

Chamada 2018 para Seleção de Bolsistas FUNBIO – Conservando o Futuro

1. IDENTIFICAÇÃO

1.1. TÍTULO: A Hipótese Centro-Periferia e a herpetofauna do Cerrado

1.2. TIPO DE BOLSA SOLICITADA: Doutorado

1.3. INSTITUIÇÃO DE ENSINO/PROGRAMA: Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ecologia

1.4. DADOS DO ALUNO

1.4.1. NOME: Pedro Henrique Campêlo

1.4.3. TITULAÇÃO: Mestre

1.4.4. CURRÍCULO LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0498087224873741>

1.4.5. ENDEREÇO PROFISSIONAL: Departamento de Zoologia, Instituto de

Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro -
Asa Norte 70910 - Brasília - Distrito Federal – Brasil

1.5. ORIENTADOR DO PROJETO

1.5.1. NOME: Guarino Rinaldi Colli

1.5.3. TITULAÇÃO: Doutor

1.5.4. CURRÍCULO LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2272000258230548>

1.5.5. ENDEREÇO PROFISSIONAL: Departamento de Zoologia, Instituto de

Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa
Norte 70910 - Brasília - Distrito Federal – Brasil

2. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A Hipótese Centro-Periferia (HCP), também conhecida também como Hipótese Centro-Marginal ou Centro Abundante (ECKERT; SAMIS; LOUGHEED, 2008; SAGARIN; GAINES, 2002), busca explicar os fatores determinantes da distribuição geográfica das espécies, enfatizando aqueles que atuam na periferia da distribuição e restringem seu avanço para áreas além desses limites (BROWN, 1984; CARSON, 1959; ECKERT et al., 2008;

KAWECKI, 2008; LANGIN et al., 2017; PIRONON et al., 2014; SAGARIN; GAINES, 2002; SOULÉ). A HPC postula que as populações periféricas vivem sob condições ambientais menos adequadas e são mais isoladas entre si do que as populações centrais (BROWN, 1984; KAWECKI, 2000). Como consequência, a HPC prediz que as populações periféricas (1) possuem maior taxa de extinção (SOULÉ, 1973), (2) são menos abundantes (FELDMAN et al., 2015) e (3) possuem menor diversidade e maior diferenciação genética (ECKERT et al., 2008) do que as populações centrais.

No início do século XX, Shelford (1911) propôs que a distribuição das espécies de animais está ligada a fatores ambientais por meio de seus requisitos fisiológicos. Semelhantemente, Brown (1984) sugeriu que as condições ambientais são altamente correlacionadas ao longo do espaço, isto é, locais com condições ambientais adequadas tendem a ser circundados por outros com semelhante adequabilidade. Assim, é esperado que a distribuição dos indivíduos de uma espécie esteja relacionada à variação ambiental ao longo do espaço, resultando em um padrão onde o centro da distribuição apresenta condições ambientais mais adequadas e maior abundância de indivíduos (KIRKPATRICK; BARTON, 1997). A maioria dos estudos iniciais sobre a HCP abordou atributos populacionais, como abundância e estrutura genética (BROWN, 1984; CARSON, 1959; SOULÉ, 1973). Esses estudos avaliaram se as populações centrais são mais abundantes, possuem maior diversidade genética e menor diferenciação gênica devido à maior adequabilidade ambiental e conectividade entre habitats. Posteriormente, outros estudos abordaram também o desempenho das espécies, baseado em caracteres genéticos, fisiológicos, morfológicos e demográficos (SEXTON et al., 2009). Mais recentemente, a HCP tem sido usada para investigar a resposta das espécies frente às mudanças climáticas (GIBSON; VAN DER MAREL; STARZOMSKI, 2009; PIRONON et al., 2016; SAGARIN; GAINES, 2002).

A predições da HPC foram testadas em estudos com distintos grupos de organismos, mas nem sempre foram corroboradas (DALLAS; DECKER; HASTINGS, 2017; ECKERT et al., 2008; GERST; ANGERT; VENABLE, 2011; PIRONON et al., 2014; SAGARIN; GAINES, 2002; SAGARIN; GAINES; GAYLORD, 2006). Muitas vezes, isso se deve a deficiências metodológicas que limitam a identificação de diferenças entre populações centrais e periféricas (LIRA-NORIEGA; MANTHEY, 2014). Tais deficiências são de origens diversas, como a classificação categórica das populações em “centrais” e “periféricas”, a identificação do centro de distribuição, amostragens que não abrangem toda a área de distribuição da espécie, a distinção entre fatores históricos e contemporâneos e estudos realizados apenas com espécies de zonas temperadas (ECKERT et al., 2008; SAGARIN; GAINES, 2002).

