

**FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL DA MATA ATLÂNTICA:
CONECTIVIDADE POTENCIAL VIA POLINIZAÇÃO POR
MARIPOSAS E MODELAGEM ATMOSFÉRICA**

Marcio Luiz Gonçalves D'Arrochella

Universidade Federal Fluminense (UFF)/ RJ
orcid.org/0000-0001-9005-1888
E-mail: mdarrochella@gmail.com

DOI: 10.35416/geoatos.v3i18.7362

Resumo

A fragmentação florestal promove inúmeras alterações no funcionamento dos ecossistemas, principalmente por fenômenos microclimáticos. Pode levar à extinções de espécies menos tolerantes, colonização de espécies invasoras, predomínio de espécies primárias e a chegada de pragas, o que diminui a biodiversidade intra fragmentos, gerando o empobrecimento genético. A Mata Atlântica no Brasil possui de 7 a 15 % de cobertura remanescente em diferentes níveis de integridade e de sucessão ecológica. Diante disso, a legislação ambiental brasileira criou os mosaicos de Unidades de Conservação e os Corredores Ecológicos com a finalidade de conservar/preservar os remanescentes e recuperá-los para promover a conectividade ecológica, que garantiria a troca gênica entre populações e a elasticidade genética. No entanto muitos projetos de implementação de corredores ecológicos são executados sem nenhum planejamento. Este estudo apresenta como possibilidade de entendimento da conectividade a síndrome de polinização por mariposas, já que estas, podem se aproveitar de brisas para voar longas distâncias, conectando manchas de fragmentos. Foi investigado o comportamento de voo, alimentar e sexual de 13 espécies de mariposas a partir de catálogo de referência e observações de campo na Reserva Ecológica do Guapiaçu (no município de Cachoeiras de Macacu -RJ), realizando-se estudos zoológicos e de modelagem atmosférica dos sistemas de brisas podendo identificar trajetórias potenciais de voo, que compõem um arranjo espacial. Os resultados indicam uma orientação espacial na qual norte/sul, o que é diferente da orientação dos projetos executados na área.

Palavras chave: Conectividade potencial; Síndrome de polinização por mariposas; Modelagem atmosférica.

**FORREST FRAGMENTATION OF THE ATLANTIC FOREST:
POTENTIAL CONNECTIVIT THROUGH MOLDS POLLINATION
AND ATMOSPHERIC MODELING**

Abstract

Forest fragmentation promotes countless changes in ecosystem functioning, mainly owing to microclimatic phenomena, which could bring to extinction of species with more capped conditions, can also allow invasive species colonization, the predominance of primary species and growing presence of pests, which diminishes intra-fragment biodiversity. The Atlantic Forest in Brazil has 7 to 15% of remaining coverage at different levels of integrity and ecological succession. Therefore, Brazilian environmental legislation created the Conservation Units and Ecological Corridors mosaics in order to conserve and preserve the remnants to promote ecological connectivity, which would guarantee gene exchange between populations and genetic

elasticity. However green restoration and green corridor implementation projects are carried out without any planning or prior studies, which can generate more problems than benefits to the remnants. This study presents as a possibility of understanding the moth pollination syndrome, since they can take advantage of breezes to fly long distances, connecting patches of fragments. The flight, feeding and sexual behavior of 13 moth species were investigated from reference catalog and field observations in the Guapiaçu Ecological Reserve (Cachoeiras de Macacu -RJ), and zoological and atmospheric modeling studies were performed. Thus, wind systems can identify potential flight paths that make up a spatial arrangement. The results indicate a spatial orientation in which north / south, being different from the orientation of the projects executed in the area, leading to the drainage orientation. It was also observed that the air basin on this scale of analysis did not generate any influence on the flow of breezes.

Keywords: Potential connectivity; Moth pollination syndrome; Atmospheric modeling.

FRAGMENTACIÓN FORESTAL DE LA MATA ATLÁNTICA: CONECTIVIDAD POTENCIAL POR POLINIZACIÓN A TRAVÉS DE POLILLAS Y MODELAJE ATMOSFÉRICO.

Resumen

La fragmentação florestal promove inúmeras alterações em el funcionamiento de los ecosistemas, principalmente por fenómenos microclimáticos. Eso puede llevar a extinciones de especies menos tolerantes, colonización de especies invasoras, predominio de especies primarias y la invasión de plagas, lo que disminuye la biodiversidad intra-fragmentos, generando el empobrecimiento genético. En Brasil, la Mata Atlántica posee de 7 a 15% de cobertura remanente en diferentes niveles de integridad y de sucesión ecológica. Frente a esa situación, la legislación ambiental brasileña creó los mosaicos de Unidades de Conservación y los Corredores Ecológico para conservar/preservar los remanentes y recuperarlos para promover la conectividad ecológica, lo que garantizaría el cambio y la elasticidad genética entre poblaciones. Sin embargo, los proyectos de implementación de corredores ecológicos son ejecutados sin ninguna planificación. Este estudio presenta como posibilidad de entendimiento de la conectividad el síndrome de polinización a través polillas, ya que estas pueden aprovechar las brisas para desplazarse a grandes distancias, conectando manchas de fragmentos. Fue investigado el comportamiento de vuelo, alimenticio y sexual de 13 especies de polillas a partir del catálogo de referencia y observaciones de campo en la Reserva Ecológica do Guapiaçu (en el municipui de Macacu-RJ), realizándose estudios zoológicos y de modelaje atmosférico de los sistemas de brisas, donde se pudo identificar trayectorias potenciales de vuelo, que componen um arreglo espacial. Los resultados indican una orientación espacial en la cual norte/sur, diferente de la orientación de los proyectos ejecutados em el área.

