

**Título: FOGO, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A CONSERVAÇÃO DA LACERTOFAUNA NO CERRADO**

**Tipo de Bolsa:** Doutorado

**Instituição de Ensino / Programa:** Universidade Federal do Tocantins / Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente

**Nome do Aluno:** Heitor Campos de Sousa

**Titulação:** Mestre em Ecologia

**Currículo Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/3610641424036491>

**Endereço profissional:** Quadra 109 Norte, ALCNO 14, Avenida NS 15, s/n, Coleção do Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados, UFT, Plano Diretor Norte, Palmas, TO; CEP: 77001-090

**Nome da Orientadora:** Adriana Malvasio

**Titulação:** Doutora em Ciências Biológicas

**Cargo:** Professora Associada

**Vínculo:** Servidora Pública

**Currículo Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/9694032726460437>

**Endereço profissional:** Quadra 109 Norte, ALCNO 14, Avenida NS 15, s/n, Coleção do Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados, UFT, Plano Diretor Norte, Palmas, TO; CEP: 77001-090

## **Introdução**

Cada vez mais, há maior consenso de que o mundo vive uma crise ambiental e que entrou numa nova era: o Antropoceno<sup>1-3</sup>. A humanidade já transgrediu alguns dos limites biofísicos seguros do planeta, como o do ciclo do nitrogênio, das mudanças climáticas e da perda da biodiversidade<sup>4-6</sup>. As taxas de extinção das espécies estão muito mais altas do que as taxas de fundo<sup>7</sup>, levando alguns autores a afirmarem que estamos vivenciando a sexta extinção em massa<sup>8-10</sup>. Contudo, apesar das outras cinco extinções em massa terem sua causa por eventos naturais ou estocásticos, a presente se dá devido às mudanças ambientais causadas pelos seres humanos<sup>8-10</sup>. As principais causas das extinções da fauna são as invasões biológicas, sobre-exploração, perda de habitat e fragmentação, e mais recentemente as mudanças climáticas<sup>11,12</sup>. Desta forma, fica cada vez mais complicado balancear as

atividades socioeconômicas com as prioridades e ações conservacionistas <sup>13</sup>. É cada vez mais necessário nas avaliações sobre a biodiversidade, incorporar as atividades socioeconômicas, de forma a mitigar os impactos negativos e aumentar a eficiência da conservação da biodiversidade <sup>14</sup>.

As mudanças climáticas causadas pelo aumento das emissões dos gases de efeito estufa estão alterando os padrões de precipitação, aumentando a média da temperatura global e aumentando as probabilidades de ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas, enchentes e ondas de calor <sup>15</sup>. Estas mudanças já afetam a fenologia, a distribuição, o comportamento, a fisiologia e até os padrões genéticos das espécies <sup>16-18</sup>. Os répteis são animais especialmente suscetíveis a essas alterações <sup>19,20</sup>, pois eles são ectotérmicos, ou seja, dependem da temperatura do ambiente para regular suas temperaturas corporais <sup>21,22</sup>. Além disso, os animais de regiões florestais tropicais também são mais suscetíveis, pois possuem tolerâncias térmicas menores a temperaturas altas <sup>20,23</sup>.

Nas previsões frente às mudanças climáticas, as perturbações em ecossistemas serão cada vez mais frequentes, como secas e queimadas <sup>15,24</sup>. A maior parte dos estudos sobre o efeito das mudanças climáticas sobre os regimes de queima indicam que haverá na maior parte do globo, um aumento da frequência de queimadas <sup>25-27</sup>. Porém, em algumas localidades, e principalmente em ambientes tropicais, as queimadas podem diminuir em frequência <sup>24,27</sup>. No entanto, tais estudos não são capazes de prever como a frequência de queimadas antrópicas irá se comportar, e dados empíricos sugerem que ela tende a aumentar devido ao aumento da população humana <sup>28,29</sup>. Tais interações entre clima e fogo impõem dificuldades ainda maiores para a gestão e planejamento de áreas protegidas com intuito de conservar a biodiversidade no futuro <sup>30,31</sup>.

O fogo é um fator preponderante em ecossistemas abertos, como savanas e pradarias de todo o mundo, porém pouco se sabe sobre o efeito do fogo sobre a fauna <sup>29,32</sup>. No geral, em répteis, os efeitos diretos (que causam mortalidade sobre os indivíduos) são suportados <sup>33,34</sup>, mas os indiretos advindos da mudança na estrutura da vegetação são os que mais afetam, positivamente ou negativamente, dependendo da espécie <sup>33,35,36</sup>. O aumento da frequência de queimadas suprime a densidade de árvores lenhosas, abrindo o dossel da vegetação e aumenta a dominância das gramíneas <sup>37-40</sup>. Porém, a época em que as queimadas acontecem é também muito importante para o comportamento do fogo e suas consequências sobre a vegetação <sup>37,41</sup>. Queimadas na época chuvosa ou no começo da seca tendem a ser menos intensas, causando menos mortalidade de lenhosas <sup>37,42</sup>. Por outro lado, queimadas no final da estação seca são

mais intensas, extensas e severas para a vegetação, pois há mais combustível disponível, menor umidade relativa do ar e ventos mais intensos <sup>37,41</sup>.