Tendo em vista que a variação espacial e ambiental se expressa de forma contínua, a classificação das populações como centrais e periféricas de forma categórica pode não expressar a real condição da população amostrada. Uma classificação quantitativa é a opção mais segura a se adotar. Alguns trabalhos sugerem o uso da distância para o centro ou a distância para a borda como medidas mais acuradas (SAGARIN; GAINES, 2002). A identificação do centro também tem sido feita de forma inadequada. Muitos trabalhos classificam o centro levando em conta apenas o aspecto geográfico, ignorando as condições ambientais (ECKERT et al., 2008). Ou seja, o centro geográfico pode não apresentar as condições ambientais ideais esperadas para o centro de distribuição da espécie, uma vez que este seria apenas função do formato geométrico da área de distribuição (KAWECKI, 2008). Assim, a identificação do centro deve levar em conta a adequabilidade de acordo com os requisitos ecológicos da espécie em questão (MICHELETTI; STORFER, 2015; PULLIAM, 2000).

A variação na latitude é um parâmetro fundamental a ser controlado durante um delineamento experimental para testar a HCP (GUO, 2012). Em função da variação climática promovida pela latitude, podemos esperar que fatores distintos operem nos extremos norte e sul da área de distribuição da espécie (DINIZ et al., 2009; SOARES et al., 2015). Nesse sentido, tendo em vista as mudanças climáticas, é esperado que a distribuição das espécies se desloque para latitudes maiores. Tal padrão permite a classificação das bordas da distribuição em vanguarda, nas bordas que se expandem, e retaguarda, nas bordas que se contraem (GIBSON et al., 2009). É esperado que as populações de vanguarda apresentem maior desempenho em relação às de retaguarda (AITKEN et al., 2008). Semelhantemente, a Hipótese da Variabilidade Climática prediz que espécies com ampla área de distribuição devem apresentar populações com maior plasticidade térmica localizadas nas periferias de maiores latitudes (Bozinovic *et al.*, 2011; Valladares *et al.*, 2014; Gunderson & Stillman, 2015; Barria & Bacigalupe, 2017). Desse modo, populações que experimentam maior amplitude em uma determinada variável ambiental, devem apresentar maior plasticidade em características relacionadas com tal fator (Valladares *et al.*, 2014). Portanto, é imprescindível que o delineamento abranja toda a área de distribuição da espécie, para identificar a atuação da latitude sobre o resultado observado (ECKERT et al., 2008; SAGARIN; GAINES, 2002).

Ainda, os estudos realizados raramente abordaram espécies de zonas tropicais (DINIZ et al., 2009; PIRONON et al., 2016; SAGARIN; GAINES, 2002). Por experimentarem menor variação climática sazonal quando comparadas com espécies de zonas temperadas, é esperado que espécies tropicais apresentem menor amplitude de tolerância ambiental. Isto é, estas são

mais sensíveis e dependentes da qualidade ambiental, sendo possível então que o padrão previsto pela HCP se manifeste nestas. O Cerrado é a maior e mais diversa savana tropical (OLIVEIRA; MARQUIS, 2002). Devido à sua grande extensão, à sua posição central no continente sul-americano, aos contatos com biomas florestais e abertos adjacentes, e ao grande número de espécies endêmicas, o Cerrado é uma região ideal para se testar as predições da HCP, até então pouco exploradas nesse bioma. Diniz et al. (2009) usaram uma espécie arbórea endêmica do Cerrado, *Caryocar brasiliense*, e encontraram suporte parcial para a HCP, como menor diversidade genética e menor recrutamento na periferia do que no centro. Soares et al. (2015) encontraram baixa diversidade genética na periferia da distribuição de outra espécie arbórea endêmica, *Dipteryx alata*. Contudo trabalhos abordando espécies de animais inexistem, ou são escassos.

Em meio a patente biodiversidade do Cerrado, a herpetofauna se destaca com evidente riqueza de espécies endêmicas (COLLI; BASTOS; ARAUJO, 2002; NOGUEIRA, CRISTIANO et al., 2010). Os lagartos, em especial, são representados por 76 espécies distribuídas ao longo desse bioma, sendo 32 (42%) endêmicas (NOGUEIRA, C. et al., 2011). Por serem ectotérmicos, lagartos são modelos ideais para testar as premissas da HCP, uma vez que sua dependência das condições ambientais é mais evidente do que nos endotérmicos (ANGILLETTA JR; ANGILLETTA, 2009; COURANT et al., 2017; ECKERT et al., 2008; MICHELETTI; STORFER, 2015; TRUMBO et al., 2016). Alguns estudos têm corroborado a HCP usando espécies de lagartos como modelos, embora estes tenham sido realizados em regiões temperadas (BLEVINS; WISELY; WITH, 2011; HENLE et al., 2016; HUTCHISON, 2003).

Micrablepharus atticolus Rodrigues, 1996 (Squamata, Gymnophthalmidae) é uma espécie de lagarto localmente abundante, amplamente distribuída e endêmica do Cerrado. Possui pequeno tamanho corporal, alcançando em média 38 mm de comprimento rostro-cloacal (VIEIRA et al., 2000). Forrageia ativamente em meio à serapilheira durante os períodos quentes do dia, apresentando hábitos semi-fossoriais (RODRIGUES, 1996). Tem ciclo de vida anual, apresentando reprodução fortemente relacionada com a sazonalidade climática do Cerrado (SOUSA et al., 2015). A presença de populações dessa espécie em enclaves de Cerrado na Amazônia mostra que tem acompanhado as variações na área de distribuição do Cerrado (GAINSBURY; COLLI, 2003; VITT; CALDWELL, 1993).