Palabras-Clave: Conectividad potencial; Síndrome de polinización a través polillas; Modelaje atmosférico.

Introdução

A conectividade da paisagem pode ser definida como a capacidade da mesma de facilitar fluxos biológicos entre seus elementos, estruturas, arranjos e conexões (METZGER, 2006). Para as espécies que nela vivem, sua estrutura é percebida de

diferentes maneiras. Numa perspectiva em que se valorizam as questões humanas, a técnica de análise de métricas da paisagem, utilizada amplamente pelos estudos da paisagem, não é suficiente pois, conforme o autor supracitado, as áreas de dispersão e fluidez de populações são distintas, devido ao limite de tolerância.

Desse modo a estrutura da paisagem (matriz, manchas e corredores), bem como a escala a ser adotada dependem do uso que cada espécie lhe dá e da capacidade de dispersão o que definirá a extensão da paisagem. Quanto à funcionalidade, seria necessário reconhecer cada elemento da paisagem capaz de influenciar na sobrevivência ou extinção das espécies (como o tamanho e a qualidade dos fragmentos florestais), a capacidade que os corredores tem para facilitar a dispersão e a capacidade da matriz em gerar barreiras (METZGER, *op. cit.*).

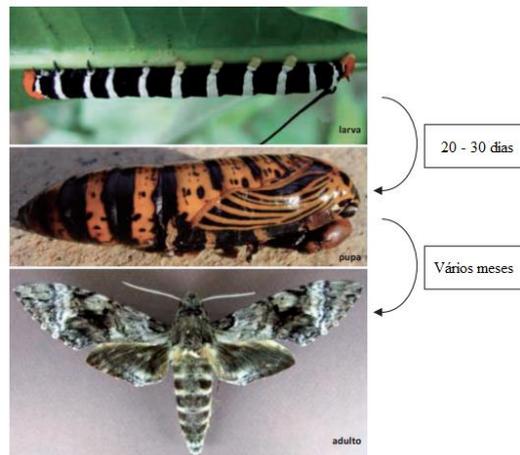
Pólen e sementes, quando levados de um fragmento a outro, permitem a troca genética e diminuem o efeito de isolamento das populações, o que pode ocorrer por dispersão ativa (vagilidade), isto é, quando a fauna leva sua genética cruzando com indivíduos de outro fragmento ou por dispersão passiva (pagilidade), ou seja, quando o vento, as águas dos rios ou os animais dispersam pólenes e sementes (BROWN e LIMONINO, 2006).

Nas regiões tropicais são encontrados exemplos complexos de interações entre as flores e os agentes polinizadores. Os principais grupos de animais seriam os morcegos, pássaros, mariposas, borboletas, moscas, vespas e abelhas. Em comparação com a vegetação das áreas temperadas, pode-se identificar que a polinização tropical ocorre: 1) baixa proporção de plantas polinizadas pelo vento; 2) alta proporção de animais vertebrados agindo como polinizadores; 3) alta proporção de abelhas sociais como visitantes de flores (talvez agindo como polinizadores); 4) grandes distâncias entre as plantas das espécies de polinização cruzada obrigatória; 5) grande número de interações complexas entre certas plantas e seus polinizadores; e 6) padrões complexos de sincronia de polinização (JANZEN, 1980).

Os Lepidópteros são aproximadamente 146.000 espécies de borboletas e mariposas, sendo a 87% de hábitos noturnos e 13% diurnos. Nas regiões Neotropicais somam 7.100 e 7.900 (respectivamente), e no Brasil ocorrem entre 3.100 e 3.200 espécies (GIOVENARDI, 2007).

É possível caracterizar os Lepidópteros como seres holometabólicos, pois cumprem seu ciclo de vida em quatro etapas, a saber (Figura 1): a primeira, é em ovo; a segunda fase como larval (conhecida popularmente como lagarta), alimentando-se como herbívoros e crescendo; numa terceira fase, de menor tempo de duração, passa para a forma de pupa, em que se envolve em um casulo onde ocorrerão mudanças físicas como o surgimento de asas; finalmente a quarta fase, é a alada em forma de borboletas ou mariposas que irão se reproduzir e morrer (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Em média, esta última etapa tem uma duração de, nos quais os lepidópteros podem voar longas distâncias pra se alimentar de néctar, podendo promover a polinização.

Figura 01: As três últimas fases de vida de um lepidóptero



Fonte: Oliveira *et al.* (2014).