O fogo é usado por populações tradicionais, como as indígenas, para diferentes intuitos: limpar trilhas e os arredores de seus abrigos; abrir áreas para cultivo; matar ou afastar pestes e serpentes; eliminar dejetos; atrair e direcionar as presas durante a caça; estimular a rebrota de gramíneas, a floração e a frutificação de algumas plantas e; coletar mel <sup>43,44</sup>. O uso do fogo por estas populações é baseado em vários indicadores ecológicos, como nos ciclos dos rios, nas nuvens, na direção do vento, nos ciclos das plantas e dos animais <sup>44</sup>. Porém, atualmente, os regimes de queima estão sendo alterados pela ação humana, ocorrendo mais queimadas no final da estação seca, geralmente causando incêndios e efeitos catastróficos sobre os ecossistemas e populações <sup>28,44</sup>. Portanto, estudos que controlem os efeitos da frequência e da época das queimadas são muito importantes para se conhecer as consequências para as populações e ecossistemas, além de gerar informações e ações de manejo que maximizem a conservação da biodiversidade e ao mesmo tempo mitigue a emissão de gases do efeito estufa, visto que as queimadas são uma das maiores causas de emissões no Brasil <sup>45,46</sup>.

O Cerrado é um bioma savânico, e por causa de sua heterogeneidade ambiental abriga uma das floras e faunas mais biodiversas do mundo <sup>47-49</sup>. Além disso, este bioma possui altos índices de endemismo e sofre uma alta pressão antrópica, principalmente do setor agropecuário, o que o torna uma região prioritária para a conservação mundial, um *hotspot* <sup>50-53</sup>. Os efeitos do fogo sobre a fauna no Cerrado ainda são escassos, apesar de ser um fator preponderante no bioma <sup>54-56</sup>. Os répteis são ótimos modelos para estudos sobre efeitos de mudanças ambientais, como clima, perturbações e ações antrópicas <sup>57</sup>. A maioria das espécies são sensíveis a essas alterações, pois possuem necessidades específicas (como habitat, micro-habitat e dieta) e são ectotérmicas <sup>57</sup>. Em geral, as taxocenoses de lagartos são beneficiadas pelo fogo, pois gera maior abertura da vegetação e condições microclimáticas para a termorregulação destes animais <sup>58-63</sup>. No entanto, existem várias espécies de répteis e de outros táxons que são afetadas negativamente pelas queimadas, principalmente aquelas mais intensas <sup>64-66</sup>. Além do mais, na maior parte, o conhecimento das consequências do fogo para a fauna do Cerrado ainda é muito local, sendo difícil propor ações mitigatórias e de manejo para a conservação da biodiversidade do bioma <sup>45,56</sup>. Para isso, são necessários estudos a longo prazo (longitudinais), de diferentes regimes de queima (frequência e época das queimadas) e em diferentes localidades (escalas maiores) <sup>45,46</sup>. Além disso, estudos que

consigam prever os efeitos das mudanças climáticas e do fogo sobre a fauna com base nos mecanismos e processos sobre a fisiologia, comportamento e morfologia, os quais traduzem os componentes da adaptabilidade (*fitness*) dos indivíduos, como sobrevivência, crescimento, reprodução e dispersão, geram resultados mais robustos e práticos para a conservação<sup>45,67</sup>. Por isso, estudos sobre a fisiologia e a ecologia das populações têm papel importante para o avanço da conservação da biodiversidade, podendo-se estudar efeitos aditivos e interativos das mudanças climáticas e de diferentes regimes de queima.

## **Justificativa**

As mudanças ambientais geradas pelas ações humanas estão cada vez mais afetando as populações e os ecossistemas de todo o mundo. As mudanças climáticas e as queimadas são fatores importantes para a biodiversidade, principalmente dos ecossistemas savânicos, como o Cerrado. Pouco se sabe sobre os efeitos destes fatores e suas consequências para a fauna, principalmente do Cerrado, o qual é um ecossistema prioritário para a conservação. Além do mais, o Brasil assinou compromissos internacionais sobre a diversidade biológica e mudanças climáticas, mas ainda faltam indicadores e propostas efetivas para o cumprimento desses. Também faltam indicadores de regimes de queima que sejam efetivamente benéficos para a biodiversidade e minimizem os custos associados a incêndios não controlados. Além do mais a interação entre mudanças climáticas com os regimes de queima podem gerar resultados não-esperados para a conservação da biodiversidade, sendo necessários estudos que elucidem essa questão para que haja melhor planejamento futuro para as mudanças que poderão ocorrer.

## **Objetivos**

O objetivo geral do presente projeto é estudar os efeitos sinérgicos das mudanças climáticas e dos regimes de queima no Cerrado e seus efeitos em larga escala sobre a fauna de lagartos. A seguir, são propostos os seguintes **objetivos específicos**:

1. Determinar quais características funcionais (filogenia, história de vida, ecofisiologia) de lagartos aumentam ou diminuem a resiliência das espécies aos diferentes regimes de queima, de forma a ser possível prever as respostas demográficas de outros táxons a esses distúrbios;

2. Predizer como as mudanças climáticas, os regimes de queima e a interação entre elas afetarão as espécies de lagartos do Cerrado;
3. Indicar manejos de regimes de queima que otimizem a conservação da biodiversidade de lagartos, principalmente dentro de Unidades de Conservação e outras Áreas Protegidas.

