

Impacto de empreendimento aeroportuário sobre a paisagem de restinga no município de Vitória, estado do Espírito Santo

Airport development impact on the restinga landscape in the municipality of Vitória, Espírito Santo State

Maurício Shoji **SEKI**^{1, 4}; Renato **MUZZOLON JÚNIOR**² & Renann de Silos **VIEIRA**³

RESUMO

A restinga assume grande importância no litoral brasileiro. A ocupação costeira pelo homem tem comprometido esses ambientes. No Espírito Santo, sobretudo na capital capixaba, o principal fator degradante consiste no desenvolvimento urbano. Este trabalho visou avaliar o impacto da ampliação do aeroporto de Vitória, no contexto da ecologia da paisagem, focando manchas de vegetação predominantemente naturais. Utilizaram-se técnicas de fotointerpretação e vetorização das imagens de satélite referentes a maio/2005, setembro/2009 e agosto/2017, em alusão ao início, meio e fim das obras aeroportuárias. Vetores foram convertidos em *raster* e tratados no programa Fragstats, que mensura a dinâmica das modificações na paisagem. A comparação temporal demonstrou o quão impactante foi o empreendimento, de tal modo que a classe complexo de restinga teve a métrica (mensuração) de área diminuída em 42% e deixou de ser a feição dominante da paisagem, sendo substituída por perímetro urbano (incremento de 7%) e, ainda, superada por infraestrutura aeroportuária (210% de aumento). A cobertura vegetal sofreu retração de 74% na área-núcleo e acréscimo de 30% no índice de forma, enquanto o resultado de vizinho mais próximo apresentou variação decorrente da fragmentação da flórua. O empreendimento interferiu demasiadamente na espacialização da restinga, alterando as proporções da composição paisagística.

Palavras-chave: aeroporto; ampliação; ecossistema; métrica; vegetação.

ABSTRACT

The *restinga* is of a great importance in Brazilian coastal areas. The coastal anthropic occupation has hindered these environments. In Espírito Santo State, especially in the capixaba capital, the main degrading factor is the urban development. This work aimed to evaluate the impact of Vitória airport expansion in the landscape ecology context, focusing on predominantly natural vegetation patches. Photointerpretation and vectorization techniques were applied in May/2005, September/2009 and August/2017 satellite imagery, alluding to the beginning, middle and end of the airport works. The vectors were converted to raster and treated with the Fragstats program, which measures the landscape modifications dynamic. The temporal comparison showed how shocking the project was, so that the *Restinga* Complex class had the Area metric decreased by 42% and became no longer the landscape dominant feature, being replaced by Urban Perimeter (7% increase) and also surpassed by Airport Infrastructure (210% increase). The vegetation Core Area decreased by 74% and the Shape Index increased by 30%, while the Nearest Neighbor presented a variation due to the patches fragmentation. The project interfered greatly in the *restinga* distribution, altering the landscape composition proportions.

Keywords: airport; ecosystem; expansion; metric; vegetation.

Recebido em: 9 ago. 2018
Aceito em: 12 set. 2019

¹ Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Avenida Prefeito Lothário Meissner, n. 632, Jardim Botânico – CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil.

² Avistar Engenharia de Meio Ambiente e Segurança do Trabalho, Curitiba, PR, Brasil.

³ Curso de Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: mssflorestal@gmail.com.

INTRODUÇÃO

As zonas litorâneas abrigam praticamente 60% da população mundial, estando mais suscetíveis a modificações na paisagem em virtude da ação humana (FERREIRA & SILVA, 2011). No início deste século, a densidade demográfica no litoral brasileiro superava a média nacional em cinco vezes (MMA, 2002). A expansão antrópica tem reduzido drasticamente a cobertura vegetal natural, sobretudo o domínio da mata atlântica e demais ecossistemas costeiros vinculados, como restingas, manguezais e dunas.

As paisagens de restinga constituem ecossistemas litorâneos que compreendem um conjunto geomorfológico estruturado pela sedimentação arenosa de origem marinha e fluvial, sendo compostos por formações que variam perpendicularmente à orla, compondo barras, esporões e planícies. Esses ambientes abrigam fitofisionomias distintas, dispostas em mosaico e com diversidade ecológica expressiva, seja na sinúsia herbácea, arbustiva ou arbórea. Particularmente, consiste numa tipologia vegetacional definida pelas condições dos solos e influência marítima (SOUZA, 2004).

De modo geral, a flora da restinga é de origem da mata atlântica e geologicamente recente. O ambiente expõe-se a soterramento pela areia, frequência do vento, picos de disponibilidade hídrica (estiagem e alagamentos), elevada salinidade, solo pobre em nutrientes, calor excessivo e alta luminosidade (RIZZINI, 1997). Segundo Guedes *et al.* (2006), tais características do ecossistema litorâneo expressam sua extrema fragilidade natural, cuja vulnerabilidade é potencializada pelas atividades humanas nas zonas costeiras.

Segundo o Código Florestal federal (Lei n.º 12.651 – BRASIL, 2012), considera-se a restinga Área de Preservação Permanente (APP), pois contribui com a fixação de dunas ou a estabilização de mangues. A legislação ambiental reconhece a importância ecológica do ecossistema costeiro, protegendo-o por meio de regramentos específicos.

Até o ano de 2010, conforme Siqueira (2009), o estado do Espírito Santo abrigava a maior área remanescente de mata atlântica do Brasil, o que suscitou o interesse dos pesquisadores na conservação da flora capixaba, em especial a restinga.

