**MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPECIES DE EPHEMEROPTERA (INSECTA) NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL**

**Candidata:** Luiza Hoehne Mattos De Oliveira

**Orientador:** Jorge Luiz Nessimian

**Introdução**

Ecossistemas aquáticos continentais são alterados por atividades humanas e sofrem influências diretas por diferentes usos da terra (Sala et al., 2000). Mediante tais influências, modificações no uso e na cobertura do solo, junto a outras ações humanas, interferem na qualidade desses ambientes (Allan, 2004). Essas ações constituem ameaças por diferentes formas, impactando o habitat, a qualidade da água e a biota aquática (Townsend et al*.*, 2003). O conhecimento acerca dos rios tropicais ainda é precário, especialmente referente aos componentes bióticos (Flowers, 1991).

Nos biomas Cerrado e Mata Atlântica que são considerados *hotspots* mundiais da biodiversidade (Myers et al., 2000), poucos estudos sobre a distribuição geográfica da fauna brasileira foram realizados.

O uso e a cobertura do solo possuem estreita ligação com a qualidade dos habitats fluviais e, conseqüentemente, com a biota aquática. Desse modo, as características superficiais e sub-superficiais dos substratos, não só do leito, mas também da zona ripária, são de suma importância para o entendimento das dinâmicas populacionais e, portanto, da influência ambiental a que os organismos aquáticos estão submetidos.

A ordem Ephemeroptera, é composta por cerca de 3.000 espécies distribuídas no mundo, sendo 344 espécies registradas no Brasil (Salles et al., 2017; Sartori & Brittain, 2015). Os estágios imaturos vivem em ambientes de água doce, sendo encontrados em vários tipos de hábitats (Andrade et al., 2003). Os insetos da ordem Ephemeroptera se destacam por passar a maior parte de seu ciclo de vida como formas aquáticas (ninfas), e podem ser utilizados como indicadores das alterações de origem antrópica (Chacón & Segnini, 1996). Os organismos dessa ordem, por serem sensíveis a alterações ambientais, estão entre os grupos mais utilizados em programas de biomonitoramento de qualidade de água (Buss & Salles, 2007).

Uma ferramenta importante associada aos estudos taxonômicos é o uso de modelos para investigar padrões e processos biogeográficos, permitindo a previsão da distribuição geográfica de espécies a partir de dados aleatórios (Guisan & Thuiller, 2005). Este tipo de linguagem permite explorar diferentes questões, como: (a) definir áreas prioritárias para conservação (Garcia, 2006), (b) avaliar o potencial de invasão de uma espécie exótica (Peterson & Vieglais, 2001; Nyari et al., 2006; Giovanelli et al., 2008), (c) indicar a distribuição geográfica de uma espécie no passado (Hugall et al., 2002) e (d) prever sua possível distribuição futura (Siqueira & Peterson, 2003).

Neste contexto, o processo de modelagem busca integrar no ambiente computacional a organização dos conhecimentos sobre uma determinada região ou sobre a distribuição de seres vivos e elementos físicos de um determinado ecossistema, com expressão territorial (no caso, a modelagem de sistemas ambientais), além da sistematização em representações com o menor teor de complexidade possível, capazes de auxiliar na compreensão de um fenômeno que envolva diversas variáveis, o que justifica sua ampla utilização como ferramenta de planejamento e gestão (Peterson, 2002).

**Objetivos**

Objetivo Geral

Modelar a distribuição potencial de 6 espécies da ordem Ephemeroptera (Insecta) na Região Sudeste do Brasil com base no acervo das principais coleções entomológicas da América do Sul

Objetivos Específicos:

* Elaborar mapas com a potencial distribuição geográfica de 4 famílias de Ephemeropteras: Baetidae, Leptophlebiidae, Melanemerellidae e Leptohyphidae, sendo 6 espécies: *Americabaetis alphus, Askola froehlichi, Massartella brieni, Miroculis mourei, Melanemerella brasiliana, e Traverhyphes yuati*
* Contribuir com um modelo preditivo que indique novas áreas de ocorrência dessas espécies podendo ser utilizado como ferramenta futura para novas pesquisas cientificas
* Identificar e caracterizar os habitats e meso-hábitats das espécies estudadas
* Fomentar novas discussões acerca da espécie *Melanemerella brasiliana* com base filogenética, taxonômica e geográfica

**Relevância do Estudo**

A delimitação de distribuição geográfica depende da disponibilidade de inventários, coleções e estudos taxonômicos suficientemente detalhados para fornecer registros confiáveis da ocorrência de espécies. Entretanto, esses dados existem para poucos grupos taxonômicos e as análises detalhadas dos padrões de distribuição ainda são escassas. As coleções abrigam não só os espécimes coletados e estudados, mas também as informações associadas aos indivíduos e às populações de cada espécie.