## **Metodologia**

Para alcançar o primeiro objetivo específico, as respostas demográficas de lagartos aos diferentes regimes de queima no Cerrado serão estudadas. Os padrões de respostas aos diferentes regimes de queima tentarão ser previstos com base nas características funcionais das espécies, assim como características da história de vida (sobrevivência, época de maturação, crescimento e reprodução), ecofisiológicas e filogenéticas. Atualmente, já são conduzidos monitoramentos da fauna de lagartos em parcelas com diferentes regimes e históricos de queima (época e frequência) em Brasília, na Reserva Ecológica do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e em Palmas, no Parque Estadual do Lajeado. Nestes locais, o monitoramento é mensal, e ocorre por meio de armadilhas de interceptação e queda. Cada armadilha destas, consiste em quatro baldes enterrados no chão até a boca, em uma conformação de “Y”, interligados por meio de cercas-guia de chapas galvanizadas. Em Palmas estão instaladas 25 armadilhas e em Brasília 50. Os animais capturados são marcados permanentemente, tem suas biometrias registradas (comprimento rostro-cloacal, comprimento da cauda e massa) e são soltos no mesmo local. Estão sendo previstas ainda coletas da fauna de lagartos na Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins para aumentar a amostragem e as réplicas dos diferentes regimes de queima, já que ocorrem queimadas prescritas e estudos sobre regimes de queima nesta área protegida. A inclusão desta área é fundamental para consolidar os resultados e aumentar o poder de aferição acerca dos efeitos de queimadas e climáticos. Serão instaladas 50 armadilhas de interceptação e queda e as amostragens serão realizadas semestralmente (um na época seca e outro na época chuvosa) durante 15 dias contínuos ao longo de dois anos, totalizando quatro amostragens. O manuseio e medição dos indivíduos será realizada da mesma forma que nas outras localidades.

Serão coletados parâmetros ecofisiológicos em laboratório para 20 indivíduos de cada espécie de cada localidade estudada e incluem: temperaturas preferenciais, temperaturas críticas mínimas e máximas, curvas de performance locomotora e taxas evaporativas de água.

Em campo, já estão sendo registradas variáveis microclimáticas (temperatura e umidade do ar) por meio de *dataloggers*, assim como as temperaturas operativas (temperatura esperada de um indivíduo) em diferentes habitats e microhabitats por meio de medidores de temperatura inseridos em modelos de PVC. As temperaturas operativas também serão medidas em áreas com diferentes regimes de queima. As microestações registram periodicamente, de 10 em 10 minutos, os valores de temperatura e umidade do ar. Os parâmetros demográficos serão estimados por meio de modelos *Pradel*, no pacote Rmark, que estimam as taxas de sobrevivência, captura e recrutamento das populações<sup>68,69</sup>. Eles serão relacionados com diferentes variáveis climáticas, com os diferentes regimes de queima e com as temperaturas operativas. Aspectos referentes à história de vida serão incorporados em Modelos de Projeção Integrais (*Integral Projection Models* - IPMs)<sup>70-73</sup> e as características (ecofisiologia, história de vida e filogenia) mais importantes para a resiliência aos diferentes regimes de queima serão selecionadas.

Para o segundo objetivo específico, os modelos demográficos que relacionam com variáveis climáticas, temperaturas operativas e diferentes regimes de queima serão extrapolados para o futuro com as previsões de mudanças climáticas e diferentes cenários de regimes de queima, gerando previsões das distribuições geográficas das espécies por meio de modelagens mecanicistas e correlativas<sup>67,74,75</sup>. Com a distribuição esperada atual e futura, é possível estimar o risco de extinção das espécies pela diferença entre tais extrapolações. Serão levantados os registros de ocorrência (presença e abundância) das espécies de lagartos para o bioma Cerrado em diferentes bases de dados (*Global Biodiversity Information Facility* - GBIF, *Species Link*, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, *World Wide Fund for Nature* - WWF, *International Union for Conservation of Nature* - IUCN) e em periódicos científicos. Dados fisiológicos ideais que são relevantes para o risco de extinção incluem curvas de desempenho térmico<sup>21</sup>, temperaturas ótimas ( $T_{opt}$ ) e limites térmicos críticos ( $CT_{max}$ ,  $CT_{min}$ ) de jovens e adultos. Embora os dados para  $T_{opt}$  sejam limitados, mesmo para os lagartos, temperaturas corporais<sup>76</sup> ( $T_b$ ) são disponíveis para um grande número de espécies<sup>20</sup>.  $T_b$ s obtidas no campo se correlacionam com  $T_{opt}$  sob esforço<sup>22</sup>. No entanto,  $T_b$ s de campo não estimam o quão próximo de seus limites voluntários superiores os lagartos estão<sup>22</sup>, o que influencia o risco de extinção<sup>20,77</sup>. A  $T_b$  é limitada por fatores bióticos (cobertura vegetal) e abióticos (altitude, clima)<sup>23,78</sup>. Assim serão relacionados a  $T_b$  a temperaturas ambientais operativas<sup>78</sup>,  $T_e$ , para avaliar constrangimentos abióticos (para computar o efeito do hábitat e do clima sobre a  $T_b$ ), enquanto a  $T_p$ , temperatura preferida em

