



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM ÊNFASE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

BRUNA M. S. COSTA
CAPACIDADE DE DISPERSÃO DAS AVES DE AMBIENTES RIBEIRINHOS NO
BAIXO RIO BRANCO, RORAIMA

RECIFE

2014

BRUNA M. S. COSTA

**CAPACIDADE DE DISPERSÃO DAS AVES DE AMBIENTES RIBEIRINHOS NO
BAIXO RIO BRANCO, RORAIMA**

Monografia apresentada objetivando a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas à Universidade Federal de
Pernambuco.

Orientador: Prof. Dr. Luciano N. Naka

Co-Orientador: Phd. Santiago Claramunt

RECIFE

2014

BRUNA M. S. COSTA
**CAPACIDADE DE DISPERSÃO DAS AVES DE AMBIENTES RIBEIRINHOS NO
BAIXO RIO BRANCO, RORAIMA**

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco objetivando a obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas.

APROVADA EM: / /

Prof.º Dr. Luciano N. Naka (orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.º Dr. Diego Ástua Rodrigues de Moraes (1º Membro Titular)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.º Dr. Paulo Jorge Pereira dos Santos (2º Membro Titular)
Universidade Federal de Pernambuco

Doutoranda. Flor Maria Guedes Las-Casas (Suplente)
Universidade Federal da Pernambuco

Dedico este trabalho a todas as pessoas que abdicam do seu tempo para entender as diversas perguntas do Universo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus Pais Antônio e Marli por serem as melhores pessoas do mundo e sempre se esforçarem para que eu tivesse tudo de melhor e por me darem todo apoio financeiro e psicológico em todos esses anos, simplesmente não gostaria de ter pais melhores por que eles são os melhores do mundo. A Universidade Federal de Pernambuco e a todos os professores que fazem parte desta pelo apoio acadêmico, em especial a Professora Laura que além de coordenadora é uma grande amiga. Ao meu irmão por me ajudar em todas as horas difíceis (das regras da ABNT), aos meus vizinhos (Ana Paula, Elizama, Romero, Junior, etc) que deixaram de ser vizinhos e se tornaram muito mais que amigos, parte da minha família agradeço a vocês por todo apoio.

E não esquecendo agradeço a todos os amigos (doutorandos, mestrados e professores) que já estão formados e outros que ainda colarão grau, também agradeço a todos do Laboratório de Biomoléculas da UFPE, em especial a Cibele Maria e Professora Marcia Vanusa pela oportunidade e paciência que vocês tiveram em me ter como parte integrante desse laboratório por tanto tempo.

Gratidão também a todos os amigos de sala que levarei por toda minha história. Deixarei um agradecimento especial a quatro amigos que estavam comigo todos os dias nesses quatro anos, Raíssa Guerra, obrigada todas as dormidas na sua casa, por agüentar todos os meus estresses e passar sempre calma para mim. Paula Maia, minha conterrânea a qual não sei viver sem desde o primeiro dia de aula e acho q nunca viverei sem, muito obrigada por tudo, tudo que você fez. A Jonathan Ramos, desculpa por brigar tanto com você e muito obrigada por ser meu amigo de verdade, isso não tem preço. A Romulo Nepomuceno, que apesar do nome difícil é uma pessoa simples e cheia de boas intenções, obrigada por todos os seus conselhos.

Aos amigos do Ornitolab, laboratório que hoje faço parte em especial, a Seu Mario o “Grande Mestre” que sempre tem algo a falar que faz todo mundo sorrir com sua simplicidade e carinho. A Daniele Mariz que sempre vê o lado bom das coisas e tem uma explicação para todos os fatos que sempre me ajudam de alguma forma. A Flor Maria por ser minha primeira professora de campo e ensinar tudo que sei, além disso, obrigada por ser minha amiga. A todos os meus orientadores de monitoria, aos colegas dos projetos de extensão que participei e aos meus lindos amigos do Laptox UFPE chefiados pela guerreira

Miriam Guarnieri. Ao meu Co- orientador Santiago Claramunt por me socorrer em todos os momentos de estresse com as fórmulas.

E não deixando de agradecer a uma das pessoas mais importantes de toda a minha vida acadêmica e sem ele nada disso aconteceria, a Deus, que na forma do seu enviado, Luciano Naka, veio a este mundo para me iluminar. Este anjo enviado por Deus além de ser o professor mais lindo e competente de todo o universo, me deu mais do que uma simples viagem para Amazônia ou orientação para esta monografia, mas sim me mostrou que devo encarar meus medos mesmo que estes sejam difíceis de suportar, me ensinou não apenas como um pesquisador deve pensar mas também como ter sentimento nas coisas que faz, por que quem gosta do que faz não trabalha. Por isso e muito mais uma página ou um simples obrigado é pouco para agradecer toda a experiência passada, mas eu não tenho outra forma que não seja um muito obrigado e essa página, por isso, agradeço muito todos os ensinamentos passados, toda a paciência, todas as conversas, a viagem para a Amazônia, por me mostrar um caminho lindo que foi conhecer as aves, obrigada por me receber no laboratório e por me permitir conhecer sua família. Não há palavras suficientes para agradecer a Deus por ter mandado esse anjo em minha vida, o que posso dizer é que ele gosta muito de mim por mandar um anjo de primeira ordem e internacional para me socorrer, muito obrigada e desculpas pelo incomodo e desejo-lhe tudo que há de melhor.

“Os pássaros nascem na ponta das árvores
As árvores que eu vejo em vez de frutos dão pássaros
Os pássaros são o fruto mais vivo das árvores
Os pássaros começam onde as árvores acabam
Os pássaros fazem cantar as árvores.”
(Ruy Belo, Poema - Homem de Palavras).

RESUMO

A capacidade de voar possivelmente representa a principal inovação adaptativa responsável pelo grande sucesso evolutivo das aves (Hedenström, 2002). Mas existem aves que voam e outras não, dentre as aves que voam algumas possuem uma maior capacidade de dispersão que outras. Acredita-se que este fato esteja interligado diretamente com o formato das asas, este estudo analisará se variáveis morfométricas e morfológicas, junto há análises multivariadas (índice de Kipp, Razão do aspecto e Capacidade de transporte) conseguem explicar o desempenho das aves em atravessar uma distância fixa. Este trabalho foi realizado no baixo Rio Branco-RR, para a captura das aves foi utilizada redes de neblina postas em oito pontos ao longo do rio, estas foram soltas ponto fixo no rio (100m). Foram soltas 152 aves de 22 espécies, e cerca de 75% delas tiveram sucesso, sendo 16% dessas espécies com 100% de sucesso em todos indivíduos soltos. A família Trochilidae obteve os melhores resultados em todos os índices e os Troglodytideos e Thamnophilideos o valor mais baixo. Em geral acredita-se que a questão de sucesso e fracasso nos experimento está ligada diretamente a morfologia da asa, mas também a questões como foto sensibilidade, territorialidade e guildas de forrageamento.

Palavras chave: Aves, Dispersão, Rio Branco e Análises multivariadas.

ABSTRACT

The ability to fly is possibly the main adaptive innovation responsible for the great evolutionary success of birds (Hedenström , 2002) . But there birds and other non- flying , among some birds flying have a higher dispersion capacity than others. It is believed that this fact is connected directly to the shape of the wings , this study will examine whether morphological and morphometrics variables , multivariate analyzes there together (index Kipp , Aspect Ratio and Lift Drag ratio) can explain the performance of the birds crossing a fixed distance . This work was done on the lower Rio Branco - RR , for the capture of the birds was used mist nets put in eight points along the river , these were single fixed point on the river (100m) . were released 152 birds of 22 species , and about 75 % of them have been successful , with 16 % of these species with 100 % success in all released individuals. The Trochilidae family obtained the best results in all indexes and Troglodytideos Thamnophilideos and the lowest value. It is generally believed that the question of success and failure in the experiment is linked directly to the wing morphology , but also issues such as photo sensitivity , territoriality and foraging guilds .

Keywords : Birds , Dispersion , White River and Multivariate analyzes .

Sumário

Introdução	11
Objetivo geral	13
Objetivos específicos	14
Metodologia.....	14
Experimento de dispersão.....	14
Área de estudo	16
Medidas morfométricas	17
Índices morfométricos	19
Índice de Kipp	19
Razão do Aspecto	20
Capacidade de Transporte	21
Análises estatísticas	23
Resultados	23
Experimento de Dispersão.....	23
Índice de Kipp	27
Razão do Aspecto	29
Capacidade de transporte.....	30
Discussão	31
Conclusão	34
Referências Bibliográficas	35
Anexo 1	40
Anexo 2	42
Anexo 3	43

1 Introdução

A capacidade de voar possivelmente represente a principal inovação adaptativa responsável pelo grande sucesso evolutivo das aves, permitindo a exploração e colonização de praticamente todos os ecossistemas da Terra (Hedenström, 2002). Além de ser mais rápido, o deslocamento aéreo representa o mais eficiente meio de transporte em termos energéticos (Gill, 2003).

Embora as aves sejam em geral consideradas boas dispersoras, existem espécies que perderam a capacidade de voar, principalmente em ilhas oceânicas, onde o voo pode ter deixado de ser vantajoso do ponto de vista energético (Greenewal, 1975) ou desnecessário dada a falta de predadores (Komdeur, 2004). No entanto, mesmo dentre as espécies que não perderam a capacidade de voar, existe uma grande variação na capacidade de dispersão. Enquanto algumas aves migratórias podem realizar viagens hemisféricas (>10.000km), outras espécies mal conseguem atravessar voando pequenas clareiras na floresta (Laurance et al., 2004).

A maior parte das aves com capacidade de voar compartilhem adaptações fisiológicas e anatômicas, como ossos pneumáticos, músculos peitorais bem desenvolvidos, esterno expandido, processos unciformes (Gill, 2003), existem diferenças estruturais e morfológicas que separam espécies com elevada e baixa capacidade de dispersão. A forma e medida das asas, por exemplo, varia ao longo de um gradiente associado com a capacidade do voo (Pough, 2008). De forma geral, asas largas que possuem uma baixa carga alar (massa/área da asa) podem favorecer vôos de curta duração (Rayner & Swaddle, 1999). Aves florestais tendem a ter a ponta das asas mais arredondadas, aumentando a capacidade de manobra e propiciando vôos lentos com maior raio de giro (Dawideit et. al., 2009). Por outro lado, espécies que vivem em habitats abertos tendem a ter asas mais longilíneas (Winkler & Leisler, 1991), as quais permitem um voo mais rápido e energeticamente mais eficiente (Norberg, 1990; Mulvihill & Chandler, 1991). Portanto, espera-se que espécies com asas longas e estreitas tenham uma elevada capacidade de dispersão e possam realizar vôos de longas distâncias, enquanto que aves com asas curtas e largas possuam hábitos mais sedentários (Lockwood et al., 1998). Portanto, a capacidade de dispersão das aves parece estar intimamente ligada com a morfologia e cinemática das asas (Di mare & Corseuil, 2000).