Na capital Vitória, assim como na sua região metropolitana, os principais fatores de degradação da vegetação têm sido o desenvolvimento imobiliário, a invasão de espécies exóticas, a alteração do substrato original e a exploração para fins paisagísticos (PIMENTEL & SILVA, 2011), além da ocupação antrópica propriamente dita e atividades relacionadas à mineração e indústria. De acordo com Carvalho (2012), a cidade de Vitória passou por severas transformações na sua paisagem, desde sua configuração como vila (século XVI) até o atual *status* de metrópole, tendo atravessado uma gama de etapas de desenvolvimento no decorrer das décadas. Destaca-se o período a partir de 1950, aproximadamente, quando investimentos públicos estaduais incentivaram a instalação de projetos industriais de grande porte, voltados aos setores de transformação (por exemplo, minério de ferro, celulose, madeira, alimentos e siderurgia), o que impulsionou a capital capixaba e região (CANO, 2007). Entrementes, os maciços de vegetação original do município foram substituídos pelos polos de indústrias e mineração, fronteiras agrossilvipastoris, adensamentos populacionais e equipamentos urbanos. No contexto da infraestrutura urbanizada, destacou-se o Aeroporto Eurico de Aguiar Salles, inaugurado em 1946 para atender à demanda daquela época (INFRAERO, 2018). Nos últimos 15 anos, entretanto, o transporte aéreo de cargas e passageiros ganhou grande importância no cenário nacional e tende a continuar crescendo, haja vista a iminente necessidade de desafogar o modal rodoviário (INFRAERO, 2003).

Mediante um longo processo de licenciamento ambiental, iniciado em 2003, a mais recente ampliação do Aeroporto Eurico de Aguiar Salles foi considerada concluída no fim de 2017. Devidamente autorizadas pelo órgão ambiental estadual, as intervenções nas diferentes formações de restinga somaram quase 105 ha (IBAMA, 2017; INFRAERO, 2017a, 2017b, 2017c), o que visivelmente impactou a paisagem regional. As obras ocasionaram redução de áreas, fragmentação, efeito de borda, isolamento e alteração no mosaico da vegetação. Todavia esses impactos não foram quantificados ante o cenário de evolução da cidade de Vitória no decorrer dos anos.

Carvalho (2012) afirma existirem poucos trabalhos acerca da distribuição das áreas verdes em Vitória que apliquem técnicas de métricas na ecologia da paisagem. Essa aplicação segue perspectiva

e diretriz sistematizada que vem sendo adotada em países como Holanda, Israel e Austrália, entre muitos outros. Trata-se de uma linha de pesquisa globalmente replicável, cujos resultados podem ser utilizados no ordenamento territorial em prol da conservação da natureza.

Assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar as métricas da paisagem na região do aeroporto de Vitória, estado do Espírito Santo, comparando as variáveis de interesse em três etapas: antes, durante e após a conclusão das obras de ampliação do sítio aeroportuário. Como resultado, buscou-se quantificar a evolução do impacto na restinga através do tempo (FARIA & CASTRO, 2010), corroborando a expressividade das alterações provocadas na espacialização da vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Aeroporto Eurico de Aguiar Salles e entorno imediato, na zona urbana da cidade de Vitória (latitude 20°15'34" Sul e longitude 40°16'54" Oeste). O sítio aeroportuário está compreendido entre a orla praiana e o estuário do Rio Santa Maria (figura 1).

A paisagem de interesse foi delimitada de modo a abranger o aeroporto de Vitória (522 ha) e a respectiva Área de Influência Direta (AID) (562 ha), fundamentando-se na descrição da Infraero (2003). Para tanto, criou-se um *buffer* equilátero de 500 m ao redor do sítio aeroportuário, o que totalizou um polígono de aproximadamente 1.084 ha (figura 1).

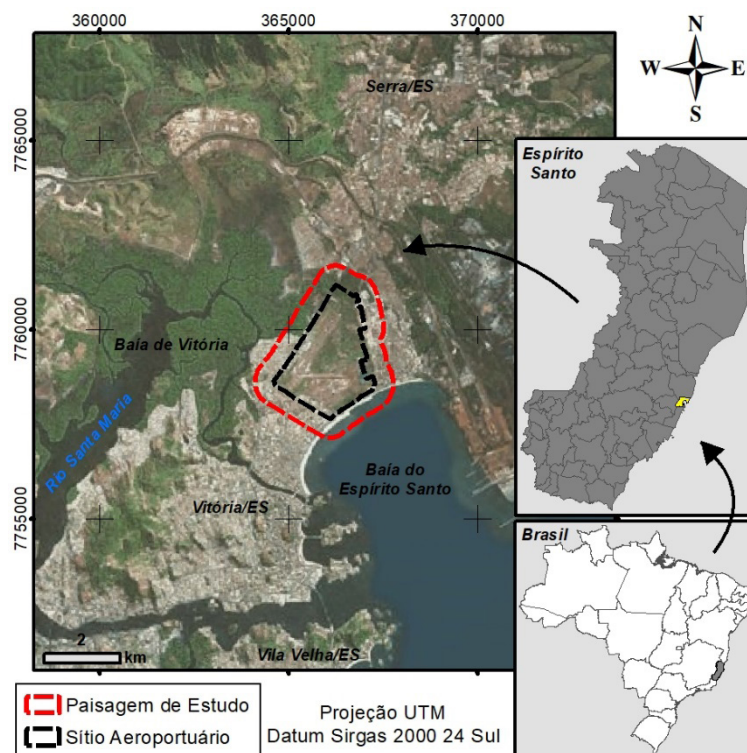


Figura 1 – Localização do aeroporto de Vitória e paisagem de estudo.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Embora o sítio aeroportuário seja relativamente extenso, pouco mais que 522 ha, em termos de geologia e geomorfologia pode ser considerado restrito. Afloram sedimentos quaternários arenosos posicionados no topo da coluna geológica do Espírito Santo, sendo a unidade geomorfológica correspondente à planície costeira (INFRAERO, 2003).