gradiente no laboratório <sup>22</sup>, avalia a termorregulação não limitados pela  $T_e$ . Assim, serão medidas a  $T_b$ ,  $T_p$  e  $T_e$ . Para prever as futuras respostas populacionais, serão incorporados nos modelos demográficos os parâmetros ecofisiológicos e de história de vida. Estes modelos demográficos serão extrapolados para o futuro por meio das previsões de modelos climáticos globais e de diferentes cenários de regimes de queima (supressão total de queimadas, menor frequência de queimadas menos severas e maior frequência de queimadas mais severas, e o inverso) criando modelos de distribuição mecanicistas e correlativas das espécies. Por fim, com base nos resultados obtidos, serão sugeridos manejos de queimadas de forma que otimize a conservação da biodiversidade de lagartos no Cerrado, principalmente nas Unidades de Conservação. Os modelos de distribuição futuros de diferentes cenários poderão gerar índices de riqueza, diversidade alfa, beta, funcional e filogenética, possibilitando comparações e otimizações de conservação. Estas indicações e sugestões poderão ser usadas em tomadas de decisões em políticas públicas e programas ambientais.

### *Experimentos ecofisiológicos*

Serão mensuradas temperaturas críticas mínimas e máximas, performance locomotora em três temperaturas diferentes e temperaturas preferenciais em um gradiente artificial de temperatura e taxa evaporativa de água.

Temperaturas críticas: as temperaturas críticas serão medidas com o resfriamento (mínimo) ou aquecimento (máximo) dos indivíduos até que eles não consigam retornar de uma posição com o ventre para cima.

Temperatura preferencial: os animais serão acondicionados em baias de MDF de 100x15x30 cm (CxLxA) onde este possui um gradiente de temperatura, propiciados por uma fonte de calor (lâmpada) em um extremo e uma fonte de frio (gelo em gel) no outro extremo, o que propicia uma variação de 20° a 40°C. O lagarto ficará conectado a um sensor de temperatura e permanece no gradiente por duas horas, desta forma o animal escolherá a temperatura preferencial.

Performance de velocidade: o lagarto terá sua temperatura corporal medida e o mesmo será colocado em uma pista de corrida de dois metros de comprimento sendo estimulado a correr. Esta corrida será filmada e a análise do vídeo em software específico permitirá calcular a velocidade máxima alcançada. Este procedimento será repetido duas vezes (com intervalos de

meia hora) com o animal tendo sua temperatura corporal diminuída e aumentada em 5°C em relação a registrada primeiramente.

Taxa evaporativa de água: O indivíduo será condicionado em um recipiente sem água disponível e com uma pedra de sílica que deixa a umidade relativa do ar em aproximadamente de 20-30%. O recipiente com o indivíduo será pesado em uma balança de precisão no começo do experimento, depois de uma hora e depois de duas horas de experimento.

Todos os procedimentos obedecem às normas éticas e legais de captura e manuseio dos indivíduos conforme Licenças concedidas pelo Comitê de Ética em Uso Animal da UFT sob o protocolo n. 231001.003677/2017-13, pela licença SISBIO Nº 58212-1, concedida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e pela Licença Nº 2627/2017 concedida pelo Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS). A Licença para amostragem na Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins e outras que se mostrarem necessárias serão solicitadas.

### **Atividades previstas**

- Monitoramento mensal contínuo das populações de lagartos no Parque Estadual do Lajeado (Palmas – TO) e na Reserva Ecológica do IBGE (Brasília – DF);
- Instalação de armadilhas de interceptação e queda na Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins;
- Monitoramento semestral das populações de lagartos na Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins;
- Coleta de dados microclimáticos mensalmente;
- Coleta das temperaturas operativas mensalmente;
- Coleta de dados ecofisiológicos;
- Coleta de dados climáticos provenientes do INPE;
- Análises estatísticas dos dados;
- Elaboração de publicações em revistas científicas.

### **Infraestrutura física e tecnológica**

**Universidade Federal do Tocantins (Executora/Sede)**



O Laboratório de Ecologia e Zoologia/LABECZ, está localizado no prédio do Laboratório Multiusuário em Ciências do Ambiente/LABCIMB/UFT (concedido em projeto enviado à FINEP), Campus de Palmas e conta com 4 salas de apoio. Uma delas é a sala de cultura, destinada para experimentos com ciclos de vida animal, incluindo alguns recintos e aquário. Em outra sala localizam-se equipamentos como freezer, geladeira, capela, estufa, destilador, microscópios, estereomicroscópios, balanças digitais, vidrarias e é onde armazenase o material de campo. Os outros espaços estão mais voltados para ambientes de estudo e reuniões, contando com computadores e mobília para estudo. Como material de campo, a UFT possui aparelhos GPS, pesolas, paquímetro, termômetro cloacal e câmara digital. A UFT, através do Laboratório de Ecologia e Zoologia/LABECZ, tem parceria com o Parque Estadual do Lajeado – PEL, que é gerenciado pelo órgão ambiental estadual, Instituto Natureza do Tocantins/NATURATINS. O parque é distante por apenas 25 km do campus de Palmas da UFT, possui uma área de 9.930,92 hectares representativa do bioma cerrado, contendo áreas florestais, campestres e savânicas e está localizado na porção central do estado do Tocantins, sendo que este está localizado inteiramente dentro da Área de Proteção Ambiental do Lajeado – APA LAJEADO. Neste local, foram instaladas 25 armadilhas de interceptação-e-queda ao longo de uma transeção de 750 m, representando um gradiente de mata semidecídua para cerrado sensu stricto, para amostragem da herpetofauna. No Parque, existe uma sede onde fica a administração, uma cozinha e um auditório que serve de apoio para alunos, pesquisadores e servidores do NATURATINS.

