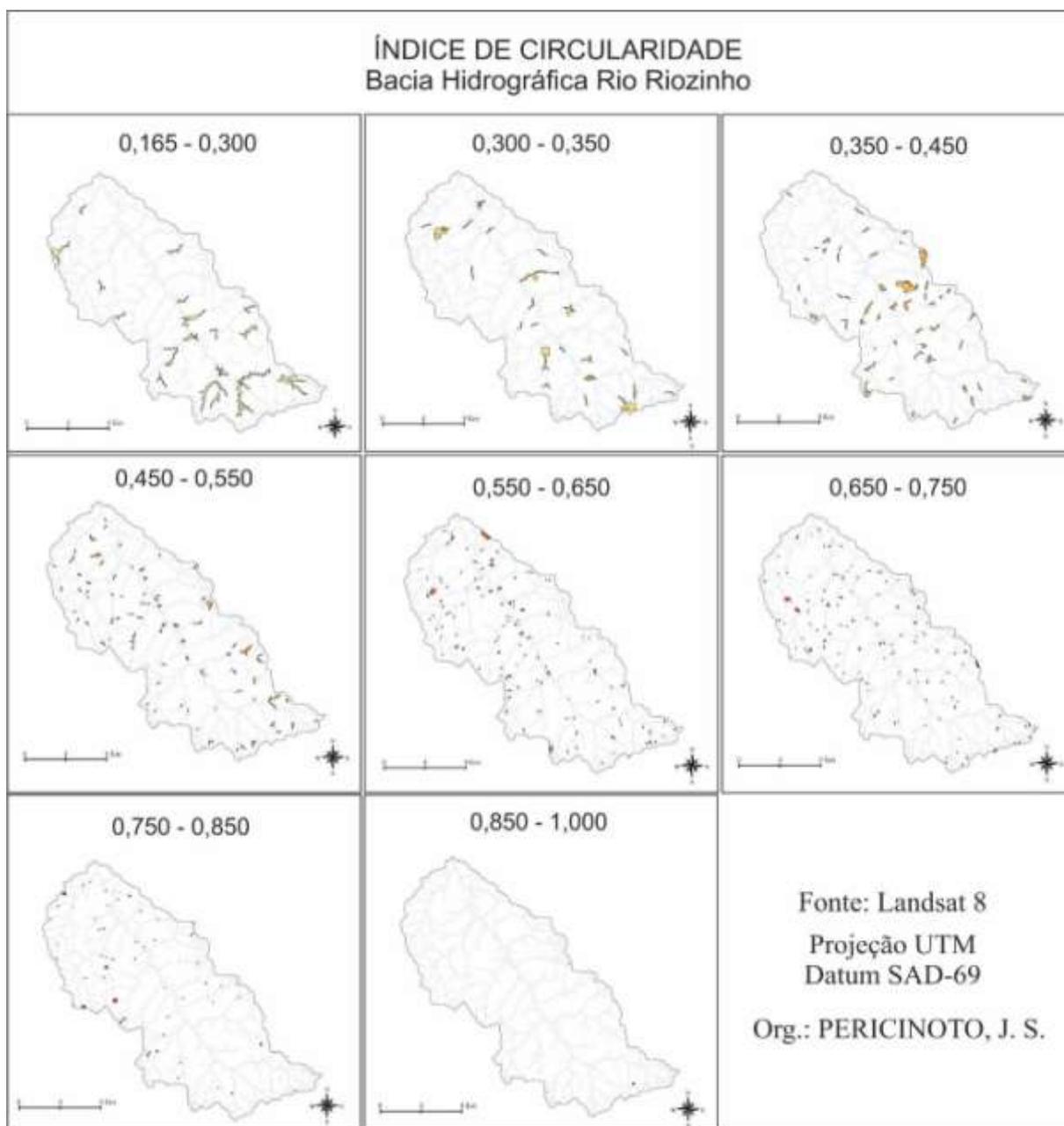




Tabela 2. Índice de circularidade sobre os fragmentos mapeados na bacia

Índice de Circularidade		
IC	Nº de Fragmentos	Área total (ha)
até 0,30	21	1000
0,3 - 0,35	23	732
0,35 - 0,45	57	11,656
0,45 - 0,55	91	18,609
0,55 - 0,65	121	24,744
0,65 - 0,75	121	24,744
0,75 - 0,85	53	10,838
0,85 - 1	2	0,409
Total	489	100,000