Desta forma, características eco-morfológicas podem fornecer um meio para estimar a capacidade de dispersão em aves e outros animais (Winkler & Leisler, 1991).

A capacidade de dispersão, no entanto, é um fenômeno difícil de quantificar (Turchin, 1998; Claramunt et. al., 2012). Embora seja possível rastrear o movimento das aves usando radiotelemetria, ou através de técnicas de marca e recaptura, os movimentos de dispersão são difíceis de aferir (Woltmann, 2012).

Desde o desenvolvimento da mecânica do voo na década de 1960, houve um crescimento na aplicação de teorias aerodinâmicas para questões evolutivas e ecológicas (Hedenström, 2002). Estas demonstram relações entre estratégias de forrageio e a forma da asa, ou o desempenho do voo (Norberg & Rayner 1987; Norberg, 1995). Dentro destas teorias aerodinâmicas foram desenvolvidos métodos que tentam usar variáveis morfométricas para prever a capacidade de dispersão das aves (Lockwood, 1998).

Dentre estes métodos está o uso do ‘índice de Kipp’, desenvolvido por Friedrich Kipp, que relaciona o comprimento das penas primárias em relação ao comprimento das penas secundárias para determinar a eficiência do voo (Kipp, 1942). Embora, relativamente simples, ele se mostrou eficiente para explicar a capacidade de dispersão natal em aves no Reino Unido (Claramunt, 2010), e foi posteriormente utilizado para analisar quantitativamente a relação entre a capacidade de dispersão e as taxas de diversificação filogenética das aves (Claramunt, 2012). Uma das vantagens deste índice é que ele pode ser obtido tanto em aves vivas, como a partir de aves depositadas em coleções zoológicas (Lockwood, 1998). Outro modelo desenvolvido é a relação entre o comprimento e a largura da asa Razão do aspecto (*aspect ratio*), que assim como o índice de Kipp possui como objetivo utilizar modelos multivariados para medir a capacidade de dispersão (Rayner, 1988). Embora úteis, estes modelos levam em consideração apenas duas ou três medidas das asas, deixando de lado outras importantes variáveis, como a massa, a área do corpo, e a velocidade do voo. Mais recentemente, no intuito de incluir novas variáveis nos modelos, foi desenvolvida uma fórmula para estimar a capacidade de transporte’ (*Lift do drag ratio*), a qual incorpora variáveis como massa, envergadura, área total usada para o voo, velocidade mínima e máxima, o coeficiente de atrito do ar, o poder mínimo e máximo de alcance de energia, a energia gasta, e o poder induzido para voar (Pennycuick, 2008)

O entendimento de como as variáveis morfológicas afetam a capacidade de dispersão das aves pode ser importante para podermos entender os atuais padrões de

distribuição destes animais. A capacidade de dispersão das aves parece ser especialmente relevante na Amazônia, onde grandes rios representam importantes barreiras biogeográficas para as aves (Wallace, 1852; Capparella, 1988). Estudos empíricos sugerem que as barreiras ribeirinhas não afetam de forma semelhante as diferentes espécies e famílias de aves (Hayes & Sewlal, 2004), e que aves de diferentes estratos possam ser afetadas de forma diferenciada pela presença de barreiras físicas (Burney & Brumfield, 2009). O Rio Branco, em particular, representa uma importante barreira biogeográfica, separando mais de 40 pares de táxons em lados opostos das suas margens (Naka, 2011; Naka et al., 2012). Além de ser importante para entender os padrões de distribuição das aves amazônicas, o estudo da capacidade de dispersão de aves florestais tropicais tem implicações diretas para a conservação. Em uma região onde a floresta é cada vez mais fragmentada, os processos de extinção e recolonização serão definidos, pelo menos em parte, pela capacidade de dispersão das espécies (Moore et al., 2008; Woltmann, 2012).

Neste trabalho, analisarei se variáveis morfométricas e morfológicas explicam o sucesso ou o fracasso de aves amazônicas em atravessar uma distância fixa de água em experimentos de dispersão. Apesar da aparente importância da capacidade de dispersão na definição dos atuais padrões de distribuição de aves amazônicas, este estudo representa o primeiro experimento empírico em testar a capacidade de dispersão nesta região. Os resultados deste estudo serão importantes para entender melhor o padrão de distribuição das comunidades de aves, assim como para definir as melhores variáveis a serem utilizadas para prever a capacidade de dispersão das aves tropicais.

1.0 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é avaliar a capacidade de dispersão das aves em habitats ribeirinhos da Amazônia no Rio Branco, testando se variáveis morfológicas e morfométricas explicam o sucesso ou fracasso das aves em atravessar um corpo d'água em experimentos de dispersão.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Descrever a capacidade das aves de ambientes ribeirinhos de atravessar uma distancia fixa em rios amazônicos;
2. Avaliar se existem diferenças na capacidade de dispersão em diferentes famílias de aves amazônicas;
3. Avaliar se variáveis morfométricas (medidas) e morfológicas (forma) do corpo das aves explicam o sucesso ou fracasso em experimentos de dispersão;

2 Metodologia

2.1 Experimentos de dispersão

Para testar a capacidade de dispersão das aves de ambientes ribeirinhos na Amazônia, eu realizei experimentos de dispersão em vários pontos ao longo do Rio Branco (Tabela 1). Estes experimentos consistiram em capturar aves de diferentes espécies nas margens do rio, e liberá-las desde embarcação no rio, a 100 metros da margem mais próxima. Esta metodologia, previamente utilizada no Lago Gatún, no Panamá, foi importante para entender a variação da mobilidade das espécies no canal do Panamá, e com isso determinar a correlação entre a capacidade de dispersão, distribuição e extinção de 10 espécies de aves florestais ocorrentes no arquipélago (Moore et al. 2008).

Para a captura das aves para os experimentos, colocamos redes de neblina, onde as aves eram capturadas e posteriormente soltas nos experimentos de dispersão. Entre 7 e 22 redes de neblina (12x2,6m. e malha de 36m) foram colocadas em oito pontos ao longo do baixo Rio Branco (Figura 1), totalizando um esforço amostral de 1.240,80 horas/rede (Tabela 1). As redes de neblina foram colocadas em trilhas de 250 m de comprimento perpendiculares ao rio, previamente abertas na floresta. As aves capturas foram identificadas, colocadas individualmente em sacos de tecido, pesadas (com dinamômetro de 30, 100 e 300g), e sexadas visualmente (quando possível). Todos os indivíduos capturados e conduzidos para os experimentos de dispersão foram medidos (envergadura com as asas estendidas) e fotografados com as asas abertas, para posteriormente realizar as medidas morfométricas (Fig. 2). Alguns indivíduos de todas as espécies que foram utilizadas nos experimentos foram também coletadas e taxidermizadas (exceto *Tolmomyias poliocephalus*), e foram utilizados para obter as medidas do índice de Kipp na coleção. Todos os indivíduos coletados se encontram depositados na Coleção Ornitológica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Tabela 1. Nome, datas, localização e esforço amostral em campo

Localidades ¹	Data (10/2013)	Coordenadas	Nº de Aves capturadas	Esforço Amostral Nº de redes(h/rede)
RB.6.1	03	01°08'25.5"N 61°19'16.8"W	40	21(171)
RB.6.11	04	01°08'43.8" N 61°20'17.4"W	33	20(123)
RB.7.20	06	00°46'27.3" N 61°28'54.0"W	67	20(143)
RB.7.10	07	00°45'39.0"N 61°28'12.3"W	8	07(21)
Próximo ao RB.9.15	09	-00°04'42.9" S -61°47'51.0"W	15	15(92)
RB.9	10	-00°07'54.7" S -61°47'44.1"W	30	10(50)
RB.11.15	12	-00°58'03.4" S -61°53'08.8"W	15	20(140)
RB.11.5	13	-00°57'51.6" S -61°52'20.7"W	32	21(111)
RB.12.1	15	-01°21'16.0" S -61°51'55.8"W	29	20(140)
RB.10.5	18	-00°33'10.6"S -61°47'51.9"W	28	18(108)
RB.10	18	-00°36'26.9"S -61°48'33.7"W	17	07(9)
RB.8.20	21	-00°16'35.7"N -61°46'8.3"W	40	22(132)

¹ Nomes fornecidos às localidades por outro projeto de pesquisa em andamento

Com o intuito de realizar os experimentos de dispersão utilizamos duas lanchas rápidas (voadeiras), onde uma delas permanecia ancorada no rio, a 100 metros da margem. Todas as distâncias foram medidas com o auxílio de um GPS (Garmin, GPSMAP 62s), mantendo o nível de erro no mínimo de 3 m. Após a captura das aves nas redes de neblina e as realizações das medições (em terra), as aves eram transportadas em sacos de pano até a embarcação ancorada, onde foram soltas individualmente. Durante cada experimento, o tempo de chegada (na margem mais próxima) foi medido com um cronômetro. O vôo de cada ave foi seguido por um segundo observador com o auxílio de um binóculo, e caso estas não voassem diretamente até o ponto mais próximo da margem (100 m), o ponto de pouso era marcado, e posteriormente medido com o auxílio do GPS. Algumas aves não voaram até a costa, e caíram na água. Nestes casos, as aves foram resgatadas e posteriormente liberadas na margem do rio ou coletadas. A distância voada por estes indivíduos também foi medida com o GPS. Cinco indivíduos soltos nos experimentos não puderam ser acompanhados visualmente até a sua chegada, e foram excluídas das análises. Antes de cada soltura aferimos a velocidade do vento com o auxílio de um anemômetro digital (Modelo an 3010 Instrutemp Icel Manaus). Experimentos de dispersão não foram realizados em dias ou horários com ventos superiores a uma velocidade de 4m/s, pois estimamos que este poderia atrapalhar a capacidade das aves de voar em uma área aberta.

2.1 Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no baixo Rio Branco, estado de Roraima (Fig. 1). O Rio Branco, formado pela confluência dos rios Tacutu e Uraricuera, atravessa Roraima no sentido N-S. O baixo Rio Branco pode ser considerado a partir das corredeiras do Bem Querer, e se estende por aproximadamente 400 km, até a desembocadura do rio. Neste trecho do rio, a largura varia entre 700e 2000 m . A região do baixo Rio Branco possui uma estação climática bem definida, com o período chuvoso entre abril e setembro, e o período seco entre outubro e março (EMBRAPA, 2010). Os experimentos de dispersão foram realizados no início da estação seca.



Figura 1. Localização da área de estudo e dos pontos dos experimentos de dispersão no Rio Branco, RR (Fonte: GoogleEarth).

2.3 Medidas morfométricas

As medidas das aves foram realizadas a partir de: i) indivíduos em campo (peso, envergadura, e comprimento da asa); ii) fotografias digitais (área da asa, comprimento e largura do corpo); e iii) espécimes taxidermizados (índice de Kipp). Para obter medidas de peso, as aves foram pesadas individualmente em sacos de tecido, sendo o peso da ave representado pela diferença entre o peso obtido com a ave no interior do saco, e o saco vazio. Para medir a envergadura das aves, as asas foram estendidas por cima de uma régua de metal de 30 cm (Fig.2). O comprimento da asa foi medido com uma régua de metal, localizada na articulação do carpo (asa), até a maior primária (Fig. 2).