### **Universidade de Brasília (Colaboradora)**

A Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (CHUNB) é atualmente uma das mais importantes coleções da herpetofauna do Cerrado no mundo, sendo visitada por dezenas de pesquisadores e estudantes do Brasil e do mundo anualmente. Além disso, realiza intensas atividades de empréstimo e permuta de espécimes para o Brasil e exterior. A CHUNB ocupa uma área de aproximadamente 100 m<sup>2</sup>, dividida em um escritório e a coleção propriamente dita. O escritório abriga uma biblioteca bastante representativa de livros, periódicos e separatas na área de Herpetologia, bem como diversos equipamentos, incluindo estereomicroscópios, diversos computadores, duas workstations Dell T7910, scanners e impressoras. Todos os computadores estão conectados à Internet através de rede de alta velocidade. A coleção abriga mais de 70.000 exemplares de anfíbios e répteis de todo o mundo, mas com principal representação daqueles provenientes do Cerrado brasileiro. Os espécimes são todos etiquetados e devidamente catalogados em banco de dados. A CHUNB

conta com um funcionário, que desempenha as funções de Gerente, e um Curador. Ela possui um intenso programa de intercâmbio com outras coleções do Brasil e do exterior. A CHUNB conta com diversos equipamentos para os trabalhos de campo, como rádios, gerador, perfuradores de solo, GPS de precisão, câmera digital e lentes para fotografia, gravadores, impressoras de etiquetas e estação meteorológica portátil. A CHUNB também conta com uma parceria com a Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), tendo instalado 50 armadilhas de interceptação e queda em cinco parcelas com diferentes regimes de queima, com monitoramento da herpetofauna contínua desde novembro de 2005.

### Cronograma de Execução

O presente projeto propõe coletas de dados em campo, os quais já estão ocorrendo no Parque Estadual do Lajeado, Tocantins e em Brasília, Distrito Federal, em parceria com o laboratório de herpetologia da Universidade de Brasília, coordenado pelo Prof. Dr. Guarino R. Colli (atividade 1 do Quadro 1). Ainda são esperadas outras coletas em outras localidades para aumentar a replicação dos regimes de queima (atividades 2 e 3 do Quadro 1). A cada finalização dos trabalhos, será trabalhado para que estes sejam publicados em revistas com significativo fator de impacto. A defesa da tese será realizada no final dos quatro anos, já que o proponente ingressou no Programa de Pós-Graduação no primeiro semestre de 2019.

**Quadro 1.** Cronograma semestral para as atividades propostas no Projeto.

Atividades	Semestres					
	1/2020	2/2020	1/2021	2/2021	1/2022	2/2022
1. Monitoramento mensal contínuo das populações de lagartos no Parque Estadual do Lajeado (Palmas – TO) e na Reserva Ecológica do IBGE (Brasília – DF)	X	X	X	X	X	
2. Instalação de armadilhas de interceptação e queda na Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins	X					
3. Monitoramento semestral das populações de lagartos na Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins	X	X	X	X		

4. Coleta de dados microclimáticos	X	X	X	X	X	
5. Coleta de temperaturas operativas	X	X	X	X	X	
5. Coleta de parâmetros ecofisiológicos	X	X				
6. Coleta de dados climáticos					X	
7. Análises estatísticas dos dados				X	X	X
8. Elaboração de publicações em revistas científicas					X	X
9. Defesa da tese						X

## Orçamento

O orçamento abaixo prevê os gastos para confecção e instalação de 50 armadilhas de interceptação e queda para monitoramento das populações na Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins em diferentes regimes de queima. Estão previstas quatro amostragens de quinze dias consecutivos, que serão realizadas por cinco pessoas. Além disso, estão também orçados materiais para confecção de gradiente térmico e compra de um Registrador de Temperatura Portátil de Seis Canais para medição de temperatura preferencial dos indivíduos das diferentes espécies das diferentes localidades. A câmera digital e o tripé serão usados para filmar os indivíduos nos testes de performance locomotora. A aquisição dos equipamentos é importante para manter a padronização e melhor aproveitamento de coleta de dados ecofisiológicos já adquiridos em outras localidades, incluindo de Brasília-DF, podendo ser possível realizar comparações entre as localidades e maior replicação dos dados.