3. OBJETIVO GERAL

O presente projeto de pesquisa tem por objetivo avaliar a HPC, utilizando *Micrablepharus atticolus* como modelo.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.1. Verificar a diferença no desempenho demográfico de populações centrais e periféricas de *Micrablepharus atticolus*;

4.2. Avaliar se o desempenho demográfico de *Micrablepharus atticolus* é diferente entre populações periféricas de vanguarda e retaguarda;

4.3. Descrever a plasticidade fenotípica das populações periféricas de *M. atticolus* em diferentes latitudes.

5. METODOLOGIA

5.1. ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL

É possível identificar a área de distribuição potencial da espécie por meio de Modelos de Distribuição das Espécies (Species Distribution Models – SDMs). Estes modelam o nicho ambiental da espécie, por meio das coordenadas de registro da ocorrência desta, associadas a variáveis ambientais destes pontos. Dessa forma é possível identificar áreas de adequabilidade ambiental, onde a espécie pode potencialmente ocupar. Tal projeção possibilita também a identificação do centro e da periferia da área de distribuição potencial da espécie. Uma vez que o modelo retrata o nicho ambiental da espécie, é possível fazer estimativas da distribuição passada e futura da espécie, por meio de projeções das condições climáticas para o passado e futuro. As projeções para o passado e futuro mostram como a distribuição da espécie se comporta ao longo do tempo, expandindo, retraindo ou mudando a localização, o que permite classificar as populações periféricas em vanguarda (que se expande) e retaguarda (que se retrai).

Para a obtenção dos dados de distribuição das espécies, serão consultadas coleções científicas e publicações que registram a ocorrência da espécie. Estes dados serão relacionados com variáveis bioclimáticas obtidas na base de dados do Worldclim (HIJMANS et al., 2005). Os dados bioclimáticos acessados consistem em médias climáticas de temperatura e precipitação mínima, média e máxima para o passado (Holoceno-Médio, 6.000 anos atrás; Último Glacial Máximo, 22.000 anos atrás; Último Interglacial, 120.000 anos atrás), presente (entre os anos de 1970 e 2000) e futuro (ano de 2070). Portanto, inicialmente será modelada a distribuição da espécie no presente, de modo a tornar possível avaliar o quão cada população está distante do centro da distribuição. Esse procedimento será realizado para caracterizar a

população quanto a sua localização dentro da distribuição da espécie. Para o tal cada população será caracterizada a partir de três variáveis: distância para o centro, distância para a borda, e distância para o ponto central com maior adequabilidade ambiental.

5.2. ABUNDÂNCIA

A Hipótese Centro-Periferia prediz um desempenho demográfico inferior na periferia, quando comparado ao centro da distribuição de uma espécie. No entanto a obtenção de dados demográficos não é um processo simples, uma vez que é necessário ter um grande número de observações, distribuídas no contexto temporal e espacial (LUNDBERG et al., 2000). Sendo assim, faremos o uso dos dados de abundância de populações amostradas em expedições e depositados na Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília – CHUNB. Esses dados foram coletados de populações distribuídas tanto em na porção central quanto periférica da distribuição de *M. atticolus*. Tais expedições foram realizadas sempre durante a estação seca, o que contribui para reduzir a variação sazonal entre as amostras. Os indivíduos foram coletados em armadilhas de interceptação e queda (*pitfall*), que consistem em quatro baldes dispostos em formato de “Y” conectados por uma cerca guia. Para compensar quaisquer diferenças no esforço amostral entre as expedições, as abundâncias serão padronizadas pela quantidade de armadilhas instaladas e pelo tempo de coleta. Portanto, assumimos para essa análise que a variação na quantidade de indivíduos coletados (proporcional ao esforço amostral) entre as populações estima adequadamente a variação em sua abundância. Ainda, além dos dados já coletados e depositados na CHUNB, serão realizadas novas expedições nos anos de 2019 e 2020, de modo a amostrar novos pontos ao longo do Cerrado e sua transição com outros biomas.

5.3. TAMANHO E CONDIÇÃO CORPORAL

Como predito pela HCP, é esperado que no centro tenha maior abundância de recursos, dada maior instabilidade e conectividade de habitats, portanto é razoável esperar que as populações dessas localidades tenham indivíduos com maior condição corporal. Para testar tal predição os indivíduos amostrados por população terão seu tamanho corporal (Comprimento Rostro-Cloacal) aferido com o uso de um paquímetro digital. A massa também será aferida (em gramas), por meio de uma balança de precisão. Por meio da relação entre essas variáveis será estimada a condição corporal dos lagartos de cada população. Essa medida informa a quantidade de energia acumulada no corpo, assimilada mediante a alimentação, o que está intrinsecamente relacionado com a disponibilidade e uso de recursos.