Figura 2. Exemplos de medidas obtidas nas aves vivas em campo (envergadura), e na coleção (comprimento da asa), para estimar o aspect ratio e o índice de Kipp, respectivamente.

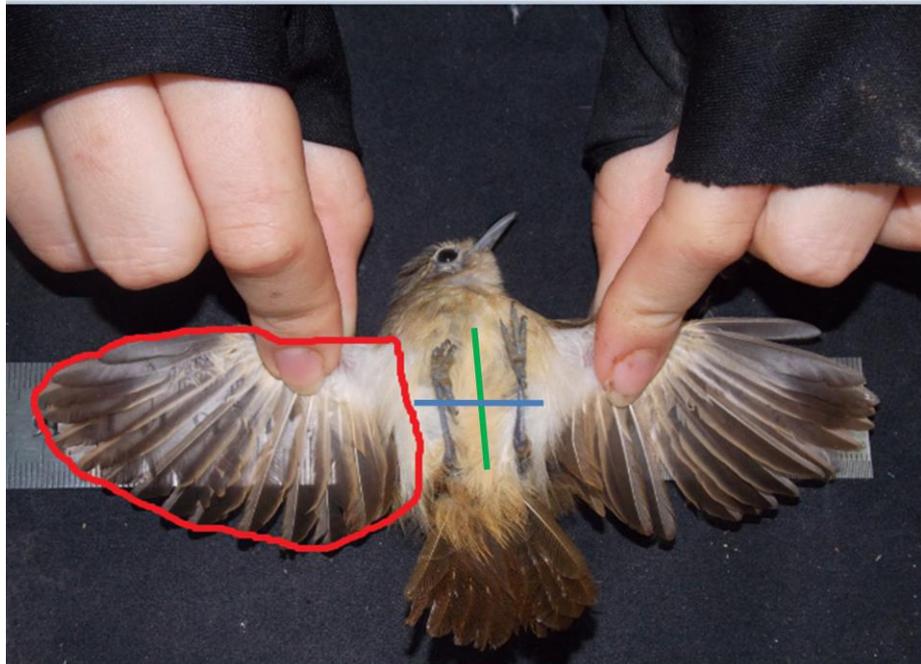


Figura 3. Fotografia digital (obtida em campo) e áreas medidas com o Software Image J, com detalhe para a área da asa (vermelho), comprimento do corpo (verde) e largura do corpo (azul).

Para obter medidas da área da asa e do corpo das aves, foram tiradas fotografias digitais em campo (Fig. 3). Os arquivos digitais (fotografias) foram importadas no software Image Jv. 1.47 [32bits] (Abramoff et al., 2004). Para realizar as medições, determinei primeiro uma escala (ferramenta “straight”), e posteriormente desenhei a área observada na fotografia (ferramenta “freehand”). O Image J fornece assim a área na unidade escolhida (cm^2).

2.4 Índices morfométricos

2.4.1 Índice de Kipp

O índice de Kipp foi obtido a partir dos espécimes coletados. Optamos assim para evitar um maior estresse nas aves. Este índice, desenvolvido por Friedrich Kipp, relaciona o comprimento das penas primárias em relação ao comprimento das penas secundárias para determinar a eficiência do voo (Kipp, 1942), e é obtido através da seguinte fórmula:

$$\mathbf{Kipp = 100*WL/DSI}$$

Onde WL é o comprimento da asa fechada (que vai da articulação à ponta da maior pena primária) e DSI é o comprimento da diferença entre as penas primárias e as penas secundárias. Para obter esta última, pode medir-se a distância entre a ponta da primeira pena secundária até a ponta da maior pena primária (Fig. 5). Estas variáveis, obtidas com a asa fechada tem por intuito representar a extensão da asa (WL), em relação a sua largura (DSI).

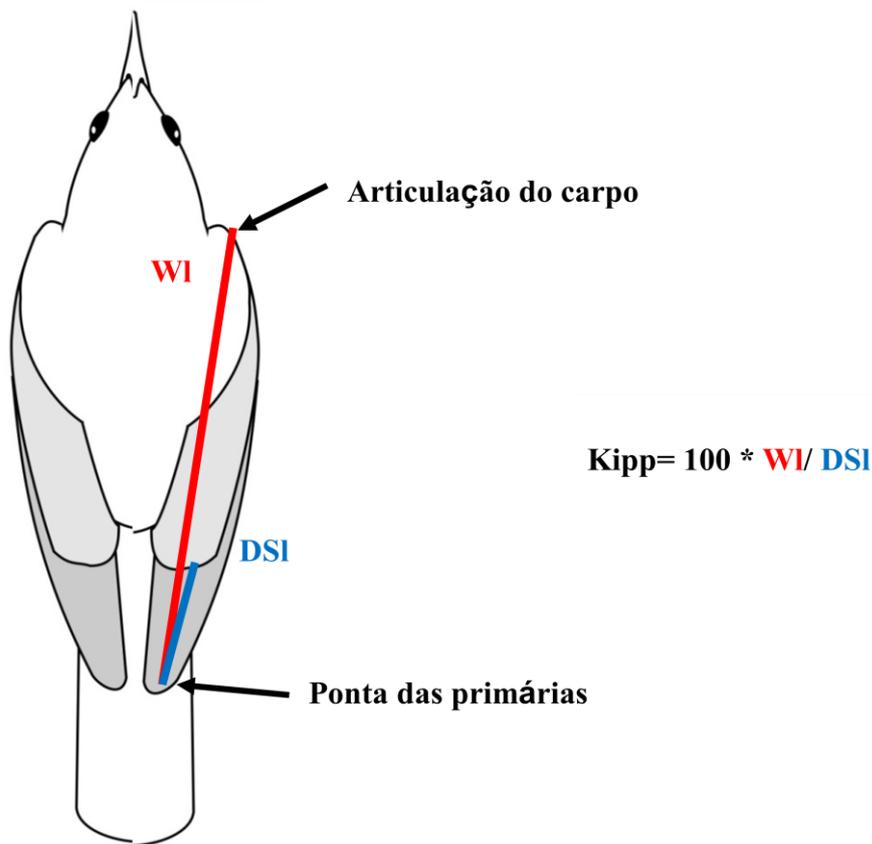


Figura 4. Medida linear usada para calcular o índice de Kipp. Onde WI representa o comprimento das penas primárias da asa e (DSI) o comprimento entre a primeira pena secundária à maior pena primária.

2.4.2 Razão do aspecto (*aspect ratio*)

Esta fórmula, desenvolvida por Rayner (1988), tem sido utilizada por outros autores mais recentes (Lockwood et al., 1998; Claramunt et al., 2012; Matyjasiak, 2013). A razão do aspecto leva em consideração a envergadura e a área total usada para o vôo (asas e parte ventral do corpo) (Fig.5), representando um avanço em relação ao índice de Kipp, pois inclui não apenas o comprimento das penas, mas também a área da asa. Infelizmente, esta medida não pode ser obtida a partir de aves taxidermizadas, a não ser que asas estendidas (spread wings) sejam preparadas nos espécimes.

A razão do aspecto pode ser calculada da seguinte forma:

$$RA=ENV^2/AV$$

Onde RA representa a razão do aspecto, ENV representa a envergadura das asas e AV representa a área total utilizada no vôo (incluindo ambas as asas e o corpo da ave) (Fig.5).

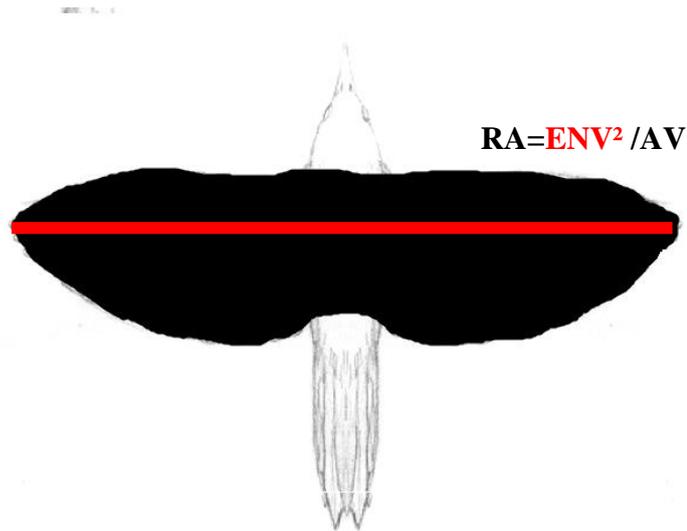


Figura 5. Medidas utilizadas para estimar a Razão do aspecto (*aspectratio*), incluindo a envergadura (linha vermelha) e a área de vôo (área em preto).

2.4.3 Capacidade de transporte

Esta equação, desenvolvida por Pennycuick (2008), adiciona variáveis relacionadas com o vôo, como: peso, envergadura, área total do vôo e algumas constantes. Segundo esta equação o principal fator determinante do desempenho do vôo de longa distância é o custo do transporte, que é o trabalho aerodinâmico feito no transporte de uma unidade de peso corporal durante uma unidade de distância (Pennycuick 2008).

A fórmula é formada pelas seguintes variáveis:

$$\mathbf{CPT = Pind + PPAR + Ppro,}$$

Onde CPT é a capacidade de transporte, o Pind representa a energia induzida necessária para suportar o peso da ave, que por sua vez é calculado pela seguinte fórmula:

$$\mathbf{Pind = 2k (mg)^2 / \rho V S b,}$$

Onde k é uma constante da força de arrasto induzido ($k = 1,2$, Pennycuick 1975), m a massa da ave, g a força da gravidade, ρ a densidade do ar, V a velocidade e Sb $\pi (b / 2)^2$ representa $\pi(3,14)$ e b e a envergadura).

O Ppar é a potência necessária para neutralizar a força de arrasto do corpo, sendo calculada pela seguinte fórmula:

$$\mathbf{PPAR = (1/2) \rho V^3 S b CD.par,}$$

Sendo ρ representa a densidade do ar e o $CD.par$ o coeficiente de arrasto da resistência, que segundo é de 0,05 (Pennycuick et al., 1996).