O Brasil, possui cerca de 20% da biodiversidade do planeta, mas somente 1% do acervo biológico científico do mundo está presente em nosso banco de dados. O trabalho taxonômico desenvolvido com base nas coleções biológicas, recebe um tratamento interdisciplinar apoiado por novas tecnologias, como, por exemplo, a biologia molecular e a informática para biodiversidade.

Esses dados biológicos, quando associados a dados climáticos, meteorológicos, edáficos, entre outros, são essenciais tanto para a compreensão da vida no planeta (no passado e no presente) quanto para a projeção de cenários futuros, assim como para o entendimento de padrões de mudanças da biodiversidade e de seus impactos na sociedade, decorrentes da dinâmica dos sistemas naturais ou de intervenções humanas sobre o ambiente.

A coleção Entomológica do Departamento de Zoologia do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (DZRJ), criada na década de 1970 pelo Prof. José Alfredo Pinheiro Dutra, possui um acervo de referência principalmente de insetos aquáticos (Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera, Neuroptera, Odonata, Plecoptera e Trichoptera) e de insetos terrestres, principalmente de Cicadellidae (Hemiptera) e de Coleoptera terrestres da Mata Atlântica. Atualmente, a Coleção Prof. José Alfredo Pinheiro Dutra abriga material tipo das ordens Coleoptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera e Trichoptera. Seu acervo inclui mais de 155.000 espécimes provenientes da Região Neotropical, especialmente das regiões Sudeste e Norte do Brasil, além de exemplares de outras regiões zoogeográficas.

Entre os efemerópteros, a família Baetidae é a mais diversificada em espécies, Leptophlebiidae é mais heterogênea em relação a seus gêneros, Leptohyphiidae, assim como Baetidae e Leptophelebiidae, é um grupo com a maior variabilidade de espécies em riachos Neotropicais (Salles, 2006). Melanemerellidae, encontra-se no Brasil, restrita à região Sudeste, principalmente na região de Mata Atlântica possui uma única espécie encontrada, com o macho ainda desconhecido. Acredita-se que possa ser uma espécie partenogenética, mas o histórico e contribuição taxonômica a respeito dessa espécie ainda são insuficientes.

Portanto, as espécies de Ephemeroptera, *Americabaetis alphus, Askola froehlichi, Massartella brieni, Miroculis mourei, Melanemerella brasiliana, e Traverhyphes yuati,* apresentam notável riqueza na região Neotropical, especificamente na região alvo deste estudo, com grande representatividade nas coleções entomológicas.

Com o objetivo de concretizar a excelência científica através da ampliação, manutenção, conservação e informatização da coleção alguns esforços já vem sendo empregados para digitalizar os dados dos espécimes depositados em coleção, incluindo localidade georreferenciada, data de coleta, coletor e método de coleta, em uma base de dados relacional; 2) fotografar os holótipos depositados na coleção; 3) disponibilizar os dados na forma de páginas de espécies dinâmicas que incluem o histórico taxonômico das espécies e mapas de distribuição automaticamente gerados; 4) desenvolver estudos de taxonomia e sistemática de insetos, incluindo análises morfológicas e moleculares dos táxons; 5) quando pertinente, descrever novos táxons e efetuar registros de gêneros e espécies de insetos com base no material depositado na coleção.

Diante esse histórico abordado, a modelagem de distribuição de espécies junto às atualizações do banco de dados da coleção entomológica, tornará uma eficaz ferramenta para agregar conhecimento, e analisar a distribuição de grupos de Ephemeroptera.

**Material e métodos**

A modelagem da distribuição de espécies será realizada a partir dos pontos de ocorrência de cada espécie selecionada, os habitats ocupados por essas espécies têm como um dos fatores importantes a presença de mata ciliar conservada, substrato com a presença de folhiço e altitude. A delimitação de distribuição geográfica dependerá da disponibilidade de inventários, coleções biológicas e estudos taxonômicos suficientemente detalhados para fornecer registros confiáveis da ocorrência de cada espécie.

Os dados de ocorrência serão derivados dos exemplares depositados na Coleção Entomológica Professor José Alfredo Pinheiro Dutra, Laboratório de Entomologia, Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (DZRJ); na Coleção do Setor de Insetos Aquáticos, Departamento de Entomologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (MNRJ), Coleção de Invertebrados da Universidade Federal do Espirito Santo – UFES (CEUNES), Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN), CONICET-UNT, Argentina, Bionat: Biodiversidad y Recursos Naturales, Faculdad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Colombia, e dados de ocorrência enviados por pesquisadores especialistas de cada espécie estudada.

