

Análise espacial da cobertura florestal de restinga da sub-bacia hidrográfica do rio Comboios, Espírito Santo

Natália Gomes de Souza Mendes¹, Alexandre Rosa dos Santos², Samuel Ferreira da Silva², Roberto Avelino Cecílio¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal, NEDTEC, Av. Governador Lindemberg, 316, Centro, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro-ES, Brasil. E-mail: n.gsmendes@gmail.com; roberto.cecilio@ufes.br

² Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alto Universitário, s/n, Guararema, CEP 29500-000, Alegre-ES, Brasil. Caixa Postal 16. E-mail: mundogeomatica@yahoo.com.br; samuef.d.silva@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho objetivou realizar o mapeamento e analisar a estrutura da paisagem florestal de restinga da sub-bacia hidrográfica do rio Comboios, como integrante da zona de transição de uma reserva biológica de proteção integral. O mapeamento foi realizado por meio de imagens do satélite GeoEye, obtidas junto ao software Google Maps Downloader 7.201, e utilizando-se técnicas de fotointerpretação na escala 1:5.000 com o software ArcGIS 10.2. Os fragmentos foram divididos em quatro classes de tamanho: muito pequeno (< 5 ha), pequenos (5-10 ha), médios (10-100 ha) e grandes (> 100 ha). Foram mapeados 57 fragmentos, representando 24,97% da área total da bacia estudada. A cobertura florestal da bacia esteve composta, em sua maioria, por fragmentos menores que 5 ha (29), indicando um alto grau de fragmentação florestal. Foi verificado, através da aplicação de métricas da paisagem, menor efeito de borda apenas para a classe de fragmentos grandes, que representam a maior área de remanescentes florestais da mata de restinga na bacia, e estando todas as outras classes de tamanhos, susceptíveis a uma maior influência deste processo. Os fragmentos maiores estiveram localizados mais distantes da Rebio, fator que pode propiciar o isolamento entre as espécies, com consequente diminuição do fluxo gênico entre as mesmas.

Palavras-chave: Ecologia da paisagem, fragmentação florestal, métricas da paisagem

Spatial analysis of forest cover of Restinga in the hydrographic sub-basin of the Comboios River, Espírito Santo, Brazil

ABSTRACT

This paper aimed to realize mapping and analyze the structure of the forest landscape of Restinga of sub-basin of the Comboios River, as integrant of the transition zone of biological reserve full protection. Mapping was performed through images of GeoEye satellite, obtained from the Google Maps Downloader 7.201 software, and using interpretation techniques at scale 1:5.000 through ArcGIS 10.2 software. The fragments were divided into four size classes: very small (< 5 ha), small (5-10 ha), medium (10-100 ha) and large (> 100 ha). 57 fragments were found, representing 24.97% of the total area of the study area. The forest cover of the basin was composed, mostly by smaller forest fragments than 5 ha (29), indicating a high degree of forest fragmentation. It was verified through the application of landscape metrics, short edge effect only for the class of large fragments, representing the largest remaining forest areas of Restinga forest in the basin, and being all other size classes, susceptible to greater influence this process. The larger fragments were located farther away from the biological reserve, a factor that can provide isolation between species, with consequent reduction of gene flow between them.

Key words: Landscape ecology, forest fragmentation, landscape metrics

Introdução

As restingas são ecossistemas litorâneos pertencentes ao bioma Mata Atlântica e, no contexto ecológico, mantém estreita relação com o oceano, tanto na sua origem, como nos processos nele atuantes, bem como também possuem características próprias relativas à composição florística e estrutura da vegetação e interações como o sistema solo-atmosfera (Carvalho & Rizzo, 1994).

Embora as espécies que compõem essa paisagem sejam adaptadas a variadas combinações de estresse, tais como altas temperaturas, altas salinidades, ventos, secas e/ou ocasionais inundações dos solos e oligotrofismo (Thomazi et al., 2013), os ecossistemas de restingas são ambientes de extrema fragilidade, passíveis de perturbação e baixa capacidade de resiliência, devendo-se isso ao fato desta vegetação se encontrar sobre solos arenosos, altamente lixiviados e pobres em nutrientes (Guedes et al., 2006). O intenso processo de degradação à que a vegetação de restinga vem sofrendo, é dentre outras causas, devido à crescente urbanização nos ecossistemas costeiros, o que ocasiona sua destruição e fragmentação florestal.

