



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS APLICADAS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MONITORAMENTO
AMBIENTAL

DISSERTAÇÃO

VARIAÇÕES TEMPORAIS NO GRAU DE GLICEMIA E CONDIÇÃO CORPORAL
DE *Artibeus planirostris* EM ÁREAS DE TABULEIRO E MATA ATLÂNTICA NO
ESTADO DA PARAÍBA

MONIQUE SILVA XIMENES

**RIO TINTO – PB
AGOSTO 2013**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS APLICADAS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MONITORAMENTO
AMBIENTAL

VARIAÇÕES TEMPORAIS NO GRAU DE GLICEMIA E CONDIÇÃO CORPORAL
DE *Artibeus planirostris* EM ÁREAS DE TABULEIRO E MATA ATLÂNTICA NO
ESTADO DA PARAÍBA

MONIQUE SILVA XIMENES

Sob a Orientação do Professor
LUIZ CARLOS SERRAMO LOPEZ
e Co-Orientação da Professora
MARIA PAULA DE AGUIAR FRACASSO

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de **Mestre**
em Ecologia e Monitoramento
Ambiental, no Curso de Pós-Graduação
em Ecologia e Monitoramento Ambiental

RIO TINTO – PB
AGOSTO 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS APLICADAS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MONITORAMENTO
AMBIENTAL

MONIQUE SILVA XIMENES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ecologia e Monitoramento Ambiental**, no Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Monitoramento Ambiental – UFPB, área de Concentração em Ecologia

VARIAÇÕES TEMPORAIS NO GRAU DE GLICEMIA E CONDIÇÃO CORPORAL
DE *Artibeus planirostris* EM ÁREAS DE TABULEIRO E MATA ATLÂNTICA NO
ESTADO DA PARAÍBA

DR. LUIZ CARLOS SERRAMO LOPEZ
(ORIENTADOR - UFPB)

DRA. MARIA PAULA DE AGUIAR FRACASSO
(CO-ORIENTADORA - UFPB)

DR. ALFREDO BONINO LANGGUTH
(EXAMINADOR – UFPB)

DRA. CARLA SORAIA SOARES DE CASTRO
(EXAMINADORA – UFPB)

DR. LUIZ AUGUSTINHO MENEZES DA SILVA
(EXAMINADOR – UFPE)

Aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

É com grande satisfação que finalizo mais uma etapa acadêmica e percorro a parede de memórias destes últimos dois anos com os semblantes queridos de todas as pessoas que fizeram parte da trajetória. Comecei meu mestrado sonhando em trabalhar com abelhas indígenas e agrofloresta, e eis que em meio às dificuldades e atropelos da caminhada, uma noite me surge um pequeno molossídeo no quarto. Duas semanas depois estava trabalhando com ecologia de quirópteros, seis meses conturbados após o início da pós-graduação, adentrando no universo notívago dos morcegos.

A primeira pessoa que gostaria de agradecer é o meu orientador Luiz, que me acolheu nesses momentos difíceis sem julgamentos, com muita fé e espirituosidade. Foi também amigo, professor, educador e motivador, preenchendo nossas descobertas científicas de ânimo, energia e entusiasmo. Alguém que estava disposto a dar sugestões, metáforas, conselhos e, principalmente, tempo e atenção. Aprendi bastante com ele durante este percurso, inclusive a difícil arte das análises estatísticas! Só tenho a agradecer por todo o cuidado e paciência desta pessoal incrível.

Se Luiz trilhou comigo o caminho das teorias científicas, minha co-orientadora Maria Paula me acolheu de portas abertas à equipe de campo. Conciliadora e paciente, cuidou para que todos os integrantes tivessem seu papel dentro do grupo e incitou nosso espírito de coletividade, promoveu seminários, estimulou nosso amor pela pesquisa com morcegos, mediou discussões, cedeu material, alimentação, transporte... Sinto um carinho imenso e agradeço demais pela oportunidade oferecida.

Agradeço ao professor Dr. Paulo Fernando Guedes Pereira Montenegro pelo grande apoio, criatividade e dicas de metodologia na área de fisiologia. Esses passos iniciais em seu laboratório tiveram uma importante influência no trabalho decorrido.

Fico feliz de ter trabalhado com toda a equipe do laboratório. Desde o pessoal de outras áreas, que me fizeram companhia na pequena sala, como Manu, Thiago e Charllys (que também me ajudou na estatística), até o enorme grupo de estudo com quirópteros, tão diverso desde o início até o final. Fico muito grata pela paciência de Hannah, Mayara, Karlla, Caio e Anderson, que me ensinaram do armar das redes à taxidermia. Também a outros companheiros de trabalho, como Eduardo, Júlia, Mariana, Letícia e Derick, que mesmo breve, foram de grande ajuda. Ao meu “estagiário-fantasma”, Tonny, o mais sagaz de todos os tempos, que aprendia e também ensinava, e também foi um grande companheiro de aventuras. Agradeço ao madrugador Rumenigg e à Paloma, que pulou comigo a linha que separa o coleguismo da amizade. Não poderia me esquecer de Genildo, por todo apoio, segurança e companhia. Enfim, toda a equipe que contribuiu com minha pesquisa e pelas horas de sono roubadas durante toda a madrugada.

Não posso deixar de agradecer a toda turma do PPGEMA, pioneira, perdida na falta de estrutura de uma pós-graduação recém-formada, unida nas dúvidas e sufocos das disciplinas: Diego, Keoma, Ribamar, Matilde, Patrícia, Poliana, Marcelo e as “zamigas” da carona, Ieda, Marianna, Gabi e Isa, em especial a essas meninas.

Apesar de todos os problemas de um curso novo, os professores foram o ponto alto, aprendi demais com todos eles, foram verdadeiros mestres. Portanto, queria agradecer especialmente à Carla Soraia, que apresentou uma metodologia de ensino criativa e eficaz. Também estão incluídos os (as) professores (as) Frederico França, Elaine Ramos, Antônio Moura, Gustavo Vieira, Ricardo Rosa e Ronaldo Francini Filho, que contribuíram com sua bagagem científica. E ainda, Alfredo Langguth e Pedro Estrela, pelos ótimos conselhos durante minha qualificação. Desde já, sou grata aos integrantes que aceitaram participar da banca examinadora, os já citados Carla e

Langguth, bem como o professor Augustinho, que subiu às terras paraibanas para oferecer sugestões ao trabalho.

Agradeço aos coordenadores pelo esforço para conseguir nossas bolsas de estudo, conciliando ensino, pesquisa e administração, assim como os membros do colegiado, que prontificaram decisões sempre que possível.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de auxílios financeiros para o trabalho. Ao pessoal da REBIO Guaribas por todo o apoio em serviços e estrutura, e a todas as pessoas que zelaram pelo ambiente de trabalho e contribuíram, mesmo que um dia, para o meu trabalho, incluindo as faxineiras do laboratório e os seguranças do período noturno do DSE.

Àqueles amigos que se dispuseram a me ajudar na coleta e me fazer companhia, como Tony Neto e Wagner Falcão, que me motivaram constantemente a escrever. Obrigada, meus amigos. Queria agradecer e me desculpar à minha amiga Taíssa Barros e a todas as pessoas e familiares pelos momentos especiais de suas vidas em que precisei me ausentar para as coletas durante os fins de semana, faltando casamentos, despedidas, aniversários, formaturas e confraternizações.

Nesse último parágrafo, agradeço às pessoas que fizeram parte da minha vida de modo profundo, com apoio incondicional. Meus pais, meus irmãos e todos os meus amigos mais íntimos. E por fim, ao meu parceiro Corentin, que mergulhou num mundo tropical de morcegos, coletas, acampamentos e privações de sono, e me deu todo o apoio psicológico em todos os momentos. Minha maior motivação. Obrigada.

“[...] A Consciência Humana é este morcego!
Por mais que a gente faça, à noite, ele entra
Imperceptivelmente em nosso quarto!”

O morcego - **Augusto dos Anjos**

RESUMO

XIMENES, Monique Silva. **Variações temporais no grau de glicemia e condição corporal de *Artibeus planirostris* em áreas de Tabuleiro e Mata Atlântica no estado da Paraíba.** 81p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Monitoramento Ambiental). Centro de Ciências Aplicadas e Educação, Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, PB, 2013.

As variações no Índice de Condição Corporal (ICC), glicemia e cetonemia de *Artibeus planirostris* (Chiroptera: Phyllostomidae) foram analisadas em áreas de Tabuleiro e Mata Atlântica da Paraíba em campo e cativeiro. O ICC escolhido foi baseado na menor influência do comprimento do antebraço na massa corporal e avaliado de acordo com o sexo, estado reprodutivo, local e horário de coleta. A glicemia e cetonemia também foram correlacionadas entre si, com o ICC e as demais variáveis, e variações no ICC e glicemia foram registradas após captura, jejum e alimentação de morcegos em cativeiro. Os resultados mostraram que o Fator de Condição Relativa de Le Cren (K_n) e a Razão Simples com Ajuste de Curva (AjC) foram os índices mais indicados para *A. planirostris*. A glicemia esteve correlacionada com o K_n e se mostrou um bom método para validar o ICC utilizado. Na REBIO Guaribas, as fêmeas tiveram maior K_n , provavelmente relacionado a vieses na metodologia ou a reservas energéticas durante o estado reprodutivo. Os morcegos do Tabuleiro obtiveram maior K_n e glicemia que os da Mata Atlântica, o que pode indicar subamostragem pela exclusão de morcegos que forrageavam no dossel da última área. As doze horas de coleta indicaram que *A. planirostris* forrageia durante toda a noite com variação de K_n e glicemia, sobretudo durante a madrugada, quando atinge o valor máximo antes de retornar para o abrigo. Em cativeiro, os morcegos apresentaram grande variação de K_n e glicemia em jejum e após a alimentação, registrando medidas de K_n para estes estados que podem ser utilizadas como parâmetro para estudos em campo na região. A glicemia manteve valores considerados normais para mamíferos, mas cerca de 30% dos morcegos apresentaram níveis acima do normal após a captura em todas as áreas, provavelmente devido ao estresse. Os corpos de cetona estiveram correlacionados apenas aos níveis de glicose e, portanto, não foi considerado um bom método para validar o K_n nestes animais.

Palavras-chave: Índice de condição corporal, glicose, cetona, morcegos, Phyllostomidae.

ABSTRACT

XIMENES, Monique Silva. **Temporal variations in the degree of blood glucose and body condition of *Artibeus planirostris* in Tabuleiro and Atlantic Forest areas in the state of Paraíba.** 81p. Dissertation (Master Science in Ecology and Environmental Monitoring). Centro de Ciências Aplicadas e Educação, Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, PB, 2013.

Variations in the Body Condition Index (BCI), glycemia and ketonemia of *Artibeus planirostris* (Chiroptera: Phyllostomidae) were analyzed in Tabuleiro and Atlantic Forest areas of Paraíba State, at field and captivity conditions. BCI was chosen based on the minimum influence of forearm length on body mass and evaluated according to sex, reproductive status, location and time of capture. Glycemia and ketonemia were also correlated with BCI and other variables. Variations in the BCI and glycemia were recorded after capture, fasting and feeding bats in captivity. The results showed that Le Cren's Relative Condition Factor (Kn) and Simple Ratio with Curve Fitting (CFt) indices were the most suitable for *A. planirostris*. Blood glucose was correlated with Kn and proved to be a good method to validate the BCI. In Guaribas Biological Reserve, females had higher Kn, probably related to biases in the methodology or energy reserves during reproductive status. Tabuleiro's bats had higher Kn and glucose levels than those in Atlantic Forest, which may indicate sub-sampling by the exclusion of bats in the canopy of the latter area. The twelve hours of collection indicated that *A. planirostris* forages throughout the night and presents a variation of Kn and glucose, especially during early morning, when it reaches the maximum levels before it returns to the shelter. In captivity, bats showed a great variation of Kn and glucose levels after fasting and feeding, recording Kn measures for these states that can be used as a parameter for field studies in the region. Blood glucose remained at normal values for mammals, but about 30% of the bats had levels higher than normal during capture in all areas, probably due to stress. Ketone bodies have been correlated only to glucose, and thus were not considered a good method to validate Kn in these animals.

Key-words: Body condition index, glucose, ketone, bats, Phyllostomidae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da Paraíba, na região Nordeste (à esquerda), com detalhamento das três SEMAs que formam a REBIO Guaribas, em Mamanguape (à direita). Os círculos representam a área de coleta em Cabeça de Boi (amarelo) e no Tabuleiro (vermelho).	30
Figura 2. Área de coleta na Mata Atlântica (Cabeça de Boi) da REBIO Guaribas, próxima ao acampamento.	31
Figura 3. Rede de neblina armada em área de Tabuleiro na SEMA II – REBIO Guaribas.	32
Figura 4. Rede de neblina armada à noite no Tabuleiro da SEMA II – REBIO Guaribas.	32
Figura 5. Mapa da Paraíba mostrando a capital João Pessoa (à esquerda) e detalhamento do campus I da UFPB, com área (círculo vermelho) indicando onde ocorreram as coletas para os estudos de cativeiro.	33
Figura 6. Área de coleta na borda e arredores de Mata Atlântica no campus I da UFPB.	34
Figura 7. <i>Artibeus planirostris</i> coletado em rede de neblina.	35
Figura 8. <i>A. planirostris</i> coleta na UFPB com colar de marcação.	36
Figura 9. Macho de <i>A. planirostris</i> coletado na UFPB com saco escrotal evidente.	37
Figura 10. Coleta de sangue para medição da glicemia em <i>A. planirostris</i>	38
Figura 11. Material básico usado para coletar dados no laboratório, com fitas de glicemia e cetonemia, calibradores, glicosímetro, lanceta, balança digital, Pesola® e colar de marcação.	39
Figura 12. Morcegos condicionados em gaiolas no laboratório com banana e água <i>ad libitum</i>	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da Correlação de Spearman associando comprimento do antebraço e os diferentes ICC analisados, incluindo massa corporal.	43
Tabela 2. Resultados do Teste ANOVA de Um Critério corrigidos com os Contrastes de Tukey. (Os asteriscos indicam resultados significativos).	44
Tabela 3. Médias, erros-padrão e número de dados de todos os estados reprodutivos analisados.	44
Tabela 4. Diferença no K_n de morcegos de diferentes estados reprodutivos com correção do Contraste de Tukey (#: marginalmente significativo).	46
Tabela 5. Média do K_n de machos e fêmeas sem interferência de grávidas.....	46
Tabela 6. Média e desvio-padrão de K_n de machos e fêmeas de acordo com o local de coleta.	47
Tabela 7. Valores de p de acordo com a normalidade dos dados (exceto para antebraço, em que todos foram analisados de forma não-paramétrica com o Teste de Spearman).	52
Tabela 8. Quantidade de morcegos em cada local de acordo com o sexo.	52
Tabela 9. Quantidade de morcegos em cada local de acordo com o horário de coleta.	52
Tabela 10. Valor de p na Correlação de Spearman para verificar dimorfismo sexual de massa ou tamanho corporal.	53
Tabela 11. Média, desvio-padrão, valores máximos e mínimos para massa corporal e índice glicêmico de morcegos em cativeiro. Os sinais positivos e negativos mostram, respectivamente, o ganho e perda de massa em cada condição de análise.	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Razão entre o comprimento do antebraço (ANT) e a massa corporal (MAS) de cada <i>A. planirostris</i> coletado com seus respectivos resíduos.	42
Gráfico 2. Diferença no K_n de morcegos fêmeas e machos.	43
Gráfico 3. Valores de K_n de acordo com o estado reprodutivo dos morcegos.	44
Gráfico 4. Razão entre medida de antebraço e massa corporal sem grávidas.	45
Gráfico 5. Diferença no K_n de machos e fêmeas.	45
Gráfico 6. Valor de K_n em diferentes estados reprodutivos (sem fêmeas grávidas).	46
Gráfico 7. Valor de K_n de morcegos em diferentes locais de coleta.	47
Gráfico 8. Valores de K_n ao longo de doze horas de coleta.	48
Gráfico 9. Variação dos níveis de glicose de morcegos do Tabuleiro e Mata.	49
Gráfico 10. Correlação de Spearman entre níveis de glicose e corpos de cetona de morcegos coletados na SEMA II – REBIO Guaribas.	49
Gráfico 11. Correlação entre os níveis de glicose e o K_n de <i>A. planirostris</i>	50
Gráfico 12. Análise do grau de glicemia ao longo das doze horas de coleta.	50
Gráfico 13. Box-plot da análise de glicemia ao longo da noite.	51
Gráfico 14. Níveis de cetona ao longo das doze horas de coleta (valores não-significativos).	51
Gráfico 15. Níveis de glicose de fêmeas e machos após jejum de 24 horas.	53
Gráfico 16. Correlação entre K_n e níveis de glicose de morcegos recém-capturados.	54
Gráfico 17. Correlação entre níveis de glicose e cetona após a captura.	54
Gráfico 18. Massa corporal em cada condição de análise.	55
Gráfico 19. Níveis de glicose em cada condição de análise.	55
Gráfico 20. Massa corporal de morcegos após captura e jejum de 24 horas.	56

Gráfico 21. Níveis de glicose após captura e jejum de 24 horas.	56
Gráfico 22. Massa corporal de morcegos após jejum de 24 horas e alimentação...	56
Gráfico 23. Níveis de glicose após jejum de 24 horas e alimentação.	56
Gráfico 24. Massa corporal dos morcegos após jejum e alimentação.	56
Gráfico 25. Níveis de glicose após jejum e alimentação.	56
Gráfico 26. Diferenças no Kn de morcegos coletados na REBIO Guaribas de acordo com o horário, e as médias de Kn de morcegos em cativeiro após jejum (em verde) e depois de alimentados (em azul).	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AjC** - Índice de Razão baseado no Ajuste de Curva
- ANT** – Comprimento do Antebraço
- E** – Escrotado
- GR** – Grávida
- ICC** – Índice de Condição Corporal
- IMC** – Índice de Massa Corporal de Quetelet
- IR** – Índice Residual
- K** – Fator de Condição de Fulton
- K_n** – Fator de Condição Relativa de Le Cren
- MC** – Massa Corporal
- MCL** – Medida Corporal Linear
- ME** – Massa Esperada
- MQO (OLS)** – Mínimos Quadrados Ordinários (*Ordinary Least Squares*)
- NE** – Não-escrotado
- NL** – Não-lactante (nulípara)
- OMS** – Organização Mundial de Saúde
- PL** – Pós-lactante
- REBIO** – Reserva Biológica
- RS** – Razão Simples
- SEMA II** – área da REBIO Guaribas referente à antiga Secretaria Especial do Meio Ambiente
- UFPB** – Universidade Federal da Paraíba

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Índice de Condição Corporal	17
1.2. Análise dos Níveis de Glicose e Cetona	21
1.3. Condição Corporal em Laboratório	25
2. OBJETIVOS	28
2.1. Objetivo Geral	28
2.2. Objetivos Específicos	28
3. METODOLOGIA	29
3.1. Espécie-alvo	29
3.2. Áreas de Estudo	30
3.2.1. <i>Reserva Biológica Guaribas</i>	30
3.2.2. <i>Universidade Federal da Paraíba</i>	33
3.3. Coleta de dados	34
3.4. Análises de dados	40
3.4.1. <i>REBIO Guaribas</i>	40
3.4.2. <i>Condição Corporal em Laboratório</i>	41
4. RESULTADOS	42
4.1. Índice de Condição Corporal	42
4.2. Níveis de Glicose e Cetona	48
4.3. Condição Corporal em Laboratório	53
5. DISCUSSÃO	58
5.1. ICC mais apropriado para estudos com <i>A. planirostris</i>	58
5.2. Validação do Kn através da Glicose e Cetona	60
5.3. Sexo, Local e Horário de Coleta	62
5.5. Variação no Grau de Glicemia e K_n em Cativeiro	66
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

A Condição Corporal é definida como um importante atributo ecológico que fornece a medida de reserva energética de cada animal. Nestes termos, é geralmente utilizada para refletir a variação de diversos aspectos do organismo, como saúde, *status* de alimentação e teor de gordura, seja entre indivíduos de uma população ou entre populações (SPEAKMAN, 2001; CATTET & OBBARD, 2005; STEVENSON & WOODS, 2006; MOYA-LARAÑO *et al.*, 2008).

O estudo do *fitness* animal interessa a uma grande variedade de zoólogos, já que esta característica tem um papel fundamental na sobrevivência e sucesso reprodutivo. Um indivíduo com uma “má condição corporal” poderá ser afetado negativamente pelos processos de degradação ambiental (como perda de habitat, poluição, monocultura e mudanças climáticas). Também pode apresentar desvantagens em relação à sua história de vida (sobrevivência juvenil, desenvolvimento do sistema imune, taxas de fecundidade, reprodução, dieta, períodos de jejum e migração) ou em relação às suas interações ecológicas, como quantidade de parasitas, dominância social e densidade (SAINO & MØLLER, 1994; ATKINSON & RAMSAY, 1995; MERILÄ & SVENSSON, 1997; MOYA-LARAÑO, 2002; COTTON, SMALL e POMIANKOWSKI, 2006).

A condição corporal é estudada na zoologia através de diversas ferramentas e seus dados alimentam uma variedade de pesquisas, tais como filogenia, dieta, geografia, produtividade do habitat, clima, ecofisiologia e biologia da conservação (WAYE e MASON, 2008).

Uma determinada população pode ter sua condição corporal afetada ao longo do tempo, já que a disponibilidade de alimentos e a demanda energética variam sazonalmente (JONASSON e WILLIS, 2011). As flutuações ocorrem por fatores naturais ou humanos, e o conhecimento sobre este aspecto ecofisiológico pode contribuir como instrumento adicional para diagnosticar a viabilidade de uma população. Para que isto seja possível, é necessário que os pesquisadores acrescem informações específicas sobre a espécie analisada e escolha ferramentas adequadas para a medição da condição corporal.

Stevenson & Woods (2006) revisaram a bibliografia sobre o assunto e concluíram que existe uma grande variedade de técnicas para estimar a condição corporal, que vão de formas não-destrutivas, como morfometria, análises sanguíneas,

condutividade elétrica corporal total e tomografia computadorizada, até técnicas letais para os indivíduos analisados, como medidas diretas da gordura corporal total. Cabe ao pesquisador definir as ferramentas ideais para sua pesquisa, baseadas principalmente nos objetivos, custo-benefício e validação dos índices.

Apesar de numerosos, nenhum método é ideal para a pesquisa de campo. Segundo Garrow & Webster (1985), cada pesquisador deve considerar os principais fatores para a escolha do protocolo apropriado; custo inicial, treinamento da equipe, precisão, custo de manutenção e operação.

Além dos custos financeiros e da viabilidade do acesso ao material de análise, questões éticas também precisam ser ponderadas. Muitas vezes a pesquisa exige que o animal não seja sacrificado, seja porque o estudo é longitudinal, como é o caso de monitoramento de uma população, os indivíduos estão condicionados em cativeiro ou porque a espécie estudada está ameaçada de extinção (SPEAKMAN, 2001). Sob o ponto de vista da conservação, é interessante que seja escolhido o melhor método não-letal de análise da condição corporal.

1.1. Índice de Condição Corporal

O Índice de Condição Corporal (ICC) é amplamente utilizado neste contexto, tanto na área de ciências médicas quanto na pecuária e biologia. Suas vantagens envolvem não só o fato da preservação dos indivíduos, mas também o baixo custo do material e a facilidade de medição dos dados em campo (JACOBS *et al.*, 2012).

A maioria dos ICC se baseia na relação entre massa corporal e medidas lineares do corpo. A hipótese básica de seu cálculo propõe que se diferentes indivíduos têm variáveis biométricas idênticas como, por exemplo, o comprimento do antebraço, as diferenças entre suas massas corporais representariam diferentes níveis de reserva energética entre eles (SPEAKMAN e RACEY, 1986).

De acordo com Green (2001), o principal objetivo deste cálculo consiste na separação entre os aspectos da massa corporal relacionados ao tamanho estrutural e os aspectos que refletem a gordura e outros componentes da reserva de energia de um indivíduo.