O primeiro passo metodológico para organização do modelo de distribuição das espécies será a organização e tabulação dos dados de ocorrência dos organismos depositados em coleções biológicas, coordenadas identificadas em artigos científicos, e ou dados de ocorrência enviados por coletores.

Após esses dados tabulados e organizados, será feita a estruturação da base de dados cartográficos, contendo a localização dos organismos selecionados. Nessa etapa será feito todo o tratamento da base de dados. Os dados cartográficos serão convertidos para a mesma projeção e Datum e recortados em função do tamanho da área de estudo. Será realizada uma verificação topológica para correção de eventuais erros que possam danificar a validade dos dados.

Os preditores ambientais para a modelagem serão de altitude e curvas de nível, altimetria, rede de drenagem, valores de declividade e formas do relevo. Também serão utilizados, Estudos Climáticos (CPTEC/INPE, disponível em http://www7.ceptec.inpe.br), e variáveis bioclimáticas, como: temperatura anual média, temperatura máxima mensal, temperatura mínima no mês mais frio, precipitação anual, precipitação no mês mais úmido precipitação no mês mais seco, obtidos da base de dados *WorldClim* com resolução de aproximadamente 1 km por quadrícula (disponível em http://worldclim.org).

O processo de integração para a criação do modelo, requer bases em formato matricial. Consequentemente, a representação vetorial dos elementos de análise deverá ter formato de um polígono para que a transformação seja processada. Como o elemento hidrografia possui representação linear, o processo selecionado para transformação será o cálculo de densidade hidrográfica. O método utilizado será o de Kernel (Câmara & Carvalho, 2001).

A partir do Modelo Digital de Elevação da área de estudo, serão gerados mapas de declividade e hipsometria. Para a confecção do mapa de declividade, serão utilizadas as faixas definidas pela classificação das formas de relevo adotada pelo IBGE e EMBRAPA: Plano 0 a 3%; Suave Ondulado 3 a 8%; Ondulado 8 a 20%; Forte Ondulado 20 a 45%; Montanhoso 45 a 75%; e Escarpado > que 75%. Para a confecção do mapa hipsométrico, serão utilizadas faixas de elevação de 100 metros. Todo esse processo será realizado no *software* ArcGIS 10.2.1.

Os registros de presença de cada espécie e as variáveis ambientais serão analisadas utilizando o algoritmo Maxent, versão 3.3.3e (Phillips et al., 2006; Phillips & Dudik, 2008; Elith et al., 2011).

Os modelos preditivos serão elaborados utilizando o algoritmo de Máquinas de Suporte Vetorial (SVM), conforme os resultados obtidos em situações onde se tem apenas pontos de presença (dados de coleções e museus), e em situações onde se tem poucos registros de ocorrência (espécies raras e, ou ameaçadas), e devido à rapidez no processamento e elaboração dos mapas preditivos.

**Literatura Citada**

ALLAN, J.D. Landscape and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Annual Reviews of Ecological, Evolutions and Systematics,* 35: 257-284p. 2004.

ANDRADE, M. B.; SICILIANO, A. T.; Da-SILVA, E. R.; SALLES, F. F. A efemeropterofauna do rio Paquequer, Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Teresópolis, RJ: composição preliminar e mesodistribuição (Insecta: Ephemeroptera). In: CARVALHO, A. M. B.; SILVA-MATOS, D. M. (Org.). Publicações científicas da Unirio (Anais da I Jornada de iniciação científica da Unirio). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. 6 p. CD-ROM

BUSS, D.F., SALLES, F.F., 2007. Using Baetidae Species as Biological Indicators of Environmental Degradation in a Brazilian River Basin 365–372. doi:10.1007/s10661-006-9403-6

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Análise de Eventos Pontuais. In: Druck, S.; Carvalho, M. S.; Câmara, G.; Monteiro, A. V. M. Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília: EMBRAPA, 2004.

CHACÓN, M.M. & SEGNINI, S. 1996. Reconocimiento taxonomico de las nayades del orden Ephemeroptera en la deriva de dos rios de alta montaña en el Estado Mérida, Venezuela. Bol. Ent. Venez. 11(2):103-122.

[DA-SILVA, E. R.](http://lattes.cnpq.br/5241943666178242); NESSIMIAN, J. L.; [COELHO, L. B. N.](http://lattes.cnpq.br/6996498847257792) Leptophlebiidae ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Hábitats, meso-hábitats e hábitos das ninfas (Insecta: Ephemeroptera). Biota Neotropica (Online. Edição em Inglês), v. 10, p. 87-94, 2010.