O desmatamento em áreas florestais promove a formação de fragmentos que ficam suscetíveis a inúmeros fatores que ocorrem na matriz da paisagem. De acordo com Viana & Pinheiro (1998), um fragmento florestal pode ser definido como uma área de vegetação natural interrompida por barreiras antrópicas ou naturais capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e/ou sementes. Neste contexto, a fragmentação pode ocasionar mudanças físicas e ecológicas, como a perda e o isolamento de habitats, a diminuição do número de espécies, a modificação da composição das comunidades; e dentre outros fatores (Hill & Curran, 2003) e, embora nem todas as espécies possam ser afetadas da mesma forma pelo processo de fragmentação, este pode promover mudanças nos mesohabitats e microhabitats disponíveis nos ecossistemas (MMA/SBF, 2003).

Pesquisas de fragmentação florestais têm sido amplamente realizadas nos últimos anos, como uma forma de prever os resultados deste processo nos remanescentes e propor formas de manejo para sua conservação (Murcia, 1995; Hill & Curran, 2003; Juvanhof et al., 2011; Pirovani et al., 2014).

A Reserva Biológica (Rebio) de Comboios constitui a única reserva costeira desta categoria, em todo litoral central do Brasil, e é considerada de extrema importância biológica, possuindo áreas de desova de tartarugas marinhas, com destaque para o único ponto de desova de *Dermochelys coriacea* em todo o litoral brasileiro, além das boas condições de conservação das fitofisionomias de restinga (IPEMA, 2009). Pesquisas referentes ao mapeamento da cobertura florestal da zona de transição da Rebio de Comboios são desconhecidas, sendo deste modo, de grande importância a realização de trabalhos nesse sentido. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi de realizar um mapeamento e analisar a estrutura da paisagem florestal de restinga da sub-bacia hidrográfica do rio Comboios, como região integrante da zona de amortecimento de uma Rebio de proteção integral e, por meio de índices métricos da paisagem, verificar quais áreas da bacia estão mais sujeitas aos efeitos da fragmentação florestal.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica do rio Comboios (Figura 1), localizada na bacia hidrográfica do rio Riacho, abrangendo partes dos municípios de Aracruz (19°49'13" S e 40°16'24" W) e Linhares (19°23'48" S e 40°03'42" W), ambos situados na região norte do Estado do Espírito Santo. O rio Comboios, afluente principal da sub-bacia, é formado pela drenagem das várzeas litorâneas localizadas ao sul do rio Doce (IPEMA, 2009).

Esta sub-bacia hidrográfica possui grande importância para a comunidade indígena Tupiniquim de Comboios (tronco linguístico Tupi), que utilizam suas águas como fonte de subsistência para pesca, irrigação, transporte fluvial, dentre outras atividades. Cabe ressaltar ainda, que a área de estudo é integrante da zona de transição ou de amortecimento da Rebio de proteção integral de Comboios (dec. 90.222/1984), que corresponde a um raio de 10 km ao entorno desta (IBAMA/MMA, 1997). Nesse sentido, zona de transição segundo as propostas do Ministério do Meio Ambiente - MMA, é a porção do território e águas jurisdicionais adjacentes a uma unidade de conservação, definida pelo Poder Público, submetida a restrições de uso com o propósito de reduzir impactos sobre a área protegida decorrentes da ação humana nas áreas vizinhas (IBAMA/MMA, 1997).

Com relação à caracterização do clima da região, este é classificado como tropical úmido, com duas estações bem definidas durante o ano: estação chuvosa no verão e estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen (1948).

Em termos de inserção nos domínios fitogeográficos, a classificação proposta Rizzini (1963) para toda a costa litorânea da região estudada, é considerada como Complexo de Restinga. A região é coberta pelas seguintes fitofisionomias: a mata alta de restinga, que ocorre na porção sul da Reserva, na divisa com a tribo indígena de Comboios, a formação aberta de *Clusia*, no sentido norte da Reserva, a praias gramínoide e halófila-psamófila (IBAMA/MMA, 1997). De acordo com Vilarinho (2005), verifica-se em algumas áreas a substituição da vegetação de restinga pelo cultivo do eucalipto e pastagem.

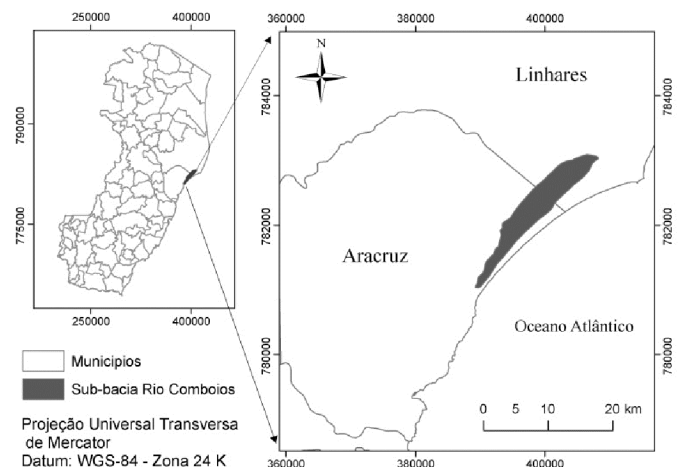


Figura 1. Limite da sub-bacia hidrográfica do rio Comboios, no Estado do Espírito Santo