Segundo Carvalho (2012), na região ora analisada, originaram-se planícies quaternárias costeiras pela chegada do embasamento cristalino à costa, sobretudo a partir de Vitória, em direção ao sul do estado. Tais formações podem apresentar extensões variadas, e sua evolução, especificamente na costa leste brasileira, está relacionada às variações eustáticas ocorridas no período quaternário.

Em relação à pedologia, conforme a Infraero (2003), ocorre dominância das areias quartzosas marinhas no sítio aeroportuário, seja como unidade individualizada ou associada a outros tipos de solo. Entre as associações, salienta-se a ocorrência do podzol hidromórfico subordinado ao referido grupo dominante.

Os depósitos quaternários de competência do oceano, referentes às restingas, formaram-se pelo transporte fluvial sob a influência da maré. Consistem em solos lavados, não contendo argila, e os sedimentos são fundamentalmente grãos de quartzo. A granulação e a cor das areias podem variar bastante, bem como a ocorrência de minerais pesados acessórios, tais como ilmenita, monazita, tório, granada, zircão etc. Já o grupo podzol hidromórfico é formado sobre o substrato arenoso marinho, na presença de lençol freático elevado. Geralmente ocorre nas superfícies dos restingais alagados, estando geograficamente limitado entre a região litorânea e os tabuleiros terciários (ESPÍRITO SANTO, 1979).

O aeroporto delimita-se com a rodovia BR-101/Norte e a Praia de Camburi, ficando compreendido, dessa maneira, entre a orla praiana e a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria. O sítio aeroportuário situa-se numa planície costeira arenosa, sujeita a inundações temporárias (INFRAERO, 2003).

O clima da região é classificado como tropical úmido (Aw), de acordo com o sistema de Köppen (SILVA *et al.*, 2015). Sendo operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia, a estação meteorológica mais próxima do aeroporto de Vitória está localizada na Ilha de Santa Maria, no mesmo município, latitude 20°19' Sul e longitude 40°20' Oeste, distante cerca de 10 quilômetros da área de interesse. Segundo os dados de 1931 a 1990, ocorre escassez hídrica no mês de agosto, ou seja, período de subseca, e os seguintes valores médios foram registrados: temperaturas superiores a 18°C em todos os meses, com mínimas em julho e máximas entre janeiro e março; precipitação de 1.278 mm e evapotranspiração de 1.327 mm por ano; maior frequência de ventos do quadrante nordeste, ou seja, de norte a leste (INFRAERO, 2003).

De acordo com a classificação fitogeográfica proposta por Rizzini (1963), toda a costa litorânea da região estudada é considerada complexo de restinga. Suas subclassificações, contudo, não foram suficientemente uniformizadas pela comunidade científica, o que gera certa subjetividade no enquadramento das fitofisionomias. Com o aumento dos estudos, algumas propostas têm sido feitas para estabelecer uma padronização mínima (PEREIRA *et al.*, 2001).

O sítio aeroportuário, bem como suas adjacências, já apresentava cobertura vegetal bastante descaracterizada pelas ações antrópicas, antes mesmo de quaisquer obras de ampliação do aeroporto. O antropismo pretérito fora ocasionado por episódios de incêndios, exploração de areia, pastoreio, corte seletivo, entre outros (INFRAERO, 2003). A descaracterização do ecossistema, associada à referida subjetividade do enquadramento fitofisionômico, gerou dificuldades no mapeamento das diferentes formações de restinga que compunham a paisagem.

No licenciamento ambiental da segunda fase de ampliação do aeroporto, o estudo promovido pelo empreendedor (INFRAERO, 2003) discerniu sete fitofisionomias no sítio aeroportuário e entorno imediato. São elas: (i) vegetação graminoide/arbustiva; (ii) arbustiva; (iii) gramado; (iv) brejo herbáceo/arbustivo; (v) mata seca em regeneração; (vi) mata seca de restinga; (vii) floresta periodicamente inundável. Em maior ou menor grau, todas essas formações apresentavam-se perturbadas, sobretudo pela infestação de espécies exóticas.

No Espírito Santo, Ruschi (1950) realizou o primeiro estudo que visou caracterizar a restinga, tendo reconhecido seis fisionomias diferentes na composição geral. Posteriormente, em outros locais e com metodologias diferentes, mas na mesma formação vegetacional, as pesquisas de Araújo & Henriques (1984), Pereira (1990) e Pimentel & Silva (2011) reconheceram, respectivamente, 10, 11 e 10 subformações, tais como: halófila, psamófila reptante, *thicket* baixo de pós-praia, *thicket* de Myrtaceae, *scrub* de *Clusia*, *scrub* de Ericaceae, brejo herbáceo, floresta periodicamente inundável, floresta permanentemente inundada, floresta seca, herbácea, não inundável, herbácea inundável,

herbácea inundada, arbustiva fechada não inundável, arbustiva fechada inundável, arbustiva aberta não inundável, arbustiva aberta inundável, florestal não inundável, florestal inundável e florestal inundada.

No presente estudo, visando focar as métricas da paisagem em função dos impactos decorrentes da ampliação do aeroporto, toda cobertura vegetal natural identificada nas imagens de satélite, independentemente das condições de conservação ou regeneração, foi agrupada como complexo da restinga.

MAPEAMENTO DOS COMPLEXOS DE RESTINGA

Conforme apontado por Kiel (2008), a detecção de mudanças no uso e na ocupação do solo requer a comparação de imagens de satélite da mesma paisagem, em épocas distintas. Assim, é possível determinar aquilo que foi alterado e mensurar a alteração, empregando-se método de vetorização manual baseado nas técnicas de fotointerpretação (MARCHETTI & GARCIA, 1989).