O Ppro é o poder independente contra o arrasto das asas. Segundo Norberg (1990), o perfil de energia pode ser calculado como:

$$\mathbf{Ppro = (1/2) \rho V^3 S CD.pro}$$

Onde S representa a área total de asa, e $CD.pro$ o coeficiente de arrasto de perfil, cujo valor é de 0,02 (Rayner, 1979). Substituindo as siglas pelas suas respectivas fórmulas a equação fica assim:

$$\mathbf{CPT = 2k (mg)^2 / \rho V \pi b^2 + (1/2) \rho V^3 (S b CD.par + S CD.pro)}$$

2.5 Análises estatísticas

Para avaliar se os índices morfométricos (Kipp, razão do aspecto e custo de transporte) diferiam entre as diferentes famílias de aves utilizadas nos experimentos de dispersão utilizei uma Análise de Variância (Anova). Apesar de oferecer um valor de significância, a Anova não explica quais variáveis são diferentes das outras. Para tal fim, utilizei o teste de Tukey da diferença honestamente significativa (*TukeyHSDhonestly significant difference*). Ambas análises, assim como as figuras foram realizadas no Programa R (R Core Development Team, 2013).

3 Resultados

3.1 Experimento de dispersão

Durante os trabalhos de campo no Rio Branco capturamos um total de 354 indivíduos de 77 espécies e 22 famílias nas redes de neblina. Um total de 152 indivíduos de 36 espécies e 12 famílias foram utilizados nos experimentos de dispersão. A maior parte das aves expostas aos experimentos (113 indivíduos, ~ 75 %) conseguiram atravessar voando os 100 m de rio até a margem, enquanto que 39 indivíduos não conseguiram atravessar. Menos da metade das espécies (16 espécies, ~ 45 %) tiveram 100 % de sucesso nos experimentos, enquanto que 5 espécies (~14 %) fracassaram em 100 % dos casos (Tab.1). Por outro lado, 15 espécies tiveram indivíduos que obtiveram sucesso e fracassos em atravessar os 100m . Em termos de famílias, cinco (~42%) tiveram sucesso em 100 % dos casos, enquanto que nenhuma família teve fracassos em todas as espécies. As Famílias Trochilidae, Alcenidae, Galbulidae,

Tityridae e Tyrannidae foram as mais bem sucedidas com 100 % de sucessos, enquanto que as Famílias com piores resultados foram os Thamnophilidae, Troglodytidae, e Rhynchocyclidae (Fig. 6).

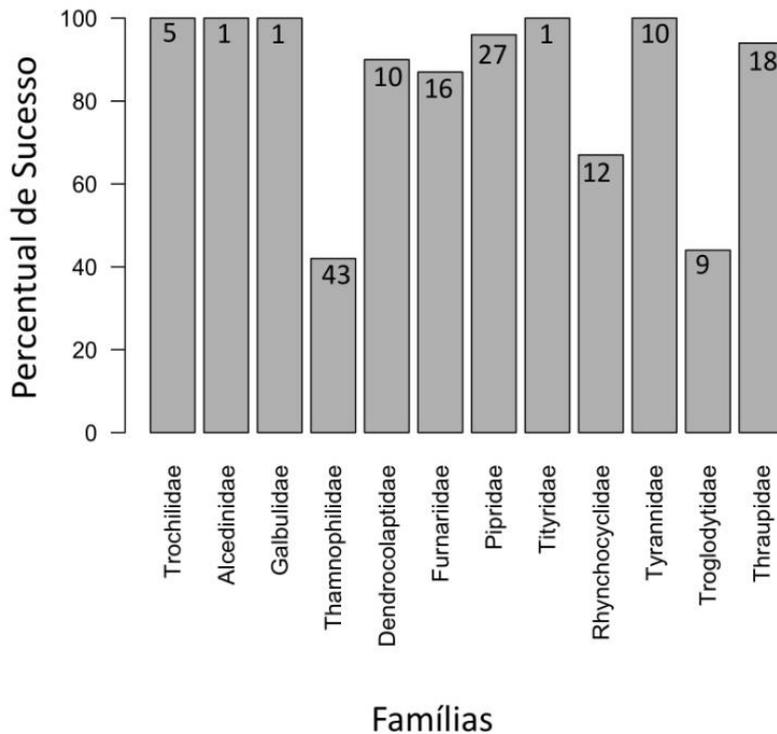


Figura 6. Percentual de sucesso nos experimentos de dispersão nas diferentes famílias (o valor indicado nas barras se refere ao número de indivíduos representados em cada família).

Tabela 2. Lista das espécies e tamanho amostral das aves utilizadas nos experimentos de dispersão, incluindo o percentual de sucessos, e seus respectivos valores médios, desvios, e rangos da Razão do aspecto e da capacidade de transporte.

Famílias e espécies	Nº Amostral	Sucesso (%)	Aspect ratio°	Capacidade de transporte°
Trochilidae				
<i>Glaucis hirsutus</i>	4	100	9,1±1,1(7,9-10,5)	12,2 ±0,6(11,5-13,1)
<i>Phaethornis rufurumii</i>	1	100	10,9	12,6
Alcedinidae				
<i>Chloroceryle aenea</i>	1	100	3,7	8,2
Galbulidae				
<i>Galbula galbula</i>	1	100	6,9	11,2
Thamnophilidae				

Famílias e espécies	Nº Amostral	Sucesso (%)	Aspect ratio ^o	Capacidade de transporte ^o
<i>Myrmotherula axillaris</i>	4	25	5,1±0,3(4,7-5,5)	9,6±0,2(9,4-10,0)
<i>Thamnophilus murinus</i>	1	0	3,5	8,2
<i>Thamnophilus punctatus</i>	1	100	5,3	9,8
<i>Thamnophilus aethiops</i>	4	25	3,8±0,45(3,4-4,5)	8,3±0,3(8,0-8,8)
<i>Hypocnemoides melanopogon</i>	9	44	3,2±0,6(7; 2,5-4,1)*	7,8±0,8(7; 6,8-9,0)*
<i>Hylophylax punctulatus</i>	8	75	3,7±1,0(2,6-5,8)	8,3±1,0(7,2-10,3)
<i>Myrmoborus leucophrys</i>	7	29	3,9±1,1(3,1-5,7)	8,3±1,0(7,5-9,9)
<i>Myrmoborus lugubris</i>	4	50	3,8±0,7(6; 3,0-5,1)*	8,4±0,5(6; 7,6-9,2)*
<i>Cercomacra tyrannina</i>	1	0	5,8	9,9
<i>Cercomacra carbonaria</i>	1	0	4,3	8,8
<i>Hypocnemis flavescens</i>	2	0	5,3±1,6(4,1-6,5)	9,6±1,2(8,7-10,5)
<i>Gymnopithys rufigula</i>	1	100	6,1	10,2
Dendrocolaptidae				
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	1	100	3,5	8,2
<i>Xiphorhynchus obsoletus</i>	7	100	4,1±0,8(2,8-5,2)	9,0±2,3(7,8-10,2)
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	1	100	4,1	8,8
<i>Dendrocolaptes certhia</i>	1	0	4,9	9,8
Furnariidae				
<i>Furnarius leucopus</i>	4	100	4,3±0,8(3,6-5,3)	9,1±0,6(8,5-9,8)
<i>Philydor pyrrhodes</i>	1	100	5,90	10,5
<i>Synallaxis gujanensis</i>	9	78	4,2±0,7(3,2-4,9)	8,6±0,7(7,7-9,8)
<i>Cranioleuca vulpina</i>	2	100	6,0±0,5(5,6-6,4)	10,2±0,5(9,8-10,7)
Pipridae				
<i>Pipra filicauda</i>	27	96	3,7±0,8(16; 2,0-5,5)*	8,4±1,0(16; 6,4-10,2)*
Tityridae				
<i>Schiffornis major</i>	1	100	2,8	7,2
Rhynchocyclidae				
<i>Mionectes oleagineus</i>	5	60	4,9±0,9(3,8-5,8)	9,6±0,8(8,6-10,4)
<i>Tolmomyias poliocephalus</i>	2	50	4,9±0,3(3; 4,5-5,2)*	9,58±0,3(3; 9,3-9,9)*
<i>Todirostrum maculatum</i>	5	80	5,1±0,9(3,5-5,9)	9,37±0,8(7,9-10,0)
Tyrannidae				
<i>Ramphotrigon ruficauda</i>	3	100	3,9±0,4(3,5-5,7)	8,7±0,4(8,2-9,0)
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	1	100	3,00	7,8
<i>Cnemotriccus fuscatus</i>	6	100	4,6±0,9(3,3-5,7)	9,4±0,9(8,1-10,4)
Troglodytidae				

<i>Pheugopedius coraya</i>	5	60	4,7±1,0(3,4-5,4)	8,9±0,7(7,8-9,7)
Famílias e espécies	Nº Amostral	Sucesso (%)	Aspect ratio^o	Capacidade de transporte^o
<i>Cantorchilus leucotis</i>	4	25	5,4±0,5(2; 5,0-5,8)*	9,7±0,4(2; 9,4-10,1)*
Thraupidae				
<i>Ramphocelus carbo</i>	13	92	4,4±1,3(2,6-5,9)	9,0±1,2(7,1-11,0)
<i>Conirostrum bicolor</i>	5	100	5,4±0,9(3,8-6,2)	10,0±0,9(8,5-10,7)

Nota. ° Média ± Desvio padrão(rango). *Média± Desvio padrão(Número de espécies; rango)

Tabela 3.Lista das espécies e tamanho amostral das aves utilizadas para obter os valores do índice de Kipp a partir de espécimes de museu, e valores médios, desvios e rangos de distribuição do índice calculado.

Famílias e espécies	Nº Amostral	Índice de Kipp
Trochilidae	4	63,1±3,8(57,4-65,5)
<i>Glaucis hirsutus</i>	1	57,4
<i>Phaethornis rupurumii</i>	3	65,1±0,3(64,8-65,5)
Alcedinidae	2	15,31±1,07
<i>Chloroceryle aenea</i>	2	15,3±1,0 (14,5-16,7)
Galbulidae	1	19,4
<i>Galbula galbula</i>	1	19,4
Thamnophilidae	39	11,9±1,9(7,5-15,3)
<i>Myrmotherula axillaris</i>	3	13,9±1,0(13,0-15,1)
<i>Thamnophilus murinus</i>	2	11,5±1,0 (10,8-12,3)
<i>Thamnophilus punctatus</i>	2	7,5±0,06(7,5-7,6)
<i>Thamnophilus aethiops</i>	4	9,7±0,6(9,3-10,7)
<i>Hypocnemoides melanopogon</i>	5	14,7±3,4(14,2-15,3)
<i>Hylophylax punctulatus</i>	5	12,2±0,4(11,5-12,7)
<i>Myrmoborus leucophrys</i>	7	12,1±0,6(11,1-12,8)
<i>Myrmoborus lugubris</i>	3	12,5±0,4(12,0-13,0)
<i>Cercomacra tyrannina</i>	2	11,5±0,09 (11,4-11,6)
<i>Cercomacra carbonaria</i>	2	13,5±0,5 (13,1-13,9)
<i>Hypocnemis flavescens</i>	3	10,0±0,6(9,2-10,5)
<i>Gymnopithys rufigula</i>	1	9,1
Dendrocolaptidae	16	19,0±3,0(15,0-24,2)
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	4	23,7±2,0 (20,0-24,2)
<i>Xiphorhynchus obsoletus</i>	6	19,4±1,8(16,2-21,70)
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	3	15,9±1,0(15,0-17,1)
<i>Dendrocolaptes certhia</i>	3	16,6±0,2(16,4-16,8)