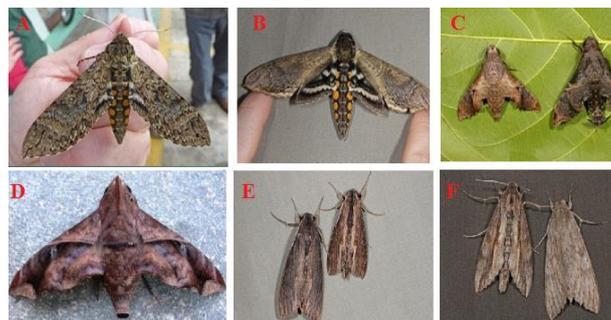
Segundo Wolowski *et al.* (2016), as mariposas são os lepidópteros menos estudados em áreas tropicais, sendo a família dos Esfingídeos uma das mais representativas na polinização. Estes insetos estão muito mais presentes em ambientes de baixa altitude e apresentam mais de 50 espécies. Em um estudo sobre a área de Floresta de Alto Montana¹, região sudeste, observou-se que as mariposas visitavam mais de 80 espécies de plantas. Tal conjuntura é a ideal para a área de estudo escolhida. Os mesmos autores afirmam que mariposas migram de restingas para áreas montanhosas durante a estação quente e chuvosa.

As mariposas (Figura 02) possuem hábito de voo noturno, intimamente relacionado com o aumento da temperatura e da precipitação, sendo também influenciado

¹Florestas com altitude superior a 1600 m (WOLOWSKI *et al.*, 2016).

pelas fases da lua (VARELA-FREIRE, 2004). Os estudos de Laroca e Mielke (1975), na Serra do Mar no Paraná, perceberam maior atividade de voo com céu encoberto, seguido de chuviscos ou nevoeiros, com temperatura elevada e ventos com velocidade moderada. Isto ocorreria pela necessidade da maioria das mariposas em buscar luz, o que faz com que elas migrem e permitam a dispersão de pólen. Áreas mais quentes tendem a ter maior abundância de mariposas. No entanto, isso não se reflete no número de espécies (MARINONI *et al.*, 1999). Flores polinizadas por mariposas têm antese noturna, coloração pálida, néctar rico em sacarose e odor floral adocicado (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Figura 02: Algumas espécies de mariposas encontradas em Cachoeiras de Macacu A -*Manduca difussa petunia*, B- *Manduca hannibal almicar*, C- *Enyo lugubris lugubris* (fêmea e macho), D- *Enyo ocyptete*, E- *Erinnyis alope alope* e F- *Erinnyis ello ello*



Fonte: Acervo REGUA²

Área de estudo

A pesquisa se deu no município de Cachoeiras de Macacu (RJ), localizado nas bacias hidrográficas dos rios Macacu e Caceribu e sob domínio da bacia aérea metropolitana IV³. Está localizado a nordeste da Baía de Guanabara no sopé da Serra dos Órgãos⁴ e compõe parte do Corredor Ecológico Central de Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro (Figura 03).

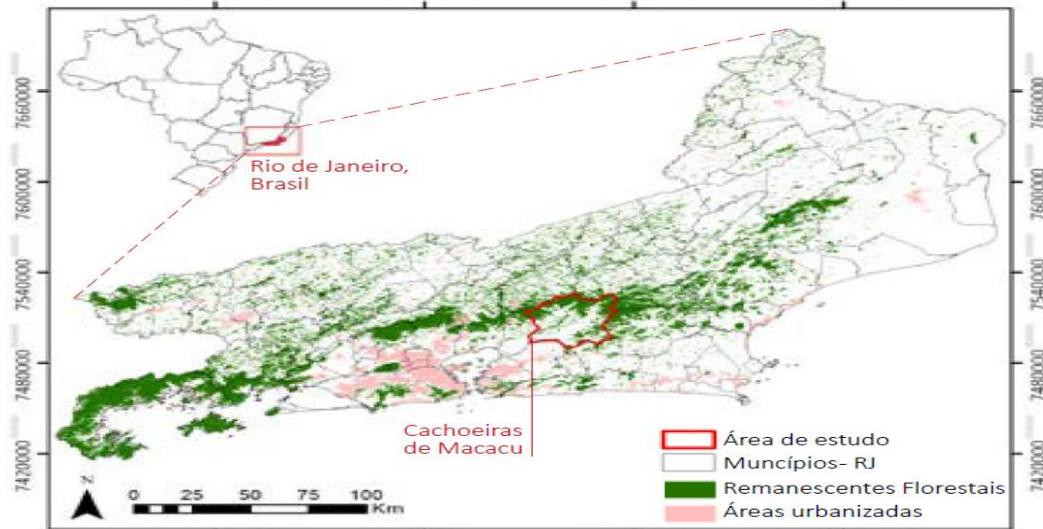
² <http://regua.org/wp-content/uploads/2015/03/REGUA-moth-list-landscape.pdf>

³ Bacias aéreas são pacotes atmosféricos superficiais encaixados na topografia, eles podem influenciar no escoamento dos ventos, carregando material particulado (D'ARROCHELLA, 2019; FARIAS, 2012; OLIVEIRA, 2004). Tal tipo de delimitação espacial é utilizada pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) para estudos de dispersão de poluentes atmosféricos.

⁴ Nome local para a Serra do Mar.

Revista Geografia em Atos, Departamento de Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, n. 18, v. 03, p. 101-116, mês maio-ago. Ano 2020.