De fato, estes índices devem ser cuidadosamente analisados e, quando possível, relacionados a outras medidas de condição corporal para evitar conclusões precipitadas (WAYE e MASON, 2008). Benn (1971) afirma que um bom índice de reserva de gordura, por exemplo, deve ser altamente correlacionado com as medidas de

adiposidade relativa e sua distribuição deve ser independente do tamanho corporal. Por esta lógica, o índice que obtiver menor influência do tamanho corporal será o mais indicado.

Invariavelmente, os ICC são bastante correlacionados com a massa corporal, sendo importante salientar que, embora tentem calcular medidas de reserva energética, também podem ser afetados pelo desenvolvimento muscular e largura do esqueleto (SPEAKMAN, 2001). Além disso, os dados devem ser suficientemente grandes para evitar resultados precipitados (CATTET e OBBARD, 2005).

Há uma grande diversidade de métodos para calcular o ICC, e neste trabalho, foram selecionados os índices mais populares na literatura sobre o assunto. Blackwell (2002) ressalta que os índices são geralmente baseados na razão e no exame de resíduos da regressão entre a massa corporal (MC) e uma medida corporal linear (MCL). Neste estudo, foram considerados três tipos básicos de ICC: os Índices de Razão, o Índice de Razão Baseado no Ajuste de Curva e os Índices Residuais, cada um deles com um ou mais modelos.

Os índices de razão podem ser dimensionados em g/mm e ter diferentes expoentes. Sua escolha está relacionada à simplicidade, histórico e tradição do uso para determinadas espécies. A *Razão Simples (RS)* é calculada como a razão entre a massa corporal e a medida corporal linear.

Outro índice de razão é o *Índice de Quetelet (IMC)*. Criado a mais de 150 anos pelo cientista belga, o Índice de Quetelet (ou Índice de Massa Corporal) não é muito popular em estudos com animais, sendo geralmente utilizado para quantificar a condição física em humanos, inclusive adotado oficialmente pela Organização Mundial de Saúde (OMS). O IMC é calculado como a massa corporal dividida pela altura ao quadrado (WHO, 2013).

O *Fator de Condição de Fulton (F)* é outra variação dos índices de razão, utilizado principalmente em pesquisas sobre peixes. Este índice foi criado por Fulton em 1904 e assume que haja um crescimento isométrico nos indivíduos de uma espécie (OGLE, 2012). Portanto, é calculado como a razão da MC pela MCL elevada ao cubo.

O *Índice de Razão baseado no Ajuste de Curva (AjC)* se diferencia em relação aos anteriores devido ao seu expoente, que não assume valores pré-determinados. O atributo é gerado através do ajuste de curva de uma regressão, baseado em dados da própria população ou de uma população considerada padrão (CONE, 1989).

Já os Índices Residuais, bastante populares entre os pesquisadores, têm dimensões de massa corporal (g) e são obtidos através de um modelo ($ME = A \times MCL^B$) que gera estimadores para calcular a massa esperada (ME) de um determinado indivíduo, onde A e B são constantes determinadas pela regressão. Mais conhecida como Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) ou OLS (*do inglês*, Ordinary Least Squares), esta regressão cria um expoente (B) maior ou menor que três, dependendo da relação alométrica corporal do animal, isto é, se o indivíduo é mais ou menos rotundo (BLACKWELL, 2002). Dentro dos Índices Residuais, é possível encontrar diferentes formas de calcular variações no ICC.

O *Índice Residual (IR)*, também conhecido puramente como resíduo, é calculado através da diferença entre a massa observada e a massa esperada. Blackwell (2002) conclui que desta forma, indivíduos com resíduos positivos são considerados em melhores condições que aqueles previstos para seu tamanho corporal, enquanto indivíduos com resíduos negativos estão em piores condições de aptidão física.

Já o *Fator de Condição Relativa de Le Cren (K_n)* foi desenvolvido a partir do conceito de massa relativa (K_n), que também é calculada através da regressão do tipo MQO, onde K_n é obtido pela divisão da massa observada pela massa esperada de um indivíduo.

Há inúmeros artigos sobre o ICC na literatura, sobretudo em estudos sobre a espécie humana, peixes e vertebrados de uma forma geral. Os métodos de cálculo do ICC variam em grande escala e vários autores se dedicaram à revisão e crítica dos índices utilizados (1989; CONE, 1989; BROWN & MURPHY, 1991; JONES, PETRELL e PAULY, 1999; BLACKWELL, 2002).

Pequenos mamíferos compreendem um baixo número de estudos, com ênfase em roedores (KREBS e SINGLETON, 1993; SPEAKMAN, 1997; BLACKWELL, 2002; WIRSING, STEURY e MURRAY, 2002). Contudo, artigos sobre o ICC de mamíferos voadores ainda é relativamente escasso se compararmos com o panorama geral. Kanuch et al. (2005), Zahn & Rupp (2004) e Lourenço & Palmeirim (2007) estudaram a influência do parasitismo na condição corporal dos morcegos, enquanto Gerell & Lundberg (1990), O'Donnell (2002), Ransome (1995) e Speakman & Racey (1986) analisaram como o esforço reprodutivo pode afetar o *fitness* e a sobrevivência.

Muitos trabalhos com ICC estão relacionados à hibernação (PARK, JONES e RANSOME, 2000; KOKUREWICZ, 2004), comportamento juvenil (LAW, 1996), sazonalidade de frutos e flores (LAW, 1996; PEREIRA, MARQUES e PALMEIRIM,

2010), ecolocalização (SIEMERS *et al.*, 2005) e torpor em regiões subtropicais (STAWSKI e GEISER, 2010).

No entanto, grande parte dos autores não explica porque escolheu o índice utilizado e parece seguir medições tradicionais, como a razão simples entre a MC e a MCL adotada primeiramente por Speakman & Racey (1986), que se mostrou o ICC mais popular em estudos de morcegos.

Outras variações comuns em pesquisas com quirópteros incluem esta razão multiplicada pela média do comprimento do antebraço de fêmeas adultas e o Fator de Condição de Fulton (F), que considera o crescimento isométrico do indivíduo (PEARCE, O'SHEA e WUNDER, 2008). Vale salientar que a maioria dos trabalhos pesquisados usa a medida do comprimento do antebraço como padrão, provavelmente devido à facilidade de coleta, já que neste caso não é necessário sedar ou sacrificar os indivíduos para fazer a medição.

Uma observação importante em pesquisas sobre espécies de pequeno porte é que a variação diária da massa corporal pode ter influências nos resultados (MEIJER, MÖHRING e TRILLMICH, 1994). Além disso, pode haver diferenças entre a reserva energética de morcegos em diferentes áreas, já que o estado de conservação da vegetação influencia sua dieta (MELO *et al.*, 2012). Passos & Graciolli (2004) encontraram variações na dieta de quirópteros provavelmente relacionadas à diferença florística entre duas localidades.

Speakman (2001) observa ainda que diferenças corporais de cada sexo devam ser analisadas, principalmente se as espécies apresentarem dimorfismo sexual. Estudos com caracteres cranianos indicam que o dimorfismo em *Artibeus planirostris* é bastante complexo e dependente do bioma. No Cerrado (Crato – CE), os caracteres craniais apontaram que os machos são maiores que fêmeas, embora possam variar na Caatinga de Pernambuco (WILLIG e HOLLANDER, 1995). Araújo & Langguth (2010), no entanto, não observaram variações sexuais em espécimes coletados no Brejo e Mata Atlântica da Paraíba e Pernambuco.

Para determinar um ICC ideal que demonstre a condição corporal de um morcego é necessário, portanto, que seja analisada a relação com o comprimento do antebraço, sua variação ao longo do dia e diferenças relacionadas ao sexo. Comparações entre diferentes áreas também são indicadas para verificar se a condição corporal dos morcegos é afetada pela composição florística e disponibilidade de alimentos de cada local.

1.2. Análise dos Níveis de Glicose e Cetona

A medida direta da massa é o método mais simples de mensurar a condição corporal de um morcego. No entanto, é considerada como um índice ingênuo, pois não retira a influência de componentes estruturais do corpo (SCHAMBER, ESLER e FLINT, 2009). Os ICC foram criados para evitar este viés, mas apesar de populares, grande parte não é validada para a espécie analisada e se baseia somente em artigos científicos tradicionais, sem outra justificativa de uso.

Alguns pesquisadores não encontraram relação entre o ICC e a medida direta de gordura corporal e desencorajam seu uso quando não há validação (SPEAKMAN, 2001). Métodos destrutivos são os meios mais confiáveis para validar as reservas energéticas em morcegos (PEARCE, O'SHEA e WUNDER, 2008). Não obstante, procedimentos não-letais também devem ser encorajados, principalmente quando a eutanásia não é desejada para a população em estudo.

Neste sentido, amostras sanguíneas são utilizadas amplamente para determinar a condição física dos indivíduos. O exame de sangue na zoologia é realizado para obtenção de resultados químicos (triglicerídeos, sódio, potássio, cloreto, glicose, corpos de cetona e outros) e celulares (como no hemograma, hematócrito e hemacultura) que possam ser associados à ecologia da espécie.

Korine e colaboradores (1999) afirmam que o perfil sanguíneo pode ser afetado por diversos fatores, sejam da história de vida (idade, sexo e estado reprodutivo) ou condições externas, como horários do dia, sazonalidade, disponibilidade e qualidade dos alimentos. Seu artigo sobre o morcego frugívoro *Rousettus aegyptiacus* em Israel sugere que os altos níveis de ureia e ácido úrico no sangue dos indivíduos estavam relacionados com uma condição física pobre, especialmente durante o inverno e no início da primavera.

Os componentes do sangue foram avaliados em alguns estudos com morcegos para investigar a flutuação diária ou sazonal em relação a reservas nutricionais, inclusive durante a hibernação (DODGEN e BLOOD, 1956; STUDIER e EWING, 1971; WIDMAIER e KUNZ, 1993). São geralmente analisados para compreender a fisiologia da ordem e de espécies em relação a outras (DELAERE, MAGNAN e MITHIEUX, 2010; SCHINNERL *et al.*, 2011), ou ainda em estudos ecológicos mais amplos, como a comparação dos componentes sanguíneos com a disponibilidade de alimentos e de áreas em diferentes estados de conservação (LEWANZIK *et al.*, 2012; MELO *et al.*, 2012).

Geralmente as amostras são obtidas em campo, mas precisam ser conduzidas até o laboratório para análise posterior. A dificuldade de armazenamento, manutenção e transporte do material biológico de forma viável, bem como o alto custo dos materiais laboratoriais pode ser um empecilho para biólogos que desejem expandir suas análises de condição corporal.

Alguns pesquisadores, no entanto, utilizam ferramentas de baixo custo e fácil acesso comercial, tais como os glicosímetros e suas respectivas fitas reagentes, que foram criados para medir glicose no sangue e controlar o nível de glicemia em seres humanos diabéticos. Aparelhos mais recentes também possuem medição dos corpos de cetona para conter a cetoacidose.

Produzidos a partir dos anos 1970, estes aparelhos iniciaram sua comercialização em 1981 (*Portable meter to aid diabetics*, 1981), mas seu histórico em estudos zoológicos parece estar associado apenas ao uso recente na veterinária e em ratos de laboratório (AHOLA-ERKKILÄ et al., 2010; LIEPINSH et al., 2009; OKUDA; MORITA, 2012; PANOUSIS et al., 2012; PANOUSIS et al., 2011; PARK et al., 2007; WEINGART; LOTZ; KOHN, 2012).

Para pesquisas em campo, estes aparelhos podem ser bastante interessantes, pois além de portáteis e econômicos, são de fácil manuseio e não demandam muita experiência de operação. Além disso, fornecem informações imediatas e constituem um método não-letal de coleta, já que requerem apenas uma gota de sangue do indivíduo. Wimsat e colaboradores (2005) enfatizam que preocupações de caráter ético encorajam o desenvolvimento de técnicas que possam minimizar o impacto da intervenção enquanto garantem resultados satisfatórios para o estudo de populações selvagens.

Portanto, sua grande vantagem para a biologia da conservação de morcegos é a capacidade de medir a glicemia e cetonemia em estudos longitudinais em campo, já que grande parte das pesquisas que envolvem amostras sanguíneas é realizada em cativeiro.

O custo energético de morcegos suscita uma variedade de questionamentos em relação ao seu metabolismo. O voo ativo é uma forma de locomoção com alta demanda energética e precisa, portanto, de adaptações fisiológicas particulares que permitam facilitar a locomoção através de uma reserva limitada de lipídeos e glicogênio (AMITAI et al., 2010). A condição corporal ideal de um morcego deve equilibrar suas necessidades energéticas a curto e longo prazo com o custo energético e o risco de mortalidade de voar com estas reservas (LASKA, 1990; HAMILTON e BARCLAY, 1998).

A energia adquirida pelos quirópteros depende de sua dieta e atividade. Morcegos frugívoros consomem frutos ricos em carboidratos, e sua digestão ocorre rapidamente de forma eficiente (PROTZEK *et al.*, 2010). A espécie *Artibeus lituratus*, por exemplo, pode ingerir 150% do seu peso corporal todas as noites {Charles-Dominique, 1986 #201}.

Esta fonte energética é utilizada como combustível para funções básicas das células. A maioria dos mamíferos mantém níveis estáveis de glicose no sangue, controlados por sistemas neurais, hormonais e pelas respostas diretas dos nutrientes (POLAKOF, MOMMSEN e SOENGAS, 2011). O fígado é o órgão predominante de produção de glicose, com pequenas contribuições dos rins e intestinos, e cada espécie tem seu ponto de homeostasia característico (DELAERE, MAGNAN e MITHIEUX, 2010).

Morcegos nectarívoros e frugívoros têm uma dieta rica em açúcar e, conseqüentemente, apresentam altos níveis de glicose no sangue. *Glossophaga soricina*, por exemplo, foi considerada a espécie com níveis mais altos de glicose já registrados em mamíferos. Ainda assim, parece não sofrer os efeitos da glicose em excesso como em outros mamíferos, e pode viver até cinco vezes mais que um roedor de tamanho similar, evitando o efeito colateral de vida curta geralmente associado a uma dieta rica em carboidratos (KELM *et al.*, 2011).

Os morcegos têm adaptações fisiológicas particulares em seu trato intestinal que permitem a absorção de açúcares de forma passiva entre as células, além da via esperada pelos enterócitos (CAVIEDES-VIDAL *et al.*, 2007). Keegan (1977) observou que o *R. aegyptiacus* pode absorver até 95% dos açúcares ingeridos durante os primeiros 45 minutos após a refeição, e 55% da glicose absorvida pelo intestino ocorre paracelularmente (TRACY *et al.*, 2007), isto é, grande parte desta energia é enviada diretamente para alimentar diferentes tecidos, incluindo os músculos esqueléticos envolvidos no voo (LAFFEL, 2000).

Dessa forma, estes morcegos podem se alimentar durante toda a noite e obter um alto fluxo de glicose para suprir suas necessidades biológicas através de açúcares exógenos advindos de sua dieta rica em carboidratos. A grande vantagem da combustão direta dos recursos alimentares é a redução nos custos energéticos associados ao transporte de reservas de gordura adicionais. No entanto, os morcegos também necessitam de ácidos graxos, já que deixam seu abrigo após um jejum de 12 horas (AMITAI *et al.*, 2010).

Se durante a noite os frugívoros retiram sua energia diretamente de açúcares exógenos, também evitam a perda de energia que seria utilizada para transformar moléculas em gordura. Por conseguinte, salvam as reservas de lipídeo e glicogênio que poderiam ser utilizadas em períodos de adversidade em sua história de vida (KORINE, IZHAKI e ARAD, 1999).

Em estudos com atividade diária de morcegos frugívoros, Korine e colaboradores (1999) observaram que a glicemia durante a manhã apresentou níveis mais altos e argumentaram que a fonte de energia durante a fase ativa seria provavelmente a glicose, enquanto a gordura estaria envolvida nos custos energéticos durante o dia, no período de descanso.

Quando os morcegos estão em período de jejum ou não conseguem se alimentar o suficiente para suprir suas demandas energéticas, os ácidos graxos do tecido adiposo são convertidos no fígado em β -hidroxibutirato, um dos três corpos que formam a cetona, juntamente com o acetoacetato e a acetona. Os corpos de cetona são utilizados como fonte energética por todos os tecidos do corpo, incluindo o cérebro (LAFFEL, 2000; MCGUIRE *et al.*, 2009).

Já que passam livremente pelas membranas celulares (UKIKUSA *et al.*, 1981), a concentração deste metabólito no sangue tem sido usada como indicador da cetona no fígado durante o jejum em animais. Os corpos de cetona também podem inferir sobre a disponibilidade de alimentos em um determinado habitat ou para indicar diferenças na alimentação e forrageio durante períodos específicos da história de vida, como gravidez, lactação, reprodução e hibernação (MCGUIRE *et al.*, 2009).

Knott (1998) demonstrou que a análise dos níveis de cetona pode avaliar as respostas fisiológicas em orangotangos relacionadas à disponibilidade de frutos, pois em seu estudo, os animais apresentaram cetona na urina apenas durante a época de escassez de alimentos. Outros trabalhos revelaram que a formação de corpos de cetona no fígado de ratos em jejum obteve uma taxa elevada quando comparada com aqueles alimentados, e que de maneira semelhante, o mesmo ocorre no sangue de outros mamíferos (PONTES, CARTAXO e JONAS, 1988). A perda de peso, doenças e funcionamento hormonal estão relacionados aos níveis de cetona no sangue e, assim como outros metabólitos, sua medição pode inferir sobre a história de vida, sobrevivência e reprodução em morcegos.

Desta forma, tanto a glicose quanto a cetona poderiam atuar como dados confiáveis para inferir sobre a reserva energética de indivíduos de diferentes sexos e

estados reprodutivos, coletados em horários e locais distintos. Medir os componentes sanguíneos colabora também com estudos morfológicos como o ICC, auxiliando a corroborar uma técnica que ainda é bastante discutida.

1.3. Condição Corporal em Laboratório

O monitoramento da condição corporal de um vertebrado voador pode ser bastante difícil no meio selvagem. Técnicas indiretas, como o uso de radiotransmissores, podem ser úteis para estudar padrões ecológicos mais amplos, mas suas limitações incluem o custo, duração limitada à bateria, tamanho da amostra e influência do aparelho no comportamento do indivíduo (LOURENÇO, 2011).

Ademais, informações mais precisas demandam que o animal ocupe um local fixo de fácil acesso, onde seja possível capturá-lo para processar as análises. Os abrigos diurnos dos morcegos se resumem a vários locais, como ocos de árvore, folhas de palmeiras e construções. À noite, visitam diversas áreas de alimentação e podem procurar abrigos para descansar e consumir os frutos (GALINDO-GONZÁLEZ, 1998). A falta de acesso e fidelidade ao abrigo noturno de algumas espécies dificulta a recaptura dos morcegos, tornando a observação direta e o monitoramento de sua alimentação quase impossível em campo (BONACCORSO e GUSH, 1987).

Estudos laboratoriais podem ser usados como complementação para elucidar comportamentos e dados difíceis de serem coletados em meio selvagem, como a quantidade de frutos ingeridos, ganhos de massa corporal, variação de níveis glicêmicos e coleta de dados em dias e horários determinados pelo pesquisador.

O ICC de morcegos, diferentemente do IMC humano, não apresenta valores padronizados que indiquem se o estado de saúde do animal é crítico ou perigoso para sua sobrevivência; pode apenas informar se a massa corporal de um indivíduo está acima ou abaixo da média de sua população.

Pesquisas sazonais sobre a condição corporal são bem documentadas, mas a variação diária é geralmente negligenciada e deveria ser estimada principalmente em animais homeotérmicos de pequeno porte, como morcegos (REYNOLDS e KORINE, 2009). A metodologia de coleta de dados biométricos de pequenos mamíferos em estudos sazonais deve ter o cuidado de recolher as informações em horários semelhantes, já que alguns animais podem consumir mais que seu próprio peso em alimentos a cada noite (BONACCORSO e GUSH, 1987; SPEAKMAN, 2001). Neste

sentido, a análise do ICC em laboratório pode demonstrar a variação diária da massa corporal, sujeita ao *status* de alimentação dos indivíduos.

Experimentos controlados sobre a variação dos níveis de glicose complementam os resultados, já que a glicemia também está diretamente relacionada à alimentação e estudos sobre o padrão glicêmico de morcegos filostomídeos são escassos. Pinheiro e colaboradores (2006) testaram o efeito do jejum no metabolismo de morcegos *Artibeus* em cativeiro e observaram que os níveis de glicose no plasma durante o jejum de 24 horas foram semelhantes aos de morcegos alimentados, diminuindo de 40 a 50% após 48 horas e mantendo-se constante após seis dias de jejum.

Ao contrário destes, membros da família Pteropodidae apresentaram variação glicêmica significativa em 24 horas (WIDMAIER e KUNZ, 1993) e, de fato, os níveis de glicose estão geralmente correlacionados negativamente com a massa corporal em nível de espécie (UMMINGER, 1975), com espécies maiores apresentando menor glicemia. Os valores encontrados por estes autores estão dentro dos parâmetros normais para mamíferos, mas Kelm (2011) encontrou níveis de glicose de mais de 25 mmol/L em filostomídeos da espécie nectarívora *Glossophaga soricina*, quando 10 mmol/L já são considerados altos para mamíferos. Portanto, análises laboratoriais devem auxiliar na interpretação dos níveis de glicose de uma espécie pouco estudada em diferentes antes e após a alimentação.

Frente à escassez de pesquisas sobre a condição corporal em morcegos frugívoros nas regiões tropicais, trabalhos sobre o assunto tornam-se primordiais, tanto para contribuir com a bibliografia sobre as espécies desta região quanto para auxiliar na validação de ferramentas que cumpram o papel de medir o *fitness* destes morcegos. A presente pesquisa teve como objetivo a análise da condição corporal diária de morcegos da espécie *Artibeus planirostris* através do ICC, glicemia e corpos de cetona no sangue, em campo e laboratório.

O trabalho foi dividido em três partes. A primeira, concentrada no ICC, hipotetiza que haja um modelo de ICC mais satisfatório para verificar a condição corporal de morcegos *A. planirostris* entre aqueles usualmente utilizados na literatura para quirópteros em geral. A finalidade é determinar, dentre os índices mais populares na literatura, os menos dependentes do comprimento de antebraço do morcego para tentar minimizar o efeito causado por esta variável no cálculo alométrico.

É proposto que não haja diferenças no ICC de machos e fêmeas em campo, já que estudos anteriores não verificaram variação sexual em *A. planirostris* na Mata

Atlântica da Paraíba. Espera-se, no entanto, que haja diferenças entre o ICC de morcegos de acordo com o horário e área de coleta, baseado na suposição de que pequenos mamíferos apresentam variação diária de massa corporal e que as diferentes composições florísticas podem ter influência no teor calórico e disponibilidade de frutos.

A segunda parte do trabalho está relacionada à análise sanguínea em campo e supõe que haja uma relação entre os níveis de glicose e cetona com o ICC, pois ambos têm conexão com a reserva energética. Como os níveis de cetona aumentam em estado de jejum, é esperado que haja uma relação inversamente proporcional com os níveis de glicose. A análise sanguínea busca, sobretudo, relacionar os níveis de glicose e cetona com o ICC e, assim, validar o método morfológico de condição corporal.

A última parte foi aplicada em pesquisas laboratoriais e pressupõe que, devido ao pequeno porte e homeotermia, os morcegos da espécie *Artibeus planirostris* apresentem uma grande variação de massa corporal e glicemia ao longo do dia e seu *status* de alimentação afete diretamente o ICC. A descoberta tem como objetivo facilitar a interpretação dos valores de ICC e glicemia dos morcegos coletados em meio selvagem e realçar a importância das coletas em horários semelhantes em estudos sobre sazonalidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo analisar variações em curto prazo na condição corporal de morcegos machos e fêmeas da espécie *Artibeus planirostris* (Spix, 1823), através do Índice de Condição Corporal (ICC) e dos níveis sanguíneos de glicose e cetona em áreas de Tabuleiro e Mata Atlântica da Paraíba em campo e cativeiro.