Mapeamento e classificação dos fragmentos florestais

As etapas metodológicas para o mapeamento dos fragmentos florestais e dos tratamentos das classes de tamanhos escolhidas são apresentadas no fluxograma da Figura 2. A imagem de satélite da área de estudo (GeoEye) foi obtida pelo programa Google Maps Downloader 7.201. A digitalização da imagem de satélite para a elaboração do mapa de fragmentação florestal foi realizada por meio de técnicas de fotointerpretação e na escala de 1:5.000 utilizando o aplicativo computacional ArcGIS 10.2.1 (Esri, 2010). Para a fotointerpretação, foram considerados fragmentos florestais quaisquer aglomerações de árvores de grande porte, visível na imagem de satélite.

Mediante o mapa de fragmentação florestal gerado no ArcGIS, procedeu-se à quantificação da área de cada fragmento utilizando a calculadora de vetores da tabela de atributos do próprio arquivo vetorial poligonal, afim de comparar os tamanhos dos diversos fragmentos florestais encontrados na sub-bacia do rio Comboios. Os fragmentos demarcados foram selecionados e exportados conforme as classes de tamanhos: muito pequenos (< 5 ha), pequenos (5-10 ha), médios (10-100 ha) e grandes (> 100 ha), seguindo a classificação proposta por Juvanhol et al., (2011).

Métricas de ecologia da paisagem

A análise dos fragmentos florestais estabelecidos neste estudo relativa aos valores de métricas da paisagem de cada

classe de tamanho foi realizada com o intuito de se obter o número de fragmentos, a relação de tamanho e formato entre eles e o grau de proximidade, por meio de índices de ecologia de paisagem. Estes índices também foram obtidos junto ao aplicativo computacional ArcGIS 10.2.1, por meio da extensão V-Late 2.0 beta. O detalhamento das métricas utilizadas neste estudo, juntamente com suas siglas e definições são apresentadas na Tabela 1.

Para o cálculo das áreas centrais, foram adotadas as distâncias de borda de 40, 80, 100 e 140 m, para obter diferentes cenários para as análises. Para verificar quais tamanhos de fragmentos sofreram influência significativa de efeito de borda pela redução de suas áreas centrais, foi aplicado o teste de Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), por meio do programa Assisat 7.7 (Silva & Azevedo, 2009).

Resultados e Discussão

As análises de métricas de paisagem para as classes de tamanhos dos fragmentos estudados estão representados na Tabela 2.

O mapeamento das áreas de florestas possibilitou contabilizar um total de 57 fragmentos florestais (NUMP) ao longo de toda a sub-bacia do rio Comboios (Figura 3), o que corresponde a uma área de 1.918,63 ha de remanescentes florestais. Desta

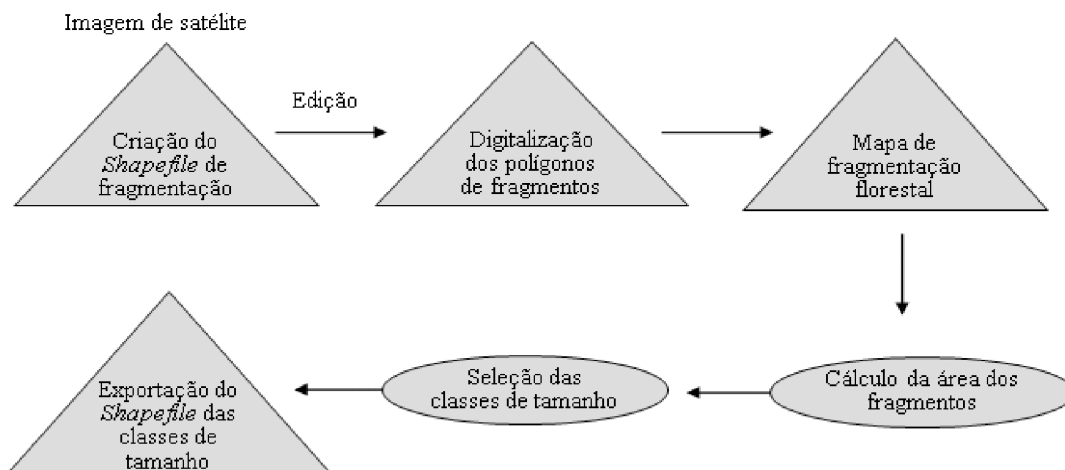


Figura 2. Etapas metodológicas para elaboração do mapa de fragmentação florestal e dos tratamentos para as classes de tamanhos adotadas, utilizando o software ArcGIS 10.2