Frente a quantidade de métodos não destrutivos existentes, escolhemos aplicar o Índice de Massa Escalado – SMI (Scaled Mass Index), que é baseado em uma relação escalar entre massa e tamanho do corpo (PEIG; GREEN, 2009). Este é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\hat{M}_i = M_i \left(\frac{L_0}{L_i} \right)^{b_{SMA}}$$

onde M_i representa a massa inicial, L_i , o CRC do indivíduo i , L_0 , o CRC médio da população e b_{SMA} é o fator escalar. O b_{SMA} é obtido do maior eixo padronizado (Standardized Major Axis – SMA) da regressão de $\ln(M+1)$ sobre $\ln(L)$ (WARTON et al., 2006). Trata-se de um método comprovadamente mais confiável na predição da quantidade de tecido adiposo e outros componentes corporais, uma vez que este considera também a variação na relação massa-tamanho do corpo ao longo do desenvolvimento do indivíduo (PEIG; GREEN, 2010). Portanto, essa variável será obtida com o uso das medidas de massa e CRC, por meio do pacote `lmodel2`, através do *software* R (R CORE TEAM, 2018).

5.4. ECOFISIOLOGIA E DESEMPENHO LOCOMOTOR

Caracteres ecofisiológicos são adequados em informar sobre as condições ambientais apropriadas para o melhor desempenho dos indivíduos da população. Tratando-se de lagartos, a temperatura corporal é uma variável que afeta o desempenho locomotor do animal e suas horas de atividade (ANGILLETTA JR; ANGILLETTA, 2009; PONTES DA SILVA et al., 2018). Portanto, no presente trabalho serão coletados dados ecofisiológicos e desempenho locomotor de populações distribuídas ao longo do Cerrado, bem como em sua transição com a Amazônia. Vale justificar que de acordo com a HCP, é esperado que as populações centrais apresentem maior adaptação às condições ambientais do que as periféricas. Portanto iremos testar se as populações centrais estão mais adaptadas à temperatura ambiental á qual estão submetidas do que as periféricas, por meio de dados ecofisiológicos e desempenho locomotor mediado pela temperatura.

Os animais serão capturados com o uso de armadilhas de interceptação e queda (*pitfall*) e levados ao laboratório para os seguintes procedimentos: Temperatura preferencial – T_{pref} (KUBISCH et al., 2015), Temperatura crítica mínima – CT_{min} e Temperatura crítica máxima – CT_{max} (CLOBERT et al., 2000). Para registrar a T_{pref} os animais serão submetidos à um gradiente térmico, com uma lâmpada incandescente em uma extremidade e gel ice packs na outra. Os animais serão submetidos à esse gradiente por uma hora, com termopares fixados em sua região ventral, registrando automaticamente a temperatura em um intervalo de um minuto

(KUBISCH et al., 2015). Portanto tal variável consiste na temperatura que cada indivíduo escolhe experimentar voluntariamente, indicando seu microclima preferencial na natureza.

Para coletar a CT_{min} , submeteremos o animal a um resfriamento, colocando-o em um recipiente plástico, dentro de uma caixa térmica resfriada. Semelhantemente nós coletaremos o CT_{max} submetendo o recipiente plástico onde se encontra o animal ao calor de uma lâmpada incandescente. Ambas as temperaturas críticas são obtidas quando os animais são virados de ventre para cima e não conseguem tornar a sua posição original, sendo medidas pela cloaca com um termômetro digital acoplado à um termopar. Depois de registrada a CT_{max} , os animais serão resfriados em água e não mais submetidos a nenhum outro experimento, sendo posteriormente fixados e tombados na CHUNB.

O desempenho locomotor será avaliado por meio da Sensitividade à temperatura da velocidade da corrida (LOGAN; FERNANDEZ; CALSBEEK, 2015). Assim, os lagartos capturados para a realização dos testes ecofisiológicos serão submetidos a corridas em diferentes temperaturas: ambiente, cinco graus acima do ambiente e cinco graus abaixo do ambiente. Para se alcançar as temperaturas mais quentes e mais frias em relação à ambiental, os animais serão expostos a uma lâmpada incandescente e a uma caixa térmica resfriada com gelo respectivamente, registrando a temperatura interna do indivíduo com termômetro Miller & Weber de leitura rápida. Em cada uma dessas temperaturas os indivíduos serão estimulados a correr ao longo de uma pista horizontal de três metros de comprimento, onde as corridas foram registradas a 420 quadros por segundo usando uma câmera digital de alta velocidade (Casio® EX-FH25 10.1MP). Os vídeos com as corridas serão analisados com o software TRACKER®, que detecta a trajetória baseada em um ponto marcado na cabeça dos lagartos, calculando a sua velocidade máxima. Para aumentar o tamanho amostral, os dados ecofisiológicos também serão acessados de expedições já realizadas pela CHUNB.