Famílias e espécies	Nº Amostral	Índice de Kipp
Furnariidae	12	14,8±3,2(8,6-19,8)
<i>Furnarius leucopus</i>	2	14,0±0,8(13,4-14,7)
<i>Philydor pyrrhodes</i>	4	17,7±1,4(16,6-19,8)
<i>Synallaxis gujanensis</i>	5	12,2±3,0(8,6-16,1)
<i>Cranioleuca vulpina</i>	1	17,2
Pipridae	9	16,6±1,9 (12,6-18,7)
<i>Pipra filicauda</i>	9	16,6±1,9 (12,6-18,7)
Tityridae	3	15,4±1,5(13,7-16,3)
<i>Schiffornis major</i>	3	15,4±1,5(13,7-16,3)
Rhynchocyclidae	7	14,7±1,6(12,5-16,8)
<i>Mionectes oleagineus</i>	5	15,1±1,6(12,5-16,8)
<i>Tolmomyias poliocephalus</i>	0	0
<i>Todirostrum maculatum</i>	2	13,8±1,9(12,5-15,2)
Tyrannidae	7	15,32±0,58(14,2-15,8)
<i>Ramphotrigon ruficauda</i>	1	15,8
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	1	15,6
<i>Cnemotriccus fuscatus</i>	5	15,1±0,6(14,2-15,7)
Troglodytidae	9	9,57±1,05(8,1-10,9)
<i>Pheugopedius coraya</i>	6	11,0±0,9(8,3-20,7)
<i>Cantorchilus leucotis</i>	8	9,8±1,4(8,1-10,9)
Thraupidae	7	14,5±3,8(6,9-18,1)
<i>Ramphocelus carbo</i>	3	11,3±3,8 (6,9-13,7)
<i>Conirostrum bicolor</i>	4	16,9±1,2 (15,7-18,1)

3.2 Índice de Kipp

Os valores do índice de Kipp diferiram significativamente entre as diferentes famílias de aves (ANOVA, $F_{(12,103)} = 160,8$, $p=2e-16$). Os índices de Kipp da família Trochilidae (63.17 ± 3.85) foram mais elevados do que de todas as outras famílias utilizadas nos experimentos (teste de

Tukey, $p < 1e-8$). Os menores valores encontrados foram os das famílias Troglodytidae (9.57 ± 1.05) e Thamnophilidae (11.93 ± 1.94), que diferiam significativamente da maior parte das famílias (Fig. 7). O teste de Tukey mostrou que índices de Kipp foram também estatisticamente diferentes entre os Thamnophilidae e as famílias Dendrocolaptidae, Pipridae, Tyrannidae, e Furnaridae (Anexo 1); e entre os Troglodytidae e as famílias Dendrocolaptidae, Furnaridae, Pipridae, Tityridae, Rhynchocyclidae, Tyrannidae, e Thraupidae (Fig. 8, Anexo 1). Além dessas famílias, a família Dendrocolaptidae teve diferenças significativas com os Furnaridae, Rhynchocyclidae, e Thraupidae (Anexo 1).

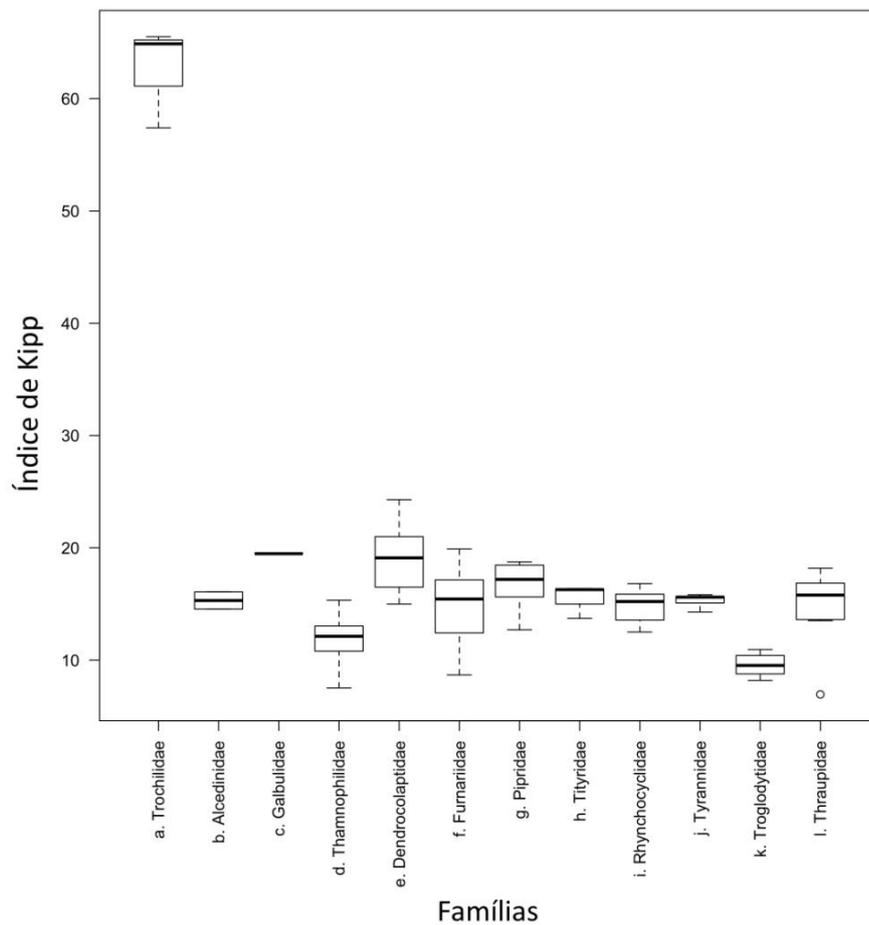


Figura 7. Valores dos índices de Kipp para 12 famílias de aves que participaram dos experimentos de dispersão

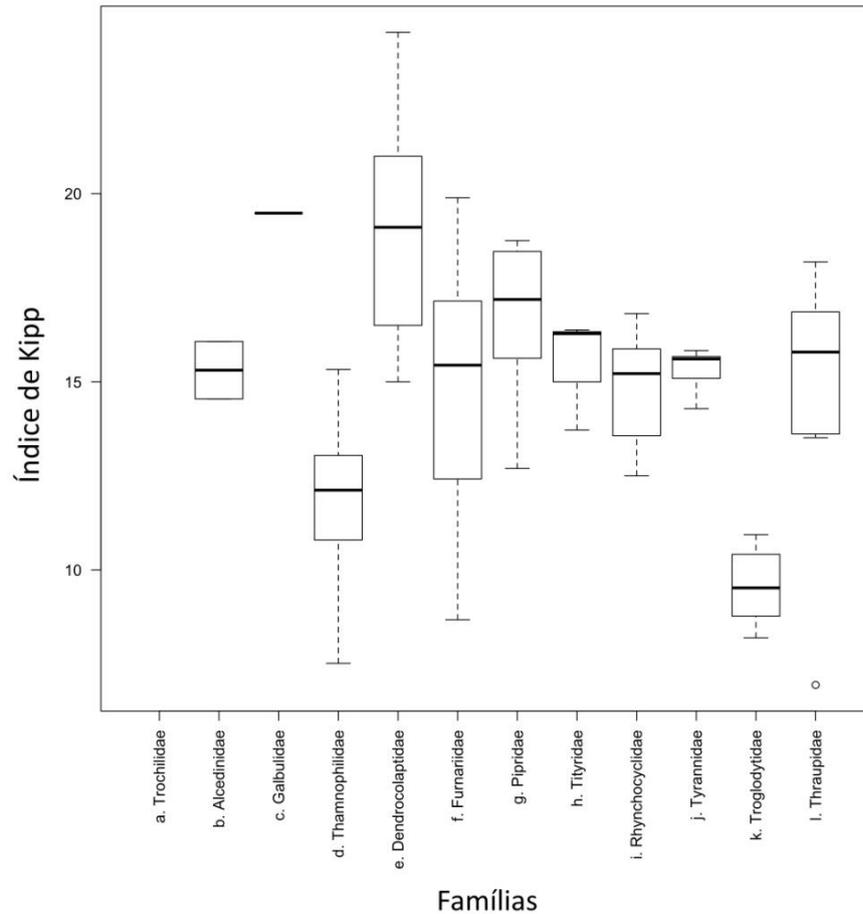


Figura 8. Valores dos índices de Kipp para 11 famílias de aves que participaram dos experimentos de dispersão, excluindo a família Trochilidae.

3.3 Razão do Aspecto

Os valores da razão do aspecto diferiram significativamente entre as diferentes famílias de aves (ANOVA, $F_{(11,130)} = 13.11$, $p < 2e-16$). O teste de Tukey apontou diferenças significativas entre a família Trochilidae e todas as outras famílias de aves, exceto a família Galbulidae (Fig. 9, Anexo 2). As outras famílias, não diferiram significativamente entre si, inclusive as duas famílias com os menores valores de sucesso nos experimentos (Thamnophilidae e Troglodytidae).

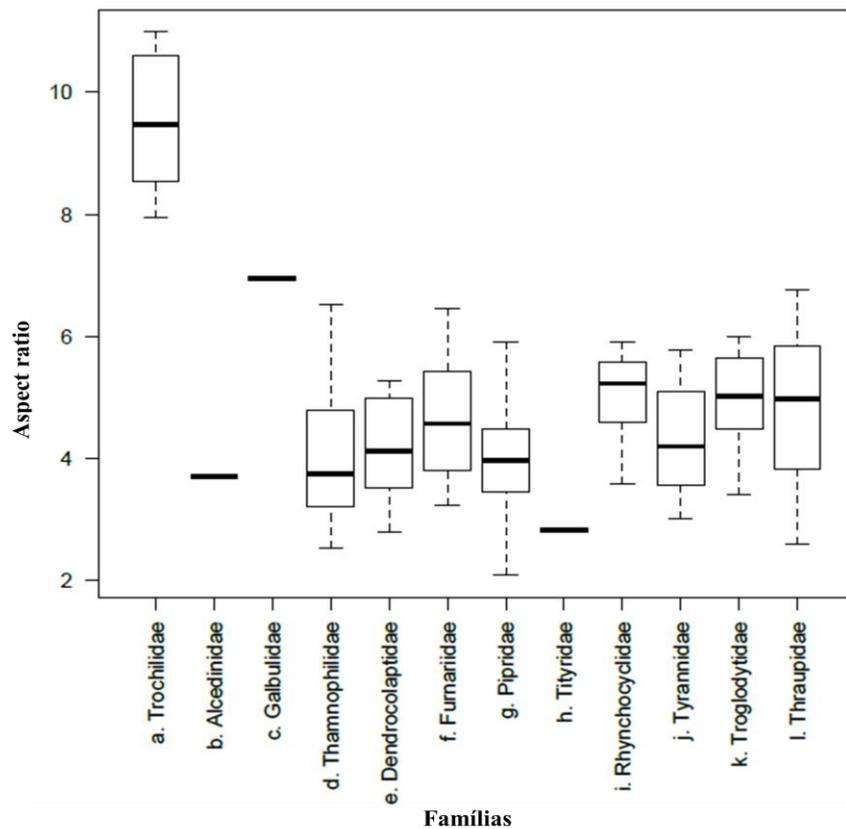


Figura 9. Valores da razão do aspecto para 12 famílias de aves que participaram dos experimentos de dispersão.