Tabela 1. Índices de ecologia da paisagem gerados no nível de classe por meio do V-Late 2.0 beta, junto aos fragmentos florestais

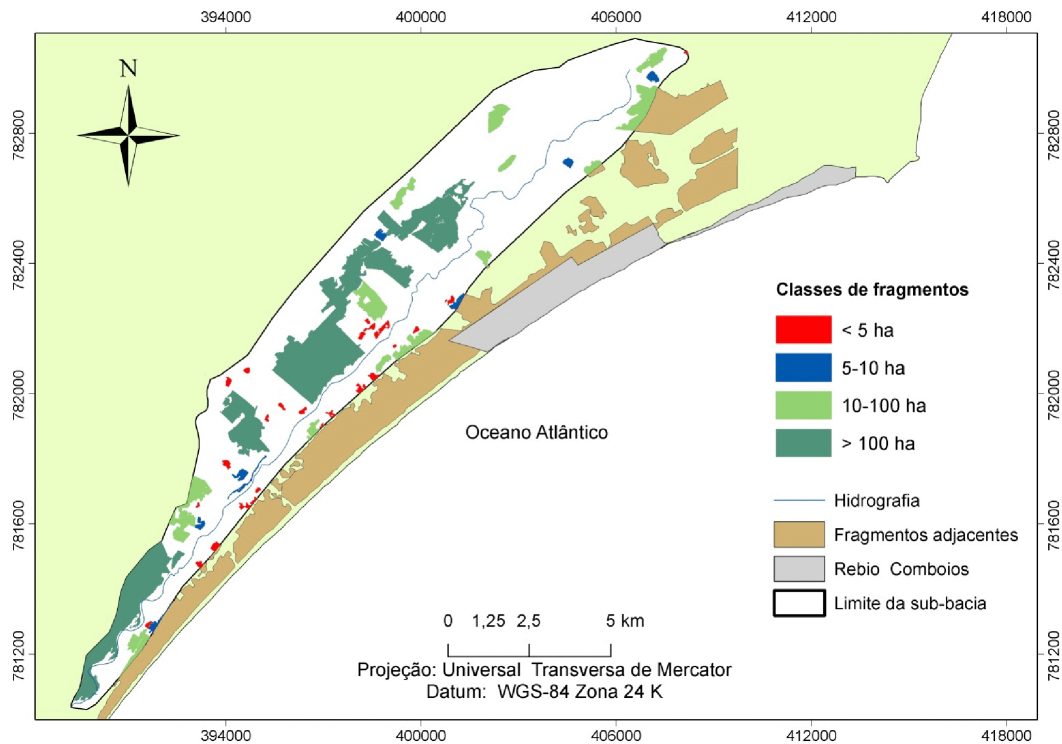
Grupo	Sigla	Métrica	Unidade	Definição
Área	CA	Área da classe	ha	Somatório das áreas de todas as manchas ou de fragmentos florestais presentes na área.
Densidade e tamanho	MPS	Tamanho médio da mancha	ha	O tamanho médio das manchas centrais.
	NUMP	Número de áreas centrais	-	Número total de áreas centrais na paisagem/classe.
Borda	TE	Total de bordas	m	Extremidade total de todas as manchas, sendo a soma dos perímetros de todas as manchas.
	ED	Densidade da borda	m ha ⁻¹	Quantidade de extremidades relativa à área da paisagem.
Forma	MSI	Índice de forma médio	-	É igual a um, quando todas as manchas forem circulares e aumenta com a crescente irregularidade da forma da mancha.
	MPFD	Dimensão fractal da mancha média	-	Os valores se aproximam de um para as formas com perímetros simples, e chega a dois quando as formas forem mais complexas.
Proximidade	MNN	Distância média do vizinho mais próximo	m	A distância média do vizinho mais próximo é a média dessas distâncias para classes individuais no nível de classe e a distância média da classe vizinha mais próxima ao nível da paisagem.

Fonte: Adaptado de MacGarigal & Marks (1995) e Pirovani et al., (2014).