2.1. Objetivos Específicos

- Determinar o ICC mais indicado para *A. planirostris* coletados na REBIO Guaribas, baseado na menor influência da medição do antebraço;
- Examinar, através do ICC mais indicado, se há diferenças significativas entre o ICC de morcegos da REBIO Guaribas de acordo com o sexo, estado reprodutivo, local e horário de coleta;
- Verificar se há correlações significativas entre o ICC escolhido, a glicemia e a cetonemia dos morcegos na REBIO Guaribas e UFPB, bem como entre os níveis de glicose e cetona entre si;
- Relacionar todos os ICC examinados com as demais variáveis para verificar se os resultados destoam daqueles encontrados para o melhor índice;
- Averiguar se há diferenças significativas no ICC e glicemia de *A. planirostris* coletados na UFPB de acordo com o sexo em todas as condições de análise;
- Analisar a variação do ICC, massa corporal e glicemia em cativeiro de morcegos coletados na UFPB em relação à captura e aos *status* de alimentação (em jejum de 24 horas e depois de alimentados).
- Padronizar valores do ICC para morcegos em jejum ou alimentados em campo de acordo com dados obtidos no laboratório.

3. METODOLOGIA

3.1. Espécie-alvo

Artibeus planirostris (Spix, 1823) é uma das 90 espécies de morcegos da família Phyllostomidae encontradas no Brasil (PAGLIA *et al.*, 2012), que tem como característica exclusiva a folha nasal proeminente. A espécie apresenta tamanho relativamente grande, com comprimento do antebraço variando entre 62 e 73 mm e massa corporal de 40 a 69 g. É bastante generalista, ocupando espaços urbanos e todas as zonas de vegetação, principalmente florestas tropicais, cerrado, áreas abertas arbustivas com gramíneas, caatinga e serrotes (HOLLIS, 2005; BALLESTEROS e CASARRUBIA, 2012).

Os filostomídeos evoluíram de modo particular, bastante diferenciado das demais famílias. Quando comparados aos Pteropodidae, família representante dos frugívoros do Velho Mundo, os filostomídeos apresentam diversas adaptações particulares, como tamanho corporal relativamente pequeno, mandíbula reduzida e asas que permitem um voo mais lento e preciso. Desta forma, podem pairar sobre o fruto e carregá-lo para locais mais seguros, disseminando suas sementes, ao contrário dos Pteropodidae, que se alimentam preferencialmente na própria árvore frutífera (MUSCARELLA e FLEMING, 2007).

Os frugívoros do Novo Mundo geralmente voam em áreas abertas, o que os faz dispersar sementes em locais menos frequentados por outros agentes dispersores (FORESTA *et al.*, 1984; FLEMING, 1988; 2007). Foster e colaboradores (1986) observaram que na Amazônia, os estágios de sucessão primária das florestas são dominados por plantas dispersas pelo vento ou pelos morcegos.

Os filostomídeos cumprem uma função fundamental no ecossistema ao transformar a estrutura vegetacional das áreas em que habitam e forrageiam. Sua contribuição para a sucessão ecológica se destaca pela singularidade de seu papel como dispersor de sementes, atuando na regeneração de áreas degradadas {Charles-Dominique, 1986 #201}.

O *Artibeus planirostris* se destaca como dispersor potencial de plantas de sucessão primária dos gêneros *Ficus* e *Cecropia*, embora também possam se alimentar de artrópodes (FLEMING, HEITHAUS e SAWYER, 1977; GARDNER, 1977; MIKICH, 2002; OLIVEIRA e LEMES, 2010). Estudos com radiotelemetria indicam que alguns filostomídeos do gênero *Artibeus* podem forragear de forma independente

num raio de até 10 km do abrigo (MORRISON, 1978). Registros de *A. planirostris* com técnica de marcação-recaptura relatam comportamento de forrageio de mais de 7 km para a REBIO Guaribas, com taxas de recaptura de apenas 4%, sugerindo que estes morcegos têm grandes áreas de forrageamento (NUNES, 2013).

3.2. Áreas de Estudo

O presente estudo foi realizado em três áreas. A coleta de dados do ICC, glicose e cetona foi realizada em duas áreas da SEMA II na Reserva Biológica Guaribas (REBIO Guaribas), situada nos municípios de Mamanguape – PB, enquanto a coleta de dados relacionados à contenção de morcegos foi feita nos arredores de Mata Atlântica no campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa – PB, na qual os indivíduos foram acondicionados em gaiolas no laboratório local.

3.2.1. Reserva Biológica Guaribas

A REBIO Guaribas (Figura 1), com 4.029 hectares, é formada por três áreas distintas, sendo a SEMA II a mais variada em relação a tipos vegetacionais e também a de maior extensão (3.016,09 hectares). Este segmento consiste em uma área de transição entre ecossistemas de Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado, e alguns pontos da reserva estão em estágio de sucessão secundária (IBAMA, 2003).

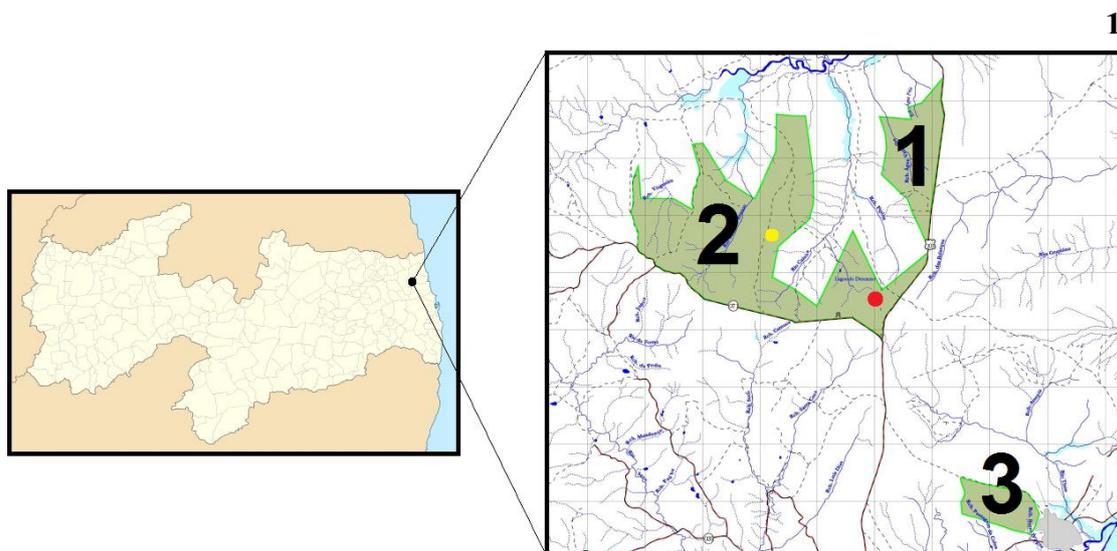


Figura 1. Mapa da Paraíba, na região Nordeste (à esquerda), com detalhamento das três SEMAs que formam a REBIO Guaribas, em Mamanguape (à direita). Os círculos representam a área de coleta em Cabeça de Boi (amarelo) e no Tabuleiro (vermelho). Fonte: Creative Commons® e Plano de Manejo da REBIO Guaribas.

Os dois locais de coleta da SEMA II se concentram em diferentes tipos de revestimento florístico. O primeiro, referido no restante do trabalho como “Mata”, está localizado na região de Cabeça de Boi e é constituído por florestas de galeria de crescimento secundário, com vegetação densa e árvores de grande porte com alturas muitas vezes superiores a 30 metros (Figura 2).



Figura 2. Área de coleta na Mata Atlântica (Cabeça de Boi) da REBIO Guaribas, próxima ao acampamento. Foto: Paloma Albuquerque.

Já o segundo compartilha elementos da vegetação de matas, caatingas, cerrados e cerradões, sendo comum a presença de gramíneas e arbustos e caracterizado principalmente pela savanização típica dos Tabuleiros Costeiros (BARROS, 2002; IBAMA, 2003), o qual será referido como “Tabuleiro” (Figuras 3 e 4).

Segundo a classificação de Köppen, a REBIO Guaribas é caracterizada pelo tipo climático As’, quente e úmido, com estação seca no verão (outubro a dezembro) e chuvosa no inverno (fevereiro a julho). As temperaturas médias anuais variam entre 24°C e 26°C, com médias de temperatura máxima entre 28°C e 30°C nos meses de dezembro e fevereiro (IBAMA, 2003), e a precipitação anual média de Mamanguape é de 1501 mm/ano, com média de 854 mm em 2012 (AESAs, 2012).

3



Figura 3. Rede de neblina armada em área de Tabuleiro na SEMA II – REBIO Guaribas. Foto: Rumenigg Barbosa.

4



Figura 4. Rede de neblina armada à noite no Tabuleiro da SEMA II – REBIO Guaribas. Foto: Kleytone Pereira.

3.2.2. Universidade Federal da Paraíba

A área de coleta do campus I na Universidade Federal da Paraíba (UFPB) está localizada na Mata Atlântica, próxima ao Departamento de Sistemática e Ecologia (DSE). O remanescente está situado a $6^{\circ} 7' S$, $34^{\circ} 45' W$, e faz parte de uma Reserva Ecológica. A área de mata, de 5,64 hectares, é considerada como uma formação de crescimento secundário, e que originalmente fez parte da Mata do Buraquinho, mas hoje se encontra isolada do fragmento maior (471 hectares) juntamente com mais 12 fragmentos dentro do Campus (Figura 5), devido à urbanização (DIAS, CANDIDO e BRESCOVIT, 2006).



Figura 5. Mapa da Paraíba mostrando a capital João Pessoa (à esquerda) e detalhamento do campus I da UFPB, com área (círculo vermelho) indicando onde ocorreram as coletas para os estudos de cativoiro. Fonte: Creative Commons® e UFPB (disponível em: <http://www.ufpb.br>).

Segundo Alonso e Languth (1989), sua formação vegetal tem dois estratos; o superior, formado por árvores de médio a grande porte, com alturas entre 15 e 25 metros, muitas vezes associadas a trepadeiras e cipós, e o segundo estrato, formado por árvores jovens, arbustos e gramíneas, caracterizando um sub-bosque (Figura 6).

Seu entorno urbano conta com edifícios, prédios em construção e árvores frutíferas, como jambeiros, mangueiras e cajueiros. A área tem tipo climático As' – quente e úmido, com chuvas de outono e inverno, segundo a classificação climática de Köppen, sendo bem distribuída ao longo do ano. As temperaturas médias anuais variam entre $24^{\circ}C$ e $27^{\circ}C$, com média de temperatura máxima de $30^{\circ}C$ e mínima de $24^{\circ}C$. A precipitação anual média dos últimos 30 anos em João Pessoa é de 1.764 mm/ano, mas em 2012 atingiu 1668.6 mm/ano (AESAs, 2012; INMET, 2012).



Figura 6. Área de coleta na borda e arredores de Mata Atlântica no campus I da UFPB. Foto: Monique Ximenes.

3.3. Coleta de dados

As coletas em campo na SEMA II foram desenvolvidas em seis meses, entre 09 de junho a 10 de novembro de 2012, totalizando 228 horas de esforço amostral. Já que as fases da lua parecem afetar o padrão de atividade dos morcegos, as datas das coletas tentaram conciliar esta variável com a disponibilidade dos coletores, de modo que a cada dois meses todas as fases fossem contempladas de forma equilibrada.

Cada coleta foi dividida entre um dia na área de Mata Atlântica (S 06° 43'2.41" W 35° 10'9.34") e o dia seguinte na área de Tabuleiro (S 06° 44'4.30" W 35° 08'3.89"). As áreas têm distância linear de 4,3 km. Para obter as coordenadas e calcular a distância, foi utilizado o aparelho de GPS eTrex® Garmin e o programa Google Earth®.

Os morcegos foram capturados a cada coleta com esforço amostral de nove redes de neblina com medidas de 12 x 3 metros, abertas durante 12 horas seguidas, das 17:00h às 05:00h, de modo a interceptar possíveis rotas de voo desses animais. A

vistoria ocorreu a cada hora, em que os morcegos capturados eram então retirados cuidadosamente das redes através de luvas de couro, contidos em sacos de pano e transportados para o laboratório da Reserva Guaribas ou para o acampamento levantado na área de Cabeça de Boi.

Para identificar a espécie *Artibeus planirostris* (Figura 7) em campo, foram observadas características morfológicas de acordo com Vizzoto & Taddei (1973), tais como médio porte, coloração acinzentada, ausência de máscara escura ao redor dos olhos, listras faciais presentes (mas pouco evidentes) e folha nasal lanceolada. Como esta chave foi desenvolvida para a região Sul e Sudeste do Brasil, alguns caracteres foram verificados de acordo com o tipo morfológico descrito na Paraíba por Araújo & Langguth (2010). *A. planirostris* pode ser confundida com outras três espécies de *Artibeus* (*A. lituratus*, *A. fimbriatus* e *A. obscurus*). No Nordeste, se distingue a olho nu do *A. lituratus* e *A. fimbriatus* por seu menor porte, listras pouco evidentes e coloração mais clara, acinzentada. Do *A. obscurus*, se diferencia pelo antebraço menos hirsuto e a coloração menos densa, sem a máscara escura ao redor dos olhos tão característica de *A. obscurus*.



Figura 7. *Artibeus planirostris* coletado em rede de neblina. Foto: Monique Ximenes.

Cinco indivíduos adultos de cada sexo de *A. planirostris* foram sacrificados via inalação em algodão embebido de éter, medidos e identificados em laboratório por

taxonomistas, através do uso de chaves específicas (VIZOTTO e TADDEI, 1973; ANDERSON, 1997; GARDNER, 2008). Os espécimes estão depositados em meio líquido e os respectivos crânios separados em frascos plásticos em meio seco, ambos com numeração específica (sendo os machos 211, 231, 239, 240 e 244 e as fêmeas 219, 223, 224, 229 e 310, todos com sigla inicial MPAF – Maria Paula Aguiar Fracasso), na Coleção de Mamíferos do Departamento de Sistemática e Ecologia (DSE), na Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

O estudo compreendeu apenas morcegos adultos, identificados pela ausência da cartilagem epifisária do metacarpo, visível apenas em indivíduos jovens (KUNZ e ANTHONY, 1982). A escolha se baseou na variação do ICC e níveis de hormônios esteróides que circulam no sistema de acordo com a idade (ARMITAGE, 1991), que podem influenciar os resultados de modo negativo.

Os indivíduos capturados não-sacrificados tiveram seus dados registrados e foram soltos após a marcação com um colar enumerado (abraçadeiras convencionais de nylon), através de método proposto por Esberárd & Daemon (1999). A enumeração dos colares foi feita com seqüências de cores de variadas capas de fios de cobre, em que cada cor correspondia a um número específico (Figura 8).



Figura 8. *A. planirostris* coleta na UFPB com colar de marcação. Foto: Monique Ximenes.

Foram anotados no diário de campo os dados referentes ao dia, horário e local da coleta, bem como número do colar, sexo, estado reprodutivo, estado de maturidade, medida do antebraço direito (através de paquímetro de resolução 0.1 mm) e massa corporal. Esta última foi medida duas vezes, uma com balança de mola Pesola® (0.1 g) e outra com balança digital (0.01g), mas optou-se por manter os valores da balança digital devido a sua maior apreciação.

O estado reprodutivo de cada morcego foi classificado de acordo com características visíveis descritas na literatura (KUNZ, WEMMER e HAYSSSEN, 1996; LEWANZIK *et al.*, 2012). Os machos foram classificados como não-escrotado (NE) e escrotado (E) pela palpação do saco escrotal, pronunciado durante a época reprodutiva (Figura 9). As fêmeas foram divididas entre grávidas (GR), lactantes (L), não-lactantes (NL) e pós-lactantes (PL). Fêmeas grávidas eram identificadas pela apalpação cuidadosa do abdômen. As lactantes, pela ausência de pêlos ao redor dos mamilos e presença de leite através da estimulação manual, que muitas vezes se encontram intumescidos, com coloração esbranquiçada (se contiver leite) ou rosada, caso tenham amamentado recentemente. As pós-lactantes foram distinguidas pelos mamilos desenvolvidos, escurecidos e não-cornificados, sem lactação, enquanto as não-lactantes foram classificadas como fêmeas nulíparas, com mamilos pequenos e pouco evidentes.



Figura 9. Macho de *A. planirostris* coletado na UFPB com saco escrotal evidente. Foto: Monique Ximenes.

Para coleta de dados sanguíneos, o morcego tinha sua perna imobilizada e esterilizada com álcool a 70% para retirada de uma gota de sangue da veia femoral (PACHALY, 2011), através de lancetas G.Tech® calibre 30 descartáveis com ponta triangular. O sangramento após o procedimento era evitado com a compressão de algodão no local da venopunção.

Os níveis de glicose e cetona eram medidos com o glicosímetro Optium™ Xceed™ calibrado e fitas compatíveis MediSense®, utilizado na medicina humana para diabéticos (Figura 10). Este aparelho é o único no mercado brasileiro compatível com fitas que medem a glicose e cetona (β -hidroxibutirato) no sangue, e Gilbert, Pyzik & Freeman (2000) observam que a medição dos níveis de cetona no sangue é mais confiável que na urina. Devido a questões de logística, optou-se por medir seu nível apenas em fêmeas adultas. Após a coleta de sangue, os morcegos eram marcados e soltos.



Figura 10. Coleta de sangue para medição da glicemia em *A. planirostris*. Foto: Kleytone Pereira.

As coletas na UFPB foram realizadas em cinco meses, de 14 de maio a 27 de outubro de 2012. Foram feitos testes preliminares nos meses anteriores para avaliar o design da gaiola, tempo de exposição dos alimentos e tipo de fruto preferido pelos morcegos. As coletas foram realizadas com três redes de neblina (12 x 3 m), semanalmente, a partir das 17:00h no entorno urbano e borda da Mata Atlântica,

finalizadas até 01:00h ou até que o número de indivíduos fosse suficiente para ser acondicionado nas cinco gaiolas, um em cada. Algumas coletas foram improdutivas ou canceladas devido às chuvas. Os morcegos capturados foram transportados para um laboratório próximo, onde o processo de coleta de dados foi repetido da mesma forma que na REBIO Guaribas. Em seguida, os quirópteros foram acondicionados em gaiolas de 29 x 22 x 30 cm, cobertas com tecido preto poroso (TNT) e com água *ad libitum* (Figuras 11 e 12).

Após jejum de aproximadamente 24 horas, cada indivíduo tinha sua massa corporal e nível de glicose avaliado e retornava para sua gaiola limpa, que apresentava cerca de 100g de banana do tipo Pacovan fatiada em pequenos cortes. A banana (*Musa sp.*) foi escolhida através de experimentos preliminares de preferência alimentar com frutos de fácil acesso comercial (mamão, manga, maracujá, melão, goiaba e uva) e devido ao alto valor calórico e de carboidratos (LASKA, 1990).

A exposição ao fruto ocorreu das 19:00h às 07:00h, quando os morcegos eram novamente avaliados em relação ao peso corporal e glicemia. A soltura ocorria no início da noite para evitar exposição a possíveis presas durante o dia. Devido a questões logísticas, os níveis de cetona foram coletados somente após a captura dos morcegos.



Figuras 11 e 12. À esquerda; material básico usado para coletar dados no laboratório, com fitas de glicemia e cetonemia, calibradores, glicosímetro, lanceta, balança digital, Pesola® e colar de marcação. À direita; morcegos condicionados em gaiolas no laboratório com banana e água *ad libitum*.

3.4. Análises de dados

3.4.1. REBIO Guaribas

Os 162 morcegos adultos coletados da espécie *A. planirostris* e seus dados foram organizados em uma planilha do Microsoft Excel®. O comprimento do antebraço foi escolhido como medida corporal linear devido à praticidade de coleta em campo e à popularidade desta variável em diversos trabalhos com quirópteros (SPEAKMAN e RACEY, 1986; SENIOR, BUTLIN e ALTRINGHAM, 2005; JUNG e SLOUGH, 2011).

Para que as análises não fossem influenciadas por possíveis erros durante a coleta, os outliers foram destacados através do cálculo do desvio padrão e da média total do ANT, bem como do desvio padrão individual e relativo do ANT de cada morcego, sendo o desvio padrão individual igual ao ANT menos a média total do ANT, em valores absolutos, e o desvio padrão relativo sendo o desvio padrão individual menos o desvio padrão total dividido pelo desvio padrão total, em valores de porcentagem. Os indivíduos que apresentaram desvios padrões relativos nos valores do ANT acima de 100% foram retirados da amostra. A equação com ajuste de curva foi então apresentada.

Os ICC mais populares encontrados na pesquisa bibliográfica foram analisados para verificar qual deles tinham menor correlação com a medida do antebraço em *A. planirostris*. Para cada ICC, foi calculada a Correlação de Spearman através do programa R (R Development Core Team, 2010). Todos os índices apresentados na introdução foram testados: a RS, IMC, F e AjC, em que o expoente da população local foi igual a 1.4738. A equação sem outliers, correspondente a $ME = 0.108 \cdot ANT^{1.4738}$ ($R^2 = 0.1599$) foi utilizada para inferir outros índices populares na literatura baseados no valor da Massa Esperada, como o IR e o K_n . Um dos ICCs mais propícios K_n foi avaliado em busca de diferenças entre sexo, estado reprodutivo, local e horário de coleta dos morcegos. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o Programa R®. A normalidade de todos os dados foi testada através do Shapiro-Wilk e, em seguida, foram utilizados os testes T de Student para Amostras Independentes, ANOVA de Um e Dois Critérios e Correlação de Spearman. Para analisar se a diferença do K_n entre os locais de coleta era dependente do sexo e do horário, foi realizado o Teste Exato de Fisher e calculadas as proporções sexuais. Além disso, o comprimento do antebraço foi correlacionado com o sexo e estado reprodutivo através da Correlação de Spearman para verificar se havia dimorfismo sexual de tamanho corporal nos morcegos da região.

Os valores de glicose e cetona dos indivíduos foram relacionados ao local de coleta através do Teste de Wilcoxon e ao estado reprodutivo através do Teste de Kruskal-Wallis. Além disso, foram correlacionados entre si, em relação ao K_n e ao horário de coleta através da Correlação de Spearman, a fim de verificar o grau de associação entre as variáveis. O sexo de cada morcego foi examinado com o Teste de Wilcoxon apenas em relação aos níveis de glicose, já que a cetona foi medida somente em fêmeas adultas.

Por fim, todos os ICC descritos, juntamente com a massa corporal, foram correlacionados com as variáveis de estudo (comprimento do antebraço, níveis de glicose e cetona, sexo, estado reprodutivo, local e horário de coleta) para verificar se seus resultados diferiam entre si ou causavam vieses nas análises comparados ao K_n .

3.4.2. Condição Corporal em Laboratório

Dentre os 38 morcegos, foram retiradas a grávida e a lactante, e o restante foi separado em três condições: *captura* (após a coleta, quando não tinham *status* de alimentação definido); após *jejum* de 24 horas e depois de *alimentados* (12 horas após a apresentação do alimento). Foi verificado se havia diferenças do K_n e dos níveis de glicose em relação ao sexo dos morcegos em todas as condições, através do teste T de Duas Amostras ou Wilcoxon (de acordo com a normalidade dos dados).

Quanto aos níveis de glicose e cetona, o K_n foi correlacionado à glicemia através da Correlação de Pearson, enquanto a cetonemia foi comparada ao K_n e ao índice glicêmico com a Correlação de Spearman. A glicemia também foi analisada nas três condições de análise através do Teste T com Amostras Pareadas.

Para avaliar a variação de massa corporal dos morcegos de diferentes condições (*captura*, *jejum* e *alimentados*), foram utilizados os dados da própria massa, já que as amostras eram pareadas e não foi necessário retirar o efeito negativo da medição do antebraço. Para tanto, foram utilizados Testes T com Amostras Pareadas.

Assim como a massa corporal, a variação dos níveis de glicose de um estado para outro também foi analisada para que pudessem responder às perguntas: Quanto de glicose e massa corporal os morcegos conseguem perder em um dia de jejum? E quanto eles conseguem ganhar após serem apresentados à alimentação durante toda a noite? Por último, a variação média de K_n para cada condição de estudo foi calculada para associá-la com o K_n dos morcegos coletados na REBIO Guaribas.