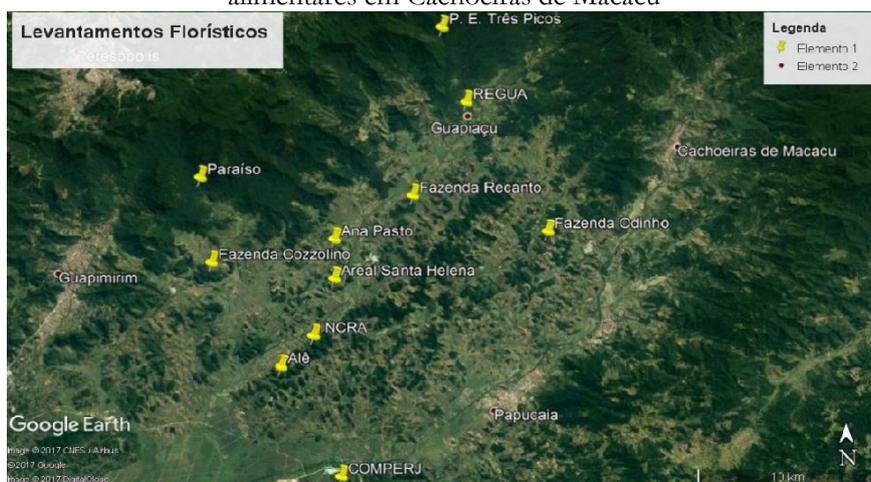
Figura 03: Localização do município de Cachoeiras de Macacu -RJ



Fonte: Pedras (2018).

Como área controle foi utilizada a Reserva Ecológica do Guapiaçu⁵ (REGUA), em que foram feitas observações sistemáticas de mariposas executados por Martin *et al.* (2011), compondo um catálogo de referência. À volta da REGUA, foram escolhidos 10 fragmentos florestais que representam a heterogeneidade da área e que apresentam levantamentos secundários de recursos alimentares para mariposas para que se possa avaliar as possíveis trajetórias de voo e conectividade (Figura 04).

Figura 04: Localização dos fragmentos que apresentam levantamentos florísticos de recursos alimentares em Cachoeiras de Macacu



Fonte: D'Arrochella (2019).

⁵A REGUA é uma Reserva Particular do Patrimônio Nacional (SNUC, 2000).

Revista Geografia em Atos, Departamento de Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, n. 18, v. 03, p. 101-116, mês maio-ago. Ano 2020.

Os fragmentos contidos na figura anterior serão indicados nos próximos gráficos por siglas, sendo: INCRA (P1), Fazenda Recanto (P2), Fazenda Cozzolino (G1), Areal Santa Helena (G2), Fazenda Odinho (G3), Estação Ecológica do Paraíso (Paraíso), Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA) e Parque Estadual dos Três Picos (PETP). Os fragmentos Alê e Ana Pasto constaram como áreas de estudo, pois haviam levantamentos de florística executados pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), porém não foram cedidos por não terem sido publicados.

Metodologia

Foram executados levantamentos de dados secundários sobre as espécies de mariposas mais representativas da área, tendo por base de dados para a escolha das espécies de mariposas o catálogo organizado por Martin et al. (2011), entrevista com um dos autores, o Dr. Jorge Bizarro e observações em campo.

Outra rotina se deu por meio da modelagem atmosférica com o uso de três modelos, a saber: BRAMS, GRADs e TC3D. Farias (2012) afirma que uma das maiores vantagens que a modelagem numérica da atmosfera nos traz é a possibilidade de obter campos de informações espacial e temporal muito mais amplos que as disponíveis na rede sinótica convencional. No entanto, relembra a necessidade de validação dos modelos para a realidade da atmosfera tropical, já que em sua maioria foram desenvolvidos para atmosferas das latitudes médias ou para uma escala global. O BRAMS, junto aos programas GRADS e Trajetórias Cinemáticas 3D (TC3D) são uma vantagem nesse sentido, pois sua validação foi adaptada à atmosfera tropical. Utilizando estes modelos é possível analisar possíveis conectividades e trajetórias via dispersão de mariposas para três escalas diferentes, sendo a grade três toda a bacia aérea, com a grade dois sua conexão com a região serrana à montante e na grade uma toda a Serra do Mar.

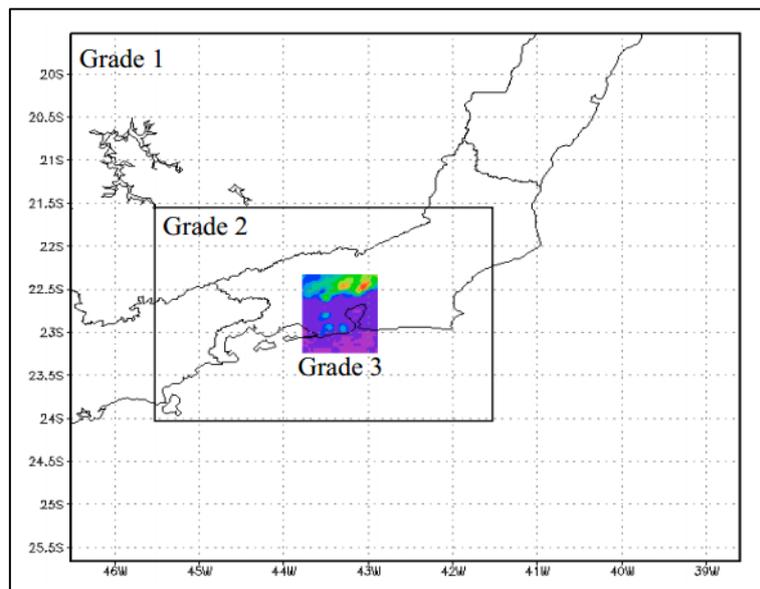
O Modelo BRAMS e GRADs

O BRAMS é um modelo numérico de escala regional adaptado do RAMS desenvolvido pela Universidade do Colorado, que permite gerar prognósticos de variáveis