A segunda classe contempla os ICs de 0,3 a 0,35, soma o total de 23 fragmentos florestais, com área de 732 ha, 18% da área total de fragmentos, seu formato também é alongado contemplando áreas de vegetação ripária que se conectam com fragmentos próximos. A terceira classe agrega os ICs de 0,35 a 0,45, soma o total de 57 fragmentos florestais, com área de 800 hectares, 19% da área total de fragmentos, o formato desses fragmentos é levemente alongado e corresponde principalmente a pequenas áreas de vegetação ripária.

Com base no IC, essas três primeiras classes são as mais frágeis do ecossistema local, e juntas somam 101 fragmentos florestais, apenas 20% do total de polígonos mapeados, mas que em termos de área somam 2532 ha, correspondendo a 62% da área total ocupada pelos fragmentos. Este dado corrobora as análises tecidas a partir dos dados de área dos fragmentos que indicam uma bacia com alta fragmentação florestal.

A quarta classe contempla os ICs de 0,45 a 0,55, soma o total de 91 fragmentos florestais, com área de 536 ha, 13% da área total de fragmentos. A quinta classe agrega os ICs de 0,55 a 0,65, soma o total de 121 fragmentos florestais, com área de 417 hectares, 10% da área total de fragmentos. A sexta classe, com ICs entre 0,65-0,75, também agrega 121 fragmentos florestais que somam 311 hectares, 7,6% da área total de fragmentos.

Essas três classes intermediárias são as mais representativas em relação ao número de fragmentos florestais identificados, contemplam 333 polígonos – 68% do total presente na bacia. Porém ao somar suas áreas ocupam 1264 hectares, apenas 31% da área total mapeada. Estes fragmentos distribuem-se por toda a bacia hidrográfica, nas proximidades da rede

hidrográfica, porém observa-se que apenas os da quarta classe concentram-se mais nas áreas de vegetação ripária.

A sétima classe contempla os ICs de 0,75 a 0,85, soma o total de 53 fragmentos florestais, com área de 143 ha, 3,5% da área total de fragmentos, seu formato também é próximo do circular. A oitava e última classe contempla os ICs de 0,85 a 1, agrega apenas 2 fragmentos florestais e que somam aproximadamente 6 ha, valor que não chega a 0,2% da área total dos fragmentos. Se considerar o IC, essas duas classes teoricamente comporiam os fragmentos com menor fragilidade ambiental da bacia, porém decorrente dos pequenos tamanhos que apresentam, apresentam-se significativamente frágeis.

Sobre as restrições técnicas da Imagem de Satélite, utilizada como base, e dos procedimentos realizados nos *softwares*, observou-se que os fragmentos florestais com áreas de tamanhos inferiores a 150 m² não foram registrados pelo programa. Este problema também ocorreu em algumas áreas com maiores dimensões areais, atribui-se esta falha a confusão de pixels produzida pela mistura da refletância das áreas de vegetação com o seu entorno e com áreas de várzea, as quais além de serem rasteiras, dependendo dos índices pluviométricos do período da coleta da imagem, podem diferir consideravelmente das áreas de vegetação seca.

Na Figura 6 é possível visualizar um conjunto de imagens extraídas do Google Earth com fragmentos florestais não identificados pelo método adotado neste estudo. Destaca-se que as imagens disponíveis neste programa apresentam maior resolução espacial se comparado a imagem Landsat utilizada na pesquisa. As imagens foram extraídas do médio curso da bacia, sendo alguns localizados no entorno do rio principal e outras manchas distantes de corpos hídricos.

