



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE BIOLOGIA

**CARLA CRISTINA GESTICH**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ECOLOGIA E NO  
COMPORTAMENTO DE *CALLICEBUS NIGRIFRONS* (PRIMATES:  
PITHECIIDAE)**

Este exemplar corresponde à redação final  
da tese defendida pelo(a) candidato (a)  
*Carla Cristina Gestich*  
*Eleonore Setz*  
e aprovada pela Comissão Julgadora.

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biologia para obtenção do Título de  
Mestre em Ecologia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eleonore Zulnara Freire Setz

Campinas, 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR  
ROBERTA CRISTINA DAL' EVEDOVE TARTAROTTI – CRB8/7430  
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA - UNICAMP

G335i Gestich, Carla Cristina, 1986-  
Influência da temperatura na ecologia e no comportamento de *Callicebus nigrifrons* (Primates: Pitheciidae) / Carla Cristina Gestich. – Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Eleonore Zulnara Freire Setz.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Corpo - Temperatura - Regulação. 2. Primatas - Padrão de atividade. 3. Primatas - Dieta. 4. Postura corporal. 5. Micro-habitat. 6. Primatas - Ecologia. I. Setz, Eleonore Zulnara Freire, 1953-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em Inglês:** Temperature influence on ecology and behavior of *Callicebus nigrifrons* (Primates: Pitheciidae)

**Palavras-chave em Inglês:**

Body temperature - Regulation

Primates - Activity pattern

Primates - Diet

Body posture

Microhabitat

Primates - Ecology

**Área de concentração:** Ecologia

**Titulação:** Mestre em Ecologia

**Banca examinadora:**

Eleonore Zulnara Freire Setz [Orientador]

Júlio César Bicca Marques

Cristiana Saddy Martins

**Data da defesa:** 20-03-2012

**Programa de Pós Graduação:** Ecologia

Campinas, 20 de março de 2012.

**BANCA EXAMINADORA**

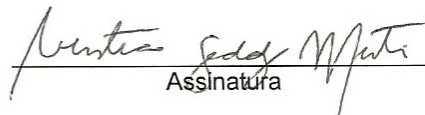
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> . Eleonore Zulnara Freire Setz  
(Orientadora)

  
Assinatura

Prof. Dr. Júlio César Bicca Marques

  
Assinatura

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiana Saddy Martins

  
Assinatura

Prof. Dr. João Vasconcellos Neto

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Prof. Dr. Gustavo Quevedo Romero

\_\_\_\_\_  
Assinatura

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus por mais esta conquista.

À professora Eleonore Setz, pela orientação, incentivo e produtivas discussões sobre ecologia de primatas. Obrigada por ter acreditado em mim, antes mesmo de me conhecer, e ter me dado essa oportunidade única de trabalhar com os sauás.

À Christini, por ter me ensinado, pacientemente, como trabalhar em campo com os macacos e interpretar cientificamente o que observávamos. Obrigada pela “co-orientação”, companhia, ajuda e amizade durante todo esse período.

Aos professores Dr. Paulo Oliveira, Dr. Júlio César Bicca-Marques e Dra. Cristiana Saddy Martins pelas críticas e sugestões valiosas a esse trabalho.

Ao Prof. Dr. Gilson Volpato por ter me iniciado e incentivado a continuar na vida científica, pelos conselhos valiosos que me trouxeram até aqui.

À Prefeitura de Jundiaí, pela infraestrutura e apoio recebido na Base Ecológica Municipal. Aos funcionários da Base pela convivência, em especial ao Sr. Lauro, por toda sua preocupação, carinho e cuidado. A todos os pesquisadores que passaram pela Base durante esse período, dividindo experiências. Entre eles o Pablo, pela ajuda nos arremessos das cordinhas dos *data loggers*, e pelas conversas bem humoradas.

Aos colegas e amigos de departamento, pela convivência. À Mariana, pela amizade desde o início, por dividir todos os momentos divertidos e angustiantes do mestrado, pelas horas dedicadas à estatística, pelas discussões e pelas longas conversas sobre tudo o que os sauás tinham feito a cada mês. E à Camila, pelas conversas divertidas e por toda a ajuda na discussão de ideias e estatística. Agradeço o apoio e a amizade.

A todos que contribuíram de alguma forma para que esse trabalho se realizasse. Ao Ricardo, por resolver todas minhas dúvidas computacionais. Obrigada pela longa amizade. À Cássia, minha irmã, pelo incentivo, pela companhia no campo para descarregar os dados dos *data loggers*, desafiando seus medos de insetos, e por acreditar no meu trabalho.

Aos meus pais, José Carlos e Maria Angélica, que me apoiaram e me ajudaram sempre no que era possível, mesmo sem entender muito bem o porquê de eu “sair

correndo atrás de macacos”. Obrigada pela educação e por todo amor que me deram e pelo incentivo em todas as decisões que tomei.

Ao meu grande amor, amigo e companheiro, Bruno, que me incentivou desde o início e participou de todas as fases e discussões desse trabalho. Obrigada por me ouvir e entender minhas aflições, por todo seu carinho e dedicação.

À PROEX pelo auxílio financeiro com gastos de campo. Ao Prof. Dr. Benson, pelos *data loggers* emprestados. À Idea Wild pelos equipamentos concedidos.

À FAPESP, pela bolsa concedida e pelo apoio financeiro nas atividades de campo e de aperfeiçoamento profissional.

## RESUMO

A alteração das necessidades energéticas dos endotérmicos pela variação da temperatura ambiental devido aos custos da termorregulação pode influenciar seu comportamento. O objetivo desse estudo foi investigar a influência da temperatura nos comportamentos de sauás (*Callicebus nigrifrons*) na Serra do Japi, região com marcada sazonalidade e temperatura reduzida pela altitude. Para isso, relacionamos com a temperatura: o padrão de atividade, os itens alimentares e os comportamentos termorregulatórios durante o descanso (seleção de micro-habitat, contato entre os indivíduos e postura corporal). Quanto menores as temperaturas mínimas noturnas, o que pode representar estresse térmico, os sauás iniciaram suas atividades mais tardiamente, no momento em que a temperatura ambiental já estava elevada. A distância percorrida diariamente não variou com a temperatura, mas os sauás locomoveram mais no início do dia, horário mais frio, coincidindo com o início das atividades. Entre os meses, a locomoção foi menor nos mais frios, possivelmente resultando em economia de energia. Não houve seleção por itens alimentares mais calóricos em temperaturas baixas. Entretanto, houve aumento no forrageio nos meses mais frios (não relacionado com a disponibilidade de frutos), compatível com a ideia de que os custos da termorregulação podem influenciar a ingestão de alimentos. A seleção de locais ao sol foi maior em temperaturas baixas, e tal comportamento pode estar reduzindo os custos da termorregulação com o aumento da absorção de calor da radiação solar. O contato entre os indivíduos ao longo do dia não teve relação com a temperatura e pode ter sido influenciado somente pelas interações sociais. A postura não variou em função da temperatura e aquelas que resultavam em menor perda de calor para o meio foram predominantemente adotadas. Isso, provavelmente, devido ao porte pequeno da espécie (elevada razão superfície/volume) que contribui para maior perda de calor nas baixas temperaturas registradas. Conclui-se que os sauás apresentam variação comportamental em função da temperatura ambiental quanto à escolha de micro-habitats e padrão de locomoção e forrageio.

## **Abstract**

Variations in ambient temperature can change the energy requirements of endotherms due to costs of thermoregulation. So, ambient temperature can influence animal's behavior. The aim of this work was to investigate ambient temperature influence on wild black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) behavior. We conducted this study in Serra do Japi, region with marked seasonality and temperature reduced due to high altitude. We analyzed the relation between temperature and the following variables: activity pattern, types of food consumed and thermoregulatory behaviors observed during resting (microhabitat selection, contact between individuals and body posture). In lower night minimum temperatures, which may represent thermal stress to titi monkey, they started their activities later in the day, after ambient temperature increase. There was no correlation between path length and ambient temperature, but titis moved more at beginning of the day (at the coldest hours), when they were starting these activities. During the coldest months, titis moved less, which could be a strategy to save energy. During this period, they did not select higher-calorie food items, but there was an increase in foraging behavior (not related to fruit availability), which is consistent with the idea that the energy costs of thermoregulation can influence food intake. The sunny resting places were selected at low temperatures. This behavior could be used to reduce thermoregulation costs, allowing the increase of heat absorption from solar radiation. The contact between individuals throughout the day was not related to the temperature and may be influenced only by social interactions. Body postures were not influenced by ambient temperature and postures that avoid heat loss were predominantly adopted. This is probably due to the small size of the species (considering the high surface/volume ratio) which contributes to greater heat loss at low temperatures. We concluded that titi monkey's behaviors vary in function of ambient temperature, such as microhabitat choice and pattern of moving and foraging.