como temperatura, vento, umidade e precipitação. Ele resolve as equações da dinâmica atmosférica e possui inúmeros submodelos que relacionam solo-vegetação- atmosfera, trocas de fluxos turbulentos, transferências radiativas, microfísica de nuvens etc. (LEIVAS *et al.*, 2011).

Em associação ao BRAMS é necessário se utilizar do modelo GRADs que define a área em que serão gerados os dados atmosféricos. Sendo um modelo de meso escala, na conjuntura territorial brasileira, é possível gerar dados sob três escalas que não chegam ao nível de detalhamento de um bairro, mas também não alcançam os limites nacionais (Figura 05).

Figura 05: Escalas de análise do modelo GRADs



Fonte: Farias (2012).

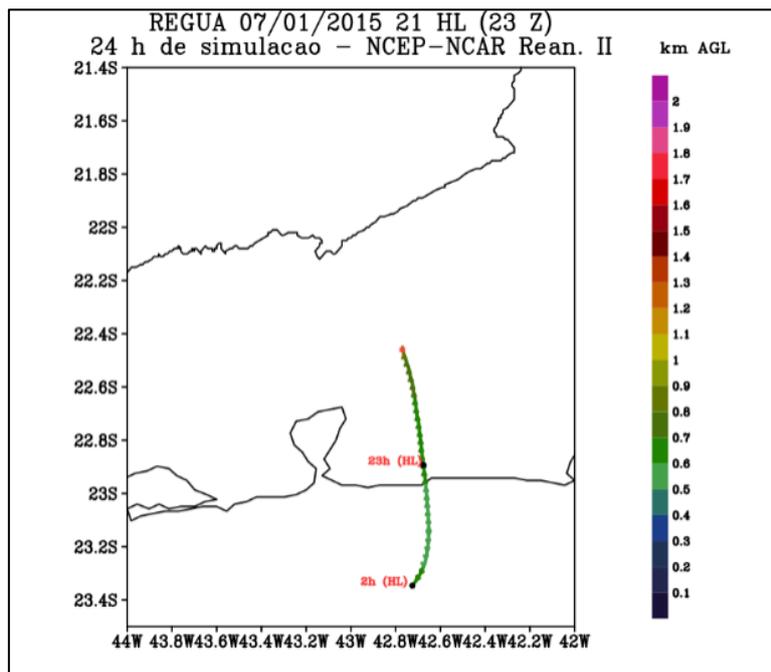
De acordo com Farias (2012) o BRAMS foi adaptado para que representasse melhor o estado da atmosfera tropical. As equações utilizadas são a equação do movimento, equação da termodinâmica, equação da continuidade para a razão de mistura e a equação de continuidade de massa. Com as parametrizações gera-se informações sobre a radiação solar, processos úmidos (nuvens, precipitação líquido e gelo), calor sensível e latente, camadas do solo, superfícies de água, vegetação, ventos dentre outros (MARCHIORI, 2006).

O Modelo de Trajetórias Cinemáticas 3D (TC3D)

Para determinar as possíveis trajetórias de voo a partir do campo de vento (Figura 06), adotou-se o modelo de Trajetórias Cinemáticas 3D (TC3D), utilizado por Freitas (1999). Esse é um modelo tridimensional de método não convectivo que é aplicado sobre superfície, permite a partir de dados de circulação de ventos, estimar direções e altitudes de partículas que estejam em suspensão na atmosfera⁶.

Foram feitas modelagens para eventos de lua nova⁷ em horário crepuscular (anoitecer, respeitando o horário de verão) para as quatro estações climáticas para os anos de 2015, 2016, 2017 e 2018, gerando um total de 16 resultados, que demonstram o comportamento do sistema de brisas terrestre e marítima a partir de um ponto escolhido, a REGUA.

Figura 06: Exemplo de Trajetória a partir da REGUA com o TC3D



Fonte: D'Arrochella (2019).

⁶É necessário salientar que o modelo TC3D não apresenta em sua interface gráfica os detalhes da cobertura do solo e nem o relevo, utilizando apenas os recortes políticos sobre uma superfície plana toda branca. No entanto os vetores representados pelas trajetórias da partícula em ascensão apresentam cores que expressam sua altitude e pontos com horários nos quais podemos ter por base a velocidade dessa dispersão.