As imagens de satélite (GeoEye) foram obtidas por intermédio do programa Google Maps Downloader 6.977, similarmente à pesquisa de Mendes *et al.* (2015). Selecionaram-se recortes correspondentes a três datas – maio/2005, setembro/2009 e agosto/2017 –, em razão do início, meio e fim das mais recentes obras de ampliação do aeroporto de Vitória.

Avaliaram-se as modificações na paisagem com base em geotecnologias do Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o *software* QGIS 3.0. Vetores de caracterização do uso e da ocupação do solo foram gerados manualmente sobre as imagens de satélite, na escala mínima de 1:2.500. Visitas *in loco* ocorreram nos meses de julho/2016, março/2017 e maio/2017. A fotointerpretação, aliada às constatações de campo, permitiu refinar o mapeamento das feições, sobretudo dos complexos de restinga.

Considerando os elementos da paisagem mencionados por Rudolpho *et al.* (2013), neste trabalho foram adotadas as seguintes classes para o aeroporto de Vitória e adjacências: complexo de restinga, perímetro urbano, massa d'água e infraestrutura aeroportuária.

MÉTRICAS DE ECOLOGIA DA PAISAGEM

As métricas da paisagem foram tratadas por intermédio do programa Fragstats (MCGARIGAL & MARKS, 1995), versão 4.2, tendo como fonte de dados os vetores delineados manualmente sobre três cenários, referentes a maio/2005, setembro/2009 e agosto/2017.

Em função da grande aplicabilidade e importância, uma gama de métricas da paisagem tem sido desenvolvida, o que leva pesquisadores a agrupá-las em categorias, tal qual procedido por McGarigal & Marks (1995), que agruparam as categorias em oito classes, a saber: (i) área; (ii) densidade, tamanho e variabilidade das manchas; (iii) bordas; (iv) formas; (v) área nuclear; (vi) vizinho mais próximo; (vii) diversidade; (viii) contágio e espalhamento.

A exemplo da categorização de McGarigal & Marks (1995), no presente estudo foram adotadas quatro categorias: a) área – extensão obtida em hectares; b) área-núcleo – efeito de borda definido em 35 m de *buffer* negativo e calculada em hectares; c) índice de forma – formato circular correspondente ao valor mínimo 1; d) vizinho mais próximo – menor distância em metros entre os fragmentos. Essa seleção baseou-se na metodologia empregada por Pires *et al.* (2016), cujo objetivo fora conceber estratégias conservacionistas por meio da análise do padrão espacial de remanescentes de mata atlântica. Quando avaliadas em conjunto, tais métricas possibilitam compreender a fragmentação da vegetação e quantificar os efeitos na paisagem (PIRES *et al.*, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o mapeamento temporal de uso e ocupação do solo nos meses de maio/2005, setembro/2009 e agosto/2017 (figura 2 e tabela 1), verifica-se o antropismo incisivo na transformação da paisagem ora estudada. As alterações na cobertura vegetal natural, assim como nos demais

elementos, foram quantificadas por intermédio das métricas de: a) área, b) área-núcleo, c) índice de forma e d) vizinho mais próximo.