3.4 Capacidade de Transporte

Embora os valores da capacidade de transporte diferiram significativamente entre as diferentes famílias de aves (ANOVA, $F_{(11,130)} = 7.51$, $p < 6.8e-10$). O teste de Tukey apresentou diferença significativa entre a família Trochilidae e todas as outras famílias de aves, exceto a família Galbulidae (Fig. 10, Anexo 3). As outras famílias, não diferiram significativamente entre si, inclusive as duas famílias com os menores valores de sucesso nos experimentos (Thamnophilidae e Troglodytidae).

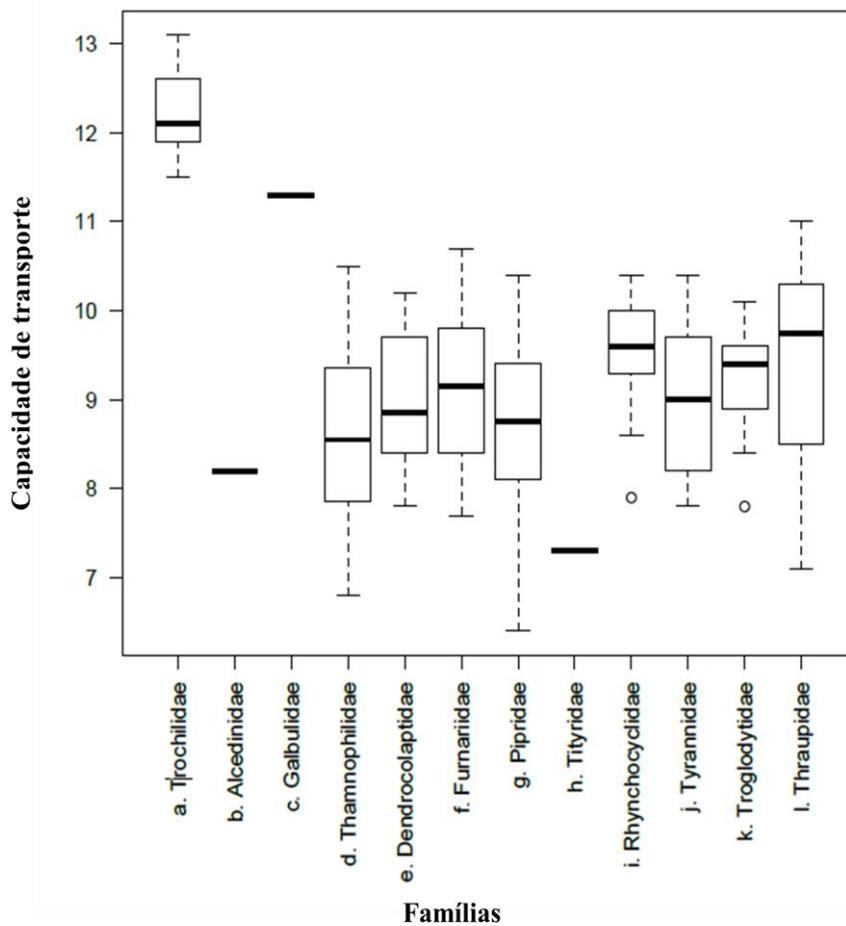


Figura 10. Valores da capacidade de transporte para 12 famílias de aves que participaram dos experimentos de dispersão.

4 Discussão

Este estudo avaliou a capacidade de dispersão em aves florestais de ambientes alagados na Amazônia através de experimentos de dispersão, onde aves eram apresentadas com o desafio de atravessar 100 m de rio. A metodologia aplicada foi utilizada pela primeira vez por Moore e colaboradores (2008), e se mostrou eficiente para prever a colonização de ilhas isoladas no canal do Panamá. Nosso estudo é o primeiro em aplicar uma abordagem experimental para avaliar a capacidade de dispersão de aves amazônicas. Assim como os resultados encontrados no Panamá, a resposta das aves aos experimentos variou entre as diferentes espécies e entre as diferentes famílias, sugerindo que a capacidade de dispersão não é homogênea nestes organismos e pode limitar a dispersão de novas áreas.

Duas famílias de aves (Thamnophilidae e Troglodytidae) se destacaram por fracassar em mais da metade dos experimentos. Estes grupos de aves insetívoras são conhecidas por habitarem o interior do sub-bosque florestal. Das 12 espécies de Thamnophilidae testados, apenas duas (*Thamnophilus punctatus* e *Gymnopithys rufigula*) tiveram 100 % de sucesso em atravessar os 100 m de rio. Quatro espécies obtiveram 100% de fracasso nos experimentos (*Thamnophilus murinus*, *Cercomacra tyrannina*, *Cercomacra carbonária*, *Hypocnemis flavescens*) e todas as outras espécies tiveram pelo menos dois indivíduos que não conseguiram vencer os 100m.

A questão da baixa capacidade de dispersão dos Thamnophilidae não é inovador. Bates (2002) estimou a distância de dispersão em algumas espécies desta família como sendo inferior a 270 m. Das 10 espécies de aves nos experimentos no Panamá, os quatro piores dispersores foram da família Thamnophilidae (Moore et al., 2008). Aves desta família possuem territórios fixos e são consideradas sedentárias (Zimmer & Isler, 2003), e eles apresentaram baixos índices em atravessar estradas de poucos metros de comprimento na Amazônia (Laurance et al., 2004). Observações oportunísticas registraram que estas aves são tão especializadas para as condições de não luminosas do interior da floresta, que foram observados evitando até mesmo atravessar clareiras naturais (de árvores caídas) no interior da floresta (Thiollay, 1992). Isto sugere que a capacidade de vôo pode, em parte, estar relacionada com as características físicas do animal, mas a sensibilidade a luz pode também inibir a ação destas aves criando barreiras parciais, impedindo movimentos naturais e fluxo gênico e, potencialmente, diminuindo populações locais (Forman & Alexander, 1998). Por outro lado, alguns Thamnophilidae ocorrem em ilhas ribeirinhas em rios amazônicos, distantes até 2 km da margem dos rios, sugerindo que algumas espécies desta família podem sim superar longas distâncias (Sick 1997).

Do outro lado do gradiente, estão varias famílias de aves que superaram facilmente os desafios apresentados por 100 m de água. As famílias Trochilidae, Galbulidae, Dendrocolaptidae e Pipridae foram as que obtiveram melhores resultados nos experimentos levando em conta o número de sucessos das suas espécies. Apenas dois dos 43 indivíduos soltos dessas famílias fracassaram na tentativa de atravessar 100 m de rio (uma *Pipra filicauda* e um *Dendrocolaptes certhia*). Experimentos com *Pipra filicauda* de 200, 300 e 400m e *Ramphocelus carbo* de 200 e 300m realizados no Rio Branco também foram bem sucedidos (dados não apresentados). A família Galbulidae foi a segunda família a apresentar os maiores valores em todos os índices, confirmando assim uma boa capacidade de vôo. No entanto, o número amostral de apenas um indivíduo não permite aferir com convicção o

resultado dos experimentos. Novos experimentos com as espécies de aves com baixo numero amostral serão necessários para podermos tirar conclusões mais robustas. Porém, os índices encontrados sugerem que essa família tem plena capacidade de voar distâncias consideráveis.

Um dos principais objetivos deste trabalho foi investigar a relação entre medidas morfométricas e morfológicas da asa e o sucesso ou fracasso nos experimentos. Fazendo uma comparação dos resultados do experimento com os resultados dos índices vemos que as famílias que apresentaram altos valores do índice de Kipp, foram em geral, bem sucedidas nos experimentos. Por outro lado, os piores resultados tanto no experimento quanto no índice de Kipp foram obtidas pelas famílias Troglodytidae e Thamnophilidae (citadas acima). Desta forma, uma comparação entre os resultados do índice de Kipp e os sucessos e fracassos em campo, sugere que este índice representa um bom preditor da capacidade de dispersão no ambiente estudado. Por outro lado, ao que parece, não há um valor mínimo limite para poder voar em relação a este índice. Os indivíduos com os menores índices encontrados (*Ramphocelus carbo*) superaram o experimento sem problemas. Porém, de forma geral, a medida do comprimento das primárias em relação ao das secundárias, parece ter alguma ligação com a capacidade de voar bem.

A Razão do aspecto e o custo de transporte não forneceram resultados que permitissem correlacionar seus valores com os obtidos nos experimentos, pois as variáveis estudadas não conseguiram separar grupos de bons e maus dispersores. Embora a família Trochilidae tenha obtido os valores mais elevados nas três variáveis (índice de Kipp, Razão do aspecto, e custo de transporte), os beija-flores não se sobressaíram mais que os outros grupos que também tiveram sucesso em 100 % de sucesso nos experimentos.

Os beija-flores são conhecidos por ter uma elevada capacidade de dispersão, além de ter várias espécies migratórias (Cavalcanti, 1990) e no experimento do Panamá, os beija-flores superaram todos os desafios, atravessando até 300 m de água (Moore et al., 2008). O relativo fracasso da Razão do aspecto e do custo de transporte em prever a distinção de valores entre as famílias nos experimentos, possivelmente se deva as medidas destas duas variáveis serem, em geral, mais homogêneas entre os não-Trochilidae que de fato, não houve diferenças significativas entre nenhum dos grupos exceto nos Trochilidae.

Portanto, podemos dizer que talvez a capacidade de dispersão na comunidade de aves possa ser por conta da morfologia das asas ou um subproduto de adaptações ecológicas e estratégias para a migração. mas experimentos desse tipo são importantes para entender a capacidade do vôo das aves, e com ele os padrões de distribuição das espécies, para com isso ajudar a conservar as espécies e seus habitats. Em trabalhos futuros, possivelmente,

aumentaremos a distância fixa do rio para que possamos avaliar com mais exatidão se a morfologia das asas é uma questão fundamental para prever a capacidade de dispersão de uma ave, visto que a distância de 100 m é de certa forma curta para prever com convicção a capacidade de dispersão das aves.

5. Conclusão

As aves em geral obtiveram resultados expressivos em atravessar uma distância fixa, sendo algumas famílias melhores que outras. A utilização de medidas morfométricas e morfológicas para explicar o sucesso e o fracasso dos experimentos foi efetiva, visto que as espécies de aves que tiveram um grande sucesso nos experimentos também alcançaram altos resultados no índice de Kipp.