⁷Mariposas são mais frequentes voando no céu em noites de lua nova, justamente pela baixa luminosidade. *Revista Geografia em Atos, Departamento de Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, n. 18, v. 03, p. 101-116, mês maio-ago. Ano 2020.*

Mapeamento de Síntese

Após rodar o modelo BRAMS, aplicar o GRADS e o TC3D, é necessário compatibilizar sua interface gráfica com uma imagem de satélite dos fragmentos florestais da área e adequar à escala da bacia aérea. Para tal foi utilizado o software ArcGis, com extensão ArcMap em que as imagens geradas pelo TC3D foram transpostas em formato JPEG para o ArcMap, permitindo o georreferenciamento

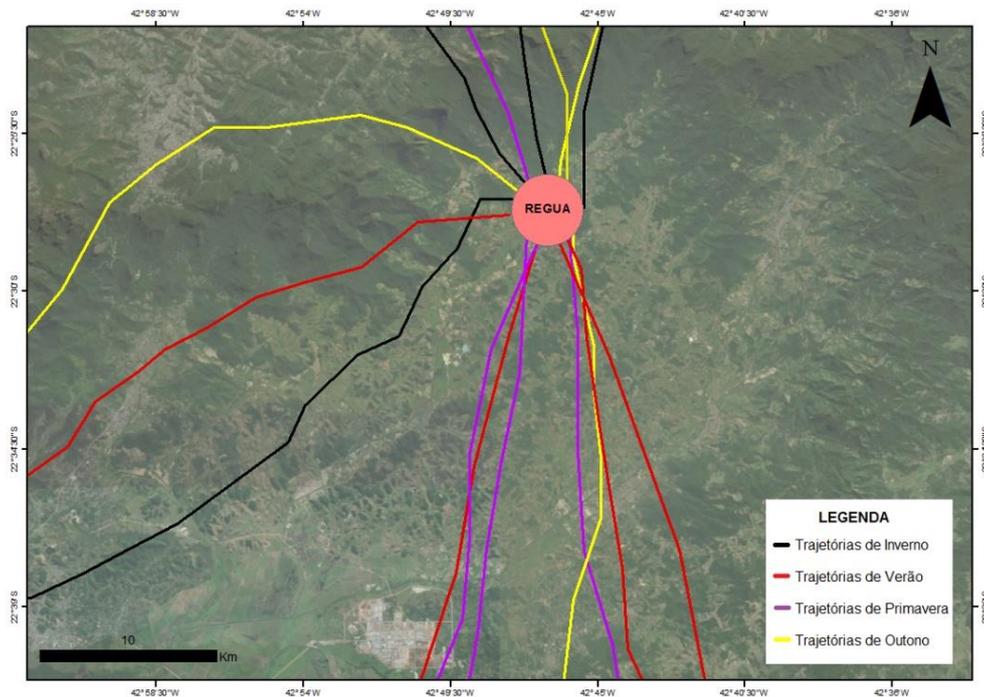
Após o georreferenciamento, cada uma das 16 imagens geradas pelo TC3D passou pelo processo de criação de um vetor sobre a trajetória simulada. Com os 16 vetores foi possível criar um *layer* para sobrepor à imagem de satélite do Google Earth.

As trajetórias de verão receberam a cor vermelha, as de outono amarela, inverno preta e a primavera foi sinalizada com a cor rosa. O *layer* foi sobreposto na escala da grade dois do BRAMS para inferir sobre conectividade entre paisagens.

Resultados

A aplicação dos três modelos gerou 16 resultados em escala equivalente a grade três demonstrando o comportamento de trajetórias e, com a confecção do mapa na escala local para a grade três do BRAMS (Figura 08), podemos entender o potencial de conectividade do fragmento REGUA com outros fragmentos, e partindo do princípio de que as mariposas podem cumprir toda a trajetória apresentada pelo modelo, a síndrome de polinização alcançaria áreas a montante do fragmento controle e à jusante.

Figura 08: Mapa de síntese das trajetórias dos sistemas de brisa e potencial de conectividade de fragmentos florestais em Cachoeiras de Macacu- RJ



Fonte: Arquivo Pessoal.

As trajetórias de verão foram simuladas a partir das 20 horas, considerando o horário de verão. Espécies que voam nesse mês: *Adhemarius daphne daphne*, *Manduca diffusa petuniae*, *Manduca hannibal almicar*, *Enyo lugubris lugubris*, *Erinnyis alope alope*, *Erinnyis ello ello*, *Xilophanes chiron nechus*, *Xilophanes porcus continentalis* e *Xilophanes tersa tersa*.

Isso totaliza a presença de dez das 13 espécies estudadas e em todas as simulações a brisa terrestre direção sul e sudeste predominaram, conectando potencialmente os fragmentos P1, P2, G2 e COMPERJ.

Para as trajetórias de outono, as espécies encontradas foram *Adhemarius daphne daphne*, *Manduca diffusa petuniae*, *Manduca hannibal almica*, *Enyo lugubris lugubris*, *Enyo ocypte*, *Nyceryx coffaeae*, *Nyceryx riscus*, *Pseudosphix tétrio*, *Erinnyis alope alope*, *Erinnyis ello ello*, *Xilophanes chiron nechus* e *Xilophanes tersa tersa*, o que totaliza 12 das 13 espécies estudadas.

Quanto ao tipo de brisa, ocorreram duas marítimas na direção norte e leste, e duas terrestres na direção sudoeste, conectando a REGUA aos fragmentos PETP, Paraíso, G1.