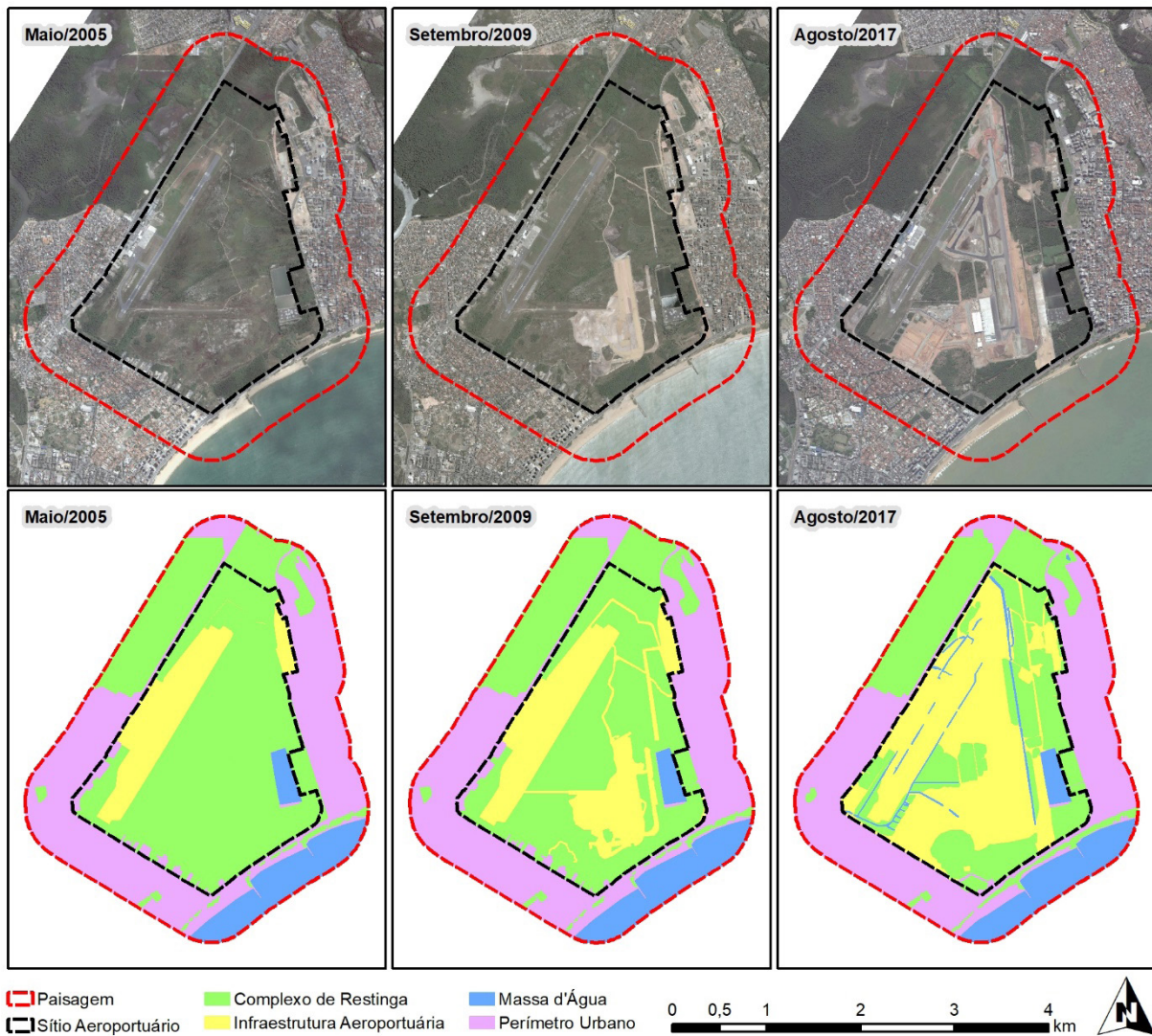


Figura 2 – Mapas temáticos da paisagem de estudo nos anos de 2005, 2009 e 2017.

Tabela 1 – Métricas da ecologia da paisagem calculadas para o complexo de restinga.

Métricas do complexo de restinga	Maio/2005	Set./2009	Ago./2017
Área (ha) – total	527,20	460,15	308,18
Área-núcleo (%) – total	78,98	70,90	58,19
Índice de forma (sem unidade) – média	1,69	1,72	2,19
Vizinho mais próximo (m) – média	909,47	532,77	289,73
Quantidade de fragmentos	21	24	28

MÉTRICA DE ÁREA

A figura 3 sintetiza os resultados obtidos para a métrica de área, considerando a paisagem definida para este estudo.

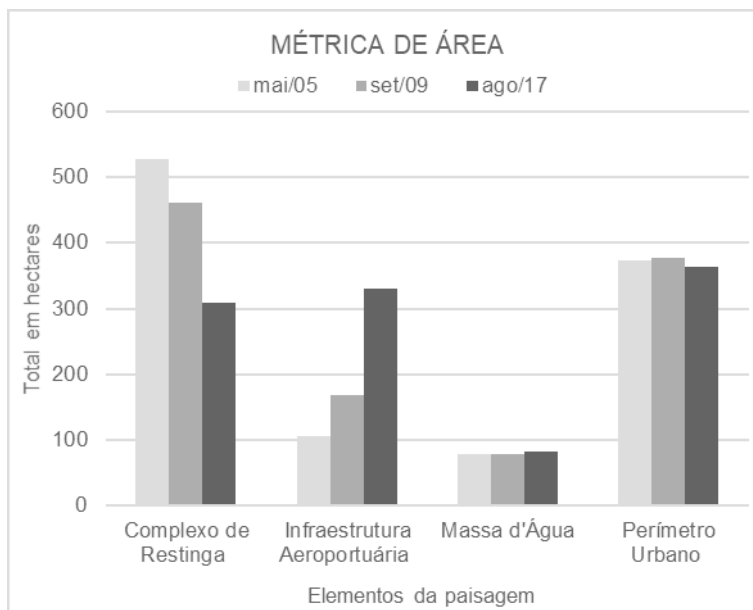


Figura 3 – Evolução da métrica de área nos anos de 2005, 2009 e 2017.

Entre os anos de 2005 e 2017, a ampliação do aeroporto de Vitória causou incremento de pouco mais de 210% na área de ocupação por infraestrutura aeroportuária e, em contrapartida, retração de aproximadamente 42% na cobertura do complexo de restinga. As superfícies de massa d'água e perímetro urbano apresentaram, respectivamente, aumentos inferiores a 7 e 3% na representatividade da paisagem.

As obras do aeroporto de Vitória foram licenciadas pelos órgãos ambientais, e a supressão vegetal possibilitou a realização do empreendimento. As superfícies do complexo de restinga foram notoriamente alteradas e cederam lugar à infraestrutura aeroportuária. A maior redução de áreas vegetadas ocorreu de 2009 para 2017, período no qual se intensificaram as obras.

Com relação à cidade de Vitória, seu processo de urbanização pouco interferiu na redução do complexo de restinga, pois os remanescentes da vegetação se concentravam dentro do sítio aeroportuário. Fora do aeroporto, a cobertura vegetal foi pouco afetada e, no caso da orla praiana, houve sensível aumento das áreas vegetadas. Isso decorreu das iniciativas da prefeitura, que promoveu projetos paisagísticos e revegetação de pontos específicos ao longo da praia urbana.

No que tange à massa d'água, o pequeno incremento dessa classe foi ocasionado pela ampliação do aeroporto. Foram necessárias obras de drenagem nas áreas inundáveis e solos hidromórficos, o que resultou em canalizações a céu aberto.

É importante destacar que tais modificações na espacialização, de 2005 a 2017, interferiram nos elementos matrizes, corredores e manchas, os quais foram conceituados por Metzger (2001). Num intervalo de 12 anos, a ocupação predominante passou de complexo de restinga para perímetro urbano, alterando, desse modo, a matriz da paisagem. No mais, a expansão da classe infraestrutura aeroportuária proporcionou fragmentação da cobertura vegetal, criando um novo cenário paisagístico.

MÉTRICA DE ÁREA-NÚCLEO

A análise do efeito de borda na paisagem é ilustrada pela figura 4, tendo como referência as áreas recobertas pelo complexo de restinga.

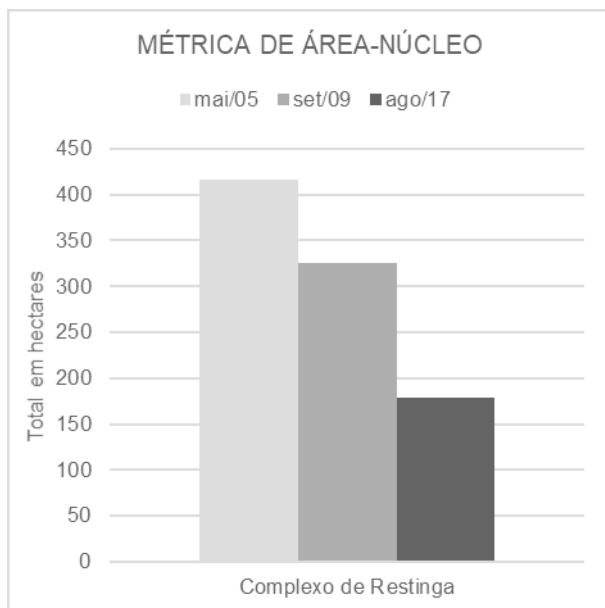


Figura 4 – Evolução da métrica de área-núcleo nos anos de 2005, 2009 e 2017.

Houve retração de quase 74% nos valores de área-núcleo, ou seja, aumento do efeito de borda na classe complexo de restinga. Isso foi ocasionado pela fragmentação do ambiente, em que o número de fragmentos cresceu de 21 para 28.

É fundamental considerar a contração dos fragmentos de restinga. A média era de 25 ha em maio/2005 e foi diminuindo progressivamente, chegando a 19 e 11 ha nas paisagens de setembro/2009 e agosto/2017, respectivamente. A premissa dessa constatação é a relação inversamente proporcional entre tamanho da área e sua densidade de borda.

Casimiro (2003) conceituou fragmentação como ruptura física de habitats, formando manchas menores e dispersas pelo mosaico da paisagem; no mesmo trabalho, *contração* foi conceituada como a redução do tamanho de um ou mais ambientes. Ambos os termos tratam de processos degradatórios que favorecem o efeito de borda na vegetação natural, de acordo com o referido autor.

Segundo Vidolin *et al.* (2011), a diminuição dos valores de área-núcleo ou elevação da densidade de borda implica maior faixa de contato com feições antrópicas, as quais, no caso do presente estudo, são representadas pelo perímetro urbano e pela infraestrutura aeroportuária.

MÉTRICA DO ÍNDICE DE FORMA

Essa métrica foi calculada com base no formato dos fragmentos do complexo de restinga, de modo que formas perfeitamente circulares recebem valor 1, supostamente. Quanto mais irregulares forem as manchas, maiores são os valores atribuídos. Trata-se de uma relação entre perímetro e dimensão das áreas que também interfere no efeito de borda (RUDOLPHO *et al.*, 2013). A figura 5 ilustra os resultados.

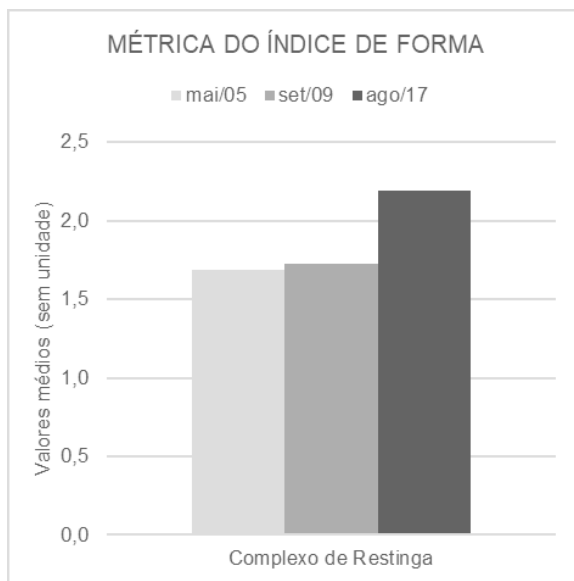


Figura 5 – Evolução da métrica do índice de forma nos anos de 2005, 2009 e 2017.

Na paisagem em questão, ocorreu aumento de quase 30% na média do índice de forma. Tal incremento foi provocado pela fragmentação do complexo de restinga, cujas manchas remanescentes ficaram entremeadas pela infraestrutura aeroportuária. Nas imagens de satélite, é possível verificar que o mosaico da cobertura vegetal se tornou mais irregular e disperso, quando comparado com os dos anos anteriores.

De acordo com Forman & Godron (1986), entre as diferentes formas das manchas encontradas, são mais promissoras aquelas que se assemelhem a uma circunferência, uma vez que, nesse formato, se maximiza o núcleo da área. Semelhantemente, Mendes *et al.* (2015) afirmam que o delineamento irregular dos fragmentos e o menor tamanho ocasionam efeito de borda maior.

MÉTRICA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO

Por meio dessa métrica se pode avaliar o grau de isolamento das manchas dentro de uma determinada paisagem, conforme explanado por Rudolpho *et al.* (2013). A figura 6 apresenta os resultados dessa classe encontrados no presente estudo.



Figura 6 – Evolução da métrica do vizinho mais próximo nos anos de 2005, 2009 e 2017.