5.5. DIVERSIDADE GENÉTICA

Para verificar o isolamento genético de cada população, serão utilizados dados de diversidade genética disponíveis na CHUNB, publicados no trabalho de Santos e colaboradores (2014). Estes dados consistem em fragmentos de citocromo b de aproximadamente 800 bp (pares de base), amplificados por PCR, por meio dos primers CB1-5 e CB3-3. A diversidade genética será avaliada por meio do número de sítios polimórficos, número de haplótipos, diversidade de haplótipos e diversidade de nucleotídeos. Será calculada também a distância genética entre as populações, de maneira a expressar a diferenciação gênica. Apesar dessas

análises já terem sido feitas com esse propósito no trabalho de Santos e colaboradores (2014), estas foram feitas classificando as populações em apenas duas categorias, centrais e periféricas.

5.6. ASSIMETRIA FLUTUANTE

Pode-se esperar também que o tamanho populacional, o isolamento populacional e oferta de recursos afetem atributos como variabilidade gênica, condição e tamanho corporal. A variabilidade gênica é reduzida pelo isolamento e redução do tamanho populacional por meio da alta taxa de endocruzamento, promovendo homozigose. Uma forma de mensurar a homozigose de uma população é avaliando a assimetria bilateral dos indivíduos (LEARY; ALLENDORF, 1989). Existem três tipos de assimetria bilateral: assimetria flutuante, assimetria direcional e antissimetria. A primeira diz respeito às condições de estabilidade durante o desenvolvimento do indivíduo (LEARY; ALLENDORF, 1989). As duas demais dizem respeito aos fatores genéticos, como endocruzamento (KARK, 2001).

Para se avaliar a assimetria é preciso escolher caracteres simétricos, idealmente contáveis ou mensuráveis de forma exata, sem a possibilidade de distorção dos dados. Entre as características morfológicas simétricas dos lagartos, as escamas são excelentes medidas métricas a serem coletadas (IDRISOVA; KHAIRUTDINOV, 2016). Em especial escamas localizadas em partes específicas do corpo dos lagartos, tal como as escamas da cabeça ou embaixo das falanges. A variação da posição e quantidade de determinadas escamas é espécie-específico, com alguns táxons sendo descritos morfológicamente pela caracterização dessas. Para essa análise, serão utilizados dados da CHUNB, provenientes das mesmas expedições citadas acima.

5.7. ANÁLISES DOS DADOS

Para testar se existe diferença no desempenho demográfico entre populações centrais e periféricas, serão utilizadas as seguintes variáveis resposta: abundância, tamanho e condição corporal, ecofisiologia, diversidade genética e assimetria bilateral. As variáveis preditoras serão: distância para o centro, distância para a borda, e distância para o centro de adequabilidade ambiental. É importante salientar que todas essas variáveis são contínuas, o que permite que sejam realizadas regressões lineares para identificar a influência das variáveis preditoras sobre a resposta. No entanto, tendo em vista possíveis problemas associados à distribuição dos dados de cada variável, bem como a correlação espacial entre os pontos, faz-se necessária a adoção de análises que são robustas às tais premissas. Portanto serão utilizadas árvores de decisão pelo método de Random Forests (JAMES et al., 2013). Dessa forma esse método será utilizado para

verificar a importância dos preditores sobre as variáveis respostas, permitindo também realizar previsões.

Será testado também se existe diferença entre o desempenho de populações periféricas de vanguarda e rearguarda. Para o tal, cada população será classificada quanto à sua localização dentro da projeção da distribuição passada e futura da espécie. Assim, populações localizadas em áreas onde que não fazem parte da distribuição passada da espécie serão classificadas como vanguarda, dado que estão em uma zona onde sua área de ocorrência se expandiu. Já as localizadas próximas à margem da distribuição que se retraiu, serão classificadas como rearguarda. Então, será implementada uma Análise de Variância (ANOVA), tendo com resposta as variáveis descritoras do desempenho populacional (abundância, tamanho e condição corporal, ecofisiologia, diversidade genética e assimetria bilateral), e como preditor a classificação destas em vanguarda e rearguarda.

Será verificado também se a amplitude climática é maior em latitudes maiores e se esse padrão afeta a plasticidade fenotípica de populações periféricas. Assim, inicialmente será verificado se a amplitude climática é maior em latitudes maiores da distribuição a espécie. Para o tal, serão utilizadas as variáveis bioclimáticas do *Worldclim* (Hijmans *et al.*, 2005). Assim a amplitude será coletada para cada coordenada geográfica referente às populações de *Micrablepharus atticolus* amostradas neste estudo. Dessa forma, para cada coordenada correspondente à uma população, será extraído a latitude e a amplitude climática com variáveis predictoras da plasticidade. A plasticidade fenotípica será abordada pelas variáveis ecofisiológicas, uma vez que estas são intimamente relacionadas às condições climáticas.