## SUMÁRIO

Introdução Geral .....	1
Objetivos .....	6
Espécie de Estudo .....	8
Gênero <i>Callicebus</i> .....	8
<i>Callicebus nigrifrons</i> .....	9
Área de estudo .....	12
Referências Bibliográficas .....	15
<b>Capítulo 1:</b> Influência da temperatura ambiental no padrão de atividade e dieta de sauás ( <i>Callicebus nigrifrons</i> ) .....	24
Resumo .....	24
Abstract.....	25
Introdução .....	26
Material e Métodos .....	29
Área de Estudo .....	29
Grupo de Estudo .....	30
Coleta de Dados.....	30
Disponibilidade de Frutos .....	32
Análise dos Dados.....	32
Resultados.....	35
Padrão de Atividade .....	36
Dieta .....	38
Discussão .....	40
Padrão de Atividade .....	41
Dieta .....	44
Referências Bibliográficas .....	46



<b>Capítulo 2: Termorregulação comportamental em sauás (<i>Callicebus nigrifrons</i>)</b> .....	53
Resumo .....	53
Abstract.....	54
Introdução .....	55
Material e Métodos .....	58
Área de Estudo .....	58
Grupo de Estudo .....	58
Coleta de Dados.....	58
Análise dos Dados.....	60
Resultados .....	62
Discussão .....	67
Referências Bibliográficas .....	72
 <b>Considerações finais</b> .....	 77
 <b>Anexo 1</b> .....	 78

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Introdução Geral

- Figura 1.** Indivíduo adulto de *Callicebus nigrifrons* pertencente ao grupo estudado (foto da autora)..... 10
- Figura 2.** Distribuição geográfica dos cinco grupos do gênero *Callicebus* segundo van Roosmalen *et al.* 2002. (Modificado de Hershkovitz 1988)..... 11
- Figura 3.** Localização da área tombada da Serra do Japi no estado de São Paulo e da Reserva Municipal de Jundiaí. As áreas em verde indicam os remanescentes de Mata Atlântica no estado (Fonte: SMA, modificado)..... 12
- Figura 4.** Diagrama climático, segundo Walter (1971), para a Serra do Japi, Jundiaí - SP. Médias mensais para o período de 2001 a 2011, baseadas em dados obtidos pela estação meteorológica para a cidade de Jundiaí (Fonte: CIIAGRO), corrigidos para a altitude da área de estudo (subtração de 1,8°C). Diagrama obtido pelo pacote climatol do programa R. .... 14

### Capítulo 1

- Figura 1.** Índice disponibilidade de frutos maduros para o período de estudo (julho/2010 a junho/2011) na Serra do Japi - SP, baseado em 22 espécies zoocóricas presentes na dieta dos sauás (dados fornecidos por Caselli, C.B.)..... 32
- Figura 2.** Máximas, médias e mínimas mensais da temperatura registrada nos dias de observação dos sauás (julho/2010 a junho/2011) na Serra do Japi - SP. Dados coletados por *data loggers* dispostos na copa das árvores na área de estudo. As barras correspondem ao desvio padrão..... 35
- Figura 3.** Influência da temperatura mínima noturna no horário de saída da árvore de dormir em relação ao nascimento do sol, em *Callicebus nigrifrons* na Serra do Japi - SP. .... 36
- Figura 4.** Padrão de atividades de *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP, ao longo do dia. Média da temperatura e as proporções de registros de descanso, locomoção e forrageio nas faixas de horário. As atividades

classificadas como outros não entraram na análise, portanto, a soma das proporções em cada faixa de horário não é igual a um. ....	37
<b>Figura 5.</b> Proporção dos itens incluídos na dieta de <i>C. nigrifrons</i> na Serra do Japi - SP, ao longo dos meses, durante o período de julho/2010 a junho/2011 (2992 registros).. ....	39
<b>Figura 6.</b> Proporções de itens ingeridos por <i>C. nigrifrons</i> na Serra do Japi - SP, na primeira e na segunda metade do dia. As barras indicam o desvio padrão.....	40

## Capítulo 2

<b>Figura 1.</b> Esquemas das posturas corporais adotadas pelos sauás em descanso, da mais conservadora para a mais dissipadora de calor: 1 - enrolado; 2 - sentado; 3 - deitado; 4 - estendido; 5 - esparramado (Adaptado de Paterson 1981). ....	60
<b>Figura 2.</b> Temperaturas máximas, mínimas e médias diárias registradas nos dias de observação comportamental do grupo de sauás na Serra do Japi - SP (julho/2010 a junho/2011). Dados coletados por <i>data loggers</i> dispostos na copa das árvores na área de estudo.....	62
<b>Figura 3.</b> Seleção de micro-habitats por <i>Callicebus nigrifrons</i> na Serra do Japi - SP. Os registros em momentos nublados foram excluídos da análise. <b>a:</b> proporção de registros de indivíduos no sol em relação à temperatura da hora de coleta; <b>b:</b> proporção de indivíduos no sol na primeira hora do dia em relação à temperatura mínima noturna; <b>c:</b> média de altura de uso do estrato arbóreo em relação à temperatura da hora de coleta. ....	63
<b>Figura 4.</b> Proporção de registros de aglomeração entre os indivíduos de <i>C. nigrifrons</i> na Serra do Japi - SP, em relação à temperatura ambiental da hora de coleta. ....	64
<b>Figura 5.</b> Média dos escores das posturas corporais adotadas por <i>C. nigrifrons</i> na Serra do Japi - SP em relação à temperatura ambiental da hora de coleta. ....	65

**Figura 6.** Média dos escores das posturas corporais adotadas por *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP, **a:** nos momentos nublados e ensolarados; **b:** nos micro-habitats sol e sombra. As barras indicam o desvio padrão..... 66

**Figura 7.** Proporção de registros das cinco posturas corporais adotadas por *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP, nos dias quentes secos e nos quentes úmidos. .... 66

## ÍNDICE DE TABELAS

### Capítulo 1

<b>Tabela 1.</b> Valores da análise de componentes principais do padrão de atividade.....	38
<b>Tabela 2.</b> Valores da análise de componentes principais dos itens consumidos na dieta .....	39

## INTRODUÇÃO GERAL

A temperatura é uma condição ambiental que exerce grande influência na vida dos animais ao impor limites à sua sobrevivência (Begon *et al.* 2007). Tais limites ocorrem porque as taxas dos processos metabólicos celulares, principalmente os facilitados pelas enzimas, são dependentes da temperatura (Bligh 1976). Assim, a vida de um organismo depende da manutenção de seu ambiente interno em temperaturas favoráveis ao funcionamento celular (Randall *et al.* 2000).

Apenas em uma faixa estreita de temperatura, o animal tem seu desempenho ótimo em que, além de sobreviver, pode investir em crescimento e reprodução (Begon *et al.* 2007). Portanto, quanto mais eficaz o mecanismo de manutenção da temperatura corporal, mais eficiente o animal será na exploração do ambiente e no desempenho de suas atividades (Bligh 1976). Nesse sentido, a termorregulação, a manutenção da temperatura corporal dentro dos limites críticos, torna-se um importante processo para sobrevivência (Bicego *et al.* 2007).

Há dois mecanismos principais quanto à obtenção de calor para termorregulação: a endotermia, que compreende os animais (mamíferos e aves) que mantêm a temperatura corporal através da produção de calor como subproduto de seu metabolismo (Schmidt-Nielsen 1997); e a ectotermia (demais vertebrados e invertebrados), cuja principal forma de manter a temperatura corporal é a troca de calor com o ambiente (Stevenson 1985). Os mecanismos termorreguladores dos ectotérmicos são baseados em baixas taxas metabólicas, pouco isolamento térmico e rápida troca de calor com o ambiente (Pough 1980); enquanto a termorregulação endotérmica apresenta características opostas e um considerável custo metabólico ao produzir grandes quantidades de calor (Pough *et al.* 2003a).

Entretanto, tanto ectotérmicos quanto endotérmicos estão constantemente trocando energia térmica com o ambiente (Pough *et al.* 2003b) pela absorção da radiação solar, pelas trocas com o ar circundante por convecção e no contato com o substrato por condução, situações em que o animal se ajusta, em relação a essas características ambientais, dentro de suas necessidades energéticas (Porter e Gates 1969). A troca de calor é influenciada pelas características do animal como: taxa metabólica, taxa de perda de umidade, isolamento térmico, coloração ou

absortividade da radiação, tamanho corporal, forma e orientação do corpo (Porter e Gates 1969). A capacidade de isolamento térmico, promovido pelo tecido adiposo, pelos e penas, é característica dos animais endotérmicos, sendo um mecanismo para diminuir a perda do calor metabólico (Schmidt-Nielsen 1997, Pough *et al.* 2003a).

O aproveitamento das características do ambiente pelos endotérmicos, com a alteração da condutância de calor pela superfície corporal, é uma importante via que, somada a pequenos ajustes fisiológicos, permite a manutenção do animal dentro da zona de neutralidade térmica sem alteração do esforço metabólico (Randall *et al.* 2000). A zona térmica neutra é a faixa de temperatura ambiental em que o animal endotérmico utiliza apenas sua taxa metabólica basal para controle da temperatura corporal, sem nenhum gasto adicional para termorregulação (Paterson 1981). A partir dos limites desse intervalo, em direção aos extremos, há um aumento na taxa metabólica para manter a temperatura corporal constante, e o animal passa a ter consideráveis gastos energéticos para a termorregulação (Randall *et al.* 2000). Em temperaturas baixas ocorre a hipotermia, que gera um aumento na produção de calor, e em temperaturas elevadas a hipertermia, que desencadeia a evapotranspiração pela superfície do corpo, pele e mucosas (Ivanov 2006).

Um estudo relacionando o aumento da taxa metabólica basal com a diminuição da temperatura ambiental registrou a temperatura crítica inferior da zona térmica neutra para alguns mamíferos tropicais, em torno de 20°C a 30°C, sendo por volta de 28°C para preguiças e de 22°C para quatis, por exemplo (Scholander *et al.* 1950). Entretanto, esses valores foram obtidos em laboratório, com os animais em inatividade. Em vida livre, a plasticidade comportamental permite que eles estendam a faixa de temperatura da zona termoneutra e reduzam os custos metabólicos da termorregulação, permanecendo em atividade sem gastos adicionais mesmo em temperaturas ambientais que seriam consideradas adversas (Porter e Kearney 2009).

Assim, ao enfrentarem variações de temperatura, além de passarem por alterações de longo prazo tanto morfológicas (como troca de pelagem), quanto fisiológicas (por adaptações bioquímicas compensatórias), os animais também

podem exibir respostas imediatas a essas mudanças, ou seja, mecanismos comportamentais (Randall *et al.* 2000). Pelo comportamento, podem ter um aumento da produção de calor pela elevação do metabolismo (pelo exercício físico, por exemplo) (Randall *et al.* 2000) ou um melhor aproveitamento do calor do ambiente por ajustes posturais, possibilitando a permanência do animal dentro da faixa ótima por mais tempo (Paterson 1986). Desse modo, a termorregulação comportamental é o processo de ajuste do animal em seu ambiente através de mudanças na configuração corporal e na exposição relativa ao sol, ao vento, ou em abrigos, e no controle da direção e do padrão de transferência de calor entre o seu corpo e o meio (Paterson 1981).