DOMÍNGUEZ, E., Hubbard, M.D., Pescador, M.L. & Molineri, C. 2001. Checklist of the Ephemeroptera of South America. http://www.famu.org/mayfly/sacat.html (último acesso em 20/06/2003).

DOMINGUEZ, E., MOLINERI, C., PESCADOR, M.L., HUBBARD, M.D. & NIETO, C. 2006. Ephemeroptera of South America. In Aquatic biodiversity in Latin America (J. Adis, J.R. Arias, G. Rueda-Delgado & K.M. Wantzen, ed.). Pensoft, Sofia, p.1-646.

ELITH J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudık, Y. E. Chee, C. J. Yates. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. Diversity and Distributions. 17:43 – 57.

FLOWERS, R.W. 1991. Diversity of stream-living insects in northwestern Panama. J. N. Am. Benthol. Soc. 10(3):322-334.

GARCIA, A. 2006. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation*, 130:25-46.

GIOVANELLI, J.G.R.; HADDAD, C.F.B.; ALEXANDRINO, J. 2008. Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. *Biological Invasions*, 10:585-590.

GUISAN, A.; THUILLER, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8:993-1009.

HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L.F., JACKSON, R.B.; KINZIG, A. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100.*Science.*287,1770-1774.

HUGALL, A.; MORITZ, C.; MOUSSALLI, A.; STANISIC, J. 2002. Reconciling paleodistribution models and comparative phylogeography in the Wet Tropics. *PNAS*, 99:6112– 6117.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature,* 403:853-858.

NYARI, A.; RYALL C.; PETERSON, A.T. 2006.Global invasive potential of the House Crow (*Corvus splendens*) based on ecological niche modelling. *Journal of Avian Biology*, 37:306-311.

PETERSON, A.T.; VIEGLAIS, D.A. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling. *BioScience*, 51:363-371.

PETERSON, A.T. Simuladores do Futuro. *Revista Pesquisa FAPESP*. São Paulo, n.80, p. 32-35, out. 2002.

PHILLIPS, S.J., R.P. Anderson & R.E. Schapire 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190: 231– 259.

PHILLIPS, S.J. & M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography, 31: 161– 175.

SALA, O.E.; CHAPIN, F.S.; ARMESTO, J.J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J., DIRZO, R., HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L.F., JACKSON, R.B.; KINZIG, A.(2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100.*Science.*287, 1770 1774.

SALLES, F.F.; [DA-SILVA, E. R.](http://lattes.cnpq.br/5241943666178242); HUBBARD, M.; SERRÃO, José Eduardo. As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. Biota Neotropica (Ed. Portuguesa), v. 4, n.2, p. 1-34, 2004.

SALLES, F.F.  2006. A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): Taxonomia e diversidade. 313 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SALLES, F.F.; MASSARIOL, F.C.; NASCIMENTO, J.M.C.; BOLDRINI, R; RAIMUNDI, E.A.; ANGELI, K.B.; SOUTO, P.M. 2017. Ephemeroptera do Brasil. http://ephemeroptera.com.br (acessado em junho de 2017).

SAVAGE, H.M. 1987. Biogeographic classification of the Neotropical Leptophlebiidae (Ephemeroptera) based uppon geological centers of ancestral origin and ecology. Stud. Neotr. Fauna Environ. 22(4):199-222.

SIQUEIRA, M.F.; PETERSON, A.T. 2003. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species*.* *Biota Neotropica*, 3(2):1-14.

SOBERON, J.; PETERSON, A.T. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species’ distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10.

TOWNSEND, C.R.; DOLEDEC, S.; NORRIS, R; PEACOCK, K.; ARBUCKLE, C. The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: descriptions and predictions. *Freshwater Biology*, 48: 768-85p. 2003.

**CRONOGRAMA DE ATIVIDADES**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ATIVIDADES | Ago/set/  out  2017 | Nov/dez  2017 | Jan/fev/  marc  2018 | Abr/mai/  jun  2018 | Jul/ago/  set  2018 | Out/nov/  dez  2018 | Jan/fev/  mar  2019 | Abr/mai/  jun  2019 | Jul/ago/  set  2019 | Out/Nov/  dez  2019 | Jan/fev/  mar  2020 | Abr/mai/  jun  2020 | Jul/ago/  set  2020 | Out/Nov/  dez  2020 | Jan/fev/  mar  2021 | Abr/mai/  jun  2021 |
| Disciplinas |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Revisão bibliográfica |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Levantamento de dados da literatura e coleções entomológicas |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Preparação de material – Coleção entomológica Professor José Alfredo Pinheiro Dutra |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Modelagem e Elaboração de mapas |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Análise da modelagem e identificação da distribuição de espécie |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Seminários e Qualificação |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Redação da tese |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Defesa |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |