

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**ERITROPLASTÍDEOS EM *Antilophia galeata* (PASSERIFORMES:  
PIPRIDAE) EM FRAGMENTOS FLORESTAIS DE CERRADO  
MINEIRO**

Caroliny Ferreira de Souza Oliveira

Uberlândia – MG  
Junho - 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**ERITROPLASTÍDEOS EM *Antilophia galeata* (PASSERIFORMES:  
PIPRIDAE) EM FRAGMENTOS FLORESTAIS DE CERRADO  
MINEIRO**

Caroliny Ferreira de Souza Oliveira

Monografia apresentada à Coordenação do  
Curso de Ciências Biológicas, da Universidade  
Federal de Uberlândia, para a obtenção do  
grau de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Celine de Melo  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Vanessa Fonseca  
Gonçalves

Uberlândia – MG  
Junho – 2019

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, por ter me guiado em toda minha trajetória e ser meu alicerce.

Aos meus pais, por me agradecerem com a vida, me ensinarem o valor transformador da educação e por todo o suporte nesse processo.

Ao meu esposo, Pedro, pelo carinho, confiança e por sempre acreditar no meu potencial.

Não conseguiria chegar aqui sem você!

Às minhas três irmãs, duas de sangue e uma de coração, por sempre estarem comigo e me animarem quando queria desistir. Em especial, à Thaty, minha irmã e melhor amiga, ao infinito e além!

À minha orientadora, Celine, e coorientadora, Vanessa, pelo apoio, por serem sempre gentis e, com grande destreza, me guiarem nesse trabalho. Se eu cheguei mais longe, foi porque estive sobre os ombros de duas gigantes!

Ao corpo docente do curso, por doarem parte de seu tempo para nos ensinar.

Ao grupo PET/Biologia, todos os petianos e ex-petianos. Vocês fazem parte de todo meu crescimento! E ao professor tutor do PET, Douglas Riff, por estar disposto a nos ensinar e auxiliar sempre que necessário.

Aos amigos e colegas que conheci ao longo da graduação, vocês fizeram essa caminhada mais leve. Especialmente à Camilla Marra e Daniela Oliveira, por toda a amizade e carinho.

E por último, à professora Dra. Juliana Oliveira e ao Ms. Paulo Vitor Alves, por terem aceitado o convite para compor a banca e pelas contribuições de grande valia e amadurecimento para esse trabalho.

## RESUMO

As atividades humanas têm influenciado os fatores bióticos e abióticos do ecossistema, causando poluição do ar, degradação de ecossistemas e contaminação da água. A emissão de poluentes do ar, principalmente pelo intenso tráfego de veículos e pelas indústrias, geram alterações na morfologia, fisiologia e comportamento de vários animais. As aves respondem a essas alterações ambientais e apresentam informações quantitativas dos aspectos qualitativos do ambiente, sendo utilizadas como biomonitoras. Uma das ferramentas de biomonitoramento é a análise de anomalias nucleares eritrocitárias, dentre as quais destaca-se a contagem de eritrócitos anucleados, denominados eritroplastídeos, e vários estudos relacionam sua presença com a poluição do ar. Assim, os objetivos desse estudo foram quantificar a presença de eritroplastídeos em *Antilophia galeata*, relacionar a presença dessas células com a distância das áreas estudadas do ambiente urbano e verificar se a presença de eritroplastídeos tem relação com a condição corporal e com a sazonalidade. Foram realizadas campanhas de captura entre junho de 2013 e outubro de 2018 em cinco áreas de Cerrado no Triângulo Mineiro; foram confeccionadas extensões sanguíneas e aferidas medidas para calcular a condição corporal das aves. A análise de eritroplastídeos foi feita ao microscópio óptico e foram contados 10 mil eritrócitos por indivíduo analisado. Houve uma diferença na quantidade de eritroplastídeos entre as áreas: dentro do ambiente urbano e com intenso fluxo de veículos em sua proximidade *versus* áreas afastadas do ambiente urbano e com alto grau de preservação. Não foi encontrada relação entre a presença de eritroplastídeos e condição corporal, e entre as estações (seca e chuvosa). A quantificação de eritroplastídeos em *A. galeata* mostrou-se, portanto, uma ferramenta que pode ser utilizada no biomonitoramento da qualidade do ar.

Palavras-chave: biomonitoramento, anomalias nucleares eritrocitárias, aves, poluição do ar.

## ABSTRACT

Human activities have been influenced the biotic and abiotic factors of the ecosystem, causing air pollution, degradation of ecosystems and water contamination. The emission of pollutants from the air, mainly by the intense traffic of vehicles and the industries, generate alterations in the morphology, physiology and behavior of several animals. The birds respond to these environmental changes and present quantitative information on the qualitative aspects of the environment, being used as biomonitoring. One of the tools for biomonitoring is the analysis of erythrocyte nuclear abnormalities, among which the number of enucleated erythrocytes, called erythroplastids stands out, and several studies relate their presence with air pollution. Thus, the objectives of this study were to quantify the presence of erythroplastids in *Antilophia galeata*, to relate the presence of these cells with the distance of the studied areas of the urban environment, and to verify if the presence of erythroplastids is related to the body condition and seasonality. Capture campaigns were carried out between June 2013 and October 2018 in five Cerrado areas in the Triângulo Mineiro; blood extensions were made and measurements were taken to calculate the body condition of the birds. The analysis of erythroplastids was made by optical microscope and 10 thousand erythrocytes were counted per individual analyzed. There were a difference in the amount of erythroplastids among the areas: within the urban environment and with intense flow of vehicles in their proximity versus areas more distant from the urban environment and with a high degree of preservation. No relationship was found between the presence of erythroplastids and the body condition and between the dry and rainy seasons. The quantification of erythroplastids in *A. galeata* can be considered a biomonitoring tool of the air quality.

Keywords: biomonitoring, erythrocyte nuclear abnormalities, birds, air pollution.

## SUMÁRIO

|                           |    |
|---------------------------|----|
| INTRODUÇÃO .....          | 1  |
| OBJETIVOS .....           | 3  |
| MÉTODOS .....             | 3  |
| Área de estudo .....      | 3  |
| Coleta de Dados .....     | 5  |
| Análise estatística ..... | 6  |
| RESULTADOS .....          | 6  |
| DISCUSSÃO .....           | 9  |
| CONCLUSÕES .....          | 12 |
| REFERÊNCIAS .....         | 13 |

## INTRODUÇÃO

Em ambientes naturais, fatores bióticos e abióticos influenciam os ecossistemas, as populações e os organismos (MARKERT et al., 2003). Porém, nas últimas décadas, alguns agentes abióticos causadores de *stress* tomaram proporções preocupantes, devido à interferência humana no ambiente, causando degradação dos ecossistemas, contaminação da água e poluição do ar (GOULART & CALLISTO, 2003; OLIVEIRA et al., 2004).

A poluição do ar tem como principais causas a emissão de compostos poluentes por indústrias e a emissão de gases por veículos (BAESSE et al., 2016; HARROP et al., 1990). Esses compostos podem ser metais pesados (JASPERS et al., 2006; NRIAGU & PACYNA, 1988), causadores de chuvas ácidas e compostos genotóxicos, que acarretam mutações em populações animais que vivem expostas a eles, gerando doenças e problemas aos descendentes (CAROLE & JAMES, 1996; MARKERT et al., 2003; NRIAGU & PACYNA, 1988; PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Alguns organismos ou comunidades de organismos podem atuar como biomonitores que, segundo Markert et al. (2003), são aqueles que apresentam informações a respeito dos aspectos quantitativos da qualidade do ambiente. Os biomonitores geralmente acumulam um ou mais elementos ou compostos de seu ambiente e demonstram efeitos devido a esse acúmulo. Tais efeitos podem incluir mudanças em sua morfologia, na estrutura histológica ou celular, em processos fisiológicos e em seu comportamento ou sua estrutura populacional (AGOSTI, 2000; MARKERT et al., 2003).

As aves são comumente utilizadas como biomonitoras em virtude de seu potencial de detecção de danos ambientais e por serem sensíveis à contaminação devido a algumas características importantes, como capacidade de deslocamento e por ocuparem altas posições tróficas (BAESSE et al., 2015; JASPERS et al., 2006; JASPERS, 2008; OLIVEIRA et al., 2004; VALDES, 2010).

Um dos métodos de biomonitoramento utilizados é a análise de anomalias nucleares eritrocitárias. No ambiente natural, o estudo dessas anomalias é mais comum em ambientes aquáticos, sendo estudados principalmente anfíbios e peixes (AYLLON & GARCIA-VAZQUEZ, 2000; EMMEL, 1924; GUILHERME et al., 2008; NIGRELLI, 1929). Nas aves, estas anomalias têm sido relacionadas à poluição

ambiental e à contaminação do ar por compostos genotóxicos (BAESSE et al., 2015; BARBOSA et al., 2013; GOMES-MEDA et al., 2007).

Apesar de os eritrócitos das aves serem nucleados (LUCAS & JAMROZ, 1961), é comum encontrar uma pequena porção de eritrócitos anucleados, denominados eritroplastídeos, no sangue periférico (CLARK & RAIDAL, 2013; CLARK et al., 2013; LUCAS & JAMROZ, 1961). O aumento de eritroplastídeos no sangue de aves tem sido relatado na literatura, mas suas causas ainda não são bem elucidadas. Estudos relacionam o aumento dos eritrócitos anucleados nas aves com a exposição a metais pesados e compostos genotóxicos (CLARK & RAIDAL, 2013; DEVYATKIN et al. 2006; HIRAGA et al., 2008).

Uma espécie muito utilizada em estudos de biomonitoramento é *Antilophia galeata* Lichtenstein, 1823 (Passeriformes: Pipridae), conhecida popularmente como soldadinho. É uma espécie endêmica do Cerrado, encontrada em sub-bosques de matas ciliares. Ela pode ser encontrada tanto em fragmentos bem conservados, como em parques urbanos com alto grau de degradação (FRANCHIN & MARÇAL-JÚNIOR, 2004; MARÇAL-JÚNIOR et al., 2009; PANIAGO, 2016).

Os indivíduos machos adultos possuem coloração preta com um topete vermelho e os machos jovens e fêmeas possuem coloração verde oliva (Figura 1). Essa espécie é dependente de habitats florestais, encontrada tanto em ambientes próximos de área urbana como em ambientes afastados e é sensível às perturbações ambientais, sendo que essas perturbações causam alterações na sua condição corporal e em fatores citológicos e na assimetria flutuante (BAESSE, 2015; BAESSE et al., 2016; GONÇALVES, 2012; PANIAGO, 2016).



**Figura 1:** *Antilophia galeata* macho adulto (à esquerda) e macho juvenil ou fêmea (à direita).

Devido aos poucos estudos com eritroplastídeos em aves, este estudo se propôs verificar a presença de eritroplastídeos em indivíduos de *Antilophia galeata* em diferentes fragmentos florestais do Cerrado Mineiro e relacionar com a distância desses fragmentos dos centros urbanos, com a condição corporal das aves e com a estação do ano.

## OBJETIVOS

Esse trabalho teve como objetivo principal quantificar eritroplastídeos no sangue de indivíduos de *Antilophia galeata* capturados em fragmentos florestais do Cerrado Mineiro.

Os objetivos específicos foram:

1. Verificar se a quantidade de eritroplastídeos em *Antilophia galeata* varia entre as áreas amostradas;
2. Verificar se a média de eritroplastídeos está relacionada à proximidade das áreas em relação ao ambiente urbano;
3. Comparar se a quantidade de eritroplastídeos entre os indivíduos que os apresentaram varia com a condição corporal dos indivíduos e com as estações (chuvosa e seca).

## MÉTODOS

### Área de estudo

Esse estudo foi realizado em cinco diferentes fragmentos florestais do Cerrado Mineiro:

1. Floresta da Fazenda Água Fria (18°29'50"S e 48°23'03"O): situada na zona rural do município de Araguari, MG, com cerca de 200 ha. É considerada uma área com alto grau de preservação. Sua vegetação é composta principalmente por mata de galeria e floresta semidecidual (BAESSE et al., 2015; LOPES, 2010). Está localizada a cerca de 25 km em linha reta da área urbana (Figura 2a).

2. Mata da Estação de Pesquisa e Desenvolvimento Ambiental Galheiro (19°14'S e 47°08'O): é uma área de aproximadamente 260 ha, localizada no município de Perdizes, MG. Apresenta formações florestais e savânicas, em diferentes estágios de conservação (CASTRO, 1995). Está localizada a cerca de 21 km da área urbana (Figura

2b).

3. Mata da Fazenda Experimental do Glória ( $18^{\circ}57'03''\text{S}$  e  $48^{\circ}12'22''\text{O}$ ): localizada na fazenda experimental da Universidade Federal de Uberlândia, situada no limite entre as zonas rural e urbana da cidade. Possui 30 ha e é composta por floresta semidecidual e mata de galeria inundável. Sua matriz de entorno é composta por pastagens e plantações (BAESSE et al., 2015; PANIAGO, 2016) e se encontra a cerca de 8 km da região central da cidade (Figura 2c).

4. Mata da Fazenda São José ( $18^{\circ}51'35''\text{S}$  e  $48^{\circ}13'53''\text{O}$ ): localizada na zona rural de Uberlândia, MG, possui 20 ha, com gradiente entre floresta estacional semidecidual e mata de galeria (LOPES, 2010). É margeada pela área urbana da cidade e pelo anel viário norte, tendo em seu entorno plantações de eucalipto e está localizada a cerca de 8 km do centro de Uberlândia (Figura 2d).

5. Mata do Parque Municipal do Sabiá ( $18^{\circ}54'24''\text{S}$  e  $48^{\circ}14'02''\text{O}$ ): localizada na região urbana de Uberlândia, a uma distância de aproximadamente 5 km da região central, e margeada pela BR 050, possui 30 ha e é composta por mata de galeria e floresta semidecidual (FRANCHIN & MARÇAL-JÚNIOR, 2004; ROSA & SCHIAVINI, 2006) (Figura 2d).

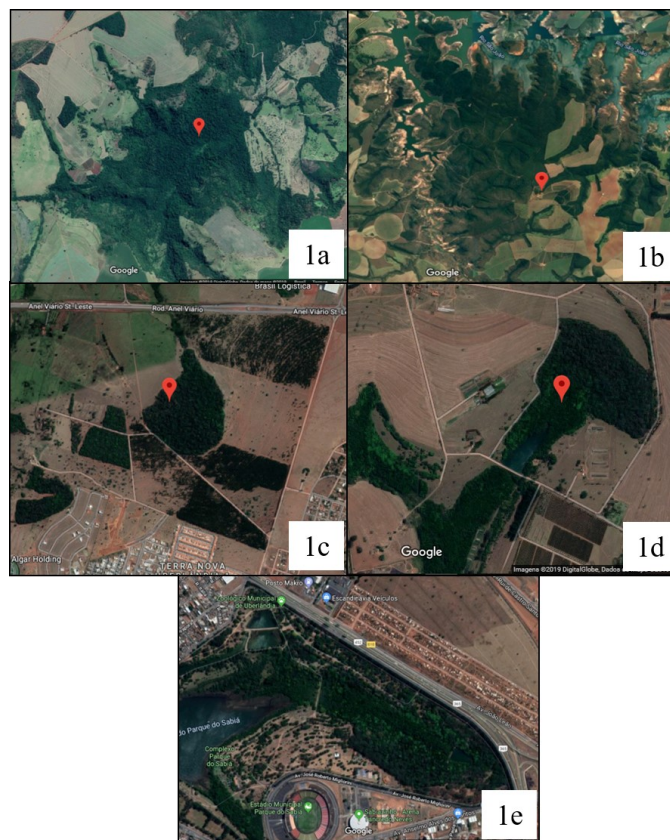


**Figura 2:** Áreas de estudo. 1a: Floresta Água Fria; 1b: Mata Galheiro; 1c: Mata do Glória; 1d:

### Mata de São José, 1e: Parque do Sabiá.

Todas as áreas são fragmentos do Cerrado, segundo maior bioma do Brasil e considerado um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade e “Patrimônio Nacional” pela Constituição de 1988 (COUTINHO, 2006). O clima da região é caracterizado por ser tropical sazonal, tipo Aw segundo Köppen (1948), com estações seca, de maio a setembro, e chuvosa, de outubro a abril. A temperatura é constante ao longo do ano, com média em torno de 22°C a 27°C e tem precipitação média de 1.500 mm/ano (KLINK & MACHADO, 2005).

### Coleta de Dados

A coleta de dados em campo ocorreu no período de junho de 2013 a outubro de 2018. As aves foram capturadas com redes de neblina (12x3 m) expostas das 6h às 16h, utilizando de 16 a 25 redes por campanha, totalizando quatro campanhas em cada área. Os indivíduos foram identificados anilhados com anilhas de metal (CEMAVE / Padrão ICMBio). Recapturas em uma mesma campanha não foram consideradas.

Para analisar a condição corporal das aves, foram aferidas as medidas de tarso direito, com paquímetro digital Lotus® de precisão 0,01mm, e a biomassa através de balanças do tipo dinamômetros (Pesola®), com escalas de 30, 60 e 100g.

Para produzir as extensões sanguíneas, o sangue foi coletado através da punção da veia metatársica com agulhas (08 x 0,3 mm) e o sangue foi diretamente gotejado na lâmina. Para cada indivíduo capturado, foram feitas duas extensões sanguíneas.

Quando secas, as lâminas foram fixadas em metanol e coradas em uma solução de 5% de GIEMSA e tampão de fosfato com pH 5,8, enxaguadas em água destilada, secas à temperatura ambiente e marcadas com o número da anilha, sendo que as extensões foram fixadas em campo e coradas em laboratório, ao final de cada campanha. O uso do corante GIEMSA evidencia os componentes nucleares e citoplasmáticos dos eritrócitos, com predomínio de tons vermelhos (quando ácido) e azuis (quando básico). Os eritrócitos apresentaram o citoplasma com pigmentação rosa e núcleos celulares com pigmentação azulada (CAPITELLI & CROSTA, 2013; MITCHELL & JOHNS, 2008).

A análise de eritroplastídeos foi feita em microscópio óptico (Nikon Eclipse E200) com objetiva de 100x, utilizando óleo de imersão, seguindo o modelo zig-zag para evitar cruzar o mesmo campo mais de uma vez. Em cada lâmina foram contados 5.000 eritrócitos, totalizando 10.000 eritrócitos por indivíduo, sendo analisada a presença ou ausência e quantidade de eritroplastídeos.

### **Análise estatística**

Para verificar se a quantidade de eritroplastídeos dos indivíduos amostrados variava entre as cinco áreas, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis, com teste *a posteriori* a Comparação Múltipla de Dunn. Para verificar se a média de eritroplastídeos está relacionada com a distância do ambiente ao centro urbano, foi realizado um teste de normalidade Shapiro-Wilk e realizado o teste de Correlação de Pearson.

Para a análise da condição corporal dos indivíduos que apresentaram eritroplastídeos foi utilizado o Índice de Massa Relativa (IMR) como fator de comparação. O valor do IMR foi calculado por meio de uma Regressão Linear Simples entre os valores logaritmizados na base dez da biomassa e comprimento do tarso direito (SCHULTE-HOSTEDDE et al., 2005). Os valores residuais da regressão foram utilizados como IMR (SCHULTE-HOSTEDDE et al., 2005). Valores positivos de IMR são indicativos de boa condição corporal quando comparados a valores negativos (SCHULTE-HOSTEDDE et al., 2005). Para verificar se a quantidade de eritroplastídeos variou de acordo com o IMR foi feito um teste de correlação de Spearman.

Para verificar se a quantidade de eritroplastídeos variou de acordo com a estação (seca e chuvosa) em cada área separadamente foi realizado uma Correlação de Spearman. Os testes foram realizados com RStudio 1.2.1335 e realizados a um nível de significância de 5%.

## **RESULTADOS**

Foram capturados 82 indivíduos de *Antilophia galeata* nas cinco áreas, sendo 18 na Mata do Parque do Sabiá e 16 indivíduos em cada uma das outras áreas. Foram analisadas 164 extensões sanguíneas e encontrados 56 eritroplastídeos em 30 indivíduos (Figura 3). Desses 30 indivíduos, foram observados 11 eritroplastídeos em um único

indivíduo capturado na Mata da Fazenda do Glória, que foi considerado um *outlier* e não foi incluído nas análises estatísticas. A quantidade de eritroplastídeos oscilou entre 1, encontrados em 18 indivíduos, e 5 eritroplastídeos, encontrado em um indivíduo capturado na Mata do Parque do Sabiá. Desta forma, considerando os indivíduos analisados e excluindo o *outlier*, a frequência de indivíduos que apresentaram eritroplastídeos foi de 35,8% (Tabela 1).

Na Mata da Fazenda Água Fria, nenhum indivíduo apresentou eritroplastídeos; já na Mata do Parque do Sabiá foi observado a maior quantidade de eritroplastídeos entre as áreas amostradas (Tabela 1). Considerando apenas os indivíduos que apresentaram eritroplastídeos, a média individual geral foi de 1,55 ( $\pm 0,89$ ). A porcentagem de eritroplastídeos em relação ao número total de eritrócitos analisados foi de 0,015% e a área com maior ocorrência de indivíduos com eritroplastídeos foi a Mata do Parque do Sabiá, com 61,1% (Tabela 1).

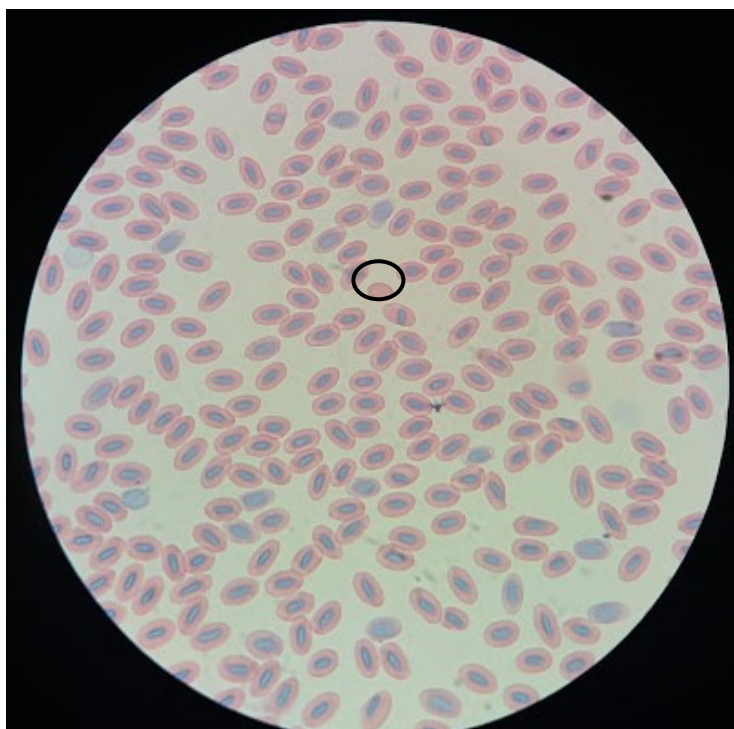


**Figura 1:** Campo microscópico de *Antilophia galeata*, com eritroplastídeo evidenciado.

**Tabela 1:** Análise quantitativa de eritroplastídeos em *Antilophia galeata* por fragmento florestal.

| Área         | Eritroplastídeos quantificados | Indivíduos com eritroplastídeos (total analisado) | Porcentagem de indivíduos com eritroplastídeos | Média $\pm$ desvio-padrão de eritroplastídeo por indivíduo |
|--------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Sabiá        | 23                             | 11 (18)                                           | 61,1%                                          | 2,09 $\pm$ 1,22                                            |
| Glória       | 6                              | 5 (15)                                            | 33,3%                                          | 1,2 $\pm$ 0,44                                             |
| São José     | 9                              | 6 (16)                                            | 37,5%                                          | 1,5 $\pm$ 0,55                                             |
| Galheiro     | 7                              | 7 (16)                                            | 43,75%                                         | 1 $\pm$ 0                                                  |
| Água Fria    | 0                              | 0 (16)                                            | 0                                              | 0 $\pm$ 0                                                  |
| <b>Total</b> | <b>45</b>                      | <b>29</b>                                         | <b>35,8%</b>                                   | <b>1,55 <math>\pm</math> 0,89</b>                          |

A média de eritroplastídeos por indivíduo foi correlacionada negativamente à distância da área do centro urbano ( $r = -3,4261$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0,04166$ ), mostrando que, quanto mais próxima a área está do centro urbano, maior a média de eritroplastídeos por indivíduo (Gráfico 1).

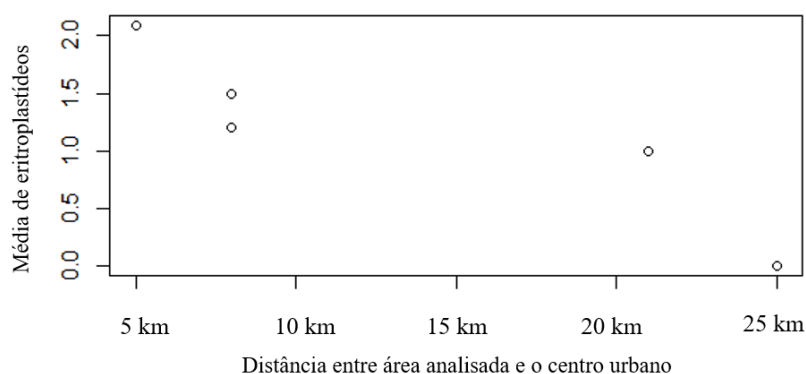


**Gráfico 1:** Correlação entre a média de eritroplastídeos por indivíduo e a distância da área em relação a região urbana.

Quando analisado se houve variação da quantidade de eritroplastídeos entre as áreas, foram considerados todos os indivíduos analisados em cada área, exceto o *outlier*. A quantidade de indivíduos com eritroplastídeos variou entre as áreas ( $Q = 16,05$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0,00295$ ), sendo que Água Fria e Sabiá foram os locais que apresentaram maior discrepância ( $p = 0,000691$ ) de acordo com o teste de Comparação Múltipla de Dunn (Gráfico 2).

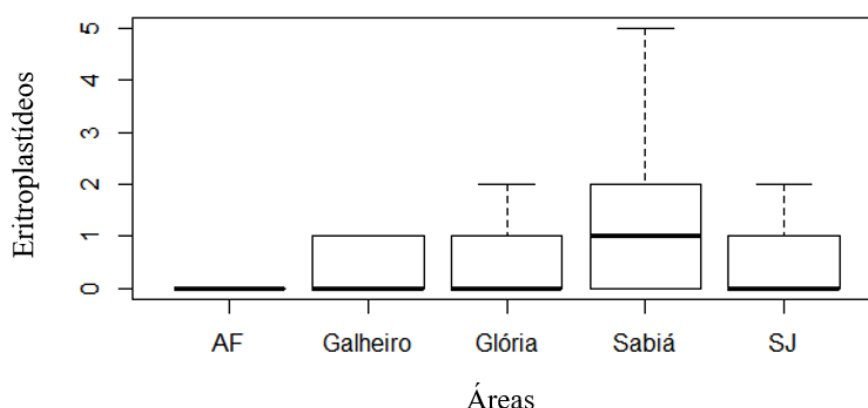


**Gráfico 2:** Média de eritroplástídeos em relação ao número total de indivíduos analisados de *Antilophia galeata* por área. As capturas e coleta de sangue ocorreram nos fragmentos florestais Água Fria (AF), Galheiro, Glória, Sabiá e São José (SJ).

Os valores de IMR de todos os indivíduos amostrados variaram entre positivo e negativo, oscilando de -3,780, em um indivíduo da Mata de São José, a 2,248, em um indivíduo capturado na Mata da Fazenda do Glória. Ao analisar os indivíduos que apresentaram eritroplástídeos nas áreas separadamente, não houve relação significativa entre a quantidade de eritroplástídeos e o IMR, e nem entre a quantidade de eritroplástídeos e a estação do ano (Tabela 2).

**Tabela 2:** Relação entre a quantidade de eritroplástídeos e o Índice de Massa Relativa (IMR) e entre as estações seca e chuvosa<sup>1</sup> entre os indivíduos que apresentaram eritroplástídeos.

| Área      | IMR                                 | Estação                             |
|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Sabiá     | $r_s = 189,51$ ; $p = 0.6844$       | $r_s = 346,87$ ; $p = 0.063$        |
| Glória    | $r_s = 34,14$ $p = 0.1817$          | $r_s = 25$ ; $p = 0.685$            |
| São José  | $r_s = 52,08$ ; $p = 0.3262$        | $r_s = 50,65$ ; $p = 0.374$         |
| Galheiro  | $r_s = \text{NA}$ ; $p = \text{NA}$ | $r_s = \text{NA}$ ; $p = \text{NA}$ |
| Água Fria | $r_s = \text{NA}$ ; $p = \text{NA}$ | $r_s = \text{NA}$ ; $p = \text{NA}$ |

## DISCUSSÃO

Foram encontrados 56 eritroplástídeos em 30 indivíduos (35,8%) dos 82 analisados nas cinco áreas de estudo, sendo que área com maior número de eritroplástídeos encontrados foi a Mata do Parque do Sabiá e na Floresta Água Fria nenhum eritroplástídeo foi quantificado. A média geral foi de 1,55 eritroplástídeo por

<sup>1</sup> Em Água Fria, não houve indivíduos com eritroplástídeos. Em Galheiro, foi quantificado 1 eritroplástídeo em todos os indivíduos que apresentaram, não havendo variação entre as estações e IMR. NA: não aplicável;  $r_s$ : Correlação de Spearman;  $p$ : nível de significância.

indivíduo que apresentou e não houve relação entre a quantidade de eritroplástídeo e IMR e a estação do ano.

A frequência de eritroplástídeos é relacionada à presença de compostos tóxicos no sangue, tais como (CLARK & RAIDAL, 2013; DEVYATKIN et al. 2006; HIRAGA et al., 2008). Ambientes mais próximos da área urbana tendem a apresentarem mais compostos tóxicos, devido aos gases liberados por veículos automotores e indústrias (SHILDERMAN et al., 1997). Este é o cenário em que se encontra a Mata do Parque do Sabiá que, além de estar inserida na área urbana da cidade de Uberlândia-MG, é margeada pela BR 050. Com isto, espera-se que esta área esteja exposta ao alto tráfego de veículos continuamente e, conjectura-se que esteja sujeita a elevadas taxas de emissão e concentração de compostos poluentes no ar, já que a emissão de poluentes é proporcional ao fluxo de veículos (BAESSE et al., 2019; SCHILDERMAN et al., 1997). Além disso, o fragmento florestal possui apenas 30ha e tem formato alongado, o que pode resultar em efeitos de borda mais acentuados (LAURANCE & VASCONCELOS, 2009). Esses fatores podem refletir na frequência de eritroplástídeos dos indivíduos de *Antilophia galeata* que vivem na mata.

A Mata da Fazenda Água Fria, de forma oposta, está localizada a 25 km em linha reta da cidade de Araguari-MG, não há rodovias nas proximidades e as plantações não fazem limite com a borda do fragmento. Este fragmento tem formato arredondado e possui cerca de 200 ha. Assim, os efeitos de borda tendem a serem menores em uma área maior (PRIMACK & RODRIGUES, 2001). Neste fragmento, é esperada uma menor quantidade de compostos tóxicos presentes no ar, em relação às áreas que se encontram dentro do perímetro urbano, pois o impacto antrópico em áreas maiores tende a ser menor (ASSMANN et al., 2017; PRIMACK & RODRIGUES, 2001). Desta forma, não foram quantificados eritroplástídeo nos indivíduos deste fragmento.

Estudos mostram que o núcleo dos eritrócitos das aves auxilia na produção de energia e nas atividades metabólicas da célula e a presença de eritroplástídeos pode estar relacionada com doenças hematológicas, como anemia e hemoparasitismo e com a presença de compostos tóxicos no sangue (BOUTILIER & FERGUSON, 1989; DEVYATKIN et al., 2006; CLARK et al., 2013). Por outro lado, a presença de eritroplástídeos em baixa quantidade, geralmente menores que 1% do total de eritrócitos, como as encontradas neste estudo, pode ser considerada clinicamente irrelevante (CLARK et al., 2009; CLARK & RAIDAL, 2013; LUCAS & JAMROZ,

1961). Clark et al. (2013) analisaram um indivíduo de *Lophochroa leadbeateri* com problemas de poliúria, polidipsia e disenteria e observaram que 47,6% dos eritrócitos encontrados eram eritroplastídeos. Também foi quantificado em um indivíduo de *Eclectus roratus* com anemia hemolítica imunomediada e outros problemas fisiológicos a presença de 3 a 5 eritroplastídeos por campo microscópico (JOHNSTON et al., 2007).

Clark e Raidal (2013), em seu estudo com 77 indivíduos de 53 espécies, quantificaram eritroplastídeos em 30 indivíduos (38,69%) e a proporção de eritroplastídeos em relação ao total de eritrócitos variou entre 0,1 e 1%. No presente estudo, a relação total de eritroplastídeos em relação a quantidade total de eritrócitos foi de 0,015%, resultado abaixo do encontrado no estudo acima e a ocorrência de indivíduos com eritroplastídeos foi de 35,8%, resultado semelhante aos encontrados por Clark e Raidal (2013).

*Antilophia galeata* é frugívora e dependente de formações florestais (SICK, 1997), o que a torna mais sensível às alterações ambientais que ocorrem na área em que vivem (GONÇALVES, 2012; TELES, 2013). Assim, era esperado que indivíduos que vivem em ambientes mais próximos às regiões urbanas teriam maior sensibilidade às alterações ambientais e indivíduos com pior condição corporal estariam mais suscetíveis à presença de eritroplastídeos. Apesar disso, foram encontrados eritroplastídeos em aves com IMR positivo, como um indivíduo cujo IMR=2,248 apresentou 5 eritroplastídeos na Mata do Parque do Sabiá. Estudos mostram que não há relação entre o IMR dessa espécie e áreas com diferentes tamanhos e qualidades ambientais (PANIAGO, 2016; TELES, 2013). Isso pode evidenciar a dificuldade em considerar um indivíduo como saudável, pela análise de apenas um indicador. O fato da quantidade de eritroplastídeos não estar relacionada com o IMR pode ser explicada que pelo fato da sua presença, em baixa quantidade no sangue, não causar efeitos clínicos nas aves (CLARK et al., 2013; LUCAS & JAMROZ, 1961; SAMOUR, 2005).

Crutzen et al. (1985) estudaram a composição química do ar durante a estação seca no Brasil e afirmaram que, nessa época, ocorre maior acúmulo de algumas substâncias no ar em relação à estação chuvosa, como o CO, N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e outras. Assim, era esperada diferença na quantidade de eritroplastídeos entre as estações, visto que na seca haveria maior quantidade de compostos tóxicos no ar, mas não foi comprovada. Baesse et al. (2016) testaram se presença de micronúcleos em eritrócitos de *Antilophia galeata* variava entre as estações, mas essa relação não foi comprovada. A

ausência de relação entre a quantidade de eritroplástídeos e a sazonalidade nesse presente estudo pode mostrar que a sazonalidade na região não é acentuada o suficiente para gerar diferenças no acúmulo de compostos tóxicos no ar suficientes para impactar a espécie.

O soldadinho (*Antilophia galeata*) é uma ave que tem sido utilizada em estudos de biomonitoramento, por ser sensível às variações ambientais, como poluição do ar e degradação dos fragmentos florestais. Tais condições influenciam a fisiologia da espécie, podendo ser observada por meio da análise de assimetria flutuante e presença de micronúcleos (BAESSE, 2015; GONÇALVES, 2012; PANIAGO, 2016). A quantificação de eritroplástídeos pode ser considerada mais uma evidência de respostas de *Antilophia galeata* em relação à proximidade com ambientes urbanos.

## CONCLUSÕES

A avaliação quantitativa de eritroplástídeos em áreas com diferentes distâncias do ambiente urbano onde *Antilophia galeata* ocorre mostrou-se eficaz, pois houve variação da frequência de eritroplástídeos entre as áreas, sendo que as maiores frequências e médias refletiram uma provável resposta à maior exposição aos poluentes aéreos. A condição corporal e a sazonalidade não influenciaram na quantidade de eritroplástídeos. Assim, conclui-se que *Antilophia galeata* pode ser utilizada como biomonitora utilizando, como ferramenta de análise, a quantidade, média e frequência de eritroplástídeos por indivíduo em fragmentos florestais.

## REFERÊNCIAS<sup>2</sup>

- AGOSTI, D. et al. **Ants**: standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000.
- ASSMANN, B. R.; CAPELLESSO, E. S.; DARIVA, G. Efeito de borda na concentração de alumínio e chumbo em líquens em área urbana, rural e industrial. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 10, n. 6, p. 22-36, 2017.
- AYLLON, F.; GARCIA-VAZQUEZ, E. Induction of micronuclei and other nuclear abnormalities in European minnow *Phoxinus phoxinus* and mollie *Poecilia latipinna*: an assessment of the fish micronucleus test. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 467, n. 2, p. 177-186, 2000.
- BAESSE, C. Q. **Aves como biomonitoras da qualidade ambiental em fragmentos florestais do cerrado**. 2015, 126 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Instituto de Biologia, Univ. Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2015.
- BAESSE, C. Q. et al. Micronucleus as biomarker of genotoxicity in birds from Brazilian Cerrado. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 115, p. 223–228, 2015.
- BAESSE, C. Q. et al. Análise de micronúcleos em *Antilophia galeata* Lichtenstein, 1823 (Passeriformes: Pipridae) em ambiente florestal com influência urbana. In: VIII Encontro sobre Animais Selvagens, 2016, Uberlândia. **Livro de Resumos**. p. 11-16, 2016.
- BAESSE, C. Q. et al. Effect of urbanization on the micronucleus frequency in birds from forest fragments. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 171, p. 631-637, 2019.
- BARBOSA, A. et al. Pollution and physiological variability in gentoo penguins at two rookeries with different levels of human visitation. **Antarctic Science**, v. 25, n. 2, p. 329-338, 2013.
- BOUTILIER, R. G.; FERGUSON, R. A. Nucleated red cell function: metabolism and pH regulation. **Canadian Journal of Zoology**, v. 67, n. 12, p. 2986-2993, 1989.
- CAPITELLI, R.; CROSTA, L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 71-120, 2013.
- CAROLE, L. Y.; JAMES S. Q. Multilocus DNA fingerprinting reveals high rate of heritable genetic mutation in herring gulls nesting in an industrialized urban site.

---

<sup>2</sup> De acordo com ABNT NBR 6023.

**Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 93, p. 12137-12141, 1996.

CASTRO, N.M.F. **Projeto Executivo**: unidade de conservação Galheiro - estudo de fauna e flora. Belo Horizonte: [s.n.], 1995. 2 v. (Relatório final - Estudos ambientais)

CLARK, P.; BOARDMAN, W.; RAIDAL, S. **Atlas of clinical avian hematology**. Wiley-Blackwell, United Kingdom. 200p. 2009.

CLARK, P.; HUME, A.; RAIDAL, S. R. Erythroplastidcytosis in a Major Mitchell's cockatoo (*Lophochroa leadbeateri*). **Comparative Clinical Pathology**, v. 22, n. 3, p. 539-542, 2013.