A termorregulação comportamental é comumente estudada em ectotérmicos uma vez que a troca de calor com o meio é seu principal mecanismo termorregulatório. Entretanto, os animais endotérmicos também se utilizam desta estratégia como uma via de diminuir os custos impostos pela termorregulação. Já foi demonstrado, por exemplo, que pequenos mamíferos, sob temperaturas frias extremas, morrem se impedidos termorregular-se comportamentalmente (Ivanov 2006). Segundo Stevenson (1985), o mecanismo comportamental é tão essencial quanto o fisiológico na manutenção da temperatura corporal.

O elemento de termorregulação comportamental mais evidente é a seleção de micro-habitats (Jablonski *et al.* 2009). A mobilidade do animal permite que ele busque os ambientes mais compatíveis às suas necessidades energéticas (Porter e Gates 1969). Ao alterar sua localização e sua orientação corporal no ambiente, o animal pode modificar a relação de troca de calor (Paterson 1986), favorecendo a permanência da temperatura corporal dentro da faixa ótima.

A seleção de micro-habitats está relacionada principalmente ao uso de locais sombreados ou expostos ao sol (Hill 2006, Gomes e Bicca-Marques 2007, Slough 2009) e locais que favoreçam ou diminuam a condução e a convecção de calor (Senft *et al.* 1985). As características térmicas também são consideradas na seleção de abrigos, onde a variação de temperatura é menos acentuada que a do ambiente externo, diminuindo o estresse térmico e evitando a letalidade em condições extremas (Schmid 1998, Barret *et al.* 2004, Brown e Downs 2006). Outra estratégia



seria a otimização do custo metabólico entre torpor e atividade em endotérmicos que utilizam o torpor diário em condições adversas (Chruszez e Barclay 2002). Entretanto, outros fatores agem conjuntamente na seleção do local para suas atividades ou descanso como, por exemplo, o perigo de predação (Schmid 1998), o que pode mascarar a importância das relações térmicas no estudo do uso do ambiente.

A variação de postura é outra forma de modificar a relação térmica do animal com o meio, uma vez que a capacidade de dissipação de calor por um organismo está diretamente relacionada a sua superfície (Paterson 1986). Através do ajuste na configuração corporal, alterando a razão superfície/volume, há uma alteração nas relações de troca de energia com o ambiente (Paterson 1981, Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998), influenciando diretamente na sua capacidade de dissipação, absorção e conservação de calor (Lillywhite 1970).

O uso de posturas foi descrito primeiramente para lagartos, em que há alteração da conformação do corpo do animal desde o máximo de contato com o substrato, favorecendo o ganho de calor por condução, até o mínimo contato, pela elevação do corpo e sustentação pelas extremidades dos dedos, com o favorecimento da perda de calor por convecção (Muth 1977). Entre os endotérmicos, a adoção de posturas como forma de termorregulação já foi demonstrada em aves (McKechnie *et al.* 2004, Simeone *et al.* 2004) e também em esquilos, que alteram a postura e o direcionamento do corpo associados com a exposição da cauda, que atua fornecendo sombra e refletindo luz (Chappell e Bartholomew 1981). Em primatas, foi descrito um conjunto de posturas desde as mais conservadoras até as mais dissipadoras de calor, com um aumento progressivo na razão superfície/volume exposta ao contato com o meio (Paterson 1981, Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998).

A aglomeração de indivíduos é outro comportamento que leva à redução da superfície exposta e à conservação de calor pelo contato entre os indivíduos (McKechnie *et al.* 2004, Whillis e Brigham 2007). O contato pela compressão de seus corpos associado às posturas conservadoras adotadas, resulta numa mudança efetiva da forma e numa modificação direta do micro-habitat envolvendo o grupo,

diminuindo a perda de calor para o meio e favorecendo a transferência de calor entre os corpos (Paterson 1986). A diminuição da razão superfície/volume pela agregação dos indivíduos também já foi apontada como indício da termorregulação comportamental em primatas (Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998, Ostner 2002, Hanya *et al.* 2007, Zhang e Watanabe 2007).

Além das respostas comportamentais imediatas à flutuação da temperatura ambiental, padrões gerais de comportamento dos animais (atividade e dieta) também podem ser influenciados por essas variações. O padrão de atividade pode ser influenciado pela temperatura com a limitação ou favorecimento de certas atividades como, por exemplo, o aumento de comportamentos sedentários tanto em temperaturas elevadas (Hill 2006), quanto sob condições muito frias (Ostner 2002; Hanya *et al.* 2007).

Alguns trabalhos, com primatas, indicaram um aumento no tempo de forrageio nas estações mais frias, o que pode refletir uma diminuição na disponibilidade de recursos (Heiduck 1997). Mas, a necessidade aumentada de consumo de alimento em baixas temperaturas, para compensar os gastos energéticos devido aos custos termorregulatórios, também é um fator que pode estar influenciando conjuntamente esse comportamento (Mendiratta *et al.* 2009, Caselli e Setz 2011). Ou seja, esses dois fatores podem influenciar o forrageio. Os animais endotérmicos utilizam a maior parte da energia obtida no alimento para a produção de calor (Pough 2003b), e quando a variação de temperatura ambiental interfere nas suas necessidades energéticas para a termorregulação, a seleção dos itens que compõem a dieta pode ser alterada visando o aumento no consumo total de calorias em temperaturas baixas (Agetsuma 2000).

Dessa forma, na interação com o ambiente, as alterações comportamentais causadas pela variação de temperatura devido às necessidades termorregulatórias podem influenciar direta ou indiretamente processos ecológicos como: competição, sendo as fontes de calor e alimentos calóricos recursos importantes; predação, na seleção de micro-habitats favoráveis; reprodução, que envolve a sazonalidade de acasalamento (o acúmulo de gordura corporal (Hamada *et al.* 2003) e a regulação hormonal (Valeggia *et al.* 1999)) e sobrevivência da ninhada; e alimentação, nas

mudanças no tempo de forrageio e na seleção dos itens calóricos. Entretanto, poucos estudos consideram a influência das necessidades energéticas relacionadas à termorregulação no comportamento e na ecologia dos animais.

A termorregulação comportamental é ainda menos estudada em animais de vida livre, dada a dificuldade de acompanhar tais comportamentos ao longo de um grande período. Entretanto, a habituação em primatas permite que a presença do observador não perturbe as suas atividades normais (Setz 1991, Williamson e Feistner 2003), possibilitando o registro e a avaliação de seus comportamentos em seu hábitat natural, inclusive os de termorregulação.

Os primatas apresentam características interessantes para o estudo da influência da termorregulação em seus comportamentos. Dentre essas características estão: a diversidade no tamanho, como espécies que pesam de 100 g (gênero *Cebuella*) até as que pesam 200 kg (gênero *Gorilla*); a diversidade na dieta, desde espécies insetívoras-gomívoras a frugívoras e folívoras; e diferentes períodos de atividade, ou seja, há espécies tanto noturnas, quanto crepusculares e diurnas (Richard 1985). Além disso, a limitação da ocorrência dos primatas não humanos às regiões tropicais e subtropicais (Jolly 1972) sugere uma restrição termorregulatória à sua distribuição geográfica.

Apesar de alguns estudos já mostrarem evidências da influência da termorregulação nos comportamentos de primatas, a maior parte deles não tem esse tema como foco principal, discutindo *a posteriori* os padrões encontrados sob essa perspectiva (Hill 2005). A termorregulação, um processo essencial aos animais endotérmicos, apesar de ser influenciada diretamente pelas flutuações climáticas e de, ainda, interferir nos padrões comportamentais, tem recebido pouca atenção (Hill 2006). Nesse sentido, entender os mecanismos comportamentais que auxiliam na redução dos custos da termorregulação é um ponto de partida para compreender melhor os processos ecológicos que regulam o comportamento.

## **OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho foi investigar a influência que a variação da temperatura ambiental exerce no comportamento de um grupo de sauás (*Callicebus*

*nigrifrons*), primata de pequeno porte, em uma região de marcada variação climática, com temperatura reduzida pela altitude. Para isso, avaliamos:

a) se a variação de temperatura leva a mudanças nos padrões de atividade e na composição da dieta dos sauás (Capítulo 1); e

b) se os padrões comportamentais, tais como seleção de micro-habitat, modificação da postura corporal e aglomeração dos indivíduos, durante os momentos de descanso, variam em resposta à temperatura ambiental, como possíveis mecanismos termorregulatórios (Capítulo 2).

Considerando que temperaturas ambientais extremas resultam num maior gasto energético para termorregulação (Randall *et al.* 2000), se a temperatura ambiental é uma boa preditora do comportamento, espera-se que:

I- os sauás alterem os itens incluídos na dieta, devido à modificação nas necessidades energéticas pela diminuição da temperatura ambiental, relacionada ao aumento do custo energético para a termorregulação (Agetsuma 1995). Dessa forma, espera-se que o consumo do total de itens de maior valor calórico seja maior em temperaturas baixas, assim como, que os sauás apresentem uma seleção preferencial por esses itens (frutos, sementes e flores), em detrimento aos demais, nos meses mais frios.

II- os sauás forrageiem mais em meses mais frios, devido ao aumento dos gastos energéticos decorrentes das necessidades termorregulatórias (Agetsuma 2000).

III- os sauás exibam mais comportamentos sedentários em temperaturas extremas, descansando mais e locomovendo menos e, dessa forma, economizando energia que seria gasta em atividades custosas, compensando os gastos termorregulatórios (Hanya 2004).

IV- os sauás descansem em micro-habitats com incidência de sol nas temperaturas baixas, o que aumentaria a absorção de energia solar, reduzindo os custos energéticos da produção de calor metabólico (Paterson 1986, Hanya *et al.* 2007).

V- a proximidade entre os indivíduos seja maior nas temperaturas baixas, sugerindo que além da função social, a aglomeração pode reduzir os custos termorregulatórios ao alterar a relação térmica entre o animal e o meio, pela mudança na forma e pela troca de calor no contato entre os indivíduos (Paterson 1986).

VI- em temperaturas baixas, os sauás adotem posturas mais conservadoras, diminuindo assim a perda de calor corporal para o meio. A alteração da postura corporal de acordo com a variação de temperatura ambiental permite modificar a relação de troca de calor com o meio, pois modifica a razão superfície/volume corporal (Paterson 1986, Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998).

## **ESPÉCIE DE ESTUDO**

### **Gênero *Callicebus***

O gênero *Callicebus* é o grupo mais diverso dentro de Pitheciinae (Norconk 2007). Pela revisão de van Roosmalen *et al.* (2002), existiam 28 espécies descritas divididas em cinco grupos: *C. torquatus*, *C. moloch*, *C. cupreus*, *C. donacophilus* e *C. personatus*. Entretanto, depois dessa revisão, outras duas espécies foram descritas (*Callicebus aureipalatti*, Wallace *et al.* 2006 e *Callicebus catequensis*, Defler *et al.* 2010) e outra descoberta recentemente em Mato Grosso, tombada no museu Emílio Goeldi (Dalponte, dados não publicados), o que reforça a diversidade do gênero e a necessidade de mais estudos.

Os sauás (*Callicebus* spp.) são exclusivamente neotropicais e se distribuem desde as bacias dos rios Amazonas e Orinoco até regiões do Paraguai (Bordignon *et al.* 2008), não se estendendo às regiões mais frias, no sul da América do Sul. Na região da Mata Atlântica, as espécies de sauás (grupo *C. personatus*: *C. personatus*, *C. melanochir*, *C. nigrifrons*, *C. barbarabrownae* e *C. coimbrai*) distribuem-se do sul do Rio São Francisco ao norte do Rio Tietê (van Roosmalen *et al.* 2002).

São animais arborícolas quadrúpedes, deslocam-se sem o auxílio da cauda, que não é preênsil (Lawler *et al.* 2006). Monogâmicos, sociais, vivem em pequenos grupos familiares compostos pelo casal reprodutor e até quatro filhos (Norconk

2007). A fêmea dá origem a um único filhote por gestação, que é cuidado pelo pai, que o carrega quase que exclusivamente nos primeiros meses de vida, retornando para mãe apenas nos momentos de amamentação (Scharadin *et al.* 2003, Bordignon *et al.* 2008).

Apresentam área de vida relativamente pequena, com variação considerável entre os estudos publicados, de 3,3 ha para *C. discolor* (Carrillo-Bilbao *et al.* 2005) até 24 ha para *C. melanochir* (anteriormente *C. personatus*) (Müller 1995), com uma exceção de um grupo nativo de *C. nigrifrons* que ocupou uma área de 48 ha, em um fragmento não compartilhado com outros grupos (Neri 1997). Utilizam vocalizações para regular o uso do espaço, as quais são emitidas principalmente na periferia, possibilitando o encontro entre os vizinhos, como forma de definir e reforçar a área de vida dos grupos (Robinson 1979). Têm um repertório vocal complexo, possuindo chamados de longa distância, os duetos, compostos por sequências de sons alternados e sincronizados entre o macho e a fêmea (Robinson 1979, Müller e Anzenberg 2002).

Quanto à dieta, os representantes do gênero *Callicebus* são predominantemente frugívoros (Müller 1995), apresentando, entre as espécies, diferença na proporção relativa dos itens alimentares que complementam a dieta (Kinzey 1978). O segundo item mais consumido pode ser folhas (Price e Piedade 2001, Norconk 2007), flores (Neri 1997) ou sementes (Heiduck 1997, Palacios *et al.* 1997).

Considerando os primatas em geral, o porte relativamente pequeno dos sauás, de 800 a 1330 g (Kinzey 1978, Kobayashi 1995, Norconk 2007) é interessante para estudos relacionados à termorregulação, pois, dada a razão superfície/volume, animais menores tendem a ter uma taxa metabólica massa-específica elevada e, assim, um maior gasto energético para manutenção da temperatura corporal (Randall *et al.* 2000).

### ***Callicebus nigrifrons***

A espécie foco desse estudo é *Callicebus nigrifrons*, primata sem dimorfismo sexual aparente (Norconk 2007), com pelagem alaranjada em todo o corpo,

apresentando mãos, pés e orelhas pretas e a face escura, até a linha média das orelhas (van Roosmalen *et al.* 2002) (figura 1). Embora não seja considerada ameaçada pelo IBAMA (Chiarello *et al.* 2008), foi incluída na categoria de Quase Ameaçada na Lista Vermelha da Fauna Ameaçada do Estado de São Paulo de 2008 (Percequillo e Kierulff 2009) e da IUCN em 2008 (Veiga *et al.* 2008).

Caselli e Setz (2011) relataram um maior consumo de frutos complementado por folhas, com variação sazonal bem marcada para *C. nigrifrons*. A proporção de tempo gasto no forrageio foi maior durante a estação seca (que compreende os meses mais frios) em relação à chuvosa, em que os custos da termorregulação pode ser uma das explicações para esse comportamento, pois o tempo de forrageio não mostrou ter relação com a disponibilidade de frutos ao longo do ano (Caselli e Setz 2011).



Figura 1. Indivíduo adulto de *Callicebus nigrifrons* pertencente ao grupo estudado (foto da autora).

Apesar de ter uma distribuição relativamente ampla, o sauá *Callicebus nigrifrons* apresenta subpopulações isoladas, em geral muito pequenas (van Roosmalen *et al.* 2002). É a espécie que tem a distribuição mais meridional em

comparação às outras espécies do grupo *C. personatus*. O limite sul da distribuição do grupo *C. personatus* é paralelo a do *C. donacophilus* (van Roosmalen *et al.* 2002) (figura 2). *Callicebus nigrifrons* (grupo *C. personatus*) está a 500 km de distância a leste de *C. pallescens* (grupo *C. donacophilus*) (Herskovitz 1988). Apesar de mesma latitude, *C. nigrifrons* distribui-se em maiores altitudes que *C. pallescens*, estando sujeito a menores temperaturas ambientais (diminuição de aproximadamente 0,6°C a cada 100 metros de elevação, Begon *et al.* 2007).

A localização da espécie estudada, próximo ao limite sul da distribuição do gênero, adicionado ao fato de ser encontrada em áreas de maiores altitudes (temperaturas mais baixas), a torna um bom modelo para o estudo dos comportamentos relacionados à termorregulação.

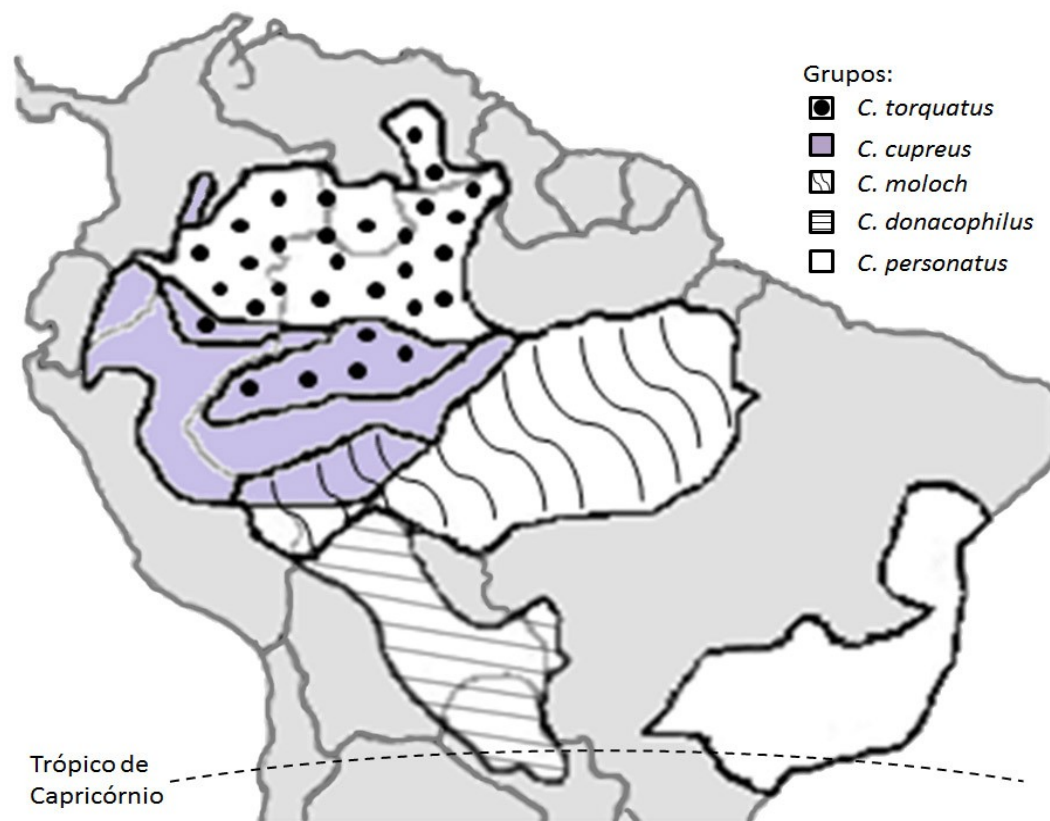


Figura 2. Distribuição geográfica dos cinco grupos do gênero *Callicebus* segundo van Roosmalen *et al.* 2002. (Modificado de Herskovitz 1988).



## ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na Serra do Japi, na Reserva Biológica Municipal de Jundiáí, São Paulo, a aproximadamente 23°14'S e 46°56'O (figura 3). A área do estudo está próxima ao limite sul de distribuição da espécie estudada, à cerca de 20 km ao norte do rio Tietê.