Para as simulações de inverno, as espécies encontradas foram *Adhemarius daphne daphne*, *Enyo lugubris lugubris*, *Pseudosphix tétrio* e *Erinnyis alope alope*, havendo a presença de

apenas quatro das 13 espécies. Demonstra-se, também, a ocorrência de dois eventos de brisa marítima nas direções norte e noroeste, bem com dois eventos de brisa terrestre nas direções sul e sudoeste. Potencialmente conecta os fragmentos PETP, P1, P2, G2, COMPERJ, G1 e Paraíso.

Quanto às simulações de primavera, as espécies encontradas foram *Adhemarius daphne daphne*, *Manduca hannibal almicar*, *Enyo lugubris lugubris*, *Enyo ocypte*, *Nyceryx coffaeae*, *Nyceryx riscus*, *Pseudosphix tério*, *Erinnyis alope alope*, *Xilophanes chiron nebus*, *Xilophanes porcus continentalis* e *Xilophanes tersa tersa*, o que representa 11 das 13 espécies estudadas.

O sistema de brisas predominante foi a de brisa terrestre com três ocorrências para sul e sudeste, com um evento de brisa marítima para sul, podendo conectar os fragmentos P1, P2, G2, PETP e COMPERJ.

Esses dados demonstram que com tais simulações o fragmento G3 não seria rota de voo de nenhuma das espécies. Já os fragmentos PETP, P1, P2, G2 e COMPERJ são os de maior potencial de conectividade, desde que a orientação se dê na direção norte-sul.

A troca genética garante, em escala evolutiva, a manutenção do *pool* genético⁸, que faz com que determinadas espécies sejam mais resistentes a pragas ou mudanças no ambiente físico (ODUM e BARRET, 2010). Desse modo, os corredores ecológicos, criados via projetos de restauração ecológica, acabam com bordas radicalmente diferentes das manchas de floresta, diminuindo o impacto de alterações microclimáticas.

Dependendo da orientação desses corredores entre fragmentos florestais pequenos, porém localizados em pequenas distâncias de grandes fragmentos, podem deixar de estar isolados, diminuindo, em tese, a possibilidade da mortandade de suas populações.

No entanto, Janzen (1970) e Morellato e Leitão-Filho (1992) tratavam da importância das síndromes de dispersão como base para a conectividade, o que não necessariamente é o que se usa como base para a constituição de corredores ecológicos (DRUMMOND *et al.*, 2009; MITTERMEIER *et al.*, 2005; ZAU, 1998). Do mesmo modo, deve-se dar preferência a criação de unidades de conservação de grande porte, pois fragmentos pequenos, mesmo dispostos em um corredor, sofrem tanto efeito de área, como efeito de borda, o que pode inviabilizar a dispersão, as migrações e a superação das barreiras.

⁸Termo pode ser entendido como elasticidade genética.

A simples instalação de um corredor ecológico não garantiria essa dada conectividade, como alerta Carlos (2006) quando indica problemas na instalação de um corredor ecológico como: 1- corredores podem facilitar a dispersão de espécies invasoras, pragas e incêndios; 2- podem servir como escoadouros que levam as espécies às áreas de borda, em que há maior risco de mortalidade; 3- facilitar a dispersão e dominância de espécies mais tolerantes; 4- serve como um dreno financeiro de projetos de manutenção da biodiversidade devido ao seu alto custo de implementação e manutenção.

Com os resultados obtidos, é possível ter uma nova base de orientação espacial para implementação de projetos de restauração ecológica e implementação de corredores ecológicos. Até então, a orientação base é SW- NE, seguindo a drenagem dos rios que cortam a bacia, mas com as simulações feitas, permite-se propor que se siga o caminho preferencial dos sistemas de brisa, sendo S-N.

Conclusões

A partir da adaptação dos modelos utilizados em estudo sobre a dispersão de poluentes para a dispersão de fauna, abriu-se precedente para a reflexão sobre orientação espacial de projetos de restauração ecológica e corredores ecológicos, mas utilizando-se como base uma síndrome de dispersão. Isso nos permite utilizá-la como um critério mais seguro para promover a conectividade entre fragmentos de Mata Atlântica.

A orientação espacial encontrada, a partir da aplicação da modelagem atmosférica, indica a predominância do sentido norte/sul, o que difere da orientação dos projetos de restauração ecológica da área, que é sudoeste/nordeste, segundo o eixo dos rios da bacia hidrográfica do Guapiaçu.

Os estudos entomológicos sobre lepidópteros esfingídeos ainda limitam-se a descrição de espécies, seus hábitos alimentares e reprodutivos, bem como lugares de ocorrência, não havendo qualquer tipo de inferência sobre seu deslocamento. Nesse sentido, abre-se muito mais um questionamento do que uma afirmação de que tais trajetórias são reais, haja vista que nada se sabe ainda sobre quais trajetórias são cumpridas entre mariposas em seus voos e que paisagens conectam.

Agradecimentos:

Dr. Jorge Bizarro da Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA) pela acolhida nas análises de campo, Prof. Dr. André Scarambone Zau (LEF/UNIRIO) pela orientação teórica em Ecologia, e Prof. Dr. Jorge Luiz Fernandes Oliveira (PÓS GEO UFF) e ao Engenheiro José Maria de Castro Júnior (UFF) pela aplicação dos modelos BRAMS, GRADs e TC3D.