6. RESULTADOS PRELIMINARES E ESPERADOS

Mediante consulta na literatura e coleções científicas, foram levantados 60 pontos de ocorrência de *Micrablepharus atticolus*, sendo o suficiente para implementar os modelos de distribuição potencial. Os dados das expedições realizadas pela Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB) também já foram levantados, e constam em nove municípios amostrados, e um total de 480 indivíduos coletados no total. Semelhantemente foram acessados na CHUNB dados ecofisiológicos coletados em quatro municípios, sendo eles Brasília – DF, Nova Xavantina – MT, Gaúcha do Norte – MT e Lagoa da Confusão – TO, abrangendo uma considerável porção da distribuição da espécie.

Como resultado, é esperado que o desempenho das populações varie de acordo com pelo menos um dos preditores (distância para o centro, distância para a borda e distância para o centro de adequabilidade ambiental). Esse resultado é importante ao passo que permite

avaliar a eficiência dos métodos de caracterização das populações quanto à sua localização dentro de sua área de distribuição. A classificação das populações periféricas em vanguarda e retaguarda, bem como a descrição de seu desempenho demográfico é de suma importância para a conservação da biodiversidade. Dessa forma, podemos esperar que as populações de vanguarda apresentem maior desempenho demográfico, visto que estas têm avançado e colonizado áreas que se tornaram ambientalmente adequadas recentemente. Tal assunto é pertinente frente o efeito das mudanças climáticas sobre as populações, que pode promover mudanças na área de distribuição da espécie. Nesse sentido faz-se necessário identificar quais populações periféricas são prioridades na conservação, tendo em vista seu risco de extinção local. Semelhantemente, o diagnóstico da amplitude climática e plasticidade fenotípica da população é importante em identificar quais populações têm condições de resistir aos eventos extremos promovidos pelas mudanças climáticas, podendo garantir a persistência de determinadas populações.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITKEN, S. N. et al. Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. **Evolutionary Applications**, v. 1, n. 1, p. 95-111, Feb 2008.

ANGILLETTA JR, M. J.; ANGILLETTA, M. J. **Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis**. Oxford University Press, 2009. ISBN 0198570872.

BLEVINS, E.; WISELY, S. M.; WITH, K. A. Historical processes and landscape context influence genetic structure in peripheral populations of the collared lizard (*Crotaphytus collaris*). **Landscape Ecology**, v. 26, n. 8, p. 1125-1136, Oct 2011.

BROWN, J. H. On the Relationship between Abundance and Distribution of Species. **The American Naturalist**, v. 124, n. 2, p. 255-279, 1984.

CARSON, H. L. Genetic conditions which promote or retard the formation of species. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, v. 24, p. 87-105, 1959.

CLOBERT, J. et al. Trade-offs in phenotypic traits: endurance at birth, growth, survival, predation and susceptibility to parasitism in a lizard, *Lacerta vivipara*. **Functional Ecology**, v. 14, n. 6, p. 675-684, 2000.

COLLI, G. R.; BASTOS, R. P.; ARAUJO, A. F. B. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. In: OLIVEIRA, P. S. e MARQUIS, R. J. (Ed.). **The cerrados of Brazil : ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York, NY: Columbia University Press, 2002. p.223-241.

COURANT, J. et al. Resources allocated to reproduction decrease at the range edge of an expanding population of an invasive amphibian. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 122, n. 1, p. 157-165, 2017.

DALLAS, T.; DECKER, R. R.; HASTINGS, A. Species are not most abundant in the centre of their geographic range or climatic niche. **Ecology Letters**, v. 20, n. 12, p. 1526-1533, Dec 2017.

DINIZ, J. et al. Niche modelling and landscape genetics of *Caryocar brasiliense* ("Pequi" tree: Caryocaraceae) in Brazilian Cerrado: an integrative approach for evaluating central-peripheral population patterns. **Tree Genetics & Genomes**, v. 5, n. 4, p. 617-627, Oct 2009.

ECKERT, C. G.; SAMIS, K. E.; LOUGHEED, S. C. Genetic variation across species' geographical ranges: the central-marginal hypothesis and beyond. **Molecular Ecology**, v. 17, n. 5, p. 1170-1188, Mar 2008.

FELDMAN, R. E. et al. Where does environmental stochasticity most influence population dynamics? An assessment along a regional core-periphery gradient for prairie breeding ducks. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 8, p. 896-904, Aug 2015.

GAINSBURY, A. M.; COLLI, G. R. Lizard assemblages from natural cerrado enclaves in southwestern Amazonia: The role of stochastic extinctions and isolation. **Biotropica**, v. 35, n. 4, p. 503-519, Dec 2003.

GERST, K. L.; ANGERT, A. L.; VENABLE, D. L. The effect of geographic range position on demographic variability in annual plants. **Journal of Ecology**, v. 99, n. 2, p. 591-599, Mar 2011.

GIBSON, S. Y.; VAN DER MAREL, R. C.; STARZOMSKI, B. M. Climate Change and Conservation of Leading-Edge Peripheral Populations. **Conservation Biology**, v. 23, n. 6, p. 1369-1373, Dec 2009.

GUO, Q. F. Incorporating latitudinal and central-marginal trends in assessing genetic variation across species ranges. **Molecular Ecology**, v. 21, n. 22, p. 5396-5403, Nov 2012.