Observa-se que os resultados podem levar a uma interpretação subjetiva, quando analisados de modo isolado. Aparentemente, a paisagem de agosto/2017 estaria mais bem conservada, em razão da maior conectividade das manchas de restinga. Todavia essa proximidade só existe por causa da fragmentação e contração ocorridas no sítio aeroportuário. Antes disso, a cobertura vegetal ocupava uma grande área sem rupturas.

A partir de maio/2005, o extenso e contínuo complexo de restinga foi reduzido e segregado. A fragmentação resultou em manchas menores de vegetação, embora próximas entre si. Essa situação remete à teoria da biogeografia de ilhas, explicada por Mac Arthur & Wilson (1967), na seguinte argumentação: considerando a cobertura vegetal na ecologia da paisagem, um grande maciço natural e isolado leva vantagem sobre várias áreas pequenas e relativamente conectadas? A comparação somente seria plausível, contudo, se não houvesse decréscimo de habitats da flora e da fauna.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, ficaram evidentes os impactos negativos no ambiente estudado, provocados pelas obras de ampliação do aeroporto de Vitória. O complexo de restinga teve prejuízos expressivos em todas as métricas avaliadas. A interferência na vegetação foi muito intensa, de tal forma que a matriz da paisagem acabou sendo alterada em cerca de 12 anos, passando de cobertura vegetal para área urbana.

No entanto deve ser considerado que a paisagem estudada já apresentava tipologias de restinga antropizada antes da ampliação do aeroporto, pois toda a região é objeto de antropismo permanente e perturbações nos ambientes naturais. Além disso, o sítio aeroportuário fora outrora alvo de atividades antrópicas impactantes, característica que reforça a condição de regeneração perturbada da vegetação nativa.

No que tange aos procedimentos metodológicos, as técnicas de geoprocessamento e métricas da paisagem constituíram um instrumento conclusivo e prático na análise estrutural da paisagem, assumindo grande importância para estratégias de conservação. O presente trabalho pôde identificar as transformações sofridas pela vegetação, em detrimento da alteração paisagística. O método poderia ser replicado a empreendimentos semelhantes, nas etapas de concepção do projeto e avaliação da viabilidade ambiental, de modo que os órgãos ambientais pudessem ter mais uma ferramenta para decidir acerca da liberação das obras e de medidas compensatórias.

Embora as fontes de informação e materiais sejam facilmente encontradas, mostrou-se indispensável a incorporação de dados primários ao trabalho. A fundamentação de campo precisa ser intrínseca à presente linha de pesquisa, visando evitar erros e conferir credibilidade aos resultados. Destarte, salienta-se que os resultados ora expostos possuem caráter quantitativo e foram aferidos qualitativamente em vistorias presenciais. O sucesso das estratégias de conservação, entretanto, requer um levantamento *in loco* ainda mais aprofundado.

Visto que as intervenções no aeroporto de Vitória foram licenciadas pelos órgãos ambientais estadual e federal, certamente o empreendedor foi obrigado a executar medidas compensatórias em observância à legislação, por exemplo a recuperação de áreas com restinga. Diante disso, podem ser realizados estudos sobre o efeito das ações de compensação sobre a ecologia da paisagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer às docentes da disciplina Métricas da Ecologia da Paisagem, Daniela Biondi Batista e Gisley Paula Vidolin, o apoio e as orientações prestadas durante a elaboração deste trabalho. Agradecimentos também à Agência Capes – DS, pela concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Araújo, D. S. D. & R. B. P. Henriques. Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro. In: Lacerda, L. D., D. S. D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turcq. (orgs.). Restingas: origem, estrutura, processos. Niterói: Universidade Federal Fluminense / CEUFF; 1984. p. 159-193.
- Brasil. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Portal da legislação. [Acesso em: 24 mar. 2018]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.
- Cano, W. Desequilíbrios regionais e concentração industrial no Brasil: 1930-1970. 3. ed. São Paulo: Unesp; 2007. 384 p.
- Carvalho, M. S. Os parques naturais municipais da Ilha de Vitória (ES) no contexto das áreas verdes urbanas: um olhar biogeográfico pelo viés da ecologia da paisagem [Dissertação de Mestrado]. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo; 2012.
- Casimiro, P. J. C. C. Análise quantitativa da paisagem, evolução temporal de padrões espaciais – concelho de mértola. Revista Geolnova. 2003; 6: 59-84.
- Dantas, M. S., N. V. Almeida, I. S. Medeiros & M. D. Silva. Diagnóstico da vegetação remanescente de mata atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos. Journal of Environmental Analysis and Progress. 2017; 2(1): 87-97.
doi: <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.2.1.2017.1128.87-97>
- Espírito Santo. Secretaria de Estado do Planejamento; Fundação Jones dos Santos Neves (FJSN). Projeto análise ambiental da região de Vitória – estudo da erosão. Volume II – geologia e pedologia. Tomo I – descrição da geologia e pedologia. Vitória; 1979. 59 p.
- Faria, K. M. S. & S. S. Castro. Análise da evolução da fragmentação da paisagem com uso de geotecnologias na sub-bacia do Rio Claro, entre 1990 e 2008, Brasil central. Anais. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física; II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Coimbra, Beira Litoral; 2010. p. 1-10.
- Ferreira, P. F. & A. G. Silva. A história da degradação da cobertura vegetal da região costeira do estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil. Natureza online. 2011; 9(1): 10-18.
- Forman, R. T. T. & M. Godron. Landscape ecology. New York: J. Wiley and Sons Ltd.; 1986. 619 p.
- Guedes, D., L. M. Barbosa & S. E. Martins. Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no município de Bertioga, SP, Brasil. Acta Botanica Brasilica. 2006; 20(2): 299-311.
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000200006>
- Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Anuência n.º 1/2017-NUBIO-ES/DITEC-ES/SUPES-ES. Número do processo: 02009.000898/2016-37. Vitória; 2017. [Acesso em: 26 abr. 2018]. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/informes/2017-07/2017-07-17-SEI_IBAMA-0404457-Anuencia.pdf.
- Infraero – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Vitória/ES – Aeroporto Internacional Eurico de Aguiar Salles. Vitória; 2018. [Acesso em: 25 mar. 2018]. Disponível em: <http://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-de-vitoria-eurico-de-aguiar-salles/>.
- Infraero – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária; Avistar Engenharia. Obras de ampliação do aeroporto de Vitória. Plano de recuperação de áreas degradadas. Volume I: restauração da vegetação de restinga na orla de Aracruz/ES. Revisão 01. Vitória; 2017a.
- Infraero – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária; Avistar Engenharia. Obras de ampliação do aeroporto de Vitória. Plano de recuperação de áreas degradadas. Volume II: restauração da vegetação de restinga na orla de Vitória/ES. Revisão 01. Vitória; 2017b.