4. RESULTADOS

4.1. Índice de Condição Corporal

A razão entre ANT e MAS (sem outliers) de morcegos adultos coletados na REBIO Guaribas é apresentada no Gráfico 1 com a equação da Massa Esperada (y), os resíduos, o valor de R^2 e a linha de tendência em valores crescentes. Através desta equação foi possível calcular os valores do IR e K_n de cada amostra. O ajuste de curva representa o ICC esperado para a população estudada, e os resíduos (\blacktriangle) de cada indivíduo expressam se estão acima ou abaixo da massa esperada.

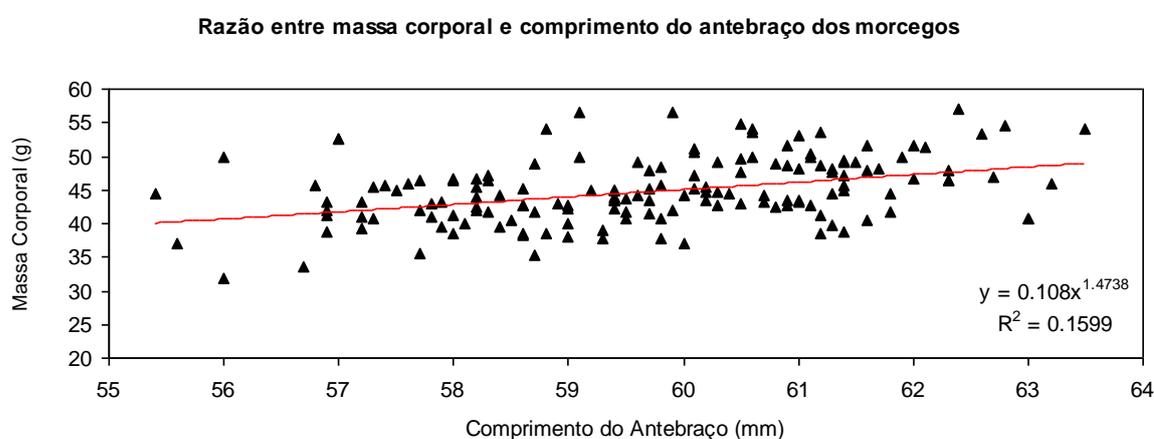


Gráfico 1. Razão entre o comprimento do antebraço (ANT) e a massa corporal (MAS) de cada *A. planirostris* coletado com seus respectivos resíduos.

O grau de associação entre o comprimento do antebraço e os diferentes índices analisados com a Correlação de Spearman são apresentados na Tabela 1. A hipótese H_0 prevê que não há correlação entre as variáveis, enquanto a hipótese H_1 afirma o contrário. Neste caso, foi percebido que os melhores índices, isto é, aqueles com menor correlação com o comprimento do antebraço, foram a *Razão Simples baseada no Ajuste de Curva* ($p = 0.7429$) e o K_n ($p = 0.7429$), embora o *Índice Residual* ($p = 0.7042$) também tenha apresentado resultados semelhantes. Os índices menos indicados apontaram inclusive uma correlação significativa, com aprovação da hipótese H_1 , sendo o *Fator de Condição de Fulton* ($p = 2.1e-06$) o pior índice, seguido pela *Razão Simples* ($p = 0.06037$) e *Índice de Massa Corporal* ($p = 0.128$). A massa corporal também não se mostrou indicada para análise, considerando a influência da medição do antebraço.

Índice	S	p	Rho
Razão Simples (RS)	537346.9	0.06037	0.1507216
Razão Simples com Ajuste de Curva (AjC)	615961.9	0.7429	0.02647034
Índice de Condição Corporal (IMC)	710152.7	0.128	-0.1223985
Índice de Condição de Fulton (F)	866336.5	2.1e-06	-0.3692474
Índice Residual (IR)	613324.3	0.7042	0.03063914
Índice de Condição Relativa (K_n)	615961.9	0.7429	0.02647034
Massa Corporal (MC)	295641.8	4.476e-07	0.4059123

Tabela 1. Resultado da Correlação de Spearman associando comprimento do antebraço e os diferentes ICC analisados, incluindo a massa corporal.

Como dois índices tiveram o mesmo coeficiente, elegemos um deles (K_n) para continuar as análises posteriores devido ao seu amplo uso em diversos artigos sobre ICC. O K_n dos morcegos foi testado, portanto, para verificar se houve diferenças significativas entre indivíduos de acordo com o sexo, estado reprodutivo (machos escrotados/não-escrotados e fêmeas grávidas/não-lactantes/pós-lactantes), local e horários de captura (mata e tabuleiro; a cada hora, das 17:00h às 05:00h).

O Teste T para Amostras Independentes se mostrou bastante significativo ($p = 0.0006405$), indicando diferença no K_n de machos e fêmeas (Gráfico 2), com média do K_n das fêmeas maior que a dos machos ($F = 1.02$, $M = 0.97$), e valores de $t = 3.4913$ e $df = 142.253$. O desvio-padrão foi de 0.09 para as fêmeas, com 86 amostras, e de 0.10 para os machos, com 70 morcegos.

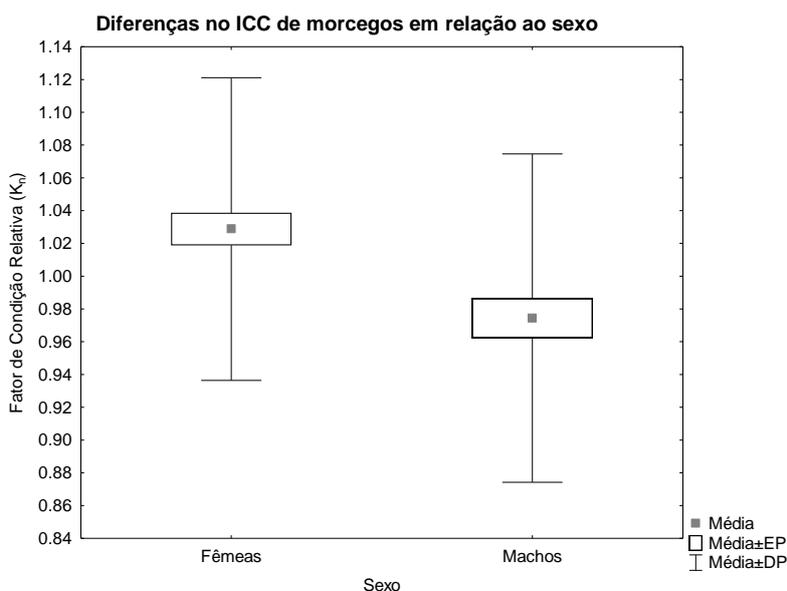


Gráfico 2. Diferença no K_n de morcegos fêmeas e machos.

O K_n foi testado de acordo com os estados reprodutivos e o valor de p (ANOVA) foi de forma geral extremamente significativo ($p = 4.221e-05$, $F = 6.8606$). Os

resultados do Teste de Contraste de Tukey demonstraram que as fêmeas grávidas tiveram valores de K_n significativamente mais elevados do que todos os outros estados reprodutivos, com menor grau entre fêmeas grávidas e pós-lactantes (Tabelas 2 e 3).

Est. Rep.	T	Pr(> t)
GR – E	5.023	< 0.001 ***
NE – E	1.144	0.77739
NL – E	2.476	0.09808
PL – E	2.324	0.13833
NE – GR	-4.205	< 0.001 ***
NL – GR	-3.529	0.00474 **
PL – GR	-3.010	0.02405 *
NL – NE	1.235	0.72441
PL – NE	1.293	0.68938
PL – NL	0.283	0.99853

Tabela 2. Resultados do Teste ANOVA de Um Critério corrigidos com os Contrastes de Tukey (Os asteriscos indicam resultados significativos).

Est. Rep.	Média±EP	Dados: n
E	0.96±0.09	35
GR	1.11±0.12	12
NE	0.98±0.10	35
NL	1.01±0.08	50
PL	1.01±0.07	24

Tabela 3. Médias, erros-padrão e número de dados de todos os estados reprodutivos analisados.

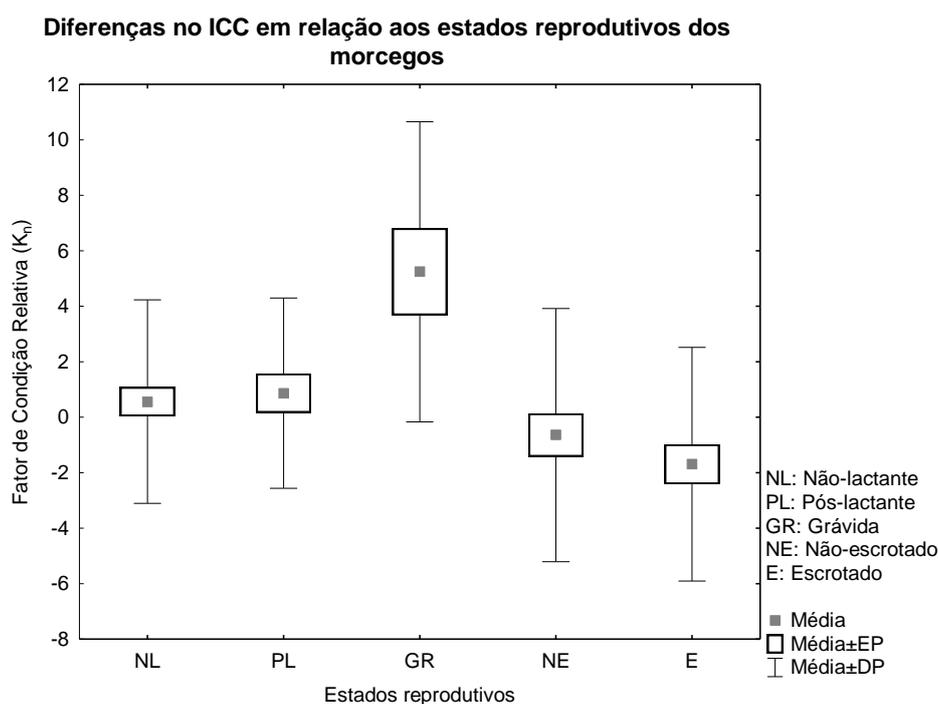


Gráfico 3. Valores de K_n de acordo com o estado reprodutivo dos morcegos.

Como não se pode analisar o K_n real de fêmeas grávidas sem sacrificá-las, os espécimes foram retirados da amostra e a MQO foi recalculada (Gráfico 4). O K_n permaneceu um dos melhores índices ($p = 0.8321$) e, portanto, continuou a ser utilizado nas análises.

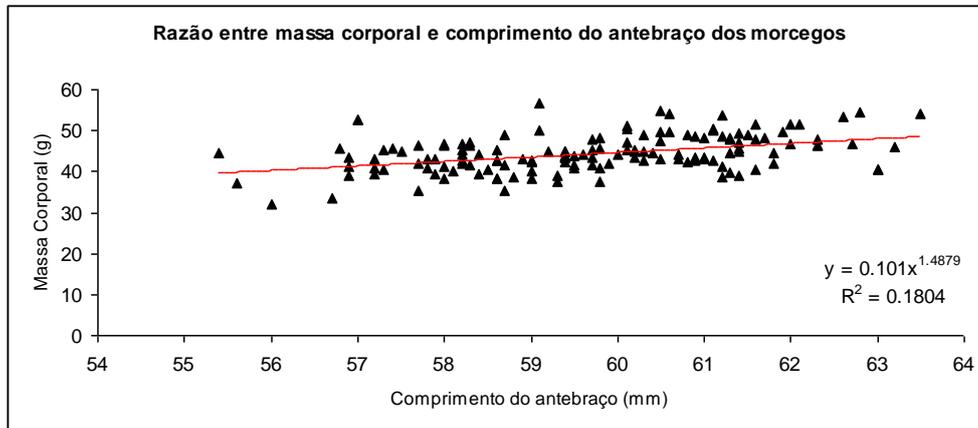


Gráfico 4. Razão entre medida de antebraço e massa corporal sem grávidas.

Em seguida, foi verificado se havia diferenças no K_n entre machos e fêmeas sem a influência de grávidas. Os morcegos ainda apresentaram um valor de p significativo ($p = 0.009224$). A média do K_n das fêmeas continuou maior que a dos machos ($F = 1.02$, $M = 0.98$), com valores de $t = 2.6429$ (Gráfico 5). O desvio-padrão foi de 0.07 para as fêmeas, com 74 amostras, e de 0.10 para os machos, com 70 morcegos (Gráfico 5).

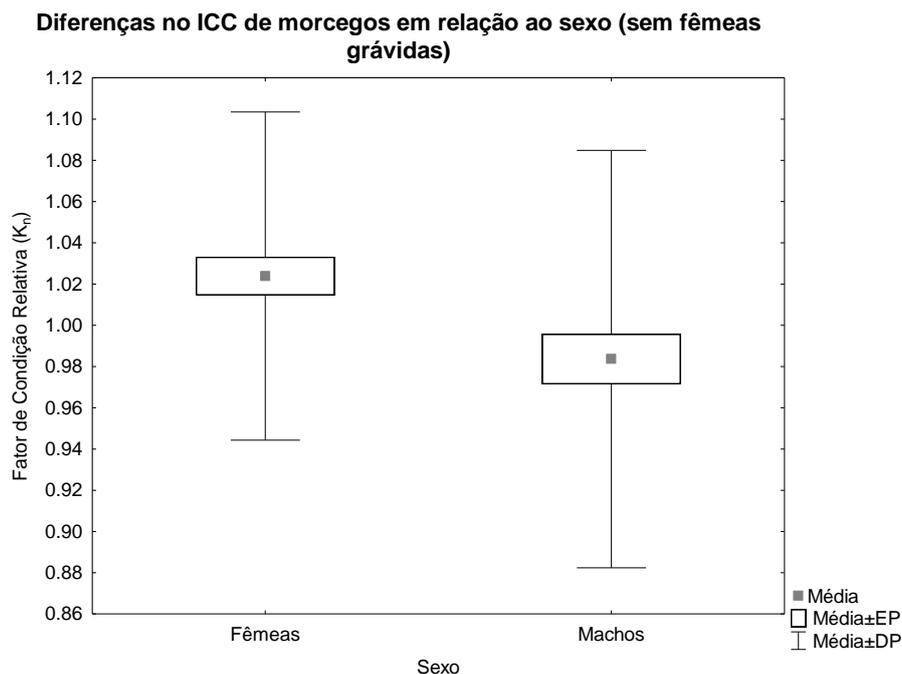


Gráfico 5. Diferença no K_n de machos e fêmeas.

A diferença entre os estados reprodutivos foi significativa, no entanto, o Contraste de Tukey confirmou apenas valores de p marginalmente significativos (Tabela 4), com fêmeas não-lactantes e pós-lactantes com maiores valores de K_n em relação aos machos escrotados ($p = 0.03982$, $F = 2.8474$), como mostra a Tabela 5 e o Gráfico 6.

Est. Rep.	t	Valor de Pr(> t)
NE – E	1.187	0.6346
NL – E	2.548	0.0567 #
PL – E	2.387	0.0832 #
NL – NE	1.261	0.5876
PL – NE	1.317	0.5516
PL – NL	0.287	0.9917

Tabela 4. Diferença no K_n de morcegos de diferentes estados reprodutivos com correção do Contraste de Tukey (#: marginalmente significativo).

Est. Rep.	Média±EP	Dados: n
E	0.97±0.09	35
NE	0.99±0.10	35
NL	1.02±0.08	50
PL	1.02±0.07	24

Tabela 5. Média do K_n de machos e fêmeas sem interferência de grávidas.

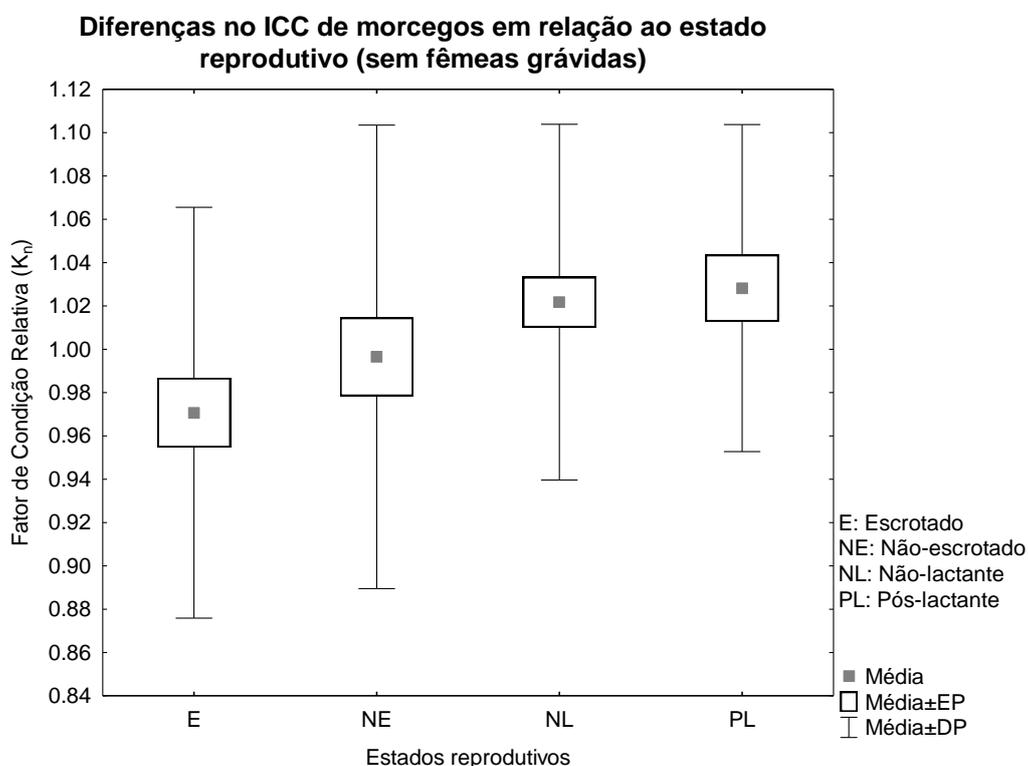


Gráfico 6. Valor de K_n em diferentes estados reprodutivos (sem fêmeas grávidas).

Entre o K_n de morcegos capturados na Mata e no Tabuleiro, os resultados também apresentaram valores de p significativos (Teste T, $p = 0.0003448$), sugerindo que os morcegos do Tabuleiro tiveram uma média de K_n superior aos da Mata (Gráfico 7), respectivamente, 1.02 e 0.96 ($t = 3.6926$). Os desvios-padrão foram iguais a 0.09 para a Mata, com 53 indivíduos, e 0.09 para o Tabuleiro, com $n = 103$.

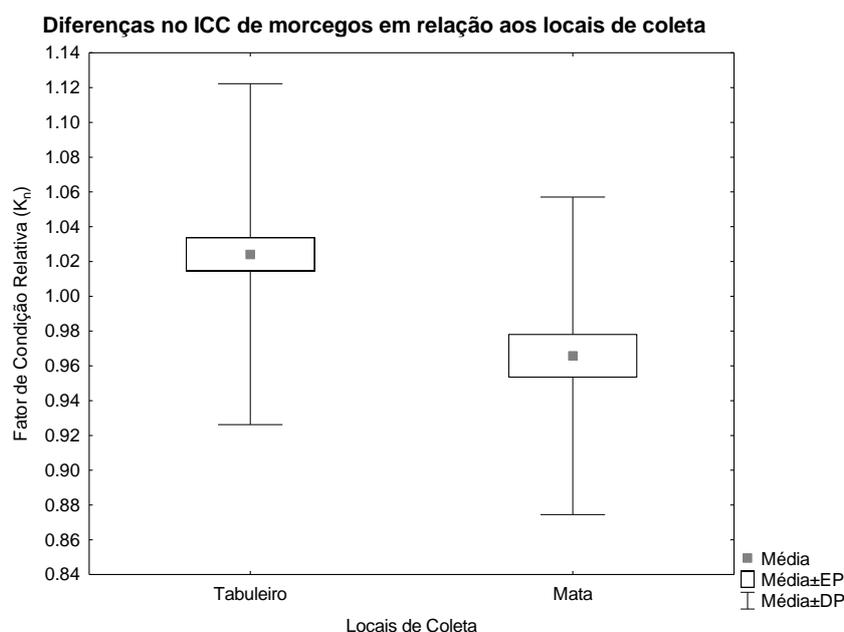


Gráfico 7. Valor de K_n de morcegos em diferentes locais de coleta.

O Teste ANOVA de Dois Critérios obteve diferenças extremamente significativas entre o K_n de morcegos de diferentes sexos e locais (Local: $Pr = 0.0004107$, Sexo: $Pr = 0.0005596$), evidenciando que as fêmeas do tabuleiro tiveram uma média mais elevada (Tabela 6).

Média±DP	Fêmeas	Machos
Mata	0.99±0.007	0.93±0.09
Tabuleiro	1.04±0.09	0.99±0.09

Tabela 6. Média e desvio-padrão de K_n de machos e fêmeas de acordo com o local de coleta.

Em relação aos horários de coleta, a Correlação de Spearman também resultou em diferenças significativas no K_n ($p = 0.002733$, $S = 481905.6$ e $Pp = 0.2383468$). De acordo com o Gráfico 8, podemos observar que os horários com maior K_n foi durante a madrugada, com ênfase entre 01:00h e 03:00h. Os horários até as 21:00h apresentaram um valor menor de ICC entre os morcegos.

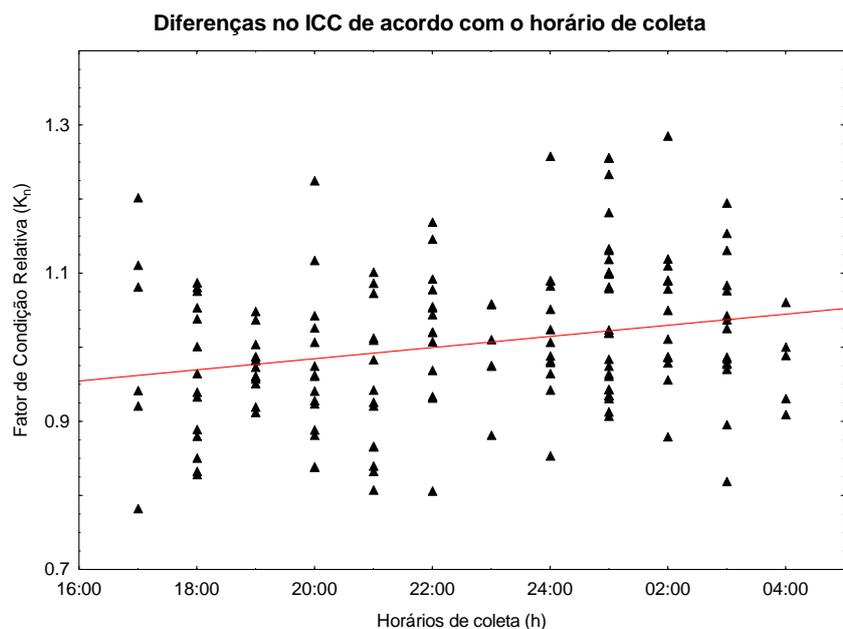


Gráfico 8. Valores de K_n ao longo de doze horas de coleta.

4.2. Níveis de Glicose e Cetona

Na segunda parte do trabalho, foram realizados testes não-paramétricos para verificar diferenças significativas nos níveis de glicose e cetona entre morcegos machos e fêmeas, de diferentes estados reprodutivos (machos escrotados/não-escrotados e fêmeas grávidas/não-lactantes/pós-lactantes) e de indivíduos coletados na Mata Atlântica e no Tabuleiro.

Em relação ao sexo, os machos apresentaram valores de glicose semelhantes às fêmeas (Teste de Wilcoxon: $W = 3158.5$, $p = 0.5976$). O estado reprodutivo dos indivíduos também não apresentou resultados significativos para os níveis de glicose (χ^2 do Kruskal-Wallis = 0.9444, $p = 0.9181$) e de cetona (χ^2 do Kruskal-Wallis = 1.0625, $p = 0.5879$).

As variações obtidas através do Teste de Wilcoxon dos indivíduos coletados na Mata e no Tabuleiro não tiveram valores significativos para a cetona ($W = 247$, $p = 0.3113$), porém apresentaram diferenças no índice glicêmico ($W = 1865.5$, $p = 0.001218$), sugerindo que morcegos coletados no Tabuleiro têm índices glicêmicos mais elevados que aqueles da Mata (Gráfico 9).