No produto gerado pelo programa ENVI diversas áreas verdes foram consideradas como fragmento florestal. Não houve diferenciação das áreas de vegetação nativa e áreas florestadas (plantação de eucalipto). Esta confusão na técnica enaltece a necessidade do trabalho de campo para corroboração dos dados mapeados em laboratório. Os fragmentos predominantes na bacia, assim com maior registro pelo programa ENVI, estão alocados principalmente em áreas próximas a corpos hídricos, ou seja, Área de Preservação Permanente (APP) adjacentes as áreas agrícolas. A paisagem da bacia hidrográfica rio Riozinho é predominantemente agrícola e os fragmentos florestais sofrem, neste caso, com a contínua pressão exercida por este tipo de atividade (Figura 7).

Figura 6 – Exemplo de fragmentos florestais presentes na bacia hidrográfica e não registrados pelos procedimentos adotados na pesquisa.



Fonte: Google Earth, 2018

Figura 7 - Vegetação registrada pelo programa ENVI



Fonte: PERICINOTO, J. S. 2018



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de fragmentos florestais é de suma importância para analisar a vegetação na bacia, especialmente para nortear ações de preservação e conservação da natureza. A maior ocorrência de fragmentos florestais localizados no entorno e próximos aos corpos hídricos, tem correlação direta com a legislação ambiental brasileira, que prevê a manutenção de áreas de vegetação ripária.

Com base nos dados obtidos com as métricas e na análise da coleção de mapas foi possível identificar uma tendência na correlação entre a área e o IC dos fragmentos florestais. Quanto maior o fragmento, mais alongado é o seu formato, quanto menor o fragmento maior o seu IC, portanto mais arredondada sua forma. Portanto, considera-se que, para a bacia hidrográfica analisada, os altos índices de IC, não necessariamente condizem com fragmentos florestais de baixas fragilidades ambientais.

Neste contexto, compreende-se que a análise da fragilidade ambiental de fragmentos florestais deve considerar as correlações entre tamanho de área e formato. Variáveis adicionais podem conferir mais confiabilidade a estes dados. Ficou evidente a importância das geotecnologias (SIG e Imagens de Satélite) na identificação, análise e classificação de fragmentos florestais.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, L. dos S.; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 67, n. 1, p. 169-184, jan/fev. 2015.

ACCIOLY, P. **Mapeamento dos remanescentes vegetais arbóreos do estado do Paraná e elaboração de um sistema de informações geográficas para fins de análise ambiental do estado**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 129. 2013.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Campo-Território: revista de geografia agrária**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.



BARROS FILHO, L. **Fragmentos florestais nativos: estudo de paisagem em domínio de floresta atlântica, Município de Itabira, MG.** Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 52. 1997.

BLUMENFELD, E.C.; FERREIRA DOS SANTOS, R.; THOMAZIELLO, S.A.; RAGAZZI, S. Relações entre tipo de vizinhança e efeitos de borda em fragmento florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1301-1316, 2016.

BRAGA, W. T. *et al.* Análise das métricas dos fragmentos florestais e dos padrões espaciais morfológicos no município de São Pedro/Sp. **Revista Espaço e Geografia**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 139-166, 2018.

BRITO, E.R. *et al.* Identification of degraded areas and classes of vegetal cover through geographical information system, for environmental adequacy. In: RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (Eds.). **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil.** New York: Nova Science Publishers, 2007.

CABACINHA, C. D. **Caracterização estrutural e física de fragmentos de mata de galeria na alta bacia do rio Araguaia.** Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, p. 125. 2008.

CALEGARI, L. *et al.* Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.

CARDOSO, P. V.; REIS, R. B.; CRUZ, C. B. M. Análise da fragmentação de floresta na bacia do rio São João considerando as influências de escala e relevo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n. XIV, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1755-1762.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de um remanescente de floresta Atlântica Submontana (Silva Jardim-RJ, Brasil). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 327-337, 2009.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.