Tabela 2. Índices de ecologia da paisagem calculados para os fragmentos florestais localizados na sub-bacia hidrográfica do rio Comboios

Grupo	Índices	Un.	Classes de tamanho				
			Muito pequeno (< 5 ha)	Pequeno (5 - 10 ha)	Médio (10 - 100 ha)	Grande (> 100 ha)	Todos (0.1 a > 100 ha)
Área	CA	ha	67,14	60,25	416,30	1.374,94	1.918,63
Densidade / tamanho	MPS	ha	2,32	7,53	26,02	343,74	33,66
	NUMP	-	29	8	16	4	57
	PSCoV	%	53,23	13,33	69,03	60,54	295,39
	PSSD	ha	1,23	1,00	17,96	208,08	99,48
Borda	ED	m ha ⁻¹	352,83	284,12	130,68	52,98	87,59
	TE	m	23.687,94	17.118,01	54.400,61	72.841,11	168.047,68
Forma	MSI	-	1,56	2,20	1,96	2,80	1,85
	MPFD	-	1,34	1,35	1,31	1,31	1,33
Proximidade	MNN	m	136,14	92,72	210,66	70,68	127,55

Legenda: CA (Área de todas as manchas da classe); MPS (Tamanho médio da mancha); NUMP (Número de manchas); PSCoV (Coeficiente de variação do tamanho da mancha); PSSD (Desvio padrão do tamanho da mancha); MSI (Índice de forma médio); MPFD (Dimensão fractal da mancha média); TE (Total de bordas); ED (Densidade de borda) e MNN (Distância média do vizinho mais próximo).

**Figura 3.** Sub-bacia hidrográfica do rio Comboios com a distribuição de classes de tamanhos de fragmentos florestais

forma, em relação à área total da bacia (7.674,60 ha), apenas 24,97% são de cobertura florestal. De acordo com os dados encontrados, pode-se inferir que a vegetação florestal cobre um baixo percentual em relação à área total da bacia. Percebe-se também, que a fragmentação florestal na bacia é maior, em relação aos fragmentos adjacentes à mesma e que fazem limite com a reserva, conforme mostrado na Figura 3.

Verifica-se que na porção da bacia mais próxima da Reserva, a fragmentação florestal é evidente. De acordo com o Plano de Manejo da Rebio Comboios, (IBAMA/MMA, 1997), no território da Reserva, o estado de conservação da restinga pode ser considerado bom, porém na sua zona de transição, na porção da terra indígena de Comboios, a mata está parcialmente alterada, tendo perdido totalmente, em vários pontos, seu sub-bosque.

Um dos fatores que podem contribuir com a baixa cobertura florestal desta localidade, podem ser as atividades de pecuária extensiva, que de acordo com estudos do Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica - IPEMA (2009) ocupam 46%

da área de estudo. Cabe ressaltar também como atividade de uso e ocupação da terra predominante na região, o plantio de eucalipto, utilizado como matéria prima para a produção de celulose da empresa Fibria Celulose.

O mapeamento dos fragmentos florestais demonstrou que a maior parte dos remanescentes do ecossistema estudado foi caracterizada por fragmentos muito pequenos (> 5 ha), correspondendo a um percentual de 58,87% do total de fragmentos florestais encontrados (29). Os resultados demonstram um baixo grau de preservação dos fragmentos da bacia, em razão do desequilíbrio em relação ao grande número de fragmentos da classe muito pequenos. De acordo com Tabanez & Viana (2000), a ocorrência de grande quantidade de pequenos fragmentos florestais, pode estar associada ao problema de susceptibilidade da área a alterações na dinâmica da paisagem, como as ações do efeito de borda.

A classe dos fragmentos pequenos (5-10 ha) representou um percentual de 14,03% em relação ao número total dos fragmentos encontrados, com oito fragmentos, e a classe dos

fragmentos médios (10-100 ha) representou 28,07% do número total encontrado, contabilizando 16 fragmentos.

A classe formada pelos fragmentos grandes, representada por aqueles maiores que 100 hectares, mesmo apresentando um baixo percentual de ocorrência (7,08%) em relação ao total de fragmentos, contabilizando 4 fragmentos, representa a maior área de cobertura florestal da bacia, com 1.374,94 ha (71,66%). Nenhum destes fragmentos estiveram localizados nas adjacências da Rebio. No entanto, é interessante ressaltar, que não somente os fragmentos com áreas grandes necessitam de medidas de manejo adequado, mas também os fragmentos pequenos, devido à maior fragilidade aos efeitos de bordas a que estão sujeitos, e a fim de garantir sua preservação.

Os valores encontrados para a métrica total de borda (TE) foi menor para a classe de fragmentos pequenos (17.118,01 m) e, a classe de fragmentos grandes apresentou o maior valor de borda dos fragmentos (72.841,11 m), o que é atribuído às grandes áreas desses fragmentos. O trabalho de Juvanhol et al., (2011), nos parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul - Castelo, ES, apresentou relação semelhante em relação às mesmas classes de fragmentos.