**Quadro 2.** Planilha de orçamento com estimativa dos gastos previstos para execução do Projeto de Pesquisa.

<b>Categoria de despesa</b>	<b>Descrição dos itens</b>	<b>Material será cedido para Instituição (Sim ou Não)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Uso e consumo	Estacas de madeira para armadilhas de interceptação e queda	Sim	450	unidade	4,00	<b>1.800,00</b>

<b>Categoria de despesa</b>	<b>Descrição dos itens</b>	<b>Material será cedido para Instituição (Sim ou Não)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Uso e consumo	Lona de plástico Mpreta para armadilhas de interceptação e queda (1 X 6m)	Sim	200	metro	6,00	<b>1.200,00</b>
	Baldes de 35L para armadilhas de interceptação e queda	Sim	200	unidade	15,00	<b>3.000,00</b>
	Grampos	Sim	5	saco	10,00	<b>50,00</b>
	Canetas	Sim	5	unidade	10,00	<b>50,00</b>
	Fitas	Sim	5	unidade	20,00	<b>100,00</b>
	Combustível	-	500	litro	4,00	<b>2.000,00</b>
Serviço de Terceiros Pessoa Física	Mateiros (para abrir trilhas e instalação de armadilhas)	-	15	homens-dias	80,00	<b>1.200,00</b>
Viagens	Aluguel de caminhonete	-	2	diária-mensal	4000,00	<b>8.000,00</b>
	Alimentação	-	300	diária	40,00	<b>12.000,00</b>

<b>Categoria de despesa</b>	<b>Descrição dos itens</b>	<b>Material será cedido para Instituição (Sim ou Não)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Equipamentos	Registrador de Temperatura Portátil de Seis Canais	Sim	1	unidade	3800,00	<b>3.800,00</b>
	MDF para gradiente térmico	Sim	2	m <sup>2</sup>	100,00	<b>200,00</b>
	Gelo artificial para gradiente térmico	Sim	6	unidade	15,00	<b>90,00</b>
	Lâmpadas incandescentes para gradiente térmico	Sim	6	unidade	20,00	<b>120,00</b>
	Parafusos e porcas para gradiente térmico	Sim	50	unidade	1,00	<b>50,00</b>
	Câmera DSLR digital + Tripé	Sim	1	unidade	1800,00	<b>1.800,00</b>
	Marretas, chibancas, enchadas, enchadões, cavadeiras e facões	Sim	15	unidade	70,00	<b>1.050,00</b>
	Grampeadores	Sim	3	unidade	50,00	<b>150,00</b>
	Material Bibliográfico	Sim	2	unidade	100,00	<b>200,00</b>
<b>TOTAL</b>						<b>36.860,00</b>

### **Resultados esperados e Impacto do Projeto**

O presente projeto contribuirá para o conhecimento acerca das consequências das mudanças climáticas e de queimadas (perturbações) sobre a lacertofauna do Cerrado. Os resultados trarão informações acerca das necessidades, tolerâncias e riscos de extinção das espécies da biota frente a esses fatores e ajudarão na proposta e na elaboração de ações mitigatórias e de

manejo mais adequado do fogo para a conservação da biodiversidade. Além disso, espera-se: fortalecimento do Programa de Pesquisa e de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente da UFT; formação de recursos humanos especializados em diferentes níveis; publicações técnicas, científicas e didáticas; incentivar estudos ecológicos de longa duração em âmbito local, regional e nacional de diversos táxons; divulgação de conhecimento sobre a herpetofauna do Cerrado para diversos setores da sociedade.

### Referências Bibliográficas

1. Lewis, S. L. & Maslin, M. A. Defining the Anthropocene. *Nature* **519**, 171–180 (2015).
2. Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P. & McNeill, J. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philos. Trans. A. Math. Phys. Eng. Sci.* **369**, 842–67 (2011).
3. Zalasiewicz, J., Williams, M., Haywood, A. & Ellis, M. The Anthropocene: a new epoch of geological time? *Philos. Trans. A. Math. Phys. Eng. Sci.* **369**, 835–41 (2011).
4. Rockström, J. *et al.* A safe operating space for humanity. *Nature* **461**, 472–475 (2009).
5. Johan, R., W.L., S., Kevin, N., Persson, Å. & F.Stuart, C. I. Planetary Boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecol. Soc.* **14**, 81–87 (2009).
6. Running, S. W. A Measurable Planetary Boundary for the Biosphere. *Science (80-. )*. **337**, 1458–1459 (2012).
7. Cardinale, B. J., Gonzalez, A., Allington, G. R. H. & Loreau, M. Is local biodiversity declining or not? A summary of the debate over analysis of species richness time trends. *Biol. Conserv.* **219**, 175–183 (2018).
8. Ceballos, G., Ehrlich, P. R. & Dirzo, R. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 201704949 (2017). doi:10.1073/pnas.1704949114
9. Ceballos, G. *et al.* Accelerated modern human – induced species losses: entering the sixth mass extinction. *Sci. Adv.* **1**, 1–5 (2015).
10. Dirzo, R. *et al.* Defaunation in the Anthropocene. *Science (80-. )*. **345**, 401–406 (2014).
11. Young, H. S., McCauley, D. J., Galetti, M. & Dirzo, R. Patterns, Causes, and Consequences of Anthropocene Defaunation. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **47**, annurev-ecolsys-112414-054142 (2016).
12. Ducatez, S. & Shine, R. Drivers of extinction risk in terrestrial vertebrates. *Conserv. Lett.* n/a-n/a (2016). doi:10.1111/conl.12258
13. Alagador, D. & Cerdeira, J. O. A quatitative analysis on the effects of critical factors limiting the effectiveness of species conservation in future-time. *Ecol. Evol.* 0–22 (2017). doi:10.13140/RG.2.1.3702.8566