CLARK, P.; RAIDAL, S. R. Evaluation of the erythroplastid component of avian blood. **Comparative Clinical Pathology**, v. 23, n. 4, p. 1117-1123, 2013.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

CRUTZEN, P. J. et al. Tropospheric chemical composition measurements in Brazil during the dry season. **Journal of Atmospheric Chemistry**, v. 2, n. 3, p. 233-256, 1985.

DEVYATKIN, A. A. et al. Effect of hydrogen peroxide on ejection of cell nucleus from pigeon erythrocytes and state of membrane lipids. **Bulletin of Experimental Biology and Medicine**, v. 141, n. 2, p. 261-264, 2006.

EMMEL, V. E. Studies on the non-nucleated elements of the blood. II. The occurrence and genesis of non-nucleated erythrocytes or erythroplastids in vertebrates other than mammals. **American Journal of Anatomy**, v. 33, n. 2, p. 347-405, 1924.

FRANCHIN, A. G.; MARÇAL-JÚNIOR, O. A riqueza da avifauna no Parque Municipal do Sabiá, zona urbana de Uberlândia (MG). **Biotemas**, v. 17, n. 1, p. 179-202, 2004.

GÓMEZ-MEDA, B. C. et al. Nuclear abnormalities in erythrocytes of parrots (*Aratinga canicularis*) related to genotoxic damage. **Avian Pathology**, v. 35, p. 206-210, 2007.

GONÇALVES, V. F. **Assimetria flutuante em aves de ambientes florestais no cerrado mineiro**. 2012, 75 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Instituto de Biologia, Univ. Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2012.

GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003.

GUILHERME, S. et al. Erythrocytic nuclear abnormalities in wild and caged fish (*Liza aurata*) along an environmental mercury contamination gradient. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.70, p.411-421, 2008.

HARROP, D. O. et al. Air quality in the vicinity of urban roads. **Science of the Total Environment**, v. 93, p. 285-292, 1990.

HIRAGA, T. et al. Lead exposure induces pycnosis and enucleation of peripheral erythrocytes in the domestic fowl. **The Veterinary Journal**, v. 178, n. 1, p. 109-114, 2008.

JASPERS, V. L. B. et al. Can predatory bird feathers be used as a non-destructive biomonitoring tool of organic pollutants? **Biology Letters**, v. 2, n. 2, p. 283-285, 2006.

JASPERS, V. **Monitoring of organic pollutants in different bird species with emphasis on the use of feathers as a non-destructive biomonitor**. 2008. 252 f. Thesis (Doctor of Science) - Departement Biologie, Faculteit Wetenschappen, Universiteit Antwerpen. 2008.

JOHNSTON, M. S.; SON, T. T.; ROSENTHAL, K. L. Immune-mediated hemolytic anemia in an eclectus parrot. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 230, n. 7, p. 1028-1031, 2007.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, n. 3, p. 707-713, jun. 2005.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948.

LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, p. 434-451, 2009.

LOPES, S. F. **Padrões Florísticos e Estruturais das Florestas Estacionais Semidecíduais do Triângulo Mineiro, MG**. 2010, 201 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Instituto de Biologia, Univ. Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2010.

LUCAS, A. M.; JAMROZ, C. **Atlas of Avian Hematology**. Washington: United States Department of Agriculture, 1961.

MARÇAL-JÚNIOR, O. et al. Levantamento da avifauna na Reserva Ecológica Panga (Uberlândia, MG, Brasil). **Bioscience Journal**, v. 25, n. 6, p. 149-164, 2009.

MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, H. G. **Bioindicators and Biomonitoring**. Oxford: Elsevier Science Ltd, 2003.

MITCHELL, E. B.; JOHNS, J. Avian hematology and related disorders. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 11, n. 3, p. 501-522, 2008.

NIGRELLI, R. F. Atypical erythrocytes and erythroplastids in the blood of *Triturus viridescens*. **The Anatomical Record**, v. 43, n. 3, p. 257-269, 1929.

NRIAGU, J. O.; PACYNA, J. M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. **Nature**, v. 333, n. 6169, p. 134-139, 1988.

OLIVEIRA, F. N. S.; FREIRE, F.; DE AQUINO, A. R. L. **Bioindicadores de impacto ambiental em sistemas agrícolas orgânicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical-Docmentos. 25p. 2004.

PANIAGO, L. P. M. **Aspectos Ecológicos de *Antilophia galeata* (Passeriformes: Pipridae) e seu Potencial em Biomonitoramento e Conservação**. 2016, 100 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Instituto de Biologia, Univ. Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2016.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Editora Planta, 2001.

ROSA, A. G.; SCHIAVINI, I. Estrutura da comunidade arbórea em um remanescente florestal urbano (Parque do Sabiá, Uberlândia, MG). **Bioscience Journal**, v. 22, n. 1, p. 151-162, 2006.

SAMOUR, J. H.; NALDO, J. L.; JOHN, S. K. Normal haematological values in gyrfalcons (*Falco rusticolus*). **Veterinary Record**, v. 157, n. 26, p. 844-847, 2005.

SCHULTE-HOSTEDDE, A. I. et al. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. **Ecology**, v. 86, p. 155- 163, 2005.

SCHILDERSMAN, P. A. et al. Possible relevance of pigeons as an indicator species for monitoring air pollution. **Environmental Health Perspectives**, v. 105, n. 3, p. 322-330, 1997.

SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1997.

TELES, D. R. F. **Condição corporal de aves em fragmento de mata estacional semidecidual do Triângulo Mineiro, Brasil**. 2013, 68 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Instituto de Biologia, Univ. Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2013.

VALDES, S. A. C. Avaliação da exposição a agrotóxicos em aves silvestres de vida livre. In: VON MATTER et al. **Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento**. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, p. 429-439, 2010.