Com relação à densidade de borda (DE), os fragmentos muito pequenos apresentaram a maior densidade, com 352,83 m/ha, seguidos dos fragmentos pequenos (284,12) e médios (130,68), e os fragmentos grandes, apresentaram o menor valor de borda (52,98 m). Juvanhol et al., (2011) e Pirovani et al., (2014), também encontraram menores valores de DE para os fragmentos grandes. Desta maneira, os resultados demonstram provavelmente um menor efeito de borda nos fragmentos grandes em razão de suas áreas serem maiores, indicando assim, um maior grau de conservação dos mesmos.

Para os valores de índices de forma média (MSI), os fragmentos florestais das classes de tamanho muito pequeno e médio apresentaram formato mais regular (MSI = 1,56 e 1,96, respectivamente) em relação aos fragmentos pequenos e grandes, que apresentaram valores de MSI de 2,20 e 2,80, considerados como irregular. No entanto, apesar dos fragmentos muito pequenos e médios terem apresentado formatos mais regulares, o efeito de borda é mais intenso nestes fragmentos, em razão do tamanho e da forma destes, do que em relação aos fragmentos maiores (Primack & Rodrigues, 2001).

A distância entre os fragmentos e o isolamento entre os mesmos são responsáveis pelo grau de conectividade entre

os fragmentos e os habitats contínuos e, fragmentos isolados têm menores taxas de migração e dispersão e, em geral, com o tempo sofrem problemas de troca gênica e declínio populacional (IBAMA/MMA, 1997). A distância média do vizinho mais próximo (MNN) apresentou resultados semelhantes para os fragmentos pequenos e grandes, sendo estes os menores valores, indicando uma maior conectividade entre os fragmentos de cada classe. Segundo MacGarigal & Marks (1995), a métrica de distância do vizinho mais próximo tem como limitação o fato de não considerar a heterogeneidade da vizinhança, haja vista que, ao nível de classe, só são computadas manchas da mesma classe.

A tendência observada, de os fragmentos grandes estarem mais próximos entre si na bacia, demonstra que embora a zona de amortecimento esteja bastante fragmentada, existe uma maior conectividade entre os seus fragmentos maiores. No entanto, esta conectividade esteve presente apenas de um lado da bacia, sendo que na porção mais próxima da Rebio, não houve nenhum fragmento florestal de tamanho maior. Desta forma, a adoção de políticas públicas que incentivem a formação de corredores ecológicos de interligação destes fragmentos, bem como medidas de recuperação dos fragmentos florestais menores, é de grande importância para a conservação da vegetação de restinga da área estudada.

As métricas em relação às áreas centrais (núcleo) dos fragmentos são apresentadas na Tabela 3, e na Figura 4, com

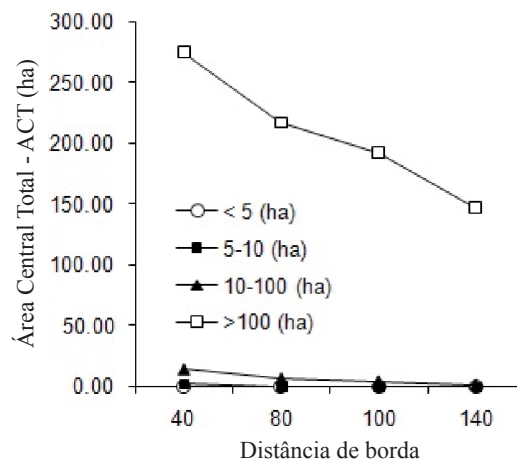


Figura 4. Comportamento da área central total com o aumento da distância de borda para as classes de tamanho de fragmentos florestais

Tabela 3. Índices de ecologia da paisagem relativos à métrica de área central

Distância de borda (m)	Muito pequeno (< 5 ha)				Pequeno (5 - 10 ha)			
	TCA	TCAI	NCA	MCA	TCA	TCAI	NCA	MCA
40	0,32	9,07	21	0,02	2,12	27,93	8	0,27
80	0,01	0,26	3	0	0,33	4,42	6	0,06
100	0	0	0	0	0,06	0,77	3	0,02
140	0	0	0	0	0	0	0	0
Média	0,08 b				0,63 b			
	Médio (10 - 100 ha)				Grande (> 100 ha)			
	TCA	TCAI	NCA	MCA	TCA	TCAI	NCA	MCA
40	14,42	48,86	16	0,90	274,58	78,07	4	68,65
80	6,78	18,15	16	0,42	216,81	60,02	4	54,20
100	4,48	10,59	12	0,37	191,72	52,31	4	47,93
140	1,69	3,50	7	0,24	146,67	38,42	4	36,67
Média	6,84 b				207,45 a			

Legenda: TCA (Área central total - ha); TCAI (Índice de área central total - %); NCA (Número de áreas centrais) e MCA (Área central média - ha). As médias de TCA seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, conforme o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

o objetivo de verificar quais tamanhos de fragmentos sofreram influência significativa de efeito de borda pela redução de suas áreas centrais totais (TCA).