14. Tilman, D. *et al.* Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature* **546**, 73–81 (2017).
15. IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (Cambridge University Press, 2014).
16. Walther, G. *et al.* Ecological responses to recent climate change. *Nature* **416**, 389–395 (2002).
17. Parmesan, C. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **37**, 637–669 (2006).
18. Parmesan, C. & Yohe, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* **421**, 37–42 (2003).
19. Paaijmans, K. P. *et al.* Temperature variation makes ectotherms more sensitive to climate change. *Glob. Chang. Biol.* **19**, 2373–2380 (2013).
20. Sinervo, B. *et al.* Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science* **328**, 894–9 (2010).
21. Huey, R. B. & Stevenson, R. D. Integrating thermal physiology and ecology of ectotherms: a discussion of approaches. *Am. Zool.* **19**, 357–366 (1979).
22. Huey, R. B. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. in *Biology of the Reptilia* 25–91 (1982). doi:10.1016/j.dsr.2014.07.003
23. Huey, R. B. *et al.* Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. *Proc. Biol. Sci.* **276**, 1939–48 (2009).
24. Dale, V. H., Joyce, L. A., McNulty, S. & Neilson, R. P. The interplay between climate change, forests, and disturbances. *Sci. Total Environ.* **262**, 201–204 (2000).
25. Flannigan, M. D., Krawchuk, M. A., De Groot, W. J., Wotton, B. M. & Gowman, L. M. Implications of changing climate for global wildland fire. *Int. J. Wildl. Fire* **18**, 483–507 (2009).
26. Flannigan, M. ., Stocks, B. . & Wotton, B. . Climate change and forest fires. *Sci. Total Environ.* **262**, 221–229 (2000).
27. Moritz, M. A. *et al.* Climate change and disruptions to global fire activity. *Ecosphere* **3**, art49 (2012).
28. Bowman, D. M. J. S. *et al.* The human dimension of fire regimes on Earth. *J. Biogeogr.* **38**, 2223–2236 (2011).
29. Bowman, D. M. J. S. *et al.* Fire in the Earth System. *Science* **324**, 481–484 (2009).
30. Stephens, S. L. *et al.* Managing forests and fire in changing climates. *Science* (80-. ). **342**, 41–42 (2013).
31. Schmidt, I. B. *et al.* Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. *J. Appl. Ecol.* **55**, 2094–2101 (2018).
32. Bond, W. J. & Keeley, J. E. Fire as a global ‘herbivore’: The ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* **20**, 387–394 (2005).

33. Russell, K. R., Lear, D. H. Van & Guynn Jr., D. C. Fire effects on herpetofauna: review and management implications. *Wildl. Soc. Bull.* **27**, 374–384 (1999).
34. Costa, B. M., Pantoja, D. L., Vianna, M. C. M. & Colli, G. R. Direct and Short-Term Effects of Fire on Lizard Assemblages from a Neotropical Savanna Hotspot. *J. Herpetol.* **47**, 502–510 (2013).
35. Smith, A. L., Michael Bull, C. & Driscoll, D. a. Successional specialization in a reptile community cautions against widespread planned burning and complete fire suppression. *J. Appl. Ecol.* n/a-n/a (2013). doi:10.1111/1365-2664.12119
36. Swan, M., Christie, F., Sitters, H., York, A. & Di Stefano, J. Predicting faunal fire responses in heterogeneous landscapes: The role of habitat structure. *Ecol. Appl.* **25**, 2293–2305 (2015).
37. Mistry, J. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. *Prog. Phys. Geogr.* **22**, 425–448 (1998).
38. Hoffmann, W. A. *et al.* Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: How plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. *Ecol. Lett.* **15**, 759–768 (2012).
39. De L. Dantas, V., Batalha, M. A. & Pausas, J. G. Fire drives functional thresholds on the savanna-forest transition. *Ecology* **94**, 2454–2463 (2013).
40. Oliveras, I. & Malhi, Y. Many shades of green: the dynamic tropical forest–savannah transition zones. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **371**, 20150308 (2016).
41. Miranda, H. S. *Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: Resultados do Projeto Fogo.* (IBAMA, 2010).
42. Miranda, H. S., Bustamante, M. M. C. & Miranda, A. C. The Fire Factor. in *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna* (eds. Oliveira, P. S. & Marquis, R. J.) 51–68 (Columbia University Press, 2002).
43. Mistry, J. *et al.* Indigenous fire management in the cerrado of Brazil: The case of the Krahô of Tocantins. *Hum. Ecol.* **33**, 365–386 (2005).
44. Pivello, V. R. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: Past and present. *Fire Ecol.* **7**, 24–39 (2011).
45. Driscoll, D. a. *et al.* Fire management for biodiversity conservation: Key research questions and our capacity to answer them. *Biol. Conserv.* **143**, 1928–1939 (2010).
46. Gomes, L., Miranda, H. S. & Bustamante, M. M. da C. How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome? *For. Ecol. Manage.* **417**, 281–290 (2018).
47. Oliveira, P. S. & Marquis, R. J. *The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna.* Columbia University Press (Columbia University Press, 2002).
48. Eiten, G. The Cerrado Vegetation of Brazil. *Bot. Rev.* **38**, 201–341 (1972).
49. Furley, P. A. The Nature and Diversity of Neotropical Savanna Vegetation with Particular Reference to the Brazilian cerrados. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **8**, 223–241 (1999).