Referências

BROWN, J. H. e LIMONINO, M. V. **Biogeografia**. 2ª edição – Ribeirão Preto, SP: FUNPEC Editora, 2006.

CARLOS, H. S. A. **Uso de corredores florestais e matriz de pasto por pequenos mamíferos em Mata Atlântica**. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Selvagem). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

D'ARROCHELLA, M. L. G. **Potencial de conectividade de fragmentos florestais e paisagens de Mata Atlântica via polinização por mariposas e modelagem atmosférica em Cachoeiras de Macacu – RJ**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Fluminense, 2019.

DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A.; OLIVEIRA, D. Uma análise sobre a história das unidades de conservação no Brasil. **Conservação da Biodiversidade**, 2009.

FARIAS, H. S. **Espaços de risco à saúde humana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: um estudo das trajetórias de poluentes atmosféricos no Arco Metropolitano, CSA e COMPERJ**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Fluminense, 2012.

FREITAS, S. R. **Modelagem de dados espectrais na análise de padrões de fragmentação florestal na Bacia do rio Guapiaçu (RJ)**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2004.

GIOVENARDI, R. **Estudo da diversidade de borboletas (Lepidoptera, rhopalocera) em 2 localidades no município de Frederico Westphalen, RS, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Animal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2007.

JANZEN, D. H. **Ecologia Vegetal nos Trópicos**. – São Paulo: EPU: Ed. Da USP, 1980.
LAROCA, S. e MIELKE, O. H. H. Ensaio sobre ecologia de comunidades em Sphingidae na Serra do Mar, Paraná, Brasil (Lepidoptera). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 35, nº1, p. 1-19, 1975.

LEIVAS, J. F.; RIBEIRO, G. G.; SARAIVA, I.; SANTO, J. S. E.; SOUZA, M. B.; FILHO, J. R. Avaliação dos prognósticos de precipitação simulada pelo modelo BRAMS na Amazônia Ocidental na estação chuvosa. **Acta Amazônica**. Vol. 41 (3), 2011.

MARINONI, R. C.; DUTRA, R. R. C. e MIELKE, O. H. H. Levantamento da fauna entomológica no estado do Paraná: Sphingidae (Lepidoptera). Diversidade alfa e estrutura de comunidade. **Revista Brasileira de Zoologia**. 16 (supl. 2): 223-240, 1999.

MARTIN, A.; SOARES, A.; BIZARRO, J. **Guia dos Sphingidae da Serra dos Órgãos – Sudeste do Brasil**. REGUA publications, 2011.

MARCHIORI, L. A. C. **Avaliação da estimativa da evapotranspiração obtida através do modelo BRAMS visando o uso de um modelo de estimativa de rendimento da soja no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

METZGER, J. P. Como lidar com regras pouco óbvias para a conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza & Conservação**. Vol. 4, nº 2, pp. 11-23, 2006.Pr

MITERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; RAYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. **Megadiversidade**, Volume 1, Nº 1, 2005.

MORELLATO, L. P. C. e LEITÃO-FILHO, H. E. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi, p. 112-141. In: MORELLATO, L. P. C. (Org.). **História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma floresta do Sudeste do Brasil**. Ed. Unicamp/FAPESP, Campinas, 1992.

ODUM, E. P e BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

OLIVEIRA, R.; DUARTE JUNIOR, J. A.; RECH, A. R.; ÁVILA JUNIOR, R. S. Polinização por lepidópteros. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. **Biologia da Polinização**. Revisora Editorial Ceres Belchior – Rio de Janeiro, 2014.

PEDRAS, A. B. V. **Uso de métricas de paisagem na priorização espacial para a restauração ecológica no município de Cachoeiras de Macacu - RJ**. Monografia (Especialização Análise Ambiental e Gestão do Território). Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2018.

WOLOWSKI, M.; NUNES, C. E. P.; AMORIM, F. W.VIZENTIN-BUGONI, J.; AXIMOFF, I; MARUYAMA, P. K.; BRITO, V. L. G. e FREITAS, L. Interações planta-polinizador em vegetação de altitude na Mata Atlântica. **OecologiaAustralis**. 20(2): 7-23, 2016.

ZAÚ, A. S. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.6. n.1, p. 160-170, 1998.

Sobre o autor

Marcio Luiz Gonçalves D'Arrochella

Bacharel e Licenciado em Geografia (UFRJ). Especialização em Geologia do Quaternário (Museu Nacional/UFRJ). Mestre em Geografia (UERJ). Doutor em Geografia (UFF). Pesquisador Associado do Laboratório de Ecologia Florestal (LEF) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

Como citar esse artigo

D'ARROCHELLA, Marcio Luiz Gonçalves. Fragmentação florestal da Mata Atlântica: conectividade potencial via polinização por mariposas e modelagem atmosférica. **Revista Geografia em Atos (GeoAtos online)**, vol.03, n.18, p. 101-116, 2020. DOI: 10.35416/geoatos.v3i18.7362

Recebido em: 2020-03-01

Enviado para correções em: 2020-05-25

Aceito em: 2020-06-11