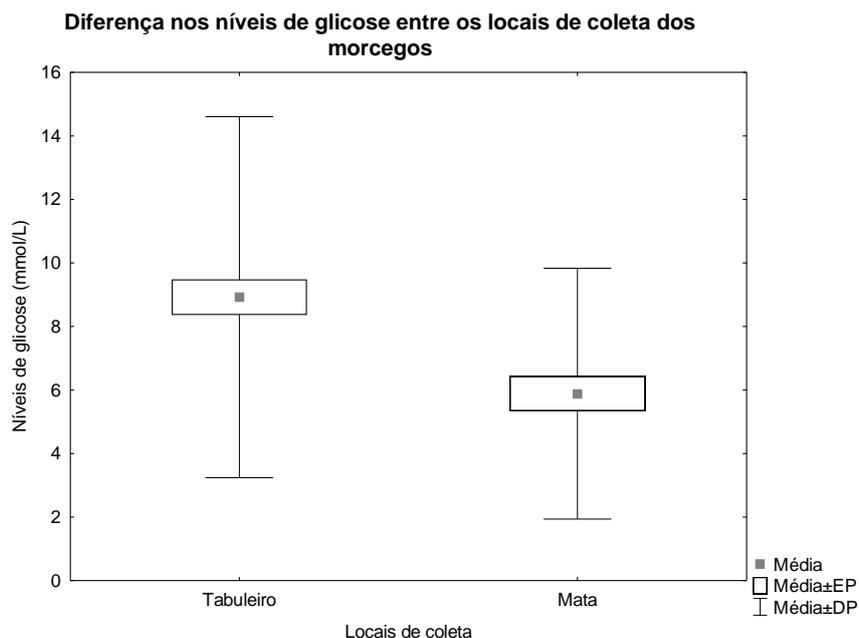


Gráfico 9. Variação dos níveis de glicose de morcegos coletados no Tabuleiro e Mata.

A Correlação de Spearman foi utilizada para analisar o grau de associação entre os níveis de glicose e cetona dos indivíduos. Os resultados indicaram uma correlação significativa ($S = 37089.13$; $p = 0.01161$; $Pp = -0.3379917$) de forma inversamente proporcional, indicando que quanto mais elevado o índice glicêmico, mais baixo o nível de cetona no sangue (Gráfico 10).

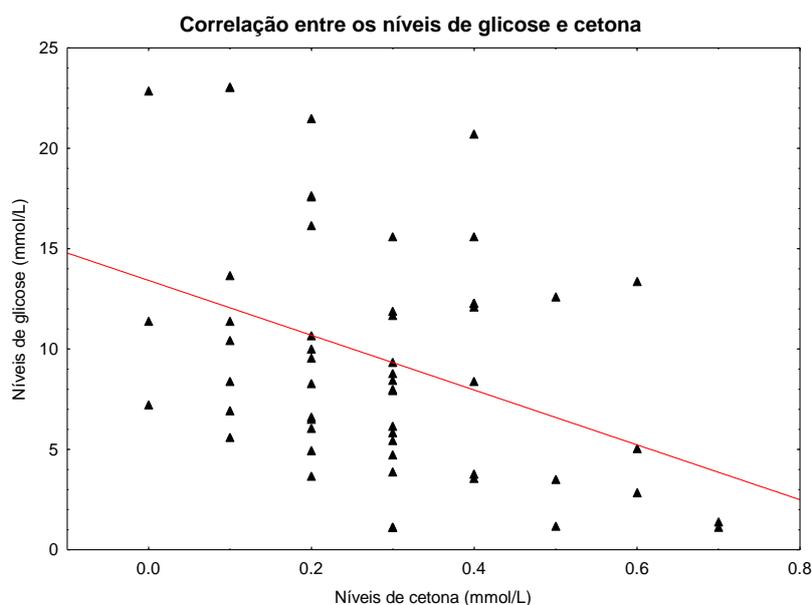


Gráfico 10. Correlação de Spearman entre níveis de glicose e corpos de cetona de morcegos coletados na SEMA II – REBIO Guaribas.

O mesmo teste foi usado para correlacionar o K_n aos índices de glicose e cetona. O índice glicêmico apresentou resultados significativos (Gráfico 11), indicando que quanto maior o nível de glicose, maior o de K_n ($S = 474580$, $p = 0.001652$, $P\rho = 0.249925$). Já os índices de cetona não apresentaram valores expressivos ($S = 30642.95$, $p = 0.4436$; $P\rho = -0.1054457$).

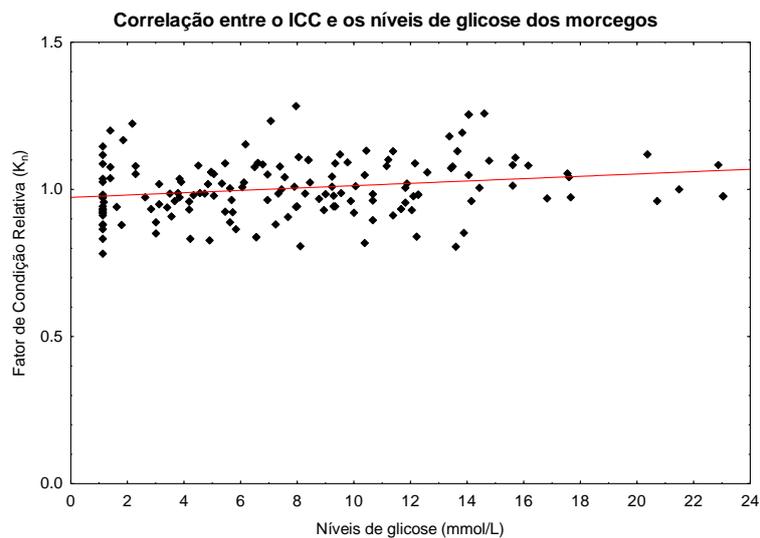


Gráfico 11. Correlação entre os níveis de glicose e o K_n de *A. planirostris*.

Os níveis de glicemia dos morcegos em horários de coleta variados (das 17:00h às 05:00h) apresentaram diferenças significativas (Correlação de Spearman: $S = 323095.9$; $p = 9.033e-11$, $P\rho = 0.489346$), com a glicemia aumentando ao longo da noite (Gráficos 12 e 13).

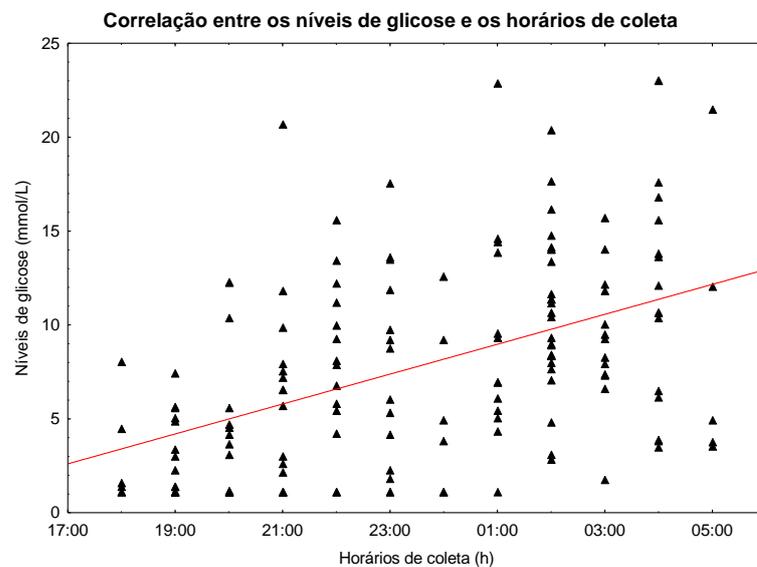


Gráfico 12. Análise do grau de glicemia ao longo das doze horas de coleta.

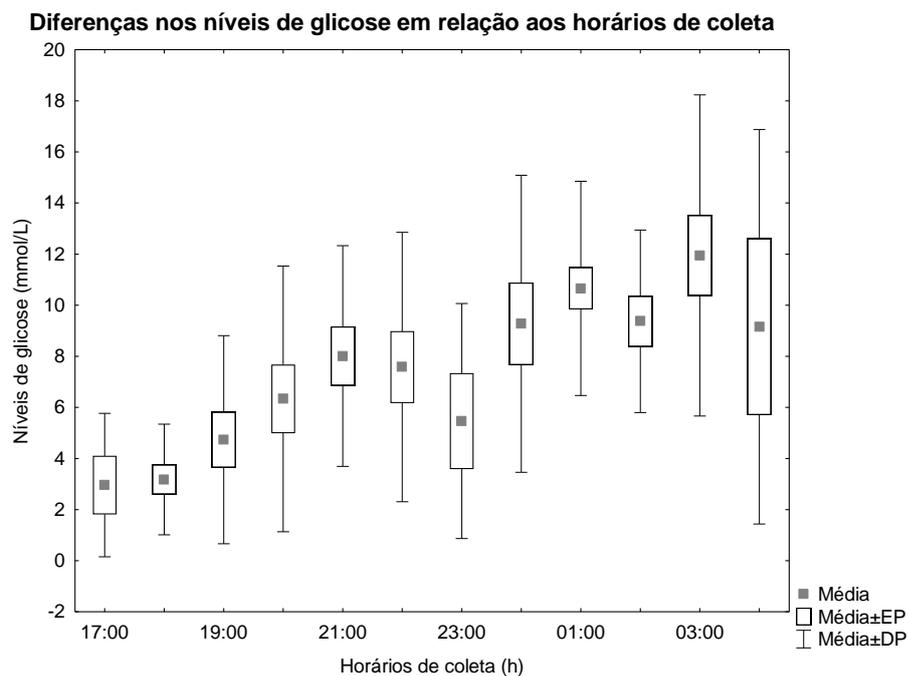


Gráfico 13. Box-plot da análise de glicemia ao longo da noite.

O mesmo teste foi realizado para níveis de cetona, porém não houve resultados significativos ($S = 33209.11$; $p = 0.1473$; $P\rho = -0.19802$), embora o Gráfico 14 sinalize uma ligeira queda de seus níveis ao longo do tempo.

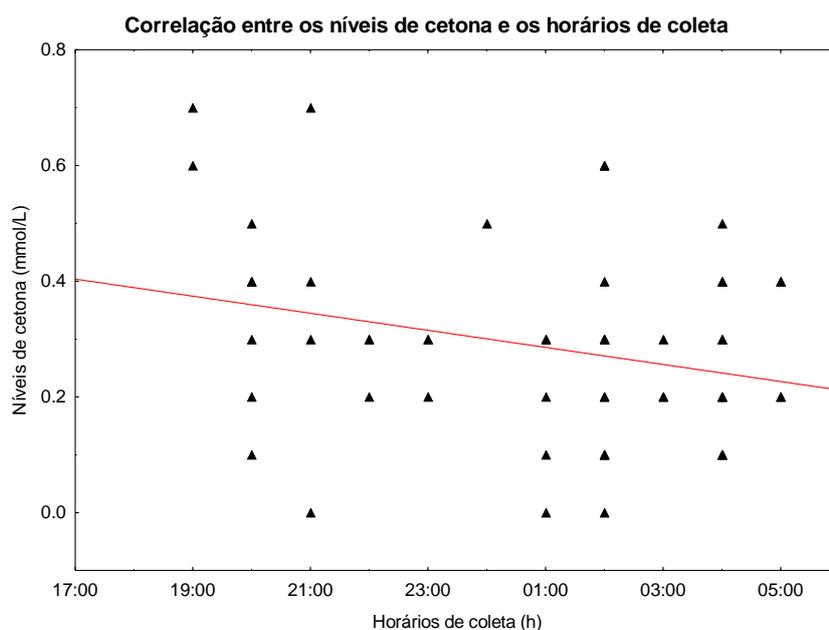


Gráfico 14. Níveis de cetona ao longo das doze horas de coleta (valores não-significativos).

Todas as variáveis previamente testadas com o K_n (comprimento do antebraço, níveis de glicose e cetona, sexo, estado reprodutivo, local e horário de coleta) foram correlacionadas com os outros ICC e com a massa corporal para verificar se seus resultados diferiam entre si ou causavam vieses nas análises (Tabela 7). O F e o IMC se portaram de modo diferente quanto ao estado reprodutivo. O F também não identificou diferenças significativas quanto ao local de coleta dos morcegos.

	Antebraço	Glicose	Cetona	Sexo	Est.Rep.	Local	Horário
RS	0.06037	8.627e-05	0.2181	0.003768	0.02496	0.004393	0.0004334
AjC	0.7429	0.0002656	0.3676	0.009224	0.03982	0.009179	0.0008071
IMC	0.128	0.001599	0.5234	0.02331	0.1119	0.01688	0.003695
F	2.1e-06	0.0303	0.8653	0.07366	0.1937	0.1221	0.02641
IR	0.7042	0.0002854	0.3413	0.007105	0.03529	0.009935	0.0007423
K_n	0.7429	0.0002656	0.3676	0.009224	0.03982	0.009179	0.0008071
MC	4.476e-07	4.929e-05	0.1935	0.001141	0.01139	0.001849	0.0002688

Tabela 7. Valores de p de acordo com a normalidade dos dados (exceto para antebraço, em que todos foram analisados de forma não-paramétrica com o Teste de Spearman).

Para analisar se a diferença entre o K_n e níveis de glicose na Mata e Tabuleiro era dependente do sexo e do horário de coleta, foi realizado o Teste Exato de Fisher e calculadas as proporções sexuais. De um modo geral, o Tabuleiro apresentou fêmeas com maior K_n e níveis de glicose durante a madrugada, mas o teste não foi significativo ($p = 1$) e a proporção bem equilibrada, indicando que há outros fatores causando diferença na condição corporal de morcegos entre os locais de coleta (Tabelas 8 e 9).

O comprimento do antebraço e a massa corporal também foram analisados em relação ao sexo e estado reprodutivo para verificar se o tamanho corporal tem influências nestas variáveis (Tabela 10). O tamanho corporal se mostrou quase significativo em relação ao sexo, e o estado reprodutivo apresentou resultados significativos, indicando que fêmeas podem ser relativamente maiores que os machos.

Dados: n	Fêmeas	Machos
Mata	26	25
Tabuleiro	48	45

Tabela 8. Quantidade de morcegos em cada local de acordo com o sexo.

Dados: n	Noite (18h às 24h)	Madrugada (01h às 05h)
Mata	33	18
Tabuleiro	43	50

Tabela 9. Quantidade de morcegos em cada local de acordo com o horário de coleta.

	Sexo	Est. Rep.
ANT	0.06597	0.04742
MC	0.001141	0.01139

Tabela 10. Valor de p na Correlação de Spearman para verificar dimorfismo sexual de massa ou tamanho corporal.

4.3. Condição Corporal em Laboratório

O K_n dos morcegos foi analisado para verificar se havia diferença entre os sexos logo após a captura. O Teste T de Duas Amostras não mostrou diferenças significativas entre o K_n de machos e fêmeas ($t = -0.1693$, $p = 0.8673$). O Teste de Wilcoxon foi realizado com indivíduos no jejum de 24 horas ($W = 154$, $p = 0.3919$) e alimentados ($W = 112$, $p = 0.5244$) e também não apresentou diferenças entre os sexos.

Os níveis de glicose também foram testados em relação ao sexo em todas as condições (captura, jejum e alimentados). Porém, somente durante o jejum houve uma ligeira diferença na glicemia de machos e fêmeas ($t = 2.2791$, $p = 0.03094$), em que as fêmeas apresentaram uma média um pouco maior ($F = 3.27$, $M = 2.43$), como mostra o gráfico 15.

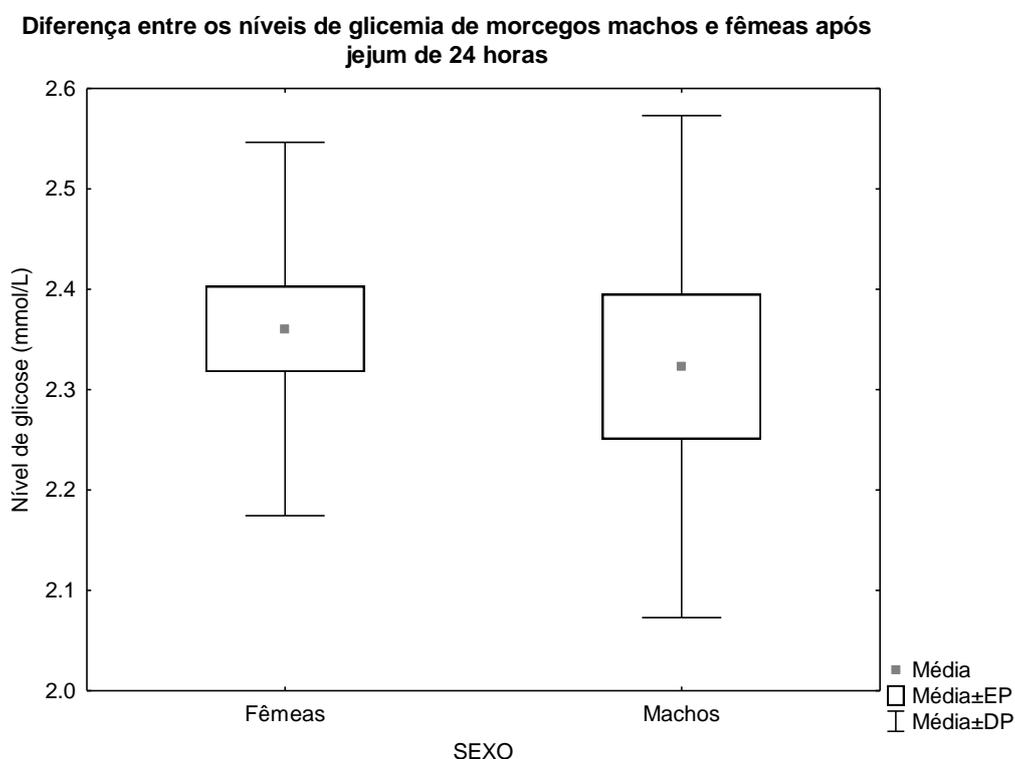


Gráfico 15. Níveis de glicose de fêmeas e machos após jejum de 24 horas.

O K_n foi correlacionado com os níveis de glicose e cetona, que também foram correlacionados entre si. Houve correlação significativa entre o K_n e a glicemia

(Pearson: $t = 3.0135$, $p = 0.005111$) e quase significativa entre níveis de glicose e cetona (Spearman: $S = 4934.66$, $p = 0.06747$). Os níveis de cetona não tiveram correlação com o K_n .

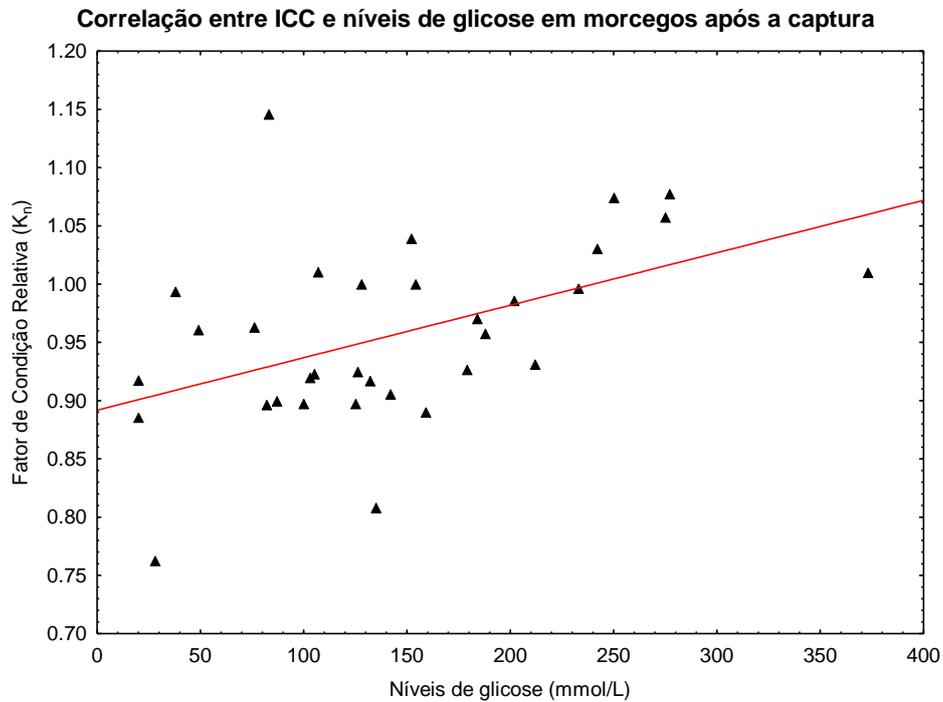


Gráfico 16. Correlação entre K_n e níveis de glicose de morcegos recém-capturados.

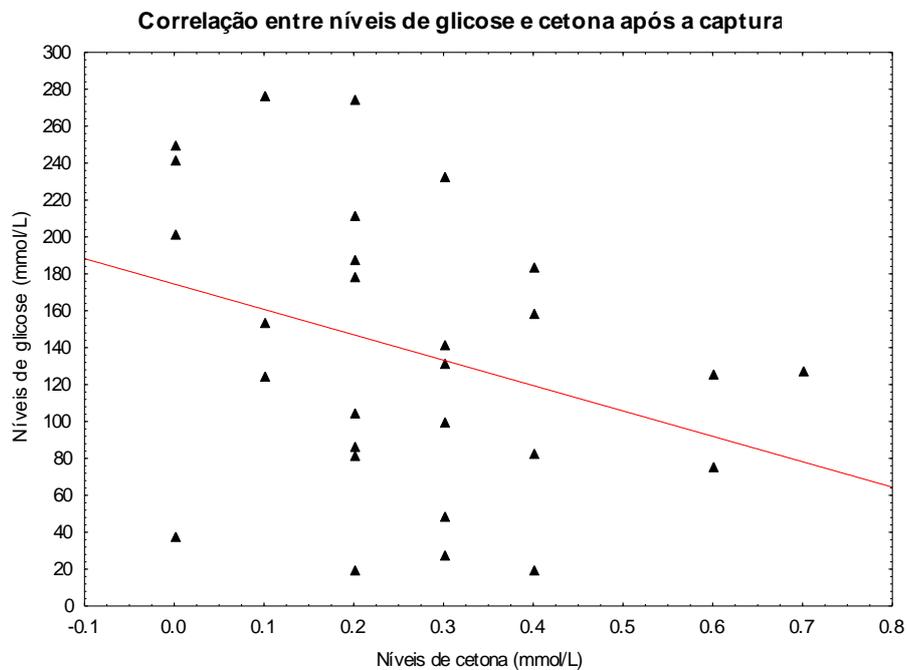
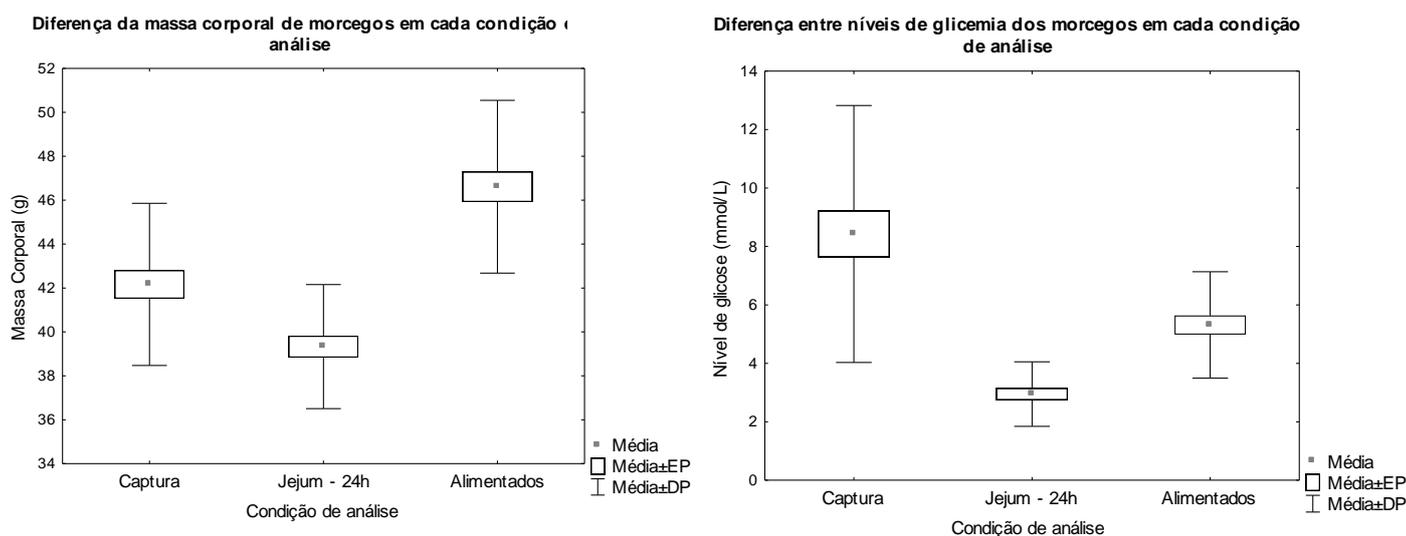


Gráfico 17. Correlação entre níveis de glicose e cetona após a captura.