HENLE, K. et al. Are species genetically more sensitive to habitat fragmentation on the periphery of their range compared to the core? A case study on the sand lizard (*Lacerta agilis*). **Landscape Ecology**, v. 32, n. 1, p. 131-145, 2016.

HIJMANS, R. J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, Dec 2005.

HUTCHISON, D. W. Testing the central/peripheral model: Analyses of microsatellite variability in the eastern collared lizard (*Crotaphytus collaris collaris*). **American Midland Naturalist**, v. 149, n. 1, p. 148-162, Jan 2003.

IDRISOVA, L. A.; KHAIRUTDINOV, I. Z. Asymmetry of pholidosis bilateral traits in sand lizard (*Lacerta agilis*, Reptilia, Squamata) from the Republic of Tatarstan. **Zoologicheskyy Zhurnal**, v. 95, n. 10, p. 1165-1172, Oct 2016.

JAMES, G. et al. **An introduction to statistical learning**. Springer, 2013.

KARK, S. Shifts in bilateral asymmetry within a distribution range: The case of the chukar partridge. **Evolution**, v. 55, n. 10, p. 2088-2096, Oct 2001.

KAWECKI, T. J. Adaptation to marginal habitats: contrasting influence of the dispersal rate on the fate of alleles with small and large effects. **Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences**, v. 267, n. 1450, p. 1315-1320, Jul 2000.

_____. Adaptation to Marginal Habitats. In: (Ed.). **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.39, 2008. p.321-342. (Annual Review of Ecology Evolution and Systematics). ISBN 978-0-8243-1439-2.

KIRKPATRICK, M.; BARTON, N. H. Evolution of a species' range. **American Naturalist**, v. 150, n. 1, p. 1-23, Jul 1997.

KUBISCH, E. L. et al. Local extinction risk of three species of lizard from Patagonia as a result of global warming. **Canadian Journal of Zoology**, v. 94, n. 1, p. 49-59, 2016/01/01 2015.

LANGIN, K. M. et al. Partial support for the central-marginal hypothesis within a population: reduced genetic diversity but not increased differentiation at the range edge of an island endemic bird. **Heredity**, v. 119, n. 1, p. 8-15, Jul 2017.

LEARY, R. F.; ALLENDORF, F. W. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: implications for conservation biology. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 4, n. 7, p. 214-217, Jul 1989.

LIRA-NORIEGA, A.; MANTHEY, J. D. Relationship of genic diversity and niche centrality: a survei and analysis. **Evolution**, v. 68, n. 4, p. 1082-1093, Apr 2014.

LOGAN, M. L.; FERNANDEZ, S. G.; CALSBEEK, R. Abiotic constraints on the activity of tropical lizards. **Functional Ecology**, v. 29, n. 5, p. 694-700, May 2015.

LUNDBERG, P. et al. Population variability in space and time. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 15, n. 11, p. 460-464, Nov 2000.

MICHELETTI, S. J.; STORFER, A. A test of the central-marginal hypothesis using population genetics and ecological niche modelling in an endemic salamander (*Ambystoma barbouri*). **Molecular Ecology**, v. 24, n. 5, p. 967-979, Mar 2015.

NOGUEIRA, C. et al. Diversidade de répteis Squamata e evolução do conhecimento faunístico no Cerrado. In: DINIZ, I. R.; MARINHO-FILHO, J., *et al* (Ed.). **Cerrado: conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação.**(IR Diniz, J. Marinho-Filho, RB Machado & RB Cavalcanti, ed.). Editora UnB, Brasília. Brasília: Editora UnB, 2010. p.333-375.

NOGUEIRA, C. et al. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. **Journal of Biogeography**, v. 38, n. 10, p. 1907-1922, Oct 2011.

OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna.** Columbia University Press, 2002. ISBN 9780231120425.

PEIG, J.; GREEN, A. J. New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. **Oikos**, v. 118, n. 12, p. 1883-1891, Dec 2009.

_____. The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. **Functional Ecology**, v. 24, n. 6, p. 1323-1332, Dec 2010.

PIRONON, S. et al. Geographic variation in genetic and demographic performance: new insights from an old biogeographical paradigm. **Biol Rev Camb Philos Soc**, Nov 27 2016.

PIRONON, S. et al. Do geographic, climatic or historical ranges differentiate the performance of central versus peripheral populations? **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 6, p. 611-620, Jun 2014.

PONTES DA SILVA, E. et al. **Extinction risks forced by climatic change and intraspecific variation in the thermal physiology of a tropical lizard.** **Journal of Thermal Biology**, v. 73, p. 50-60, 2018.

PULLIAM, H. R. On the relationship between niche and distribution. **Ecology Letters**, v. 3, n. 4, p. 349-361, Jul 2000.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing 2018.

RODRIGUES, M. T. A new species of lizard, genus *Micrablepharus* (Squamata: Gymnophthalmidae), from Brazil. **Herpetologica**, v. 52, n. 4, p. 535-541, Dec 1996.