GUBERT FILHO, F. A. O desflorestamento do Paraná em um século. In.: SONDA, C.; TRAUZINSKI, S. C.. (org.) . **Reforma agrária e meio ambiente: teoria e prática no estado do Paraná**. Curitiba: ITCG, 2010. p. 15-26.

HERNÁNDEZ, A. *et al.* Landscape dynamics and their effect on the functional connectivity of a Mediterranean landscape in Chile. **Ecological Indicators**, v. 48, n. 9, p.198–206, 2014.

KUPLICH, T. M. *et al.* **Algumas aplicações de sensoriamento remoto em estudos de vegetação campestre no RS**. 2016. (Relatório de Pesquisa - INPE-17705-RPQ/917).

LAURANCE, W.F.; VASCONCELOS, H.L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 434-451, 2009.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Max Roesner, 1968.

MCGARIGAL, K., *et al.* **Fragstats v3: Spatial pattern analysis program for categorical maps**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. 2002.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba, 2001.

MULLER, C. C. Dinâmica, condicionantes e impactos socioambientais da evolução da fronteira agrícola brasileira. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 64-87, 1992.

NASCIMENTO, M. C. do *et al.* Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do satélite Ikonos II. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n.3, p. 389-398, 2006.

OLIVEIRA, F. S. *et al.* Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do parque nacional do Caparaó, estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 899-908, 2008.

PEDROSO JUNIOR, N. N.; MURRIETTA, R. S. S.; ADAMS, C. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 3, n. 2, ago. 2008.

PERICINOTO, J. S.; COLAVITE, A. P. Análise da paisagem bacia hidrográfica Rio Riozinho – Janiópolis/PR. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (org.). **Os Desafios da**

Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. Campinas: Instituto de Geociências, 2017. p. 5715-5720.

PIROVANI, D. B. *et al.* Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p.271- 281, 2014.

PRIMARK, R. B.; RODRIGUEZ, E. **Biologia da conservação.** Londrina: Editora Planta, 2001.

RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. de. **Fragmentação de ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Brasília: MMA/SBF, 2003.

RIBEIRO, C. A. A. S. *et al.* O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005.

SCARIOT, A. *et al.* Vegetação e Flora. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Org.). **Fragmentação de ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Brasília: MMA/SBF, 2003.

SHAFER, C. L. **Nature reserves: island theory and conservation practice.** Washington: Smithsonian Institution Press, 1990.

SHAPIRO, A.C. *et al.* Using fragmentation to assess degradation of forest edges in Democratic Republic of Congo. **Carbon Balance and Management**, v. 11, n. 11, 2016.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário Florestal Nacional: principais resultados: Paraná.** Brasília: MMA (Serviço Florestal Brasileiro), 2018.

SILVA, M. S. F.; SOUZA, R. M. Padrões espaciais de fragmentação florestal na flona do Ibura – Sergipe. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 121-137, set/dez. 2014.

TAPIA-ARMIJOS M.F. *et al.* Desmatamento e fragmentação florestal no sul do Equador desde a década de 1970 - Perdendo um *hotspot* de biodiversidade. **PLoS ONE**, v.10, n.9, 2015.

VIANA, V. M. Biologia de manejo de fragmentos de florestas naturais. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, p.155. 1990.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998.

VIEILLEDENTA, G, *et al.* Combining global tree cover loss data with historical national forest cover maps to look at six decades of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. **Biological Conservation**, v. 222, p. 189-197, ju. 2018.

VOLOTÃO, C.F.S. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. São José dos Campos: INPE, 1998.

WILCOVE, D. S.; MCLELLAN, C. H. & DOBSON, A. P. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: SOULÉ, M. E. (ed.). **Conservation Biology: the science of scarcity and diversity**. Sunderland: Sinauer, 1986. p.237-256.