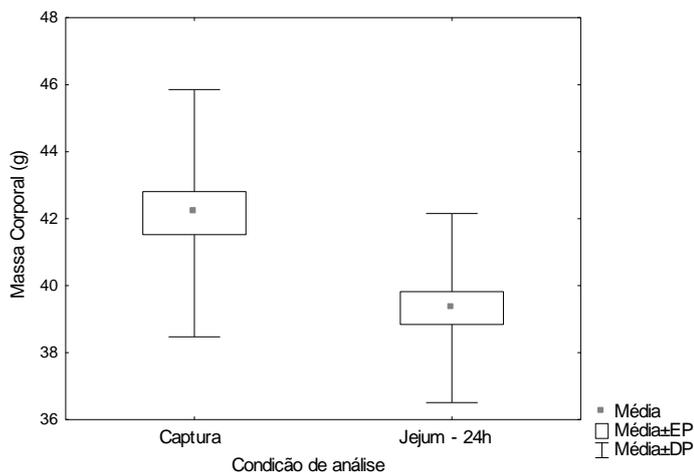
Foram realizados Testes T com Amostras Pareadas para verificar se houve diferença no valor da massa corporal dos morcegos entre todas as condições de análise (Gráfico 18); captura e jejum ($t = 5.9731$, $p = 1.173e-06$), jejum e depois de alimentados ($t = -12.8809$, $p = 3.315e-14$) e captura e depois de alimentados ($t = 8.1861$, $p = 2.378e-09$). Todos os estados mostraram diferenças significativas, indicando uma variação na massa de acordo com o *status* de alimentação (Gráficos 20, 22 e 24).

A variação do índice glicêmico em todas as condições também foi testada através de Testes T com Amostras Pareadas (Gráfico 19), que indicaram que os níveis de glicose diferiram significativamente entre a captura e jejum ($t = 7.0587$, $p = 7.568e-08$), jejum e alimentados ($t = -6.8657$, $p = 1.277e-07$) e captura e alimentados ($t = 3.9241$, $p = 0.0004702$). Os gráficos 21, 23 e 25 foram ordenados com os gráficos da variação da massa para facilitar a visualização da associação entre o K_n e a glicemia.

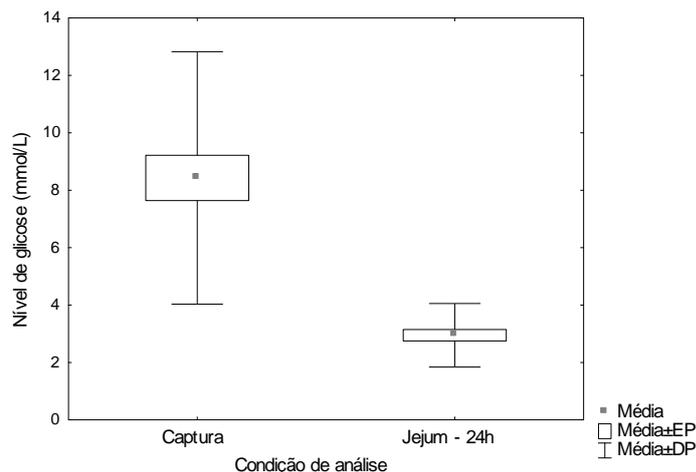


Gráficos 18 e 19. Massa corporal (à esquerda) e níveis de glicose (à direita) em cada condição de análise.

Diferença entre massa corporal de morcegos após captura e jejum

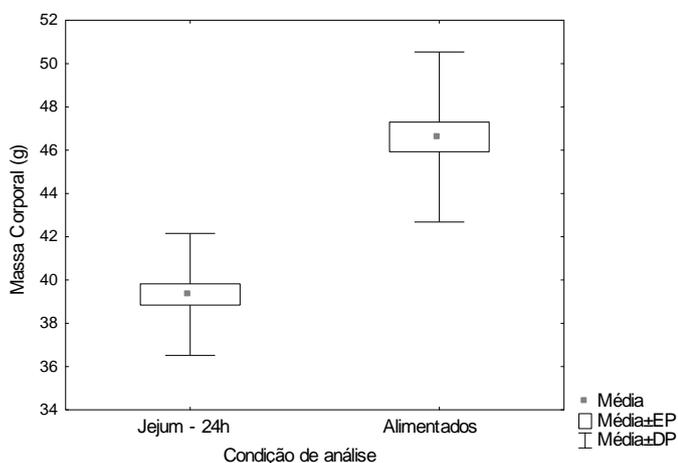


Diferença entre os níveis de glicemia de morcegos na captura e jejum

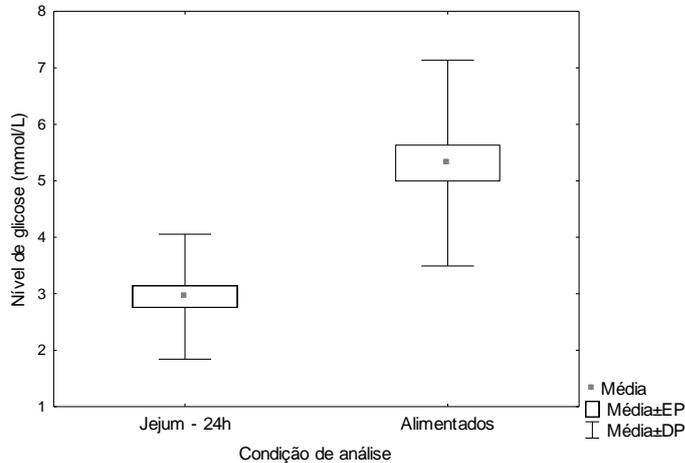


Gráficos 20 e 21. Massa corporal (à esquerda) e níveis de glicose (à direita) dos morcegos após captura e jejum de 24 horas.

Diferença entre massa corporal de morcegos após jejum e alimentação

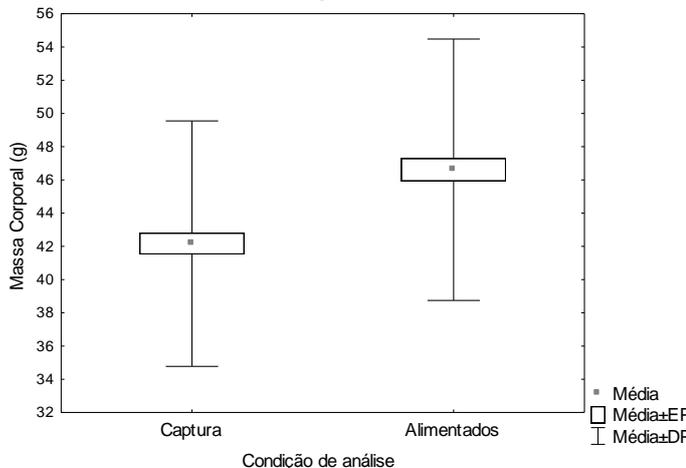


Diferença entre os níveis de glicemia de morcegos após jejum e alimentação

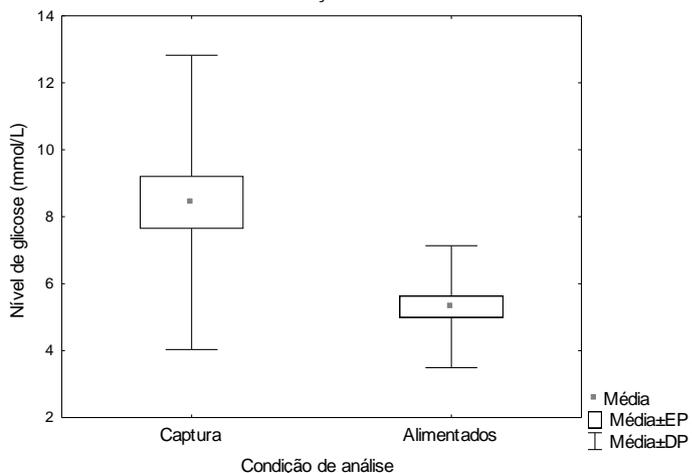


Gráficos 22 e 23. Massa corporal (à esquerda) e níveis de glicose (à direita) dos morcegos após jejum de 24 horas e alimentação.

Diferença entre massa corporal de morcegos após captura e alimentação



Diferença entre os níveis de glicemia de morcegos após captura e alimentação



Gráficos 24 e 25. Massa corporal (à esquerda) e níveis de glicose (à direita) dos morcegos após jejum e alimentação.

As médias da variação da massa corporal e nível glicêmico entre cada condição foram obtidas, como mostra a Tabela 11. Assim, foi observado que os morcegos podem perder, em média, 2,8g (7% de sua massa corporal) após 24 de jejum e ganhar 7,3g (17% de sua massa) após 12 horas de exposição ao alimento em condições de cativeiro. Além disso, a glicemia pode decair, em média, 5,4 mmol/L após 24 horas de jejum e elevar 2,3 mmol/L após 12 horas de exposição ao alimento.

	Massa Corporal			Glicemia		
	Média±DP	max.	min.	Média±DP	max.	min.
Captura	42.1±3.6	47.6	33.6	8.4±4.4	20.7	1.1
Jejum	39.3±2.8	44.9	32.4	2.9±1.1	5.5	1.3
Alimentados	46.6±3.9	52.7	38.2	5.3±1.8	10.1	2
Variação após jejum	-2.8±2.7	-13	+0.9	-5.4±4.3	+18	+2.1
Variação após alimentação	+7.2±3.2	12.3	-5	+2.3±1.9	+6.4	-1

Tabela 11. Média, desvio-padrão, valores máximos e mínimos para massa corporal e índice glicêmico de morcegos em cativeiro. Os sinais positivos e negativos mostram, respectivamente, o ganho e perda de massa em cada condição de análise.

A variação média de K_n em cada condição também foi considerada, obtendo-se valores de 1.0 para captura, 0.9 após jejum de 24 horas e 1.1 depois de alimentados. Dessa forma, é possível examinar o K_n de cada morcego em campo de modo preliminar e associá-lo com seu provável *status* de alimentação (Gráfico 26).

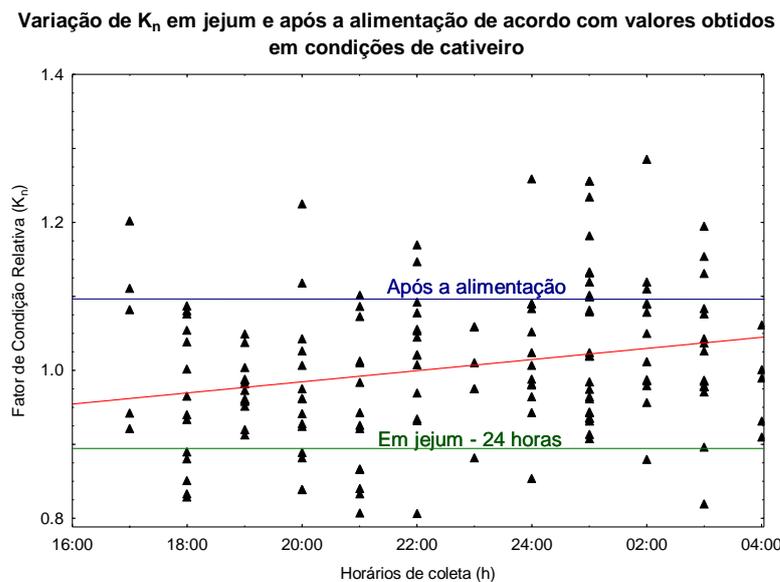


Gráfico 26. Diferenças no K_n de morcegos coletados na REBIO Guaribas de acordo com o horário, e as médias de K_n de morcegos em cativeiro após jejum (em verde) e depois de alimentados (em azul).

5. DISCUSSÃO

5.1. ICC mais apropriado para estudos com *A. planirostris*

Dentre os índices analisados, o *Índice Baseado no Ajuste de Curva* (AjC) e o *Fator de Condição Relativa de Le Cren* (K_n) se mostraram os menos correlacionados com o comprimento do antebraço e, portanto, foram considerados mais adequados para a análise de ICC em *A. planirostris*. Os resíduos gerados pela regressão MQO são realmente muito populares em estudos sobre ICC nas últimas décadas e, apesar de suas críticas (GARCÍA-BERTHOU, 2001; GREEN, 2001; FRECKLETON, 2002), seu uso permanece em liderança pelos pesquisadores para separar os efeitos da medida linear corporal em relação à massa.

Jakob et al. (1996), Reist (1985) e Schulte-Hostedde et al. (2005), que estudaram a condição corporal em aranhas, peixes e pequenos mamíferos, respectivamente, discordam de várias críticas sobre o método e concluem que os índices residuais se configuram no modo mais eficaz para separar os efeitos entre a condição e o tamanho corporal. A busca pelo melhor índice é constante e a diversidade de métodos aumenta a cada ano com técnicas mais complexas, mas dentre todos analisados neste trabalho, o K_n foi o menos influenciado pelo comprimento corporal linear, juntamente com o AjC. Um dos fatores que tornam os índices residuais os favoritos dentre os ICC é que são mais rigorosos estatisticamente e geram dados paramétricos, mais fáceis de serem analisados (REYNOLDS e KORINE, 2009).

Nos artigos avaliados sobre ICC de morcegos, porém, o K_n permanece pouco utilizado. Speakman & Racey (1986) foram os primeiros autores a investigarem o ICC em morcegos e pequenos mamíferos em geral, com vários estudos sobre a condição corporal. Diversos pesquisadores (LAW, 1996; SIEMERS *et al.*, 2005; STAWSKI e GEISER, 2010; JONASSON e WILLIS, 2011) seguem seu método clássico (Razão Simples - RS), sem maiores discussões sobre a validação do método. Ransome (1995) sugeriu uma pequena inovação com a correção do tamanho do esqueleto, multiplicando a RS pela média do antebraço de fêmeas em estado reprodutivo. Este método foi seguido por Kaňuch et al. (2005) e O'Donnell (2002), que adaptou as médias para cada estado reprodutivo. Gerell & Lundberg (1990) optaram pelo índice isométrico, enquanto Lourenço & Palmeirim (2007) usaram a RS e o K_n , mas como obtiveram os mesmos resultados, escolheram a RS pela sua simplicidade. Da mesma forma, Pearce et al. (2008) analisaram os índices mais populares no estudo de morcegos e concluíram que a

RS era mais recomendada. O artigo de Pereira et al. (2010) foi o único encontrado sobre o assunto com a espécie *A. planirostris*, mas considerou somente a massa como condição corporal.

A revisão bibliográfica reflete que, apesar da abundância de artigos e métodos sobre ICC – com ênfase no K_n – pesquisas com ICC de morcegos tendem a seguir modelos tradicionais, e são poucos os que se propõem a validar e/ou utilizar índices que fujam daqueles propostos em sua área de atuação. Pearce et al. (2008), Reynolds & Korine (2009) se propuseram a validar o ICC através da condutividade elétrica total do corpo (TOBEC), com resultados favoráveis. Wirsing et al. (2002), no entanto, recomenda cuidados no uso desta técnica, pois a eficácia da validação da condição corporal de pequenos mamíferos em campo é reduzida, principalmente em espécies com pouca acumulação de gordura corporal, como é o caso dos morcegos.

O *Fator de Condição de Fulton* (F), bastante utilizado no estudo de peixes, mostrou grande correlação com o antebraço e, portanto, não é recomendado para morcegos da espécie *A. planirostris*. Stevenson & Woods (2006) alega que o crescimento isométrico ocorre em diversas espécies, mas não em todas. Realmente, o expoente calculado para os morcegos da REBIO Guaribas e UFPB foi de $B = 1.4$, bem distante do expoente isométrico. O comprimento do antebraço também teve grande influência na RS, com relação quase significativa e, portanto, não é recomendado para este objetivo.

Quando todos os ICC foram correlacionados com as diversas variáveis (sexo, estado reprodutivo, local, horário de coleta, glicose e cetona), seus resultados foram bastante semelhantes entre si. No entanto, Speakman (2001) alerta que diferenças sutis entre os diferentes métodos podem levar a conclusões precipitadas sobre a condição animal e que muitas vezes é preferível analisar os dados diretamente. De fato, o F diferiu dos outros índices quando não mostrou diferenças significativas entre morcegos de diferentes estados reprodutivos e locais de coleta. Da mesma forma, o *Índice de Massa Corporal* (IMC) não apresentou diferenças entre morcegos de diferentes estados reprodutivos. Apesar de a massa corporal ter tido valores de p semelhantes ao K_n , seu uso não é aconselhado devido à grande influência do comprimento do antebraço em *A. planirostris*.

A exclusão de outliers é extremamente aconselhável, assim como uso de dados da própria população para evitar grandes desvios na regressão MQO, como apresentado no presente estudo e proposto por Reynolds & Korine (2009). Por conseguinte, é

encorajado o uso do A_{jC} e K_n em estudos de ICC com a espécie *A. planirostris* e pesquisas adicionais sobre o método com outras espécies de mamíferos voadores.

5.2. Validação do K_n através da Glicose e Cetona

Devido a críticas e recomendações de diversos autores quanto ao uso do ICC para medir reservas energéticas (GREEN, 2001; SPEAKMAN, 2001; SCHULTE-HOSTEDDE *et al.*, 2005; SCHAMBER, ESLER e FLINT, 2009), este trabalho teve o cuidado de validar o K_n , correlacionando-o com os níveis de glicose e cetona no sangue dos morcegos.

Estes componentes sanguíneos foram escolhidos porque podem variar com o tempo após a alimentação e, assim, refletir o *status* nutricional (KORINE, ZINDER e ARAD, 1999). Segundo Reynolds & Korine (2009), fluidos corporais são geralmente mais quantitativos que os morfológicos, mas a natureza invasiva do procedimento e o grande volume necessário de sangue impedem seu uso e validação em campo nos estudos com morcegos.

O glicosímetro, no entanto, é acessível, prático, econômico e pode ser usado em campo sem sacrificar os indivíduos, utilizando apenas uma gota de sangue e com resultados imediatos. Comparado com análises do plasma sanguíneo humano em laboratório, os glicosímetros (Accu-Chek® – Roche e Optium Xceed® - Abbot) apresentaram variação de menos de 10% em capilares e menos de 15% em veias, refletindo a efetividade do instrumento (TELES *et al.*, 2012). Este é provavelmente o primeiro estudo a utilizar o aparelho comercial de glicemia e cetonemia em morcegos em meio selvagem.

Tanto em campo quanto em laboratório, os níveis de glicose tiveram correlação positiva com o K_n , indicando que o mesmo pode retratar a reserva energética de morcegos de modo efetivo em curto prazo, antes ou após a alimentação. De fato, quirópteros se destacam pela variação dramática de sua reserva energética endógena, seja sazonal, diariamente ou mesmo em poucas horas (BEN-HAMO, MUÑOZ-GARCIA e PINSHOW, 2012). Widmaier & Kunz (1993) observaram que o nível de glicose no plasma era maior após o período de alimentação em três espécies de Pteropodidae. Estudos sobre índice glicêmico em morcegos filostomídeos são escassos, no entanto, Kelm *et al.* (2011) também verificou uma elevação do nível de glicose em *Glossophaga soricina* em cativeiro logo após a alimentação.

McGuire *et al.* (2009) e Widmaier *et al.* (1996) relacionaram os níveis de triglicerídeos no plasma com a massa corporal de morcegos (*Myotis lucifugus* e *Tadarida brasiliensis*, respectivamente) e encontraram uma correlação positiva, sugerindo que alguns componentes sanguíneos podem ser bons indicadores de variação de massa corporal em morcegos.

Os níveis de cetona são geralmente indicadores de jejum em vertebrados, pois durante este estado, os ácidos graxos do tecido adiposo são convertidos em β -hidroxibutirato no fígado. Sabe-se que o β -hidroxibutirato está envolvido na regulação do metabolismo da glicose (JENNI-EIERMANN e JENNI, 1994) e, realmente, os níveis de cetona estiveram correlacionados de forma negativa com os de glicose, mostrando que quanto maior a glicemia, menor a liberação de corpos de cetona no sangue.

Entretanto, ao contrário do previsto, a cetona não apresentou correlação com outras variáveis, incluindo a massa corporal. Estes resultados se assemelham aos de McGuire (2009), que justificou que a resposta metabólica dos corpos de cetona seria diferente quando o forrageio envolve a atividade intensa do voo. Segundo o autor, a alta demanda energética de mamíferos voadores mobilizaria não somente a energia proveniente de açúcares exógenos, mas também a de reservas de gordura, o que resultaria em uma diminuição na concentração de β -hidroxibutirato. Como os corpos de cetona estão relacionados não só ao período de jejum, mas ao exercício prolongado (LAFFEL, 2000), seus níveis poderiam variar mesmo em morcegos saciados.

O fato de que morcegos do gênero *Artibeus* (*A. lituratus* e *A. jamaicensis*) mantêm níveis normais de glicose até seis dias de jejum (PINHEIRO *et al.*, 2006) também poderia indicar uma resposta tímida dos corpos de cetona no sangue, já que o β -hidroxibutirato geralmente aumenta seus níveis quando a glicose não está disponível (LAFFEL, 2000). Outra possível explicação é que o baixo número de dados de cetonemia pode ter afetado os resultados negativamente. Por conseguinte, a cetona não se mostrou um bom método de validação para o K_n . São necessários estudos adicionais sobre a fisiologia de morcegos frugívoros, sobretudo no que diz respeito à atuação dos corpos de cetona em seu metabolismo durante o jejum e após a alimentação, para esclarecer os motivos pelos quais a cetona não se correlacionou com o K_n .

Assim, dentre os componentes sanguíneos analisados, somente os níveis de glicose são aconselhados para validar o índice de condição corporal em *A. planirostris* de forma indireta. A glicemia reforçou o uso do K_n como um índice confiável para medir a reserva energética destes morcegos. No entanto, o estudo também estimula que

haja pesquisas futuras com métodos destrutivos para que seja analisada a composição corporal da espécie e quais os tipos específicos de reserva energética medidos pelo K_n .

5.3. Sexo, Local e Horário de Coleta

Indivíduos de espécies com dimorfismo sexual evidente são geralmente analisados separadamente em estudos sobre variação geográfica, mas quando o dimorfismo é leve ou despercebido, os dados de ambos os sexos são unidos nas análises subsequentes (WILLIG e HOLLANDER, 1995).

O dimorfismo sexual em *A. planirostris* é complexo e parece variar de acordo com o habitat. Em sua análise multivariada, Willig e Hollander (1995) percebeu que os machos tinham caracteres craniais maiores que as fêmeas no Cerrado e na Caatinga. Entretanto, Araújo e Langguth (2010) não encontraram tal variação na Paraíba e Pernambuco (incluindo espécimes de Mamanguape e Rio Tinto).

O objetivo deste trabalho não é de apontar um possível dimorfismo sexual para a espécie na REBIO Guaribas, primeiro porque a massa corporal sozinha não é um bom atributo para medi-lo e depois, porque a análise multivariada é uma abordagem mais adequada (WILLIG, 1983). No entanto, pode ser interessante que machos e fêmeas com dimorfismo de massa tenham seu K_n analisado separadamente para tentar entender como as reservas energéticas atuam em ambos os sexos (SPEAKMAN, 2001).