Infraero – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária; Avistar Engenharia. Obras de ampliação do aeroporto de Vitória. Plano de recuperação de áreas degradadas. Volume III: restauração da vegetação de restinga no sítio aeroportuário. Revisão 00. Vitória; 2017c.

Infraero – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária; Fundação Promar. Rima – Relatório de Impacto Ambiental. Ampliação do aeroporto de Vitória/ES. Fase 2. Relatório técnico. FPM 002/03. Vitória; 2003.

Kiel, R. Detecção de mudanças no uso e na cobertura do solo em uma série temporal de imagens da região de campanha do Rio Grande do Sul [Dissertação de Mestrado]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2008.

Laurance, W. F. & H. L. Vasconcelos. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. *Oecologia Brasiliensis*. 2009; 13(3): 434-451.
doi: 10.4257/oeco.2009.1303.03

Mac Arthur, R.O. & E. O. Wilson. *The theory of island biogeography*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press; 1967. 203 p.

Marchetti, D. A. B. & G. J. Garcia. *Princípios de fotogrametria e fotointerpretação*. São Paulo: Nobel; 1989. 257 p.

McGarigal, K. & B. J. Marks. *Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Reference manual. Oregon: Oregon State University; 1995. 59 p.

Mendes, N. G. S., A. R. Santos, S. F. Silva & R. A. Cecílio. Análise espacial da cobertura florestal de restinga da sub-bacia hidrográfica do Rio Comboios, Espírito Santo. *Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2015; 10(2): 286-292.
doi: 10.5039/agraria.v10i2a4974

Metzger, J. P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*. 2001; 1(1/2). Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da mata atlântica e campos sulinos*. Brasília: MMA/SBF; 2002. 404 p.

Pereira, O. J. Caracterização fitofisionômica da restinga de Setiba – Guarapari, ES. *Anais. II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Estrutura, função e manejo*. São Paulo: ACIESP; 1990. p. 207-219.

Pereira, O. J., D. S. D. Araújo & M. C. A. Pereira. Estrutura de uma comunidade arbustiva da restinga de Barra de Maricá (RJ). *Revista Brasileira de Botânica*. 2001; 24(3): 273-281.
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042001000300005>

Peres, L. G. M. Análise temporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Lago Grande do Curuai, Pará [Dissertação de Mestrado]. Brasília: Universidade de Brasília; 2016.

Pimentel, T. F. & A. G. A. Silva. População de *Gaylussacia brasiliensis* na vegetação arbustiva aberta na Área de Proteção Ambiental de Setiba, Guarapari, ES. *Natureza online*. 2011; 9(2): 76-81.

Pires, V. R. O., M. A. Garcia, M. R. Martines & R. H. Toppa. Análise da estrutura da paisagem para o estabelecimento de estratégias conservacionistas em fragmentos de mata atlântica. *Ambiência*. 2016; 12(Edição Especial): 765-774.
doi: 10.5935/ambiencia.2016.Especial.01

Rizzini, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*. 1963; 25(1): 3-64.

Rizzini, C.T. *Tratado de fitogeografia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições; 1997. 747 p.

Rudolpho, L. S., G. Braghirolli, J. C. Refosco, A. G. Santiago & R. T. Saboya. Aplicação de técnicas de geoprocessamento e métricas da paisagem na análise temporal da cobertura florestal da bacia do Ribeirão Fortaleza em Blumenau/SC. *Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Foz do Iguaçu; 2013. p. 1742-1749.

Ruschi, A. Fitogeografia do estado do Espírito Santo. Boletim do Museu de Biologia Professor Mello Leitão. 1950; Série Botânica (1): 1-353.

Silva, B. A., T. C. Xavier & C. E. Alvarez. A influência da vegetação no conforto térmico para a condição microclimática de Vitória (ES). Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes. 2015; 3(8): 1-15.
doi: <http://dx.doi.org/10.17271/23178604382015980>

Siqueira, M. P. S. A questão regional e a dinâmica econômica do Espírito Santo – 1950/1990. Fênix – Revista de História e Estudos Culturais. 2009; 6(4): 1-16.

Souza, M. T. R. O litoral brasileiro. Revista de Cultura do IMAE. 2004; 5(11): 63-67.

Thomazi, R. D., R. T. Rocha, M. V. Oliveira, A. S. Bruno & A. G. Silva. Um panorama da vegetação das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro. Natureza online. 2013; 11(1): 1-6.

Vidolin, G. P., D. Biondi & A. Wandenbruck. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com araucária, Paraná, Brasil. Revista Árvore. 2011; 35(3): 515-525.
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000300014>