SAGARIN, R. D.; GAINES, S. D. The ‘abundant centre’ distribution: to what extent is it a biogeographical rule? **Ecology Letters**, v. 5, n. 1, p. 137-147, 2002.

SAGARIN, R. D.; GAINES, S. D.; GAYLORD, B. Moving beyond assumptions to understand abundance distributions across the ranges of species. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 21, n. 9, p. 524-530, Sep 2006.

SANTOS, M. G. et al. Landscape evolution and phylogeography of *Micrablepharus atticolus* (Squamata, Gymnophthalmidae), an endemic lizard of the Brazilian Cerrado. **Journal of Biogeography**, v. 41, n. 8, p. 1506-1519, Aug 2014.

SEXTON, J. P. et al. Evolution and Ecology of Species Range Limits. In: (Ed.). **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.40, 2009. p.415-436. (Annual Review of Ecology Evolution and Systematics). ISBN 978-0-8243-1440-8.

SHELFORD, V. E. Physiological animal geography. **Journal of Morphology**, v. 22, n. 3, p. 551-618, 1911.

SOARES, T. N. et al. Patterns of genetic variability in central and peripheral populations of *Dipteryx alata* (Fabaceae) in the Brazilian Cerrado. **Plant Systematics and Evolution**, v. 301, n. 5, p. 1315-1324, May 2015.

SOULÉ, M. The Epistasis Cycle: A Theory of Marginal Populations. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, n. 1, p. 165-187, 1973.

SOUSA, H. C. et al. Fire regimes and the demography of the lizard *Micrablepharus atticolus* (Squamata, Gymnophthalmidae) in a biodiversity hotspot. **South American Journal of Herpetology**, v. 10, n. 3, p. 143-156, Dec 2015.

TRUMBO, D. R. et al. Mixed population genomics support for the central marginal hypothesis across the invasive range of the cane toad (*Rhinella marina*) in Australia. **Molecular Ecology**, v. 25, n. 17, p. 4161-4176, Sep 2016.

VIEIRA, G. H. C. et al. *Micrablepharus atticolus* (NCN). Natural History. **Herpetological Review**, v. 31, p. 241-242, 2000.

VITT, L. J.; CALDWELL, J. P. Ecological observations on cerrado lizards in Rondonia, Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 27, n. 1, p. 46-52, Mar 1993.

WARTON, D. I. et al. Bivariate line-fitting methods for allometry. **Biological Reviews**, v. 81, n. 2, p. 259-291, May 2006.

8. CRONOGRAMA

2017	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Disciplinas												
Revisão bibliográfica												
Coleta de dados												

2018	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Revisão bibliográfica												
Qualificação do projeto												
Coleta de dados												
Submissão de manuscrito												

2019	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Revisão bibliográfica												
Coleta de dados												
Submissão de manuscrito												

2020	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Revisão bibliográfica												
Coleta de dados												
Submissão de manuscrito												

Pedro Henrique Campêlo

2021	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Defesa da Tese												
Submissão de manuscrito												

9. ORÇAMENTO

Categoria da despesa	Descrição dos Itens	Material será concedido para a instituição (Sim ou Não)	Quantidade	Unidade (un; litro; metro; dia; km)	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Uso e Consumo (descrever cada ítem)	Rolo de etiquetas para tombo na coleção - BMP61 BMP71 TLS 2200 Polyester Laboratory Labels+B20		2	Caixa	R\$ 1.200,00	R\$ 2.400,00
	Ribbon M71 - R4300 para etiquetadora		3	Unidade	R\$ 270,00	R\$ 810,00
	Óleo Diesel		1300	Litro	R\$ 3.70,00	R\$ 4.810,00
	Lona (Rolo de 6X100)		2	Unidade	R\$ 150,00	R\$ 300,00
	Estaca		1300	Unidade	R\$ 4,00	R\$
	Grampo		3	Caixa	R\$ 15,00	R\$ 45,00
	Enxada		8	Unidade	R\$ 60,00	R\$ 480,00
	Cavadeira		8	Unidade	R\$ 100,00	R\$ 800,00
	Manutenção do perfurador de solo		2	Unidade	R\$ 100,00	R\$ 200,00
	Etiquetas para campo		4	Caixa	R\$ 120,00	R\$ 480,00
Serviço de Terceiros Pessoa Física	Auxiliar de campo		10	Diária	R\$ 100,00	R\$ 1.000,00
	Lava-a-jato		8	Unidade	R\$ 50,00	R\$ 400,00
Serviço de Terceiros Pessoa Jurídica	Aluguel de Veículo		60	Diária	R\$ 220,00	R\$ 13.200,00
Viagens	Hospedagem		60	Diária	R\$ 40,00	R\$ 2.400,00
	Alimentação		180	Unidades	R\$ 14,00	R\$ 2.520,00
Equipamentos	Módulo de Aquisição de Dados por Termopar	Sim	1	Unidade	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
	Termopares	Sim	6	Caixa	R\$ 390,00	R\$ 2.340
Total						R\$ 39.885,00