50. Mittermeier, R. a, Myers, N., Thomsen, J. B., da Fonseca, G. a. B. & Olivieri, S. Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities. *Conserv. Biol.* **12**, 516–520 (1998).
51. Myers, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858 (2000).
52. Marris, E. Conservation in Brazil: the forgotten ecosystem. *Nature* **437**, 944–945 (2005).
53. Klink, C. A. & Machado, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv. Biol.* **19**, 707–713 (2005).
54. Sousa, H. C. de *et al.* Fire regimes and the demography of the lizard *Micrablepharus atticolus* (Squamata, Gymnophthalmidae) in a biodiversity hotspot. *South Am. J. Herpetol.* **10**, 143–156 (2015).
55. Frizzo, T. L. M., Bonizário, C., Borges, M. P. & Vasconcelos, H. L. Revisão Dos Efeitos Do Fogo Sobre a Fauna De Formações Savânicas Do Brasil. *Oecologia Aust.* **15**, 365–379 (2011).
56. Clarke, M. F. Catering for the needs of fauna in fire management: science or just wishful thinking? *Wildl. Res.* **35**, 385 (2008).
57. Vitt, L. J. & Caldwell, J. P. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. (Academic Press, 2014).
58. Andersen, A. N. *et al.* Fire frequency and biodiversity conservation in Australian tropical savannas: implications from the Kapalga fire experiment. *Austral Ecol.* **30**, 155–167 (2005).
59. Sandhill, F. *et al.* Fire and the Florida sandhill herpetofaunal community: with special attention to responses of *Cnemidophorus sexlineatus*. *Herpetologica* **41**, 333–342 (1985).
60. Langford, G. J., Borden, J. A., Major, C. S. & Nelson, D. H. Effects of prescribed fire on the herpetofauna of a southern Mississippi pine savanna. *Herpetol. Conserv. Biol.* **2**, 135–143 (2007).
61. Pianka, E. R. & Goodyear, S. E. Lizard responses to wildfire in arid interior Australia: Long-term experimental data and commonalities with other studies. *Austral Ecol.* **37**, 1–11 (2012).
62. Valentine, L. E. & Schwarzkopf, L. I. N. Effects of weed-management burning on reptile assemblages in Australian tropical savannas. *Conserv. Biol.* **23**, 103–113 (2009).
63. Nicholson, E., Lill, A. & Andersen, A. Do tropical savanna skink assemblages show a short-term response to low-intensity fire ? *Wildl. Res.* **33**, 331–338 (2006).
64. Driscoll, D. A. & Henderson, M. K. How many common reptile species are fire specialists? A replicated natural experiment highlights the predictive weakness of a fire succession model. *Biol. Conserv.* **141**, 460–471 (2008).
65. Lindenmayer, D. B. *et al.* How predictable are reptile responses to wildfire ? *Oikos* **117**, 1086–1097 (2008).
66. Pelegrin, N. & Bucher, E. H. H. Long-term effects of a wildfire on a lizard assemblage

- in the Arid Chaco forest. *J. Arid Environ.* **74**, 368–372 (2010).
67. Kearney, M. R. & Porter, W. P. Mechanistic niche modelling: Combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecol. Lett.* **12**, 334–350 (2009).
  68. Cooch, E. & White, G. C. *Program MARK - A Gentle Introduction*. (2015).
  69. Laake, J. L. AFSC PROCESSED REPORT 2013-01 RMark : An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK. (2013).
  70. Coulson, T. Integral projections models, their construction and use in posing hypotheses in ecology. *Oikos* **121**, 1337–1350 (2012).
  71. Metcalf, C. J. E., McMahon, S. M., Salguero-Gómez, R. & Jongejans, E. IPMpack: An R package for integral projection models. *Methods Ecol. Evol.* **4**, 195–200 (2013).
  72. Merow, C. *et al.* Advancing population ecology with integral projection models: A practical guide. *Methods Ecol. Evol.* **5**, 99–110 (2014).
  73. Rees, M., Childs, D. Z. & Ellner, S. P. Building integral projection models: A user's guide. *J. Anim. Ecol.* **83**, 528–545 (2014).
  74. Evans, T. G., Diamond, S. E. & Kelly, M. W. Mechanistic species distribution modelling as a link between physiology and conservation. *Conserv. Physiol.* **3**, 1–22 (2015).
  75. Pacifici, M. *et al.* Assessing species vulnerability to climate change. *Nat. Clim. Chang.* **5**, 215–225 (2015).
  76. Sinclair, B. J. *et al.* Can we predict ectotherm responses to climate change using thermal performance curves and body temperatures ? *Ecol. Lett.* (2016). doi:10.1111/ele.12686
  77. Sinervo, B., Miles, D. B., Martinez-Mendez, N., Lara-Resendiz, R. & Mendez-De la Cruz, F. R. Response to Comment on 'Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches'. *Science (80-. )*. **332**, 537–537 (2011).
  78. Dzialowski, E. M. Use of operative temperature and standard operative temperature models in thermal biology. *J. Therm. Biol.* **30**, 317–334 (2005).