A área central total (TCA), que representa a soma das áreas centrais (excluídas as bordas) de todas as classes de fragmentos, manteve-se decrescente na medida em que aumentou a distância de borda (Tabela 3). De maneira semelhante, Pirovani et al., (2014) também encontraram valores decrescentes de TCA em estudos de paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim.

De acordo com a afirmação de Davies et al., (2001), o menor tamanho dos fragmentos, assim como também o formato irregular, promove uma maior proporção do efeito de borda nos mesmos. Foi verificada neste estudo tal relação, onde não somente os fragmentos de áreas menores, mas também os médios apresentaram valores muito reduzidos de área central para todas as faixas de bordas, com redução drástica a partir dos 40 m e, chegando a áreas centrais inexistentes a partir dos 100 m em alguns casos. Como essas classes de fragmentos não apresentaram diferença significativa de média de TCA entre si, os mesmos estão muito susceptíveis à influência da matriz. Pirovani et al., (2014), também encontraram fragmentos com valores de área central inexistente, ocorrendo, devido à forma do fragmento ser mais estreita e alongada. Apenas os fragmentos de tamanhos grandes diferiram estatisticamente dos outros fragmentos ($p < 0,05$), apresentando deste modo, um efeito de borda menor, em razão da maior média de TCA registrada (207,45 ha).

Os efeitos de borda são causados por gradientes diferenciados de mudanças físicas e bióticas nos fragmentos florestais, e são proporcionais à distância da borda mais próxima (Murcia, 1995). Este processo pode levar a uma constância na redução da riqueza e abundância de espécies adultas e plântulas (Tabanez & Viana, 2000; Ribeiro et al., 2009). Algumas consequências do efeito de borda podem ser notadas até várias centenas de metros para o interior do fragmento de floresta, especialmente os efeitos bióticos, como a invasão por espécies exóticas ou adaptadas à perturbação (Murcia, 1995). No entanto, os padrões encontrados para os efeitos de bordas nos fragmentos nem sempre são claros e, de acordo com Viana & Pinheiro (1998), a definição de fragmentos prioritários para a conservação, deve combinar análises de outros parâmetros que afetam a sustentabilidade dos mesmos, além da distribuição de classes de tamanhos.

Conclusões

Embora a sub-bacia do rio Comboios faça parte da zona de transição da Rebio de Comboios, os efeitos de sua fragmentação florestal são evidentes no padrão estrutural de seus remanescentes, com a presença de vários fragmentos de tamanhos muito pequenos e pequenos, que ocorreram, principalmente, na área mais próxima da Rebio, indicando que ocorreram intensas ações antrópicas neste local, colaborando para sua degradação ambiental. Os fragmentos com maiores extensões, por sua vez, não somente estiveram localizados mais distantes da Rebio, mas também foram ausentes na porção da bacia adjacente à reserva. Desta forma, a fragmentação da zona de amortecimento da Rebio pode diminuir as áreas de *stepping*

stones para movimentação de espécies diversas espécies, bem como diminuir a possibilidade de fluxo gênico entre as espécies da reserva e da bacia.

As métricas de ecologia de paisagem relativas à área central ocorreram com grandes valores apenas nos fragmentos grandes, estando todas as outras classes de tamanhos, susceptíveis a uma maior influência do efeito de borda. Porém, estudos mais detalhados de correlação entre os fragmentos florestais com variáveis climáticas, físicas e biológicas, necessitam ser realizados para obter um prognóstico mais próximo possível da realidade, a fim de verificar esses tipos de efeitos de borda na área estudada.

Nesse sentido, diante da problemática ambiental que ocorre na sub-bacia do rio Comboios, é necessária, portanto, a adoção de medidas para a atenuação do efeito de borda e preservação da vegetação de restinga, em razão desta região ser integrante da zona de transição de uma reserva biológica de proteção integral, bem como pela grande importância deste ecossistema costeiro para diversidade biológica.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pela concessão de bolsas de estudo.