Os resultados indicam que fêmeas têm massa corporal significativamente mais elevada que os machos, semelhante às conclusões no trabalho de Willig (1983). Quanto ao estado reprodutivo, fêmeas grávidas obtiveram a maior média de K_n , seguidas pelas pós-lactantes e não-lactantes. Estes resultados poderiam refletir erros no exame morfológico externo das características reprodutivas, que nem sempre pode detectar uma gravidez apenas através do toque e observação dos mamilos. Outra possível explicação para a maior massa das fêmeas reside em diferenças hormonais relacionadas ao acúmulo de gordura para fins reprodutivos (MCLEAN e SPEAKMAN, 1999) ou seu maior tamanho corporal, que embora não tenha atingido valores significativos em relação ao sexo ($p = 0.06$), mostrou-se significativo em relação ao estado reprodutivo ($p = 0.04$). Provavelmente um número maior de amostras teria confirmado a possibilidade de que *A. planirostris* tem dimorfismo sexual em relação ao tamanho corporal na região.

Ao contrário do K_n , os níveis de glicose não apresentaram diferenças entre os sexos, assim como no estudo de Melo *et. al.* (2012) com *Artibeus lituratus*. Diversas pesquisas demonstraram que morcegos com dieta rica em carboidratos, como é o caso

dos frugívoros, consomem açúcares exógenos diretamente (LAFTEL, 2000). Portanto, morcegos de ambos os sexos parecem consumir quantidades semelhantes de glicose, embora tenham massas corporais distintas.

Estudos sobre a variação da condição corporal de acordo com o sexo são bastante comuns no hemisfério norte, mas escassos na região neotropical. No caso de morcegos que hibernam, as fêmeas têm maior armazenamento de gordura para diminuir o torpor, aumentando o desenvolvimento do feto e suas chances de sucesso reprodutivo (JONASSON e WILLIS, 2011). De fato, segundo McLean & Speakman (1999), fêmeas grávidas e lactantes podem aumentar o consumo de alimentos. Speakman & Racey (1986) apontam que morcegos mais pesados tendem a ter um maior *status* reprodutivo. Em seu artigo sobre insetívoros, fêmeas pós-lactantes (no final da lactação) tinham maior massa corporal que machos e fêmeas não-lactantes, similar aos resultados encontrados na REBIO Guaribas.

Os machos apresentaram uma menor média de K_n , sobretudo os escrotados. Isto poderia ser explicado pela formação de haréns em *A. planirostris*, em que os machos estão sujeitos à defesa do sistema de poliginia, aumentando a atividade de voo, lutas com outros machos e conseqüente gasto energético. Além disso, a espermatogênese e a corte têm alto custo energético e poderiam impedir o acúmulo de gordura de machos ativos reprodutivamente (GERELL e LUNDBERG, 1990; HECKEL e VON HELVERSEN, 2002; KLOSE *et al.*, 2006).

No entanto, apenas estudos adicionais através de métodos destrutivos poderão confirmar tais suposições. Quando há um número de dados suficientes, é recomendado que o K_n seja calculado apenas com informações de machos adultos para evitar possíveis erros de interpretação devido a amostras com fêmeas em estado precoce de gravidez não-detectada. Caso não seja possível, é importante que o K_n seja testado para verificar dimorfismo de massa entre os sexos antes da união dos dados e que este viés seja considerado na discussão.

A qualidade do ICC pode melhorar consideravelmente quando, além do sexo, a localidade também é considerada nas análises, pois diferentes áreas geográficas podem provocar variação na massa corporal (SPARLING, BARZEN e LOVVORN, 1992.). Na REBIO Guaribas, morcegos do Tabuleiro tiveram maiores valores de K_n e glicemia que os da Mata Atlântica, independente da variação sexual e horário de coleta.

Embora tenham sido coletados em áreas distintas, é difícil supor que estes morcegos apresentem valores de K_n diferenciados por serem de populações diferentes.

Na pesquisa de Nunes (2013), foram recapturados três indivíduos de *A. planirostris* da SEMA II na área da SEMA III na REBIO Guaribas (Rio Tinto), situada a cerca de 7 km, o que sugere que estes morcegos podem percorrer grandes distâncias para forragear. Desta forma, os 4,3 km que separam as duas áreas da SEMA II podem ser percorridos com facilidade por estes morcegos.

Para buscar compreender o motivo pelo qual os morcegos do Tabuleiro possuem maior K_n e níveis de glicose que os da Mata Atlântica, é preciso entender como utilizam o espaço das duas áreas. O Tabuleiro exibe uma fitofisionomia com áreas espaçadas, árvores de pequeno porte, arbustos e gramíneas, enquanto a área de Mata apresenta árvores grandes, vegetação densa e, ainda que tenha crescimento secundário, possui mais estratos verticais, proteção da copa e quantidade de abrigos.

A estratificação vertical dos morcegos depende de diversas variáveis, como luz, temperatura, umidade, densidade vegetacional, alimentos, risco de predação e mobilidade relativa das espécies (REX *et al.*, 2011). Segundo Handley Jr (1967), a abundância das espécies do gênero *Artibeus* na copa da floresta é muito alta, inclusive de *A. planirostris*. Artigos sobre estratificação vertical de *Artibeus* sugerem que estes morcegos utilizam estratos mais baixos (de 1 a 2 m) para voar entre locais de forrageio ou evitar predadores, mas que se alimentam ao nível de dossel ou sub-dossel (VOIGT, 2010; REX *et al.*, 2011). De fato, Nunes (2013) encontrou uma maior abundância de *A. planirostris* no dossel do que no sub-bosque em área de Mata Atlântica na REBIO Guaribas (SEMA III).

Neste caso, os morcegos da Mata em Cabeça de Boi poderiam ter sido subamostrados através das redes de neblina no nível de sub-bosque, de tal forma que apenas aqueles voando entre abrigos e/ou locais de forrageio foram capturados, excetuando vários que estavam se alimentando em estratos mais altos. A área aberta do Tabuleiro poderia restringir os morcegos a voarem rente aos arbustos para se protegerem dos predadores e, conseqüentemente, serem capturados pelas redes no sub-bosque, independente de sua condição corporal.

Embora o horário de coleta não interfira significativamente no valor de K_n e glicemia das áreas, os morcegos da Mata foram capturados em sua maioria durante as primeiras horas da noite, ao contrário do Tabuleiro. A fuga de predadores parece ser também o motivo pelo qual estes animais preferem deixar o abrigo durante o crepúsculo apenas em áreas cobertas. Embora quirópteros sofram pressão de forragear o mais cedo possível para garantir suas demandas energéticas, o risco de predação é um forte

componente para moldar as decisões de comportamento (DUVERGÉ *et al.*, 2000; PRESLEY *et al.*, 2009).

Breviglieri (2012) percebeu um aumento na riqueza de espécies nas noites claras apenas na área de estudo sombreada, enquanto Presley e colaboradores (2009) descreveram que algumas espécies tendem a evitar espaços abertos ou com pouca proteção vegetal durante o crepúsculo, nas primeiras horas da noite, pois aves de rapina são mais eficientes na captura de quirópteros em áreas abertas. Os últimos autores também esclarecem que morcegos que forrageiam no dossel usam espaços abertos com maior frequência e exibem padrões mais fortes de fotofobia, seja em relação à lua ou ao crepúsculo.

Outro motivo pelo qual estes morcegos foram coletados mais cedo na Mata Atlântica poderia ser devido à atuação do Tabuleiro como matriz de passagem, com poucos abrigos. Ademais, é preciso estudar a dieta de *A. planirostris* minuciosamente para verificar se a variação no K_n dos morcegos nos dois locais está relacionada com o valor nutricional de diferentes alimentos consumidos em cada área, já que a REBIO Guaribas não apresenta plantas do gênero *Ficus*, um dos principais itens descritos na dieta de *A. planirostris*. Galetti & Morellato (1994) observaram que, apesar da preferência do *Artibeus* por plantas do gênero *Cecropia* e *Ficus*, a espécie pode apresentar uma dieta mais generalista em locais onde a densidade dessas árvores é baixa. Melo (2012) comparou a glicemia e reservas de gordura de *A. lituratus* de Mata Atlântica e área urbanizada e notou que, apesar de níveis semelhantes de glicose em ambos os locais, a reserva lipídica foi bem menor nos animais coletados na área antropizada.

Assim sendo, é importante que outros estudos sobre a condição corporal em diferentes áreas busquem novos métodos de coleta que compreendam diversos estratos verticais. Além da coleta de dados biométricos e sanguíneos, análises diretas da gordura corporal e conteúdo estomacal e/ou fecal também são interessantes, principalmente em trabalhos sobre áreas degradadas ou de fitofisionomias diferentes.

Os padrões de atividade são boas indicações sobre como um organismo explora seu ambiente e, por isso, o tempo tem sido considerado como uma das mais importantes dimensões do nicho ecológico das espécies, assim como tipo de alimento e espaço (MARINHO FILHO, 1985).

Para atingir suas necessidades calóricas diárias, o frugívoro *A. planirostris* tende a manter sua atividade ao longo de toda a noite sem apresentar um padrão muito claro

(BROWN, 1968; ORTENCIO FILHO, REIS e MINTE-VERA, 2010). Dessa forma, o K_n e os níveis de glicose variam bastante e podem refletir as reservas energéticas dos morcegos durante o período de forrageamento. Estes resultados corroboram com aqueles encontrados por Korine et al. (1999) no cativeiro, em que os níveis de glicose do *Rousettus aegyptiacus* medidos no final da alimentação representaram mais que a metade daqueles medidos no início.

Ambos os índices estiveram correlacionados entre si e com o horário de coleta, mostrando que os morcegos ganham energia durante a madrugada de forma gradativa. É de se esperar realmente que os morcegos saiam do abrigo no início da noite com níveis baixos de reserva energética, em jejum, e atinjam seu pico durante a madrugada antes do retorno ao abrigo. A grande amplitude do K_n e dos níveis de glicose durante a madrugada suporta a hipótese de que morcegos frugívoros como o *Artibeus* forrageiam ao longo de toda a noite para alcançar suas necessidades energéticas diárias devido ao baixo valor calórico dos frutos consumidos (PRESLEY *et al.*, 2009).

Dessa forma, conseguimos obter um ótimo exemplo da funcionalidade do K_n e índice glicêmico em campo. Estas metodologias poderiam ser utilizadas em estudos sazonais, desde que os morcegos fossem coletados no mesmo horário para evitar erros de interpretação devido à variação diária da massa corporal e glicemia.

5.5. Variação no Grau de Glicemia e K_n em Cativeiro

As correlações da glicemia com o K_n fortalecem a credibilidade do ICC para analisar a variação diária de massa corporal relacionada à alimentação. Neste estudo, machos e fêmeas coletados na UFPB não apresentaram diferenças nos valores de K_n e glicose. Isto pode significar que o dimorfismo de massa corporal entre os sexos varia de acordo com a população ou que não havia fêmeas grávidas não-detectadas interferindo na amostra. No entanto, os níveis de glicose dos machos diminuíram mais rapidamente que nas fêmeas durante o jejum, refletindo possíveis diferenças hormonais ou respostas distintas ao estresse em cada sexo.

A massa corporal de cada morcego variou de acordo com a glicemia e o estado de análise (*captura, jejum de 24 horas e após alimentação*), com indivíduos chegando a ganhar um máximo de 37% de sua massa em 12 horas após a alimentação e perdendo um máximo de 15.5% em 24 horas de jejum. De forma similar, o insetívoro *Eptesicus fuscus* pode ganhar até 21.8% de sua massa sob condições elevadas de alimentação em cativeiro, segundo McGuire e colaboradores (2009).

Apesar da limitação de voo nas gaiolas durante o experimento, frugívoros tendem a ingerir mais energia que o necessário, independente do nível de atividade locomotora (DELORME e THOMAS, 1999). O aumento de massa corporal após a alimentação poderia refletir o conteúdo estomacal, mas alguns autores ressaltam que o tempo de trânsito dos alimentos em algumas espécies do gênero *Artibeus* é de cerca de 30 minutos e que o trato digestivo é completamente limpo antes da refeição do dia seguinte (MORRISON, 1980; LASKA, 1990). Além disso, um *Artibeus lituratus* pode chegar a digerir seus alimentos em apenas 5 minutos durante atividade intensa, evitando o sobrepeso durante o voo {Charles-Dominique, 1986 #201}. Como os morcegos foram pesados a partir das 07 horas da manhã, 12 horas após a apresentação dos alimentos, é difícil imaginar que o aumento da massa se deve ao conteúdo no estômago ou intestino dos morcegos. É provável que o ganho de peso esteja refletindo a variação de água ou gordura corporal, que também podem exibir variação diária (SPEAKMAN, 2001).

É possível perceber que a variação diária de massa corporal do *Artibeus planirostris* tem uma grande amplitude de acordo com o estado de alimentação e que o horário de coleta pode afetar profundamente as estimativas de composição corporal dos indivíduos. Este estudo corrobora com Speakman (2001) quando aconselha que trabalhos sobre variação sazonal do ICC com espécies homeotérmicas de pequeno porte devem ter bastante cuidado com as variações diárias e procurar coletar os indivíduos em um mesmo horário para minimizar seus efeitos.

Os níveis de glicose também refletiram o estado de alimentação dos morcegos. Todas as condições de análise estiveram dentro da variação normal entre mamíferos, abaixo de 10 mmol/L (KELM *et al.*, 2011). A média da glicemia em jejum (2.9 mmol/L) esteve abaixo daquelas registradas para outros frugívoros em cativeiro, como o *Rousettus aegyptiacus* (5.99 mmol/L, 6.22 mmol/L e 5.55 mmol/L) descritas respectivamente por Widmaier *et al.* (1996), Korine e Zinder (1999) e Westhuizen (1978), o *Artibeus lituratus* e *A. jamaicensis* – 5 mmol/L (PINHEIRO *et al.*, 2006) e o *A. lituratus* – 4.4 mmol/L (PROTZEK *et al.*, 2010), mas foi similar à de *Glossophaga soricina* (3 mmol/L), relatada por Kelm *et al.* (2011).

Os morcegos conseguiram manter níveis normais de glicose durante um curto período de jejum. De acordo com Pinheiro e colaboradores (2006), morcegos frugívoros são bem-sucedidos na manutenção da glicemia devido aos carboidratos armazenados como glicogênio no fígado e músculos. Doze horas após o início da alimentação, os morcegos apresentaram níveis um pouco menores de glicose em relação ao encontrado

por outros autores com morcegos alimentados, no entanto todas estas diferenças podem estar relacionadas simplesmente a variações no horário de coleta de sangue, diferentes dietas ou na resposta fisiológica de cada espécie analisada.

Um fator importante a ser considerado é que os níveis de glicose após a captura no início da noite estiveram acima daqueles após a alimentação. Widmaier e Kunz (1993) concluíram que o manuseio, restrição e transporte de morcegos é um processo bastante estressante, causando a secreção de glicocorticóides e consequente aumento dos níveis de glicose. Umminger (1975) também afirma que procedimentos metodológicos estão relacionados ao estresse e obscurecem o valor real da glicemia. Britton e Kline (1939) encontraram uma variação de cerca de 9% nos níveis de glicemia de diversos animais submetidos a aproximadamente 5 minutos de estresse.

Neste trabalho, no entanto, os maiores níveis de glicose foram registrados para os morcegos recém-capturados. Apesar de não possuírem registros da última alimentação em meio selvagem, os indivíduos foram coletados antes da meia-noite e, portanto, supõe-se que não tinham forrageado o suficiente, já que levam 12 horas para completar a atividade e que os níveis de glicose atingiram valores máximos na REBIO Guaribas após este horário. A variação do próprio K_n mostrou uma média de 1.0 para morcegos na captura, 0.9 no jejum e 1.1 alimentados, sugerindo que após a alimentação eles realmente parecem ter ingerido mais alimentos que após a captura e deveriam, portanto, ter níveis mais altos de glicose.

Este estudo sugere que o estresse causado pela captura nas redes de neblina e restrição em sacos de pano resultou em taxas mais altas de glicose do que o estresse causado na contenção dos morcegos em gaiolas. De fato, 30% dos indivíduos coletados na UFPB apresentaram valores acima do normal para mamíferos ($>10\text{mmol/L}$). Destes, apenas um deles obteve este valor após a alimentação, sendo o restante após a captura. A REBIO Guaribas também apresentou morcegos acima do nível esperado (27%), com valores de até 23 mmol/L , semelhantes ao nectarívoro *G. soricina* ($>25\text{ mmol/L}$), reportado por Kelm (2011) como um dos valores mais altos já registrados para mamíferos.

Neste caso, é preciso que mais estudos sobre os efeitos do estresse sejam realizados para analisar a escala normal de glicose para frugívoros. Pesquisas sobre glicemia devem levar em consideração os efeitos do estresse em campo, principalmente quando há comparações com pesquisas em cativeiro. Para trabalhos com a mesma metodologia, no entanto, o uso da glicose para análise da condição corporal parece

funcionar bem, sobretudo quando complementado com dados biométricos como o K_n , em que o estresse não parece ter um papel relevante.

Como os níveis de glicose sofrem diferentes influências do estresse em campo e cativeiro, é difícil prever com dados laboratoriais se um indivíduo coletado em meio selvagem está bem alimentado ou não. No entanto, a variação do K_n no laboratório pode oferecer uma pista sobre a condição corporal, em que morcegos com K_n abaixo de 0.9 estão em jejum e acima de 1.1 estão provavelmente alimentados. No entanto, é preciso cautela para utilizar o método, já que cada população apresenta condições específicas de reserva energética.

Estudos controlados em cativeiro são sempre bem-vindos para elucidar comportamentos difíceis de serem observados em campo. Além da validação do K_n através da glicemia, a presente pesquisa aponta a rápida variação da massa corporal de morcegos ao longo da noite e a indução a altas taxas de glicose devido ao estresse da captura. Portanto, é necessário que estudos futuros sobre ICC e glicemia considerem estas variáveis na interpretação dos dados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A medida de reserva energética de *A. planirostris* baseada na condição corporal pode revelar uma série de aspectos ecológicos da espécie. O presente estudo analisou os ICC mais populares utilizados na zoologia para indicar o mais adequado para estes quirópteros, baseado na menor influência da medida linear na massa corporal dos indivíduos. Apesar da grande aceitação da RS para o estudo de ICC de morcegos, o AjC e o K_n foram considerados os melhores métodos e seu uso é aconselhado, enquanto o F e o IMC apresentaram correlação significativa e não são indicados para a análise.

Os níveis de glicose se correlacionaram positivamente com o K_n , indicando que o método funciona para validar o ICC e que pode retratar a reserva energética de morcegos de modo efetivo em curto prazo, tanto em campo quanto em cativeiro. Já os corpos de cetona não estiveram correlacionados com o K_n e, portanto, não são considerados para validação, embora tivessem correlação com a glicemia.

É sugerido que sejam feitas pesquisas adicionais sobre a fisiologia de morcegos frugívoros para a compreensão do mecanismo de resposta à alimentação e ao armazenamento dos nutrientes, sobretudo no que diz respeito à atuação dos corpos de cetona. Também é necessário que estudos futuros relacionem o K_n diretamente à composição corporal de morcegos através de métodos destrutivos, para indicar que tipos específicos de reserva energética são medidos pelo índice.

Na REBIO Guaribas, as fêmeas apresentaram maior massa, mas este dimorfismo parece estar relacionado ao habitat, já que o mesmo não ocorreu com os morcegos coletados na UFPB. É possível que fêmeas grávidas não-detectadas tenham influenciado negativamente a amostra, ou ainda que o dimorfismo esteja relacionado com reservas energéticas para reprodução nas fêmeas. A menor massa de machos escrotados também pode indicar gastos energéticos devido à poliginia, porém apenas estudos adicionais poderão revelar com exatidão as verdadeiras causas desta variação em algumas populações de *A. planirostris*. É indicado que pesquisas com K_n utilizem somente dados de machos ou verifiquem diferenças de massa entre os sexos antes da união dos dados.

As diferenças de K_n e glicemia nas duas áreas da REBIO Guaribas podem refletir fitofisionomias distintas. No entanto, a curta distância entre os locais indica que o motivo mais provável é a subamostragem das coletas, em que foram utilizadas redes de neblina somente no sub-bosque, o que possivelmente evitou a coleta de *A.*

planirostris que forrageavam no dossel. A escassez de morcegos coletados no Tabuleiro durante o crepúsculo, embora não significativa, pode sugerir a fuga de predadores.

Através das análises de K_n e glicemia, fica claro que *A. planirostris* costuma forragear durante toda a noite para suprir suas demandas energéticas, atingindo o nível máximo de massa e glicose durante a madrugada. Devido à grande variação de K_n e glicose ao longo da noite, este método é indicado para estudos sazonais somente se os morcegos forem coletados no mesmo horário.

Em cativeiro, a massa corporal e a glicemia de *A. planirostris* refletiram o *status* nutricional, com grande variação entre o jejum e a alimentação. Os morcegos conseguiram manter níveis normais de glicose durante jejum de 24 horas e após a alimentação. Durante a captura, cerca de 30% dos morcegos apresentaram níveis acima dos normais para mamíferos, tanto na UFPB quanto na REBIO Guaribas, provavelmente devido ao estresse da contenção nas redes e sacos de pano. Pesquisas com glicemia devem considerar o papel do estresse na elevação dos níveis de glicose e complementar seus dados com outros índices que não sofram este viés.

Por fim, o K_n validado com o uso do glicosímetro pode servir como uma ótima ferramenta para complementar pesquisas sobre a condição corporal de *A. planirostris* em campo e cativeiro com resultados imediatos, seja para refletir variações do habitat ou da biologia da espécie.

REFERÊNCIAS

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - Climatologia. 2012. Disponível em: <
<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/jsp/monitoramento/clima/index.jsp>>.
- ALONSO, C. & LANGGUTH, A. Ecologia e comportamento de *Callithrix jacchus* (Primates: Callitrichidae) numa ilha de floresta atlântica. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 6, n. 2, p. 105-137, 1989.
- AMITAI, O.; HOLTZE, S.; BARKAN, S.; AMICHAÏ, E.; KORINE, C.; PINSHOW, B. & VOIGT, C. Fruit bats (Pteropodidae) fuel their metabolism rapidly and directly with exogenous sugars. **Journal of Experimental Biology**, v. 213, n. 15, p. 2693-2699, 2010.
- ANDERSON, S. **Mammals of Bolivia: taxonomy and distribution**. New York: Bulletin of the American Museum of Natural History, 1997.
- ARAÚJO, P. & LANGGUTH, A. Caracteres distintivos das quatro espécies de grandes *Artibeus* (Phyllostomidae) de Paraíba e Pernambuco, Brasil. **Chiroptera Neotropical**, v. 16, n. 2, p. 715-722, 2010.
- ARMITAGE, K. B. Factors affecting corticosteroid concentrations in yellow-bellied marmots. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 98, n. 1, p. 47-54, 1991.
- BALLESTEROS, J. & CASARRUBIA, J. R. Murciélagos del área urbana en la ciudad de Montería, Córdoba-Colombia. **Revista MVZ Córdoba**, v. 17, n. 3, p. 3193-3199, 2012.
- BARROS, M. J. V. **Estrutura das formações vegetais na Reserva Biológica Guaribas - PB**. 2002. 65 p. (Monografia). Departamento de Geociências, UFPB, João Pessoa.
- BEN-HAMO, M.; MUÑOZ-GARCIA, A. & PINSHOW, B. Physiological responses to fasting in bats. In: MCCUE, M. (Ed.). **Comparative physiology of fasting, starvation and food limitation**. San Antonio: Springer, 2012. cap. 16, p. 257-275.
- BENN, R. T. Some mathematical properties of weight-for-height indices used as measures of adiposity. **British Journal of Preventive & Social Medicine**, v. 25, n. 1, p. 42-50, 1971.
- BLACKWELL, G. L. A potential multivariate index of condition for small mammals. **New Zealand Journal of Zoology**, v. 29, n. 3, p. 195-203, 2002.
- BONACCORSO, F. J. & GUSH, T. J. Feeding behaviour and foraging strategies of captive phyllostomid fruit bats: an experimental study. **The Journal of Animal Ecology**, p. 907-920, 1987.