A Serra do Japi é uma das últimas grandes áreas de floresta contínua do estado de São Paulo, englobando as cidades de Jundiáí, Cabreúva, Cajamar e Pirapora do Bom Jesus. A Reserva Biológica Municipal de Jundiáí, com apenas 20,7 km<sup>2</sup> de extensão (Zaccarelli 2008), está dentro da APA Jundiáí (Lei Estadual nº. 4.095/84), com cerca de 50.000 ha. A Serra do Japi sofre grande pressão de urbanização, principalmente por estar próxima a dois grandes centros industriais, Campinas e São Paulo. A fim de intensificar sua preservação, esforços de políticas ambientais têm buscado uma gestão unificada entre os municípios que englobam toda extensão da serra, incluindo as APAs Cajamar (Lei Estadual nº. 4.023/84) e Cabreúva (Lei Estadual nº. 4.055/84).

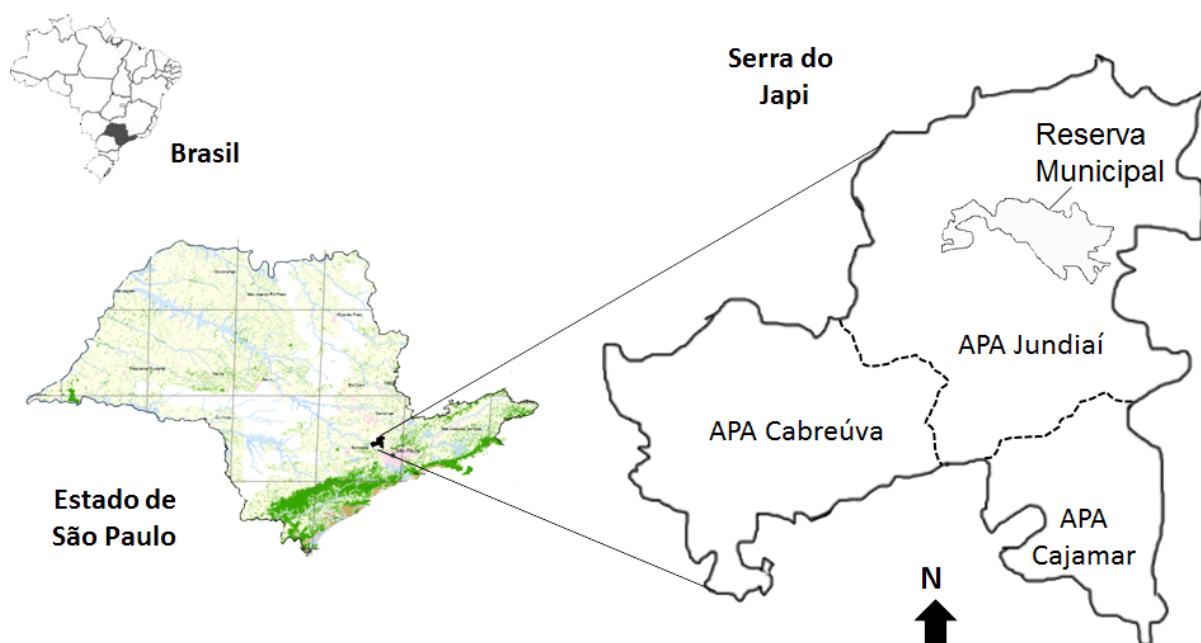


Figura 3. Localização da área tombada da Serra do Japi no estado de São Paulo e da Reserva Municipal de Jundiáí. As áreas em verde indicam os remanescentes de Mata Atlântica no estado (Fonte: SMA, modificado).

Reconhecida, também, por sua diversidade faunística, a Serra do Japi contém um número excepcional de espécies de borboletas registradas (652) para regiões de altitude (Brown-Jr 1992); cerca de 75% das espécies de anfíbios anuros comuns para a Serra do Mar (Haddad e Sazima 1992); e mais de 200 espécies de aves (Silva 1992). Quanto aos mamíferos, um levantamento indireto indicou a presença de 31 espécies (Marinho-Filho 1992), enquanto Penteado (2006) amostrou 12 espécies apenas de carnívoros para a região, indicando a necessidade de mais estudos.

Por estar posicionada entre a Mata Atlântica, um dos cinco *hotspots* mais críticos do mundo (Myers *et al.* 2000), e as florestas mesófilas do planalto paulista, a Serra do Japi apresenta grande biodiversidade florística, contendo espécies das duas formações (Leitão-Filho 1992). A vegetação tem predominância de florestas mesófilas semidecíduas, florestas mesófilas semidecíduas de altitude e lajedos rochosos (com vegetação de cerrado e formações xéricas). A mata predominante na área de estudo, florestas mesófilas semidecíduas, tem árvores altas, com 12 a 15 m de altura e espécies emergentes de 20 a 25 m (Leitão-Filho 1992). As copas não chegam a formar um dossel contínuo, permitindo maior penetração de luz e, portanto, um estrato arbustivo-herbáceo denso (Morellato 1987). Com o aumento da altitude, a partir de 1000 m, as árvores são menores (10 a 15 m) com poucos indivíduos emergentes, predominando a floresta mesófila semidecídua de altitude (Leitão-Filho 1992, Rodrigues e Shepherd 1992). O florescimento e frutificação das plantas ocorrem predominantemente na transição da estação seca para a chuvosa (Morellato e Leitão-Filho 1992).

O relevo montanhoso compreende altitudes entre 700 m e 1300 m acima do nível do mar (Santoro e Machado-Junior 1992). A Serra do Japi é caracterizada por um clima sazonal, com duas estações bem definidas, uma seca e fria de abril a setembro, com ocorrência de geadas (Nimer 1977), e outra úmida e quente de outubro a março (Morellato 1992, Pinto 1992). Nos últimos 10 anos, a temperatura média anual foi de  $19,4^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  (média  $\pm$  DP,  $n=10$ ), sendo o mês de julho o mais frio ( $15,9^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ ), o mês de fevereiro o mais quente ( $21,9^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ ) e a precipitação anual média de 1.463mm, dos quais 78% se distribuem de outubro a março (Fonte: CIIAGRO, temperatura obtida para a cidade de Jundiaí e ajustada

para altitude da área de estudo, subtraindo 1,8°C, correspondendo a uma queda de 0,6°C no ar úmido a cada 100 metros de elevação, segundo Begon *et al.* 2007) (figura 4). Além disso, a Serra do Japi apresenta uma acentuada variação diária de temperatura, chegando a uma amplitude de até 17,2°C, conforme registrado por *data loggers* dispostos nas copas das árvores durante o período de estudo.

Regiões de marcada sazonalidade climática e variação diária de temperatura exigem dos animais uma plasticidade comportamental para se adequar às acentuadas variações que afetam diretamente e indiretamente o seu comportamento. Assim, essa variação de temperatura na Serra do Japi permite o estudo dessa influência no comportamento.

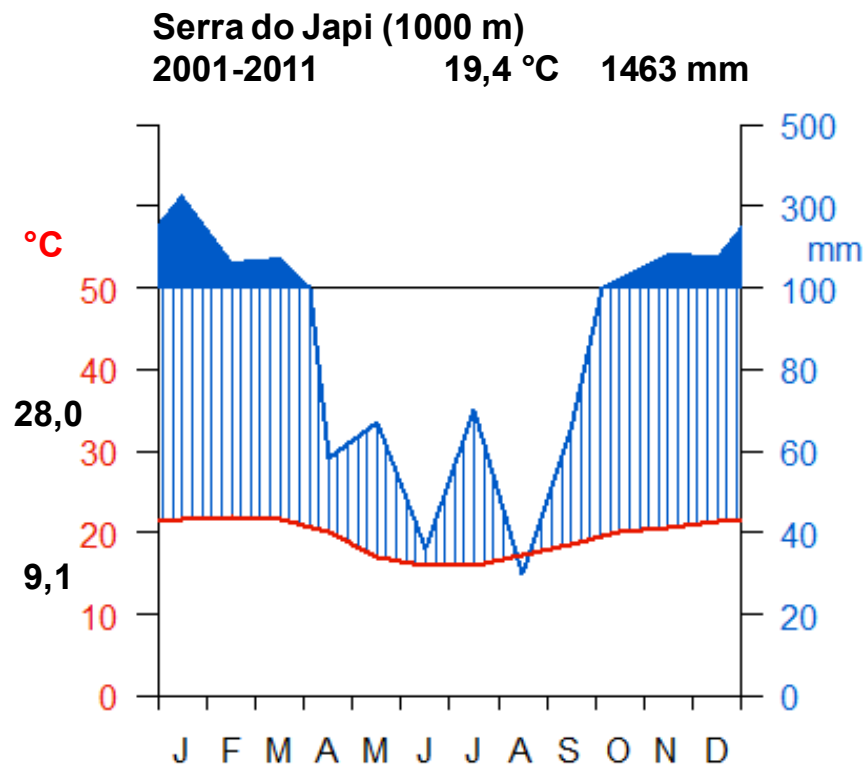


Figura 4. Diagrama climático, segundo Walter (1971), para a Serra do Japi, Jundiaí - SP. Médias mensais para o período de 2001 a 2011, baseadas em dados obtidos pela estação meteorológica para a cidade de Jundiaí (Fonte: CIIAGRO), corrigidos para a altitude da área de estudo (subtração de 1,8°C). Diagrama obtido pelo pacote climatol do programa R.