6. Referências Bibliográficas

ABRAMOFF, M. D., MAGALHAES, P. J. and RAM, S. J. "Image Processing with ImageJ". **Biophotonics International**. V.11, Nº 7, pg 36-42, 2004.

BATES, J. M. The genetic effects of forest fragmentation on five species of Amazonian birds. **Journal of Avian Biology**., V. 33, p. 276-294, 2002.

BURNEY, C. W. and BRUMFIELD, R. T. Ecology Predicts Levels of Genetic Differentiation in Neotropical Birds. **The American Naturalist**. V.174, Nº 3, 2009.

CAVALCANTI, R. B. Migrações de aves no Cerrado. 110-116. **Anais do II Encontro Nacional de Anilhadores de Aves.Pernambuco, Universidade Federal Rural de Pernambuco**. 1990.

CAPPARELLA, A. P. Genetic Variation in Neotropical Birds:Implications for the Speciation Process. **Acta XIX Congressus Internationalis Ornithological**. 1988.

CLARAMUNT, S. et al. High dispersal ability inhibits speciation in a continental radiation of passerine birds. **Proceedings of the Royal Society B**.V. 279, Nº15,pg 67–1574, 2012.

CLARAMUNT, S. Discovering exceptional diversifications at continental scales: the case of the endemic families of Neotropical suboscine passerines. **Evolution**. V. 64, Nº 7, pg 2004-2019, 2010.

DAWIDEIT, B. A. et. al. Ecomorphological predictors of natal dispersal distances in birds. **Journal of Animal Ecology** ,V. 78,pg 388–395, 2009.

DI MARE, R. A. and CORSEUIL, E. Morfometria de Papilioninae (Lepidoptera, Papilionidae) ocorrentes em quatro localidades do Rio Grande do Sul, Brasil. II. Relação entre partes do corpo, aerodinâmica de vôo e tipos de asas. **Revista Brasileira de Zoologia**, V.21, pg 833–846, 2000.

FORMAN, R. T. and ALEXANDER, L. E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**. V.29, pg 207-231. 1998.

GILL, F. B. **Ornithology**. 3^a ed. Hardcover, 2003.

GREENEWAL, T. H. C. The Flight of Birds: The Significant Dimensions, Their Departure from the Requirements for Dimensional Similarity, and the Effect on Flight Aerodynamics of That Departure. **Transactions of the American Philosophical Society**. V.65, N^o4, pg 1-67,1975.

HAYES, F. E. and SEWLAL J. N. The Amazon River as a dispersal barrier to passerine birds: effects of river width, habitat and taxonomy. **Journal of Biogeography**, 31, 1809–1818, 2004.

HEDENSTRÖM, A. Aerodynamics, evolution and ecology of avian flight. **Ecology & Evolution**, V.17,N^o 9, 2002.

KIPP, F. A. **Ulber Fltigelbau and Wanderzug der Vogel**. BioL Zentralbl. 62: 289-299,1942.

KOMDEUR, J. et al. Why Seychelles Warblers fail to recolonize nearby islands: unwilling or unable to fly there?. **Ibis**, V.146, pg 298–302, 2004.

LAURANCE,S. G. W.;STOUFFER, P. C. and LAURANCE, W. F. Effects of road clearings a movement patterns of understory rainforest birds in central Amazonia. **Conservation Biology**, V. 18, N^o4, 2004.

LOCKWOOD, R., SWODDIE, J. P. and RAYNER J.M.V. Avian wingtip shape reconsidered: wingtip shape indices and morphological adaptations to migration. **Journal of Avian Biology**, V.29, pg 273-292, 1998.

MATYJASIAK, P. Timing of arrival from spring migration is associated with flight performance in the migratory barn swallow. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. V. 67, pg 91–100, 2013.

MOORE, R.P. et al. Experimental evidence for extreme dispersal limitation in tropical forest birds. **Ecology Letters**, V.11, pg 960–968, 2008.

MULVIHILL, R. S. and CHANDLER, R. C. A comparison of wing shape between migratory and sedentary dark-eyed juncos (*Junco hyemalis*). **The Condor**, V. 93, pg ~172-175, 1991.

NAKA, L. N. Avian distribution patterns in the Guiana Shield: implications for the delimitation of Amazonian areas of endemism. **Journal of Biogeography** , V. 38, pg 681–696, 2011.

NAKA, L. N., et. al. The Role of Physical Barriers in the Location of Avian Suture Zones in the Guiana Shield, Northern Amazonia. **The American Naturalist**, V.179, N°4, 2012.

NORBERG, U. Vertebrate Flight. **Zoophysiology and Ecology**, V. 27, 1990.

NORBERG, U. M. and RAYNER J. M. V. Ecological Morphology and Flight in Bats (Mammalia; Chiroptera): Wing Adaptations, Flight Performance, Foraging Strategy and Echolocation. **Proceedings of the Royal Society**, V.316, N°1179, pg335-427, 1987.

NORBERG, U. M. How a long tail and changes in mass and wing shape affect the cost for flight in animals. **Functional Ecology**, V.9, pg 48-54, 1995.

PENNYCUICK, C. J. Mechanics of flight. **Avian Biology**, V.5, pg 1–75. 1975

PENNYCUICK, C. J. **Modelling the flying bird (Theoretical ecology series)**. Elsevier. 2008

POUGH, et. al. **A vida dos vertebrados**. 4ªed. São Paulo, Atheneu, 2008.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2013.

RAYNER, V. M. J. and SWADDLE J. P. Aerodynamics and behaviour of moult and take-off in birds, In: **Running Head: Moult and take-off in birds**, 1999.

RAYNER, J. M. V. Form and function in avian flight. **Current. Ornithology**. V. 5, pg 1–66,1988.

RAYNER, J. M. V. A new approach to animal flight mechanics. **The Journal of Experimental Biology**. V.80, pg 17–54,1979.

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

THIOLLAY, J. M. Influence of selective logging on bird species diversity in a guinian rain forest. **Conservation Biology**, V.6, pg 47-63.1992,

TURCHIN, P. Quantitative Analysis of Movement: Measuring and Modeling Population Redistribution in Animals and Plants. **Sinauer**, 1998.

WALLACE, A. R. On the monkeys of the Amazon. **Proceedings of the Zoological Society of London**.V. 20,pg 107–110, 1852.

WINKLER, H. and LEISLER, B. On the ecomorphology of migrants. **Ibis**, V.134, N°1, pg 21-28,1991.

ZIMMER, K. J. and LEISLER, M. Family Thamnophilidae (Typical antbirds). pg 448–681 in Handbook of the birds of the world. V. 8. Broadbills to Tapaculos (J. del Hoyo, A. Elliot, and D. A. Christie, Editors). Lynx Edicions, Barcelona, Spain.2003

Anexo1. Resultados do teste de Tukey identificando os grupos cujas medias do índice de Kipp diferem estatisticamente.

Famílias	diff	lwr	upr	p
Alcedinidae- Trochilidae	47,86	54,80	40,94	1e-8
Galbulidae-Trochilidae	43,69	52,64	34,75	1e-8
Thamnophilidae- Trochilidae	51,24	55,44	47,04	1e-8
Dendrocolaptidae-Trochilidae	44,08	48,56	39,62	1e-8
Furnariidae-Trochilidae	48,34	52,96	43,72	1e-8
Pipridae-Trochilidae	46,48	51,29	41,67	1e-8
Tityridae-Trochilidae	47,72	53,83	41,60	1e-8
Rhynchocyclidae-Trochilidae	48,40	53,42	43,39	1e-8
Tyrannidae- Trochilidae	47,86	52,87	42,84	1e-8
Troglodytidae-Trochilidae	53,60	58,40	48,79	1e-8
Thraupidae- Trochilidae	48,62	53,64	43,61	1e-8
Galbulidae- Alcedinidae	4,17	5,63	13,97	0,96
Thamnophilidae-Alcedinidae	3,37	9,18	2,43	0,73
Dendrocolaptidae- Alcedinidae	3,78	2,22	9,78	0,62
Furnariidae-Alcedinidae	0,47	6,58	5,64	1
Pipridae- Alcedinidae	1,38	4,87	7,64	1
Tityridae-Alcedinidae	0,15	7,15	7,46	1
Rhynchocyclidae-Alcedinidae	0,54	6,95	5,88	1
Tyrannidae- Alcedinidae	0,01	6,40	6,43	1
Troglodytidae-Alcedinidae	5,73	11,98	0,53	0,11
Thraupidae-Alcedinidae	0,76	7,17	5,66	1
Thamnophilidae- Galbulidae	7,55	15,65	0,56	0,09
Dendrocolaptidae- Galbulidae	0,39	8,64	7,85	1
Furnariidae-Galbulidae	4,64	12,97	3,69	0,78
Pipridae- Galbulidae	2,79	11,22	5,65	0,99
Tityridae-Galbulidae	4,02	13,26	5,22	0,95
Rhynchocyclidae-Galbulidae	4,71	13,26	3,85	0,79
Tyrannidae-Galbulidae	4,16	12,71	4,39	0,90
Troglodytidae-Galbulidae	9,90	18,34	1,47	0,01
Thraupidae-Galbulidae	4,93	13,48	3,63	0,74
Dendrocolaptidae-Thamnophilidae	7,15	4,78	9,53	1e-8

Famílias	diff	lwr	upr	p
Furnariidae-Thamnophilidae	2,91	0,26	5,55	0,02
Pipridae-Thamnophilidae	4,76	1,80	7,72	2e-5
Tityridae- Thamnophilidae	3,53	1,27	8,32	0,38
Rhynchocyclidae-Thamnophilidae	2,84	0,45	6,12	0,16
Tyrannidae-Thamnophilidae	3,39	0,10	6,67	0,04
Troglodytidae- Thamnophilidae	2,35	5,31	0,60	0,26
Thraupidae- Thamnophilidae	2,62	0,67	5,90	0,26
Furnariidae- Dendrocolaptidae	4,25	7,30	1,19	5e-4
Pipridae- Dendrocolaptidae	2,39	5,73	0,94	0,42
Tityridae- Dendrocolaptidae	3,63	8,66	1,41	0,41
Rhynchocyclidae- Dendrocolaptidae	4,31	7,94	0,69	0,01
Tyrannidae-Dendrocolaptidae	3,77	7,39	0,14	0,03
Troglodytidae- Dendrocolaptidae	9,51	12,84	6,17	1e-8
Thraupidae- Dendrocolaptidae	4,53	8,16	0,91	3e-3
Pipridae-Furnariidae	1,85	1,68	5,38	0,84
Tityridae-Furnariidae	0,62	4,55	5,79	1
Rhynchocyclidae- Furnariidae	0,07	3,87	3,74	1
Tyrannidae-Furnariidae	0,48	3,33	4,29	1
Troglodytidae- Furnariidae	5,26	8,79	1,73	4e-1
Thraupidae-Furnariidae	0,29	4,09	3,52	1
Tityridae- Pipridae	1,23	6,57	4,10	1
Rhynchocyclidae-Pipridae	1,92	5,95	2,11	0,91
Tyrannidae-Pipridae	1,37	5,40	2,66	0,99
Troglodytidae- Pipridae	7,11	10,88	3,34	5e-7
Thraupidae-Pipridae	2,14	6,17	1,89	0,83
Rhynchocyclidae-Tityridae	0,69	6,21	4,84	1
Tyrannidae- Tityridae	0,14	5,66	5,38	1
Troglodytidae-Tityridae	5,88	11,21	0,55	0,02
Thraupidae-Tityridae	0,91	6,43	4,61	1
Tyrannidae-Rhynchocyclidae	0,55	3,73	4,82	1
Troglodytidae-Rhynchocyclidae	5,19	9,23	1,16	2e-3
Thraupidae-Rhynchocyclidae	0,22	4,50	4,06	1
Troglodytidae-Tyrannidae	5,74	9,77	1,71	3e-4
Thraupidae-Tyrannidae	0,77	5,05	3,51	1
Thraupidae- Troglodytidae	4,97	0,93	9	4e-3

Anexo 2. Resultados do teste de Tukey identificando os grupos cujas medias da razão do aspecto diferem estatisticamente.