- BREVIGLIERI, C. P. B. Influência do dossel na atividade de morcegos (Chiroptera: Phyllostomidae) em três fragmentos no estado de São Paulo. **Chiroptera Neotropical**, v. 17, n. 1, p. 817-825, 2012.
- BRITTON, S. W. & KLINE, R. Emotional hyperglycemia and hyperthermia in tropical mammals and reptiles. **American Journal of Physiology--Legacy Content**, v. 125, n. 4, p. 730-734, 1939.
- BROWN, J. H. Activity patterns of some neotropical bats. **Journal of Mammalogy**, v. 49, n. 4, p. 754-757, 1968.
- CATTET, M. R. L. & OBBARD, M. E. To weigh or not to weigh: conditions for the estimation of body mass by morphometry. **Ursus**, v. 16, n. 1, p. 102-107, 2005.
- CAVIEDES-VIDAL, E.; MCWHORTER, T. J.; LAVIN, S. R.; CHEDIACK, J. G.; TRACY, C. R. & KARASOV, W. H. The digestive adaptation of flying vertebrates: high intestinal paracellular absorption compensates for smaller guts. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 48, p. 19132-19137, 2007.
- CHARLES-DOMINIQUE, P. Inter-relations between frugivorous vertebrates and pioneer plants: *Cecropia*, birds and bats in French Guyana. In: ESTRADA, A. & FLEMING, T. H. (Ed.). **Frugivores and seed dispersal**. Dordrecht: Dr W. Junk Publishers, 1986. p.119-135.
- CONE, R. S. The need to reconsider the use of condition indices in fishery science. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 118, n. 5, p. 510-514, 1989.
- DELAERE, F.; MAGNAN, C. & MITHIEUX, G. Hypothalamic integration of portal glucose signals and control of food intake and insulin sensitivity. **Diabetes & Metabolism**, v. 36, n. 4, p. 257-262, 2010.
- DELORME, M. & THOMAS, D. Comparative analysis of the digestive efficiency and nitrogen and energy requirements of the phyllostomid fruit-bat (*Artibeus jamaicensis*) and the pteropodid fruit-bat (*Rousettus aegyptiacus*). **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**, v. 169, n. 2, p. 123-132, 1999.
- DIAS, S. C.; CANDIDO, D. M. & BRESCOVIT, A. D. Scorpions from Mata do Buraquinho, João Pessoa, Paraíba, Brazil, with ecological notes on a population of *Ananteris mauryi* Lourenço (Scorpiones, Buthidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, p. 707-710, 2006.
- DODGEN, C. L. & BLOOD, F. R. Energy sources in the bat. **American Journal of Physiology -- Legacy Content**, v. 187, n. 1, p. 151-154, 1956.
- DUVERGÉ, P. L.; JONES, G.; RYDELL, J. & RANSOME, R. D. Functional significance of emergence timing in bats. **Ecography**, v. 23, n. 1, p. 32-40, 2000.
- ESBÉRARD, C. & DAEMON, C. Novo método para marcação de morcegos. **Chiroptera Neotropical**, v. 5, n. 1-2, p. 116-117, 1999.

FLEMING, T. H. **The short-tailed fruit bat: a study in plant-animal interactions.** University of Chicago Press, 1988. 365

FLEMING, T. H.; HEITHAUS, E. R. & SAWYER, W. B. An experimental analysis of the food location behavior of frugivorous bats. **Ecology**, v. 58, n. 3, p. 619-627, 1977.

FORESTA, H.; CHARLES-DOMINIQUE, C.; ERARD, C. & PRÉVOST, M. F. Zoochorie et premiers stades de la régénération naturelle après coupe en forêt guyanaise. **La Terre et la Vie : Revue d'Ecologie**, v. 39, n. 4, p. 369-400, 1984.

FOSTER, R. B.; ARCE, B. & WACHTER, T. S. Dispersal and the sequential plant communities in Amazonian Peru floodplain. **Frugivores and Seed Dispersal**, v. 15, p. 357-370, 1986.

FRECKLETON, R. P. On the misuse of residuals in ecology: regression of residuals vs. multiple regression. **Journal of Animal Ecology**, v. 71, n. 3, p. 542-545, 2002.

GALETTI, M. & MORELLATO, L. Diet of the large fruit-eating bat *Artibeus lituratus* in a forest fragment in Brasil. **Mammalia**, v. 58, n. 4, p. 661-665, 1994.

GALINDO-GONZÁLEZ, J. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 73, p. 57-74, 1998.

GARCÍA-BERTHOU, E. On the misuse of residuals in ecology: testing regression residuals vs. the analysis of covariance. **Journal of Animal Ecology**, v. 70, n. 4, p. 708-711, 2001.

GARDNER, A. L. Feeding habits. In: BAKER, R. J.; JONES JR., J. K. & CARTER, D. C. (Ed.). **Biology of the bats of the New World family Phyllostomatidae**: Texas Tech University, v.13, 1977. p. 364.

GARDNER, A. L. **Mammals of South America: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats.** University of Chicago Press, 2008. 690 p.

GARROW, J. S. & WEBSTER, J. Quetelet's index (W/H²) as a measure of fatness. **International journal of obesity**, v. 9, n. 2, p. 147-153, 1985.

GERELL, R. & LUNDBERG, K. Sexual differences in survival rates of adult pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in South Sweden. **Oecologia**, v. 83, n. 3, p. 401-404, 1990.

GILBERT, D. L.; PYZIK, P. L. & FREEMAN, J. M. The ketogenic diet: seizure control correlates better with serum β -hydroxybutyrate than with urine ketones. **Journal of Child Neurology**, v. 15, n. 12, p. 787-790, 2000.

GREEN, A. J. Mass/length residuals: measures of body condition or generators of spurious results? **Ecology**, v. 82, n. 5, p. 1473-1483, 2001.

HAMILTON, I. M. & BARCLAY, R. M. Diets of juvenile, yearling, and adult big brown bats (*Eptesicus fuscus*) in southeastern Alberta. **Journal of Mammalogy**, p. 764-771, 1998.

HANDLEY JR, C. O. Bats of the canopy of an Amazonian forest. Atas do Simpósio sobre a biota Amazônica, 1967, Rio de Janeiro. Conselho Nacional de Pesquisas. p. 211-215.

HECKEL, G. & VON HELVERSEN, O. Male tactics and reproductive success in the harem polygynous bat *Saccopteryx bilineata*. **Behavioral Ecology**, v. 13, n. 6, p. 750-756, 2002.

HOLLIS, L. *Artibeus planirostris*. **Mammalian Species**, v. 775, p. 1-6, 2005.

IBAMA. **Plano de Manejo da Reserva Biológica Guaribas**. Mamanguape: 520 p. 2003.

INMET, I. **Instituto Nacional de Meteorologia: Climatologia**, 2012.

JACOBS, S. R.; ELLIOTT, K.; GUIGUENO, M. F.; GASTON, A. J.; REDMAN, P.; SPEAKMAN, J. R. & WEBER, J. M. Determining seabird body condition using nonlethal measures. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 85, n. 1, p. 85-95, 2012.

JAKOB, E. M.; MARSHALL, S. D. & UETZ, G. W. Estimating fitness: a comparison of body condition indices. **Oikos**, v. 77, n. 1, p. 61-67, 1996.

JENNI-EIERMANN, S. & JENNI, L. Plasma metabolite levels predict individual body-mass changes in a small long-distance migrant, the garden warbler. **The Auk**, p. 888-899, 1994.

JONASSON, K. A. & WILLIS, C. K. R. Changes in body condition of hibernating bats support the thrifty female hypothesis and predict consequences for populations with White-Nose Syndrome. **Plos One**, v. 6, n. 6, p. e21061, 2011.

JUNG, T. S. & SLOUGH, B. G. The status of fisher (*Martes pennanti*) at the Northwestern edge of their range: are they increasing and expanding in the Yukon? **Northwestern Naturalist**, v. 92, n. 1, p. 57-64, 2011.

KAŇUCH, P.; KRIŠTÍN, A. & KRIŠTOFÍK, J. Phenology, diet, and ectoparasites of Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*) in the Western Carpathians (Slovakia). **Acta Chiropterologica**, v. 7, n. 2, p. 249-257, 2005.

KEEGAN, D. Aspects of the assimilation of sugars by *Rousettus aegyptiacus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 58, n. 4, p. 349-352, 1977.

KELM, D. H.; SIMON, R.; KUHLOW, D.; VOIGT, C. C. & RISTOW, M. High activity enables life on a high-sugar diet: blood glucose regulation in nectar-feeding

bats. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 278, n. 1724, p. 3490-3496, 2011.

KLOSE, S. M.; SMITH, C. L.; DENZEL, A. J. & KALKO, E. K. Reproduction elevates the corticosterone stress response in common fruit bats. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 192, n. 4, p. 341-350, 2006.

KNOTT, C. D. Changes in orangutan caloric intake, energy balance, and ketones in response to fluctuating fruit availability. **International Journal of Primatology**, v. 19, n. 6, p. 1061-1079, 1998.

KOKUREWICZ, T. Sex and age related habitat selection and mass dynamics of Daubenton's bats *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817) hibernating in natural conditions. **Acta Chiropterologica**, v. 6, n. 1, p. 121-144, 2004.

KORINE, C.; IZHAKI, I. & ARAD, Z. Is the Egyptian fruit-bat *Rousettus aegyptiacus* a pest in Israel? An analysis of the bat's diet and implications for its conservation. **Biological Conservation**, v. 88, n. 3, p. 301-306, 1999.

KORINE, C.; ZINDER, O. & ARAD, Z. Diurnal and seasonal changes in blood composition of the free-living Egyptian fruit bat (*Rousettus aegyptiacus*). **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**, v. 169, n. 4, p. 280-286, 1999.

KREBS, C. J. & SINGLETON, G. R. Indexes of condition for small mammals. **Australian Journal of Zoology**, v. 41, n. 4, p. 317-323, 1993.

KUNZ, T. H. & ANTHONY, E. L. P. Age estimation and post-natal growth in the bat *Myotis lucifugus*. **Journal of Mammalogy**, p. 23-32, 1982.

LAFFEL, L. Ketone bodies: a review of physiology, pathophysiology and application of monitoring to diabetes. **Diabetes/metabolism research and reviews**, v. 15, n. 6, p. 412-426, 2000.

LASKA, M. Food transit times and carbohydrate use in three Phyllostomid bat species. **Zeitschrift für Säugetierkunde**, v. 55, n. 1, p. 49-54, 1990.

LAW, B. S. Residency and site fidelity of marked populations of the common blossom bat *Syconycteris australis* in relation to the availability of Banksia inflorescences in New South Wales, Australia. **Oikos**, p. 447-458, 1996.

LOPEZ, J. E. & VAUGHAN, C. Food niche overlap among neotropical frugivorous bats in Costa Rica. **Revista De Biologia Tropical**, v. 55, n. 1, p. 301-313, 2007.

LOURENÇO, E. C. **Marcação-recaptura de morcegos: relevância e exemplos de estudos ecológicos**. 2011. 96 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

LOURENÇO, S. I. & PALMEIRIM, J. M. Can mite parasitism affect the condition of bat hosts? Implications for the social structure of colonial bats. **Journal of Zoology**, v. 273, n. 2, p. 161-168, 2007.

MARINHO FILHO, J. S. M. **Padrões de atividades e utilização de recursos alimentares por seis espécies de morcegos filostomídeos na serra do Japi, Jundiá, São Paulo**. 1985. 82 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MCGUIRE, L. P.; FENTON, M. B.; FAURE, P. A. & GUGLIELMO, C. G. Determining feeding state and rate of mass change in insectivorous bats using plasma metabolite analysis. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 82, n. 6, p. 812-818, 2009.

MCGUIRE, L. P.; FENTON, M. B. & GUGLIELMO, C. G. Effect of age on energy storage during prehibernation swarming in little brown bats (*Myotis lucifugus*). **Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie**, v. 87, n. 6, p. 515-519, 2009.

MCLEAN, J. & SPEAKMAN, J. Energy budgets of lactating and non-reproductive Brown Long-Eared Bats (*Plecotus auritus*) suggest females use compensation in lactation. **Functional Ecology**, v. 13, n. 3, p. 360-372, 1999.

MEIJER, T.; MÖHRING, F. & TRILLMICH, F. Annual and daily variation in body mass and fat of starlings *Sturnus vulgaris*. **Journal of Avian Biology**, p. 98-104, 1994.

MELO, B. E. S.; BARROS, M. S.; CARVALHO, T. F.; AMARAL, T. S. & FREITAS, M. B. Energy reserves of *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae) in two areas with different degrees of conservation in Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 1, p. 181-187, 2012.

MIKICH, S. B. A dieta dos morcegos frugívoros (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) de um pequeno remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. **Revista Brasileira De Zoologia**, v. 19, n. 1, p. 239 - 249, 2002.

MORRISON, D. W. Influence of habitat on the foraging distances of the fruit bat, *Artibeus jamaicensis*. **Journal of Mammalogy**, v. 59, n. 3, p. 622-624, 1978.

MORRISON, D. W. Efficiency of food utilization by fruit bats. **Oecologia**, v. 45, n. 2, p. 270-273, 1980.

MUSCARELLA, R. & FLEMING, T. H. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. **Biological Reviews**, v. 82, n. 4, p. 573-590, 2007.

NUNES, H. L. F. L. **Estratificação vertical da comunidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em uma área de Mata Atlântica no nordeste do Brasil**. 2013. 72 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

O'DONNELL, C. F. J. Timing of breeding, productivity and survival of long-tailed bats *Chalinolobus tuberculatus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in cold-temperate rainforest in New Zealand. **Journal of Zoology**, v. 257, n. 3, p. 311-323, 2002.

OGLE, D. **Fish condition and relative weights**: Northland College: 12 p. 2012.

OLIVEIRA, A. K. M. & LEMES, F. T. F. *Artibeus planirostris* como dispersor e indutor de germinação em uma área do Pantanal do Negro, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 1, p. 49-52, 2010.

ORTENCIO FILHO, H.; REIS, N. & MINTE-VERA, C. Time and seasonal patterns of activity of phyllostomid in fragments of a stationnal semidecidual forest from the Upper Paraná River, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 937-945, 2010.

PACHALY, J. R. **Eutanásia em morcegos**. Encontro Brasileiro para o Estudo de Quirópteros - Formação e informação para o avanço da quiropterologia brasileira. ORTÊNCIO, H. F.; MAGALHÃES, C. A. O. & FERREIRA, S. R. Maringá - Paraná. 17: 227 p. 2011.

PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. B.; AGUIAR, L. M. S.; CHIARELLO, A. G.; SICILIANO, S. & KIERULFF, M. C. M. **Lista anotada dos mamíferos do Brasil**. Occasional Paper. BIOLOGY, C. Belo Horizonte: Conservação Internacional do Brasil. v. 62012.

PARK, K. J.; JONES, G. & RANSOME, R. D. Torpor, arousal and activity of hibernating greater horseshoe bats (*Rhinolophus ferrumequinum*). **Functional Ecology**, v. 14, n. 5, p. 580-588, 2000.

PASSOS, F. C. & GRACIOLLI, G. Observações da dieta de *Artibeus lituratus* (Olfers) (Chiroptera, Phyllostomidae) em duas áreas do sul do Brasil. v. 21, n. 3, p. 487-489, 2004.

PEARCE, R. D.; O'SHEA, T. J. & WUNDER, B. A. Evaluation of morphological indices and total body electrical conductivity to assess body composition in big brown bats. **Acta Chiropterologica**, v. 10, n. 1, p. 153-159, 2008.

PEREIRA, M. J. R.; MARQUES, J. T. & PALMEIRIM, J. M. Ecological responses of frugivorous bats to seasonal fluctuation in fruit availability in Amazonian forests. **Biotropica**, v. 42, n. 6, p. 680-687, 2010.

PINHEIRO, E. C.; TADDEI, V. A.; MIGLIORINI, R. H. & KETTELHUT, I. C. Effect of fasting on carbohydrate metabolism in frugivorous bats (*Artibeus lituratus* and *Artibeus jamaicensis*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 143, n. 3, p. 279-284, 2006.

POLAKOF, S.; MOMMSEN, T. P. & SOENGAS, J. L. Glucosensing and glucose homeostasis: from fish to mammals. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 160, n. 4, p. 123-149, 2011.

PONTES, R. C. Q.; CARTAXO, A. C. L. & JONAS, R. Concentrations of ketone bodies in the blood of the green lizard *Ameiva ameiva* (Teiidae) in different physiological situations. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 89, n. 3, p. 309-311, 1988.

The Pittsburgh Press. Portable meter to aid diabetics. 134 ed. s. A-6. New York: 5 November.v. 98, p. 56.1981. Disponível em: <
<http://news.google.com/newspapers?nid=djft3U1LymYC&dat=19811105&printsec=frontpage&hl=pt-BR>>.

PRESLEY, S. J.; WILLIG, M. R.; CASTRO-ARELLANO, I. & WEAVER, S. C. Effects of habitat conversion on temporal activity patterns of phyllostomid bats in lowland Amazonian rain forest. **Journal of Mammalogy**, v. 90, n. 1, p. 210-221, 2009.

PROTZEK, A.; RAFACHO, A.; VISCELLI, B.; BOSQUEIRO, J.; CAPPELLI, A.; PAULA, F.; BOSCHERO, A. & PINHEIRO, E. Insulin and glucose sensitivity, insulin secretion and β -cell distribution in endocrine pancreas of the fruit bat *Artibeus lituratus*. **Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 157, n. 2, p. 142-148, 2010.

RANSOME, R. D. Earlier breeding shortens life in female greater horseshoe bats. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 350, n. 1332, p. 153-161, 1995.

REIST, J. D. An empirical evaluation of several univariate methods that adjust for size variation in morphometric data. **Canadian Journal of Zoology**, v. 63, n. 6, p. 1429-1439, 1985.

REX, K.; MICHENER, R.; KUNZ, T. H. & VOIGT, C. C. Vertical stratification of Neotropical leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae) revealed by stable carbon isotopes. **Journal of Tropical Ecology**, v. 27, n. 3, p. 211-222, 2011.

REYNOLDS, D. S. & KORINE, C. Body composition analysis of bats. In: KUNZ, T. H. & PARSONS, S. (Ed.). **Ecological and behavioral methods for the study of bats**. 2nd Edition. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2009. cap. 33, p.674-691.

SCHAMBER, J. L.; ESLER, D. & FLINT, P. L. Evaluating the validity of using unverified indices of body condition. **Journal of Avian Biology**, v. 40, n. 1, p. 49-56, 2009.

SCHINNERL, M.; AYDINONAT, D.; SCHWARZENBERGER, F. & VOIGT, C. C. Hematological survey of common Neotropical bat species from Costa Rica. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 42, n. 3, p. 382-391, 2011.

SCHULTE-HOSTEDDE, A. I.; ZINNER, B.; MILLAR, J. S. & HICKLING, G. J. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. **Ecology**, v. 86, n. 1, p. 155-163, 2005.

- SENIOR, P.; BUTLIN, R. K. & ALTRINGHAM, J. D. Sex and segregation in temperate bats. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 272, n. 1580, p. 2467-2473, 2005.
- SIEMERS, B. M.; BEEDHOLM, K.; DIETZ, C.; DIETZ, I. & IVANOVA, T. Is species identity, sex, age or individual quality conveyed by echolocation call frequency in European horseshoe bats? **Acta Chiropterologica**, v. 7, n. 2, p. 259-274, 2005.
- SPARLING, D. W.; BARZEN, J. A. & LOVVORN, J. R. **An evaluation of regression methods to estimate nutritional condition of canvasbacks and other water birds.** DTIC Document. 1992.
- SPEAKMAN, J. Factors influencing the daily energy expenditure of small mammals. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 56, n. 3, p. 1119-1136, 1997.
- SPEAKMAN, J. R. **Body composition analysis of animals: a handbook of non-destructive methods.** Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2001.
- SPEAKMAN, J. R. & RACEY, P. A. The influence of body condition on sexual development of male brown long-eared bats (*Plecotus auritus*) in the wild. **Journal of Zoology**, v. 210, p. 515-525, 1986.
- STAWSKI, C. & GEISER, F. Fat and fed: frequent use of summer torpor in a subtropical bat. **Naturwissenschaften**, v. 97, n. 1, p. 29-35, 2010.
- STEVENSON, R. D. & WOODS, W. A. Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. **Integrative and Comparative Biology**, v. 46, n. 6, p. 1169-1190, 2006.
- STUDIER, E. H. & EWING, W. G. Diurnal fluctuation in weight and blood composition in *Myotis nigricans* and *Myotis lucifugus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 38, n. 1, p. 129-139, 1971.
- TELES, M. G.; OLIVEIRA, S. A.; SCHULZ, I.; SUMITA, N. M.; ROSSI, M. E. & NERY, M. Capillary and venous blood samples analyzed in glucometers compared to a laboratory hexokinase method. **Endocrine Review**, v. 33, 2012.
- TRACY, C. R.; MCWHORTER, T. J.; KORINE, C.; WOJCIECHOWSKI, M. S.; PINSHOW, B. & KARASOV, W. H. Absorption of sugars in the Egyptian fruit bat (*Rousettus aegyptiacus*): a paradox explained. **Journal of Experimental Biology**, v. 210, n. 10, p. 1726-1734, 2007.
- UKIKUSA, M.; OZAWA, K.; SHIMAHARA, Y.; ASANO, M.; NAKATANI, T. & TOBE, T. Changes in blood ketone body ratio: their significance after major hepatic resection. **Archives of Surgery**, v. 116, n. 6, p. 781, 1981.
- UMMINGER, B. L. Body size and whole blood sugar concentrations in mammals. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 52, n. 3, p. 455-458, 1975.

VIZOTTO, L. D. & TADDEI, V. A. Chave para determinação de quirópteros brasileiros. **Revista da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São José do Rio Preto**, v. 1, 1973.

VOIGT, C. C. Insights into strata use of forest animals using the 'canopy effect'. **Biotropica**, v. 42, n. 6, p. 634-637, 2010.

WAYE, H. L. & MASON, R. T. A combination of body condition measurements is more informative than conventional condition indices: Temporal variation in body condition and corticosterone in brown tree snakes (*Boiga irregularis*). **General and Comparative Endocrinology**, v. 155, n. 3, p. 607-612, 2008.

WESTHUYZEN, J. V. D. The diurnal cycle of some energy substrates in the fruit bat *Rousettus aegyptiacus*. **South African Journal of Science**, v. 74, p. 99-101, 1978.

WHO. Body Mass Index - BMI. World Health Organization, 2013. Disponível em: <<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>>.

WIDMAIER, E.; GORNSTEIN, E.; HENNESSEY, J.; BLOSS, J.; GREENBERG, J. & KUNZ, T. High plasma cholesterol, but low triglycerides and plaque-free arteries, in Mexican free-tailed bats. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 271, n. 5, p. R1101-R1106, 1996.

WIDMAIER, E. P. & KUNZ, T. H. Basal, diurnal, and stress-induced levels of glucose and glucocorticoids in captive bats. **Journal of Experimental Zoology**, v. 265, n. 5, p. 533-540, 1993.

WILLIG, M. R. **Composition, microgeographic variation, and sexual dimorphism in Caatingas and Cerrado bat communities from northeast Brazil**. Pittsburgh: Carnegie Museum of Natural History, 1983. 131 p.

WILLIG, M. R. & HOLLANDER, R. R. Secondary sexual dimorphism and phylogenetic constraints in bats: a multivariate approach. **Journal of Mammalogy**, v. 76, n. 4, p. 981-992, 1995.

WIMSATT, J.; O'SHEA, T. J.; ELLISON, L. E.; PEARCE, R. D. & PRICE, V. R. Anesthesia and blood sampling of wild big brown bats (*Eptesicus fuscus*) with an assessment of impacts on survival. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 41, n. 1, p. 87-95, 2005.

WIRSING, A. J.; STEURY, T. D. & MURRAY, D. L. Noninvasive estimation of body composition in small mammals: a comparison of conductive and morphometric techniques. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 75, n. 5, p. 489-497, 2002.

ZAHN, A. & RUPP, D. Ectoparasite load in European vespertilionid bats. **Journal of Zoology**, v. 262, n. 4, p. 383-391, 2004.