## Referências Bibliográficas

- Agetsuma, N. 1995. Dietary selection by Yakushima macaques (*Macaca fuscata yakui*): the influence of food availability and temperature. *International Journal of Primatology*. 16(4): 611 - 627.
- Agetsuma, N. 2000. Influence of temperature on energy intake and food selection by macaques. *International Journal of Primatology*. 21(1): 103 - 111.
- Barret, L.; Gaynor, D.; Rendall, D.; Mitchell, D. & Henzi, S.P. 2004. Habitual cave use and thermoregulation in chacma baboons (*Papio hamadryas ursinus*). *Journal of Human Evolution*. 46: 215 - 222.
- Begon, M.; Townsend, C.R. & Harper, J.L. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed. 740pp.
- Bicca-Marques, J.C. & Calegario-Marques, C. 1998. Behavioral thermoregulation in a sexually and developmentally dichromatic neotropical primate, the black-and-gold howling monkey (*Alouatta caraya*). *American Journal of Physical Anthropology*. 106: 533 - 546.
- Bicego, K.C.; Barros, R.C. & Branco, L.G.S. 2007. Physiology of temperature regulation: comparative aspects. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 147: 616 - 639.
- Bligh, J. 1976. Temperature regulation. *In*: Bligh, J.; Cloudsley-Thompson, J.L. & Macdonald, A. G. (eds.) *Environmental physiology of animals*. Oxford: Blackwell. pp. 413 - 430.
- Bordignon, M.O.; Setz, E.Z.F. & Caselli, C.B. 2008. Gênero *Callicebus* Thomas 1903. *In*: Reis, N. R.; Peracchi, A. L. & Andrade, F. R. (eds.). *Primatas Brasileiros*. Londrina: Technical Books. pp. 153 - 166.
- Brown, K. J. & Downs, C.T. 2006. Seasonal patterns in body temperature of free-living rock hyrax (*Procavia capensis*). *Comparative Biochemistry and Physiology*. 143: 42 - 49.

- Brown-Jr, K.S. 1992. Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil.* Campinas: Editora da Unicamp. pp. 142 - 187.
- Carrillo-Bilbao, G.; Di Fiore, A. & Fernández-Duque, E. 2005. Dieta, forrajeo y presupuesto de tiempo em cottoncillos (*Callicebus discolor*) del Parque Nacional Yasuní em la Amazonia Ecuatoriana. *Neotropical Primates.* 13 (2): 7 - 11.
- Caselli, C.B. & Setz, E.Z.F. 2011. Feeding ecology and activity pattern of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in a semideciduous tropical forest of southern Brazil. *Primates.* 52 (4): 351 - 359.
- Chappell, M.A. & Bartholomew, G.A. 1981. Standard operative temperatures and thermal energetics of the antelope ground squirrel *Ammospermophilus leucurus*. *Physiological Zoology.* 54 (1): 81 - 93.
- Chiarello, A.G.; Aguiar, L.M.S.; Cerqueira, R.; Melo, F.R.; Rodrigues, F.H.G. & Silva, V.M.F. 2008. Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil. *In: Machado, A.B.M.; Drummond, G.M. & Pagli, A.P. (eds.) Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção.* Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. vol 2. pp. 681 - 874.
- Chruszsz, B.J. & Barclay, R.M.R. 2002. Thermoregulatory ecology of a solitary bat, *Myotis evotis*, roosting in rock crevices. *Functional Ecology.* 16: 18 - 26.
- CIIAGRO. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Instituto Agrônômico de Campinas. <http://www.ciiagro.sp.gov.br>. Acessado em 14 de agosto de 2011.
- Defler, T.R.; Bueno, M.L. & García, J. 2010. *Callicebus caquetensis*: A new and critically endangered titi monkey from Southern Caquetá, Colombia. *Primate Conservation* (25): 1 - 9.
- Gomes, D.F. & Bicca-Marques, J.C. 2007. Termorregulação comportamental em *Mandrillus sphinx* (Cercopithecidae, Primates) no Parque Zoológico de

- Sapucaia do Sul, RS. In: Bicca-Marques, J.C. (ed.). *A primatologia do Brasil*, vol. 10. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Primatologia. pp. 423 - 432.
- Haddad, C.F.B. & Sazima, I. 1992. Anfíbios anuros da Serra do Japi. In: Morellato, L.P.C. (ed.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 188 - 211.
- Hamada, Y.; Hayakawa, S.; Suzuki, J.; Watanabe, K. & Ohkura, S. 2003. Seasonal variation in the body fat of Japanese macaques *Macaca fuscata*. *Mammal Study*. 28: 79 - 88.
- Hanya, G. 2004. Seasonal variations in the activity budget of Japanese macaques in the coniferous forest of Yakushima: effects of food and temperature. *American Journal of Primatology*. 63: 165 - 177.
- Hanya, G.; Kiyono, M. & Hayaishi, S. 2007. Behavioral thermoregulation of wild Japanese macaques: comparisons between two subpopulations. *American Journal of Primatology*. 69: 802 - 815.
- Heiduck, S. 1997. Food choice in masked titi monkeys (*Callicebus personatus melanochir*): Selectivity or opportunism? *International Journal of Primatology*. 18 (4): 487 - 502.
- Hershkovitz, P. 1988. Origin, speciation, and distribution of South American titi monkeys, genus *Callicebus* (Family Cebidae, Platyrrhini). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 140 (1): 240 - 272.
- Hill, R.A. 2005. Day length seasonality and the thermal environment. In: Brockman, D.K. & van Schaik, C.P. (eds.). *Seasonality in primates: Studies of living and extinct human and non-human primates*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 197 - 214.
- Hill, R.A. 2006. Thermal constraints on activity scheduling and habitat choice in baboons. *American Journal of Physical Anthropology*. 129: 242 - 249.

- Ivanov, K.P. 2006. The development of the concepts of homeothermy and thermoregulation. *Journal of Thermal Biology*. 31: 24 - 29.
- Jablonski, N.G.; Kelley, E.A.; Sussman, R.W. & Chaplin, G. 2009. A framework for understanding thermoregulation in primates. *American Journal of Physical Anthropology*. 48: 156 - 156.
- Jolly, A. 1972. The evolution of primate behavior. New York: MacMillan. 397pp.
- Kinzey, W.G. 1978. Feeding behaviour and molar features in two species of titi monkeys. In: Chivers, D.J. & Herbert, J. (eds.). *Recent advances in primatology*, vol.1: Behaviour. New York: Academic Press. pp. 373 - 385.
- Kobayashi, S. 1995. A phylogenetic study of titi monkeys, genus *Callicebus*, based on cranial measurements: I. Phyletic groups of *Callicebus*. *Primates*. 36 (1): 101 - 120.
- Lawler, R.R.; Ford, S.M.; Wright, P.C. & Easley, S.P. 2006. The locomotor behavior of *Callicebus brunneus* and *Callicebus torquatus*. *Folia Primatologica*. 77: 228 - 239.
- Leitão-Filho, H.F. 1992. A flora arbórea da Serra do Japi. In: Morellato, L.P.C. (ed.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 40 - 62.
- Lillywhite, H.B. 1970. Behavioral temperature regulation in the bullfrog, *Rana catesbeiana*. *Copeia*. 1: 158 - 168.
- Marinho-Filho, J. 1992. Os mamíferos da Serra do Japi. In: Morellato, L.P.C. (ed.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 264 - 287.
- McKechnie, A.E.; Körtner, G. & Lovegrove, B.G. 2004. Rest-phase thermoregulation in free-ranging white-back mouse birds. *The condor*. 106: 143 - 149.
- Mendiratta, U.; Kumar, A.; Mishra, C. & Sinha, A. 2009. Winter ecology of the Arunachal Macaque *Macaca munzala* in Pangchen Valley, western Arunachal Pradesh, Northeastern India. *American Journal of Primatology*. 71: 939 - 947.

- Morellato, L.P.C. 1987. Estudo comparativo de fenologia e dinâmica de duas formações florestais na Serra do Japi, Jundiaí, SP. Dissertação de Mestrado. Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- Morellato, L.P.C. 1992. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil.* Campinas: Editora da Unicamp. pp. 98 - 111.
- Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil.* Campinas: Editora da Unicamp. pp. 112 - 141.
- Muth, A. 1977. Body temperatures and associated postures of the zebra-tailed lizard, *Callisaurus draconoides*. *Copeia*. 1: 122 - 125.
- Müller, K.H. 1995. Ranging in masked titi monkeys (*Callicebus personatus*) in Brazil. *Folia Primatologica*. 65: 224 - 228.
- Müller, A.E. & Anzenberger, G. 2002. Duetting in the titi monkey *Callicebus cupreus*: structure, pair specificity and development of duets. *Folia Primatologica*. 73: 104 - 115.
- Myers, N; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403: 853 - 858.
- Neri, F.M. 1997. Manejo de *Callicebus personatus*, Geoffroy 1812, resgatados: uma tentativa de reintrodução e estudos ecológicos de um grupo silvestre na Reserva Particular do Patrimônio Natural Galheiro, MG. Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Nimer, E. 1977. Clima. *In: Galvão, M. V. (coord.) Geografia do Brasil - Região Sudeste.* vol. 3. Rio de Janeiro: SERGRAF - IBGE. pp. 51 - 90.
- Norconk, M.A. 2007. Sakis, uakaris and titi monkeys: behavioral diversity in a radiation of primate seed predators. *In: Campbell, C.J.; Fuentes, A.; MacKinnon,*



- K.C.; Panger, M. & Bearder, S.K. (eds.). *Primates in perspective*. New York: Oxford University Press. pp.123 - 138.
- Ostner, J. 2002. Social thermoregulation in redfronted lemurs (*Eulemur fulvus rufus*). *Folia Primatologica*. 73: 175 - 180.
- Palacios, E.; Rodriguez, A. & Defler, T.R. 1997. Diet of a group of *Callicebus torquatus lugens* (Humboldt, 1812) during the annual resource bottleneck in Amazonian Colombia. *International Journal of Primatology*. 18 (4): 504 - 522.
- Paterson, J.D. 1981. Postural-positional thermoregulatory behaviour and ecological factors in primates. *Canadian Review of Physical Anthropology*. 3: 3 - 11.
- Paterson, J.D. 1986. Shape as a factor in primate thermoregulation. In: Taub, D.M. & King, F.A. (eds.). *Current perspectives en primate social dynamics*. New York: Van Nostrand. pp. 228 - 242.
- Penteado, M.J.F. 2006. As onças e as abundâncias de predadores intermediários em fragmentos de Mata Atlântica do estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- Percequillo, A.R. & Kierulff, M. C. 2009. Mamíferos. In: Bressan, M.; Kierulff, M.C.M. & Sugieda, A.M. (eds.) *Fauna ameaçada de extinção no estado de São Paulo: vertebrados*. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. pp. 31 - 86.
- Pinto, H.S. 1992. Clima na Serra do Japi. In: Morellato, L.P.C. (ed.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 30 - 39.
- Porter, W.P. & Gates, D.M. 1969. Thermodynamic equilibria of animals with environment. *Ecological Monographs*. 39 (3): 227 – 244.
- Porter, W.P. & Kearney, M. 2009. Size, shape, and the thermal niche of endotherms. *PNAS*. 106 (2): 19666 - 19672.
- Pough, F.H. 1980. The Advantages of ectothermy for tetrapods. *The American Naturalist*. 115 (1): 92 - 112.

- Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. 2003a. Endotermia: um acesso de alto custo à vida. *In: Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. (eds.). A vida dos vertebrados*. 2.ed. São Paulo: Atheneu. pp. 683 - 710.
- Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. 2003b. Ectotermia: um acesso de baixo custo à vida. *In: Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. (eds.). A vida dos vertebrados*. 2.ed. São Paulo: Atheneu. pp. 497 - 519.
- Price, E.C. & Piedade, H.M. 2001. Diet of Northern masked titi monkeys (*Callicebus personatus*). *Folia Primatologica*. 72: 335 - 338.
- Randall, D.; Burggren, W. & French, K. 2000. Usando a energia: enfrentando desafios ambientais. *In: Randall, D.; Burggren, W. & French, K. (eds.). Eckert - Fisiologia Animal: Mecanismos e Adaptações*. 4ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. pp. 619 - 674.
- Richard, A. F. 1985. Primate diets: patterns and principles. *In: Richard, A. F. (ed.). Primates in Nature*. New York: Freeman. pp. 163 - 205.
- Robinson, J.G. 1979. Vocal regulation of use of space by groups of titi monkeys *Callicebus moloch*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 5: 1 - 15.
- Rodrigues, R.R. & Shepherd, G.J. 1992. Análise da variação estrutural e fisionômica da vegetação e características edáficas, num gradiente altitudinal na Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 64 - 97.
- Santoro, E. & Machado-Junior, D.L. 1992. Elementos geológicos da Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 24 - 29.
- Schmid, J. 1998. Tree holes used for resting by gray mouse lemurs (*Microcebus murinus*) in Madagascar: insulation capacities and energetic consequences. *International Journal of Primatology*. 19 (5): 797 - 809.

- Schmidt-Nielsen, K. 1997. Temperature regulation. *In*: Schmidt-Nielsen, K. (ed.) *Animal physiology: adaptation and environment*. New York: Cambridge University Press. pp. 241 - 296.
- Scholander P.F.; Hock, R.; Walters, V.; Johnson, F. & Irving, L. 1950. Heat regulation in some arctic and tropical mammals and birds. *Biological Bulletin*. 99 (2): 237 - 258.
- Schradin, C.; Reeder, D.M.; Mendoza, S.P. & Anzenberger, G. 2003. Prolactin and paternal care: comparison of three species of monogamous New World monkeys (*Callicebus cupreus*, *Callithrix jacchus* and *Callimico goeldii*). *Journal of Comparative Psychology*. 117 (2): 166 - 175.
- Senft, R.L.; Ruttehouse, L.R. & Woodmansee, R.G. 1985. Factors influencing selection of resting sites by cattle on shortgrass steppe. *Journal of Range Management*. 38 (4): 295 - 299.
- Setz, E.Z.F. 1991. Métodos de quantificação de comportamentos de primatas em estudos de campo. *In*: Rylands A. B. & Bernardes, A. T. (eds.). *A primatologia no Brasil*, vol. 3. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. pp. 411 - 435.
- Silva, W.R. 1992. As aves da Serra do Japi. *In*: Morellato, L.P.C. (ed.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 238 - 263.
- Simeone, A.; Luna-Jorquera, G. & Wilson, R.P. 2004. Seasonal variations in the behavioural thermoregulation of roosting Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) in north-central Chile. *Journal of Ornithology*. 145: 35 - 40.
- Slough, B. 2009. Behavioural thermoregulation by a maternity colony of little brown bats in the Yukon. *Northwestern Naturalist*. 90: 47 - 51.
- Stevenson, R.D. 1985. The relative importance of behavioral and physiological adjustments controlling body temperature in terrestrial ectotherms. *The American Naturalist*. 126 (3): 362 - 386.

- Valeggia, C.R.; Mendoza, S.P.; Fernandez-Duque, E.; Mason, W.A. & Lasley, B. 1999. Reproductive biology of female titi monkeys (*Callicebus moloch*) in captivity. *American Journal of Primatology*. 47: 183 - 195.
- van Roosmalen, M.G.M.; van Roosmalen, T. & Mittermeier, R.A. 2002. A taxonomic review of the titi monkeys, genus *Callicebus* Thomas, 1903, with the description of two new species, *Callicebus bernhardi* and *Callicebus stephennashi*, from Brazilian Amazonia. *Neotropical Primates*. 10 (suppl.): 1 - 52.
- Veiga, L.M., Kierulff, C.M., de Oliveira, M.M. & Mendes, S.L. 2008. *Callicebus nigrifrons*. In: IUCN 2011. *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1*. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 07 October 2011.
- Wallace, R.B.; Gómez, H.; Felton, A. & Felton, A.M. 2006. On a new species of titi monkey, genus *Callicebus* Thomas (Primates, Pitheciidae), from western Bolivia with preliminary notes on distribution and abundance. *Primate Conservation*. 20: 29 - 39.
- Walter, H. 1971. *Ecology of tropical and subtropical vegetation*. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- Whilis, C.K.R. & Brigham, R.M. 2007. Social thermoregulation exerts more influence than microclimate on forest roost preferences by a cavity-dwelling bat. *Behavioral Ecology Sociobiology*. 62: 97 - 108.
- Williamson, E. & Feistner A.C. 2003. Habituating primates: processes, techniques, variables and ethics. In: Setchell, J. M. Curtis, D. J. (eds.). *Field and laboratory methods in primatology: A practical guide*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 25 - 39
- Zacarelli, D.P. 2008. Plano de manejo da Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi - Jundiá - SP. 480pp.
- Zhang, P. & Watanabe, K. 2007. Extra-large cluster formation by Japanese macaques (*Macaca fuscata*) on Shodoshima Island, Central Japan, and related factors. *American Journal of Primatology*. 69: 1119 - 1130.

## Capítulo 1

### **Influência da temperatura ambiental no padrão de atividade e dieta de sauás (*Callicebus nigrifrons*)**

#### **RESUMO**

A variação da temperatura ambiental pode influenciar o comportamento dos endotérmicos, pois altera as necessidades energéticas para a termorregulação. Nesse sentido, investigamos a influência da temperatura ambiental no padrão de atividade e dieta de um grupo de sauás (*Callicebus nigrifrons*). Para isso, relacionamos: a- o horário de início das atividades diárias com a temperatura mínima noturna; b- os comportamentos nas diferentes faixas de horário com a temperatura nessa faixa; c- os comportamentos mensais com as temperaturas mínimas mensais e com a disponibilidade de frutos; d- os itens alimentares consumidos mensalmente com as temperaturas mínimas mensais e com a disponibilidade de frutos. Quanto menores as temperaturas noturnas, os sauás iniciaram suas atividades mais tardiamente, podendo ser vantajoso aguardarem que a temperatura ambiental se elevasse até que a demanda energética para termorregulação fosse menor. Ao longo do dia, somente a locomoção respondeu à flutuação de temperatura, sendo maior nos horários mais frios, no início do dia, quando os sauás estão iniciando suas atividades. Entre os meses, a temperatura e a disponibilidade de frutos não influenciaram a distância percorrida e o consumo de itens mais calóricos. Porém, os itens incluídos na dieta variaram com a disponibilidade de frutos, com um aumento no consumo de sementes (também de alto valor energético) quando havia menos frutos maduros. Os sauás locomoveram menos nos meses mais frios, o que poderia resultar em economia de energia. O forrageio foi maior nos meses mais frios, possivelmente suprimindo o aumento da demanda energética para termorregulação. Portanto, a temperatura ambiental parece impor restrições no padrão comportamental dos sauás, principalmente quanto à locomoção e forrageio.

## **Abstract**

Ambient temperature variation can influence the behavior of endothermic animals because it can change their energy requirements for thermoregulation. Thus, we investigated the influence of ambient temperature on the activity pattern and diet of a titi monkeys group (*Callicebus nigrifrons*). For this, we correlated: a- the time of the day that the animals became active with minimum temperature during the night; b- their behavior in each hour of the day with ambient temperature; c- month behaviors with month minimum temperatures and with fruit availability; d- month food types consumed with month minimum temperatures and with fruit availability. The titi monkeys started their activity later when night temperatures were lower, after ambient temperature increase, possibly decreasing the costs of thermoregulation. Throughout the day, only moving behavior responded to temperature variation, increasing during the coldest hours, at beginning of the day, when titis were starting their activities. Monthly, the temperature and fruit availability did not influence path length and the intake of higher-calories foods. But the items included in the diet varied according to fruit availability, because titis spent more time feeding seeds (higher energy content item) when fruit availability was lower. During colder months, titis moved less, which could save energy. During these months, titi also foraged more, probably because of the higher energy requirements due to thermoregulation. Therefore, ambient temperature seems to impose significant behavioral constraints on titis monkeys, mainly about their pattern of foraging and moving.

## INTRODUÇÃO

Como animais endotérmicos, os primatas podem manter a temperatura corporal com alguma precisão a partir do calor produzido internamente através do seu metabolismo, mesmo com a flutuação da temperatura ambiental (Schmidt-Nielsen 1997, Pough 2003a). Em uma faixa de temperatura ambiental, a zona térmica neutra, os animais mantêm a temperatura corporal a partir da taxa metabólica basal, sem gastos adicionais para a termorregulação (Paterson 1981). Porém, quando a temperatura ambiental varia para além dos limites críticos da zona de neutralidade, o animal passa a ter consideráveis custos energéticos para manter a temperatura corporal constante (Randall *et al.* 2000). Tal custo deve-se à necessidade de maior produção de calor em temperaturas baixas e do gasto energético com a evapotranspiração em temperaturas elevadas (Ivanov 2006).