Literatura Citada

- Carvalho, V.; Rizzo, H. G. Na zona costeira brasileira - subsídios para uma avaliação ambiental. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, Secretaria de Coordenação de Assuntos de Meio Ambiente, 1994. 211p.
- Davies, K. F.; Gascon, C. Y; Margules, C. R. 2001. Habitat fragmentation: consequences, management, and future research priorities. In: Soulé, M. E.; Orians, G. H. (Eds), *Conservation biology: research priorities for the next decade*. Washington D.C.: Island Press, 2001. 307p.
- Environmental Systems Research Institute - Esri. ArcGIS. Professional GIS for the desktop, versão 10.2. Environmental Systems Research Institute, 2010.
- Guedes, D.; Barbosa, L. M.; Martins, S. E. Composição e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no município de Bertoga, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v.20, n.2, p.299-311, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000200006>>.
- Hill, J. L.; Curran, P. J. Area, shape and isolation of tropical forest fragments: effects on tree species diversity and implications for conservation. *Journal of Biogeography*, v.30, n.9, p.1391-1403, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00930.x>>.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - MMA. Plano de manejo da Reserva Biológica de Comboios: fase 1. Brasília: IBAMA/MMA, 1997. 171p.

- Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica - IPEMA. Contribuição ao processo de criação da reserva de desenvolvimento sustentável da foz do rio Doce. Vitória: IPEMA, 2009. 204p. (Saberes da Mata. Projeto PDA 102) <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/Estudos%20RDS%20da%20Foz%20do%20Rio%20Doce.pdf>>. 10 Abr. 2014.
- Juvanhol, R. S.; Fiedler, N. C.; Santos, A. R. S.; Pirovani, D. B.; Louzada, F. L. R. O.; Dias, H. M.; Tebaldi, A. L. C. Análise espacial de fragmentos florestais: caso dos parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, Estado do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*, v.18, n.4, p.253-264, 2011. <<http://www.floram.org/files/v18n4/v18n4a2.pdf>>. 05 Abr. 2014.
- Köppen, W. *Climatologia*. Fondo de Cultura Econômica. México, 1948. 479p.
- Macgarigal, K.; Marks, B. J. *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying structure*. Corvallis: Oregon State University, 1995. 141p.
- Ministério do Meio Ambiente - MMA. Secretaria de Biodiversidade e Floresta - SBF. *Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Brasília: MMA/SBF, 2003. 510p.
- Murcia, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, v.10, n.2, p.58-62, 1995. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6)>.
- Pirovani, D. B.; Silva, A. G.; Santos, A. R.; Cecílio, R. A.; Gleriani, J. M.; Martins, S. V. Análise espacial de fragmentos florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. *Revista Árvore*, v.38, n.2, p.271-281, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000200007>>.
- Primack, R. B.; Rodrigues, E. *Biologia da conservação*. Londrina: Ed. Planta, 2001. 327p.
- Ribeiro, M. C.; Metzger, J. P.; Martensen, A. C.; Ponzoni, F. J.; Hirota, M. M. The brazilian atlantic forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v.142, n.6, p.1141-1153, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>>.
- Rizzini, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, v.25, n.1, *Rio de Janeiro*, 1963. <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1963_v25_n1.pdf>. 13 Jun. 2014.
- Silva, F. A. S.; Azevedo, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: *World Congress on Computers in Agriculture*, 7., Reno-NV-USA: Proceedings... Reno: American and Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. <<http://dx.doi.org/10.13031/2013.29066>>.
- Tabanez, A. A. J.; Viana, V. M. Patch structure within brazilian atlantic forest fragments and implications for conservation. *Biotropica*, v.32, n.4b, p.925-933, 2000. <[http://dx.doi.org/10.1646/0006-3606\(2000\)032\[0925:PSWBAF\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1646/0006-3606(2000)032[0925:PSWBAF]2.0.CO;2)>.
- Thomazi, R. D.; Rocha, R. T.; Oliveira, M. V.; Bruno, A. S.; Silva, A. G. Um panorama das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro. *Natureza On Line*, v.11, n.1, p.1-6, 2013. <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/01_ThomaziRDetal_001006.pdf>. 12 Abr. 2014.
- Viana, V. M.; Pinheiro, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série Técnica IPEF*, v.12, n.32, p.25-42, 1998. <<http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr32/cap03.pdf>>. 07 Jun. 2014.
- Vilarinho, E. S. Solos e indicadores ambientais na região do Caboclo Bernardo, sul do Delta do Rio Doce, ES. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 158p. Dissertação Mestrado. <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/solos%20e%20nutricao%20de%20plantas/2005/190386f.pdf>>. 22 Jun. 2014.