Famílias	diff	lwr	upr	p
Alcedinidae-Trochilidae	6	10	2	5e-6
Galbulidae-Trochilidae	3	6	1	0,51
Thamnophilidae-Trochilidae	5	7	4	1e-8
Dendrocolaptidae-Trochilidae	5	7	3	1e-8
Furnariidae-Trochilidae	5	7	3	1e-8
Pipridae-Trochilidae	6	7	4	1e-8
Tityridae-Trochilidae	7	1	3	1,9E-06
Rhynchocyclidae-Trochilidae	4	6	3	1e-8
Tyrannidae-Trochilidae	5	7	3	1e-8
Troglodytidae-Trochilidae	5	7	3	1e-8
Thraupidae-Trochilidae	5	6	3	1e-8
Galbulidae-Alcedinidae	3	2	8	0,54
Thamnophilidae-Alcedinidae	0,38	3	4	1
Dendrocolaptidae-Alcedinidae	0,46	3	4	1
Furnariidae-Alcedinidae	0,92	3	4	1
Pipridae-Alcedinidae	0,27	3	4	1
Tityridae-Alcedinidae	0,88	6	4	1
Rhynchocyclidae-Alcedinidae	1	2	5	0,99
Tyrannidae-Alcedinidae	0,557	3	4	1
Troglodytidae-Alcedinidae	1	2	5	0,99
Thraupidae-Alcedinidae	1	2	5	1
Thamnophilidae-Galbulidae	3	6	0,62	0,22
Dendrocolaptidae-Galbulidae	3	6	0,82	0,31
Furnariidae-Galbulidae	2	6	1	0,56
Pipridae-Galbulidae	3	7	0,57	0,20
Tityridae-Galbulidae	4	9	0,74	0,18
Rhynchocyclidae-Galbulidae	2	5	2	0,82
Tyrannidae-Galbulidae	3	6	0,92	0,36
Troglodytidae-Galbulidae	2	6	2	0,81
Thraupidae-Galbulidae	2	6	1	0,64
Dendrocolaptidae-Thamnophilidae	0,08	1	1	1
Furnariidae-Thamnophilidae	0,54	0,47	2	0,83
Pipridae-Thamnophilidae	0,11	1	0,90	1
Tityridae-Thamnophilidae	1	5	2	0,99
Rhynchocyclidae-Thamnophilidae	0,94	0,15	2	0,16
Tyrannidae-Thamnophilidae	0,18	1	1	1
Troglodytidae-Thamnophilidae	0,87	0,53	2	0,65
Thraupidae-Thamnophilidae	0,66	0,30	2	0,50

Famílias	diff	lwr	upr	p
Furnariidae-Dendrocolaptidae	0,46	0,93	2	0,99
Pipridae-Dendrocolaptidae	0,19	2	1	1
Tityridae-Dendrocolaptidae	1	5	2	0,98
Rhynchocyclidae-Dendrocolaptidae	0,86	0,59	2	0,71
Tyrannidae-Dendrocolaptidae	0,10	1	2	1
Troglodytidae-Dendrocolaptidae	0,79	0,91	2,48	0,92
Thraupidae-Dendrocolaptidae	0,58	0,78	2	0,96
Pipridae-Furnariidae	0,65	2	0,57	0,83
Tityridae-Furnariidae	2	5	2	0,87
Rhynchocyclidae-Furnariidae	0,40	0,88	2	1
Tyrannidae-Furnariidae	0,36	2	1	1
Troglodytidae-Furnariidae	0,33	1	2	1
Thraupidae-Furnariidae	0,12	1	1	1
Tityridae-Pipridae	1	5	2	0,99
Rhynchocyclidae-Pipridae	1	0,24	2	0,24
Tyrannidae-Pipridae	0,29	1	2	1,00
Troglodytidae-Pipridae	0,98	0,58	3	0,63
Thraupidae-Pipridae	0,77	0,42	2	0,58
Rhynchocyclidae-Tityridae	2	1	6	0,66
Tyrannidae-Tityridae	1	2	5	0,97
Troglodytidae-Tityridae	2	2	6	0,74
Thraupidae-Tityridae	2	2	5	0,81
Tyrannidae-Rhynchocyclidae	0,76	2	0,69	0,84
Troglodytidae-Rhynchocyclidae	0,07	2	2	1
Thraupidae-Rhynchocyclidae	0,28	2	0,97	1
Troglodytidae-Tyrannidae	0,69	1	2	0,97
Thraupidae-Tyrannidae	0,48	0,88	2	0,99
Thraupidae-Troglodytidae	0,21	2	1	1

Anexo 3 Resultados do teste de Tukey identificando os grupos cujas medias da razão do aspecto diferem estatisticamente

Famílias	diff	lwr	upr	p
Alcedinidae- Trochilidae	4	7,54	0,54	0,01
Galbulidae-Trochilidae	0,94	4,44	2,56	1
Thamnophilidae-Trochilidae	4	5,16	2,14	1e-8
Dendrocolaptidae-Trochilidae	3	4,96	1,46	7E-07
Furnariidae-Trochilidae	3	4,77	1,49	2E-07

Famílias	diff	lwr	upr	p
Pipridae-Trochilidae	3,58	5,22	1,94	1e-8
Tityridae-Trochilidae	4,94	8,44	1,44	4e-4
Rhynchocyclidae- Trochilidae	2,72	4,40	1,03	2,2E-05
Tyrannidae-Trochilidae	3,18	4,93	1,43	1E-06
Troglodytidae-Trochilidae	3,05	4,93	1,18	1,7E-05
Thraupidae-Trochilidae	2,90	4,51	1,28	1,4E-06
Galbulidae-Alcedinidae	3,1	1,42	7,62	0,50
Thamnophilidae-Alcedinidae	0,39	2,85	3,62	1
Dendrocolaptidae-Alcedinidae	0,83	2,52	4,18	1
Furnariidae-Alcedinidae	0,91	2,38	4,21	1
Pipridae-Alcedinidae	0,46	2,84	3,75	1
Tityridae-Alcedinidae	0,9	5,42	3,62	1
Rhynchocyclidae-Alcedinidae	1,32	2,00	4,64	0,97
Tyrannidae-Alcedinidae	0,86	2,49	4,21	1
Troglodytidae-Alcedinidae	0,99	2,43	4,41	1
Thraupidae- Alcedinidae	1,14	2,14	4,43	0,99
Thamnophilidae-Galbulidae	2,71	5,95	0,52	0,20
Dendrocolaptidae-Galbulidae	2,27	5,62	1,08	0,52
Furnariidae-Galbulidae	2,19	5,48	1,11	0,55
Pipridae-Galbulidae	2,64	5,94	0,65	0,25
Tityridae-Galbulidae	4	8,52	0,52	0,14
Rhynchocyclidae-Galbulidae	1,78	5,10	1,54	0,82
Tyrannidae-Galbulidae	2,24	5,59	1,11	0,54
Troglodytidae-Galbulidae	2,11	5,53	1,31	0,65
Thraupidae- Galbulidae	1,96	5,24	1,33	0,71
Dendrocolaptidae-Thamnophilidae	0,44	0,68	1,56	0,98
Furnariidae-Thamnophilidae	0,53	0,41	1,46	0,77
Pipridae-Thamnophilidae	0,07	0,86	1,00	1
Tityridae-Thamnophilidae	1,29	4,52	1,95	0,97
Rhynchocyclidae-Thamnophilidae	0,94	0,07	1,95	0,10
Tyrannidae-Thamnophilidae	0,47	0,65	1,59	0,96
Troglodytidae-Thamnophilidae	0,60	0,70	1,90	0,93
Thraupidae-Thamnophilidae	0,76	0,14	1,65	0,18
Furnariidae-Dendrocolaptidae	0,08	1,21	1,37	1
Pipridae-Dendrocolaptidae	0,37	1,66	0,92	1
Tityridae-Dendrocolaptidae	1,73	5,08	1,62	0,86
Rhynchocyclidae-Dendrocolaptidae	0,49	0,85	1,84	0,99
Tyrannidae-Dendrocolaptidae	0,03	1,40	1,46	1
Troglodytidae-Dendrocolaptidae	0,16	1,42	1,73	1
Thraupidae-Dendrocolaptidae	0,31	0,95	1,58	1

Famílias	diff	lwr	upr	p
Pipridae-Furnariidae	0,46	1,59	0,67	0,97
Tityridae-Furnariidae	1,81	5,11	1,48	0,80
Rhynchocyclidae-Furnariidae	0,41	0,78	1,60	0,99
Tyrannidae-Furnariidae	0,05	1,34	1,24	1
Troglodytidae-Furnariidae	0,07	1,38	1,52	1
Thraupidae-Furnariidae	0,23	0,87	1,33	1
Tityridae-Pipridae	1,36	4,65	1,94	0,97
Rhynchocyclidae- Pipridae	0,87	0,33	2,06	0,40
Tyrannidae- Pipridae	0,40	0,89	1,69	1
Troglodytidae-Pipridae	0,53	0,92	1,98	0,99
Thraupidae- Pipridae	0,69	0,41	1,79	0,63
Rhynchocyclidae-Tityridae	2,22	1,10	5,54	0,53
Tyrannidae-Tityridae	1,76	1,59	5,11	0,84
Troglodytidae- Tityridae	1,89	1,53	5,31	0,80
Thraupidae- Tityridae	2,04	1,24	5,33	0,64
Tyrannidae-Rhynchocyclidae	0,46	1,81	0,88	0,99
Troglodytidae-Rhynchocyclidae	0,34	1,84	1,16	1
Thraupidae- Rhynchocyclidae	0,18	1,34	0,99	1
Troglodytidae- Tyrannidae	0,13	1,45	1,70	1
Thraupidae-Tyrannidae	0,28	0,98	1,55	1
Thraupidae-Troglodytidae	0,16	1,27	1,58	1