Desse modo, a temperatura ambiental interfere na taxa metabólica do animal e altera suas necessidades energéticas para alcançar o equilíbrio térmico (Agetsuma 1995). Essas variações ambientais podem refletir no comportamento do animal e na sua interação com o ambiente, influenciando seus padrões gerais de atividades (Hill 2006) e de dieta (Agetsuma 1995).

O padrão de atividade pode ser alterado pela temperatura ambiental com a limitação ou favorecimento de certas atividades como, por exemplo, aumentando o tempo em descanso (Hanya *et al.* 2007) e diminuindo a locomoção e o forrageio (atividades custosas) em temperaturas baixas, economizando energia que pode ser destinada à termorregulação (Hanya 2004). O mesmo poderia ocorrer em temperaturas elevadas, com a diminuição de atividades motoras que elevariam a temperatura corporal e dificultariam a termorregulação (Hill 2006).

Essa influência da temperatura ambiental nas atividades também pode se dar ao longo do dia, com a alocação diferenciada dos comportamentos em horários específicos, como picos de descanso dos animais nos horários mais quentes, evitando superaquecimento (Clutton-Brock 1977, Campos e Fedigan 2009). A temperatura pode influenciar o horário de saída da árvore de dormir, devido às condições climáticas no início da manhã, e, também, a distância percorrida durante o

dia, que, nos macacos-chineses, por exemplo, tende a ser maior em dias quentes (Baoping *et al.* 2009).

Outros trabalhos demonstraram um aumento no tempo de forrageio nas estações frias, que pode ser uma resposta à temperatura (Mendiratta *et al.* 2009, Caselli e Setz 2011), como uma necessidade de aumentar o consumo de alimentos para compensar a energia gasta na manutenção do metabolismo do indivíduo em temperaturas baixas (Agetsuma 2000). Entretanto, a variação sazonal no tempo de forrageio geralmente é explicada somente como resposta à variação da disponibilidade de recursos (Heiduck 1997), embora os custos da termorregulação possam estar atuando nesse padrão comportamental conjuntamente aos demais fatores relacionados à obtenção do alimento (Hanya 2004).

Além disso, como os animais endotérmicos utilizam a maior parte da energia obtida no alimento para a produção de calor (Pough 2003b), quando a temperatura diminui, a seleção dos itens que compõem a dieta pode ser alterada visando o aumento do consumo de calorias (Agetsuma 2000). Assim, o valor calórico dos itens alimentares passa a ser um fator importante para a obtenção de uma dieta ótima (Pyke *et al.* 1977).

Segundo a teoria do forrageio ótimo, as necessidades do animal predizem o quanto de cada item ele vai incluir na sua dieta (Richard 1985). O tipo de alimento escolhido para consumo deveria ser aquele que maximize a ingestão de energia e nutrientes, a fim de alcançar uma dieta equilibrada, levando em consideração, também, o tempo de busca e de manipulação do alimento nessa seleção (Pyke *et al.* 1977, Pyke 1984). Desse modo, com o aumento das necessidades energéticas sob temperaturas baixas, alimentos com alta quantidade de carboidratos e lipídeos (os compostos mais energéticos, Lambert 2007) seriam preferencialmente consumidos. Os itens de baixa qualidade (alto teor de fibras) seriam acrescentados na dieta com a diminuição da disponibilidade dos alimentos de alta qualidade, a fim de alcançar o total de energia necessária ao indivíduo (Agetsuma 2000).

Entretanto, a maior parte dos estudos aborda as diferenças no consumo dos diversos tipos de alimentos apenas quanto à sua disponibilidade (Siemers 2000, Price e Piedade 2001, Freitas *et al.* 2008) e pouco se sabe sobre o quanto essa



variação está relacionada com as flutuações de temperatura e às necessidades termorregulatórias. Por exemplo, a necessidade de reposição dos gastos energéticos noturnos, o que inclui os custos relacionados com a termorregulação, foi sugerida com uma explicação para o pico de consumo de frutos (rico em calorias) no início da manhã, padrão encontrado em vários primatas por Chapman e Chapman (1991) em uma compilação de dados. Entretanto, mais estudos são necessários para corroborar essa hipótese e entender essa e outras variáveis que estariam relacionadas com o consumo de itens calóricos.

Poucos estudos consideram a influência da temperatura no metabolismo do animal e suas consequências no comportamento devido aos custos da termorregulação (Hill 2006). Dessa forma, considerando a necessidade de estudos desses padrões comportamentais sob a perspectiva da termorregulação, o objetivo desse trabalho foi investigar a influência da temperatura ambiental no padrão de atividade e dieta em um grupo de sauás (*Callicebus nigrifrons*) em uma região com marcada variação de temperatura.

*Callicebus nigrifrons* são primatas neotropicais, monogâmicos, que vivem em pequenos grupos familiares (Norconk 2007). São arborícolas quadrúpedes (Lawler *et al.* 2006) e predominantemente frugívoros, tendo a dieta complementada por folhas (Caselli e Setz 2011). Seu porte é relativamente pequeno (1 a 2 kg, Norconk 2007), o que gera um maior gasto energético para manutenção da temperatura corporal (Randall *et al.* 2000).

Dessa forma, se a temperatura ambiental modifica as necessidades energéticas dos sauás, influenciando seu padrão de atividade e dieta, espera-se que:

- a) os sauás saiam da árvore de dormir mais tardiamente quando as temperaturas noturnas forem baixas, iniciando suas atividades quando as condições ambientais representarem menores custos energéticos, visto o estresse térmico noturno;
- b) a distância total percorrida seja menor nos dias mais frios, visto que permaneceriam períodos maiores em atividades sedentárias;
- c) tanto ao longo do dia quanto nos meses, os sauás passem mais tempo em atividades sedentárias em temperaturas baixas, aumentando o tempo de descanso e diminuindo a locomoção, o que possibilitaria economia de energia;

- d) nos meses mais frios, os sauás forrageiem mais, devido ao aumento na demanda energética para a termorregulação com a diminuição da temperatura;
- e) os sauás aumentem o consumo de itens de maior valor calórico em meses frios, devido à modificação das necessidades energéticas relacionada ao aumento dos custos da termorregulação;
- f) os itens incluídos na dieta ao longo dos meses se alterem com a variação de temperatura, além da variação da disponibilidade de recursos, aumentando o consumo daqueles de maior valor calórico nos meses frios;
- g) o consumo dos itens de maior valor calórico seja maior pela manhã a fim de compensar a demanda energética do descanso noturno, que inclui os custos da termorregulação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

O estudo foi desenvolvido na Serra do Japi, na Reserva Biológica Municipal de Jundiá, a aproximadamente 23°14'S e 46°56'O. A vegetação predominante são as florestas mesófilas semidecíduas, com árvores altas (12 a 15 m de altura) e espécies emergentes (20 a 25 m), e as florestas mesófilas semidecíduas de altitude, com árvores menores (10 a 15 m), a partir de 1000 metros acima do nível do mar (Leitão-Filho 1992). O relevo montanhoso compreende altitudes entre 700 m e 1300 m acima do nível do mar (Santoro e Machado Junior 1992). Entretanto, a área ocupada pelo grupo estudado está entre 980 e 1130 metros de altitude.

Apresenta clima sazonal, com duas estações definidas, uma seca e fria de abril a setembro e outra úmida e quente de outubro a março (Morellato 1992, Pinto 1992). A temperatura média anual varia entre 15,7°C e 19,2°C (partes mais altas e mais baixas, respectivamente), sendo o mês de julho o mais frio, com ocorrência de geadas, e o mês de janeiro o mais quente (Nimer 1977, Pinto 1992). O fotoperíodo na área varia de 10h40 a 13h30.

## **Grupo de Estudo**

Um grupo habituado de sauás (*Callicebus nigrifrons*), composto por um casal reprodutor e sua prole (jovens de diferentes idades), foi acompanhado durante esse estudo. O tamanho do grupo variou de 4 a 6 sauás devido à saída de alguns indivíduos (um em julho/2010 e outro em novembro/2010) e nascimento de um filhote em julho/2010. Visto que as necessidades termorregulatórias de um infante são diferentes (como *Macaca mulatta*, Lubach *et al.* 1992), os comportamentos do filhote só foram acrescentados ao estudo a partir de abril/2011, quando ele já desenvolvia as mesmas atividades do restante do grupo.

## **Coleta de Dados**

O estudo foi desenvolvido durante 12 meses (julho/2010 a junho/2011), cerca de quatro dias por mês (média de 40 horas de observação mensal), buscando igualar o esforço amostral de horas coletadas por mês, amenizando influência do tamanho do dia nos resultados. Os animais foram acompanhados desde o momento que deixavam a árvore de dormir (ao amanhecer), ou eram encontrados, até retornarem à árvore de dormir, ou serem perdidos. No total, foram 520 horas de observação, em que foram obtidos 10.588 registros comportamentais, dos quais 2.992 correspondem ao forrageio.

Os dias em que eles foram observados integralmente desde o sítio de dormir, ao amanhecer, até o novo sítio no fim do dia, foram chamados de dias completos (37 dias). Aqueles em que os animais foram encontrados já em atividade ou foram perdidos antes da entrada na árvore de dormir, mas que foram registrados ao menos 90% de seu período de atividade (comparados aos dias completos do mesmo mês) foram classificados como quase completos (sete dias); os inferiores a essa porcentagem foram considerados incompletos (10 dias). Os dias com observações inferiores a cinco horas foram descartados.

Os dados comportamentais foram coletados através do método de “varredura instantânea” com duração de um minuto, a cada quatro minutos de intervalo (Altmann 1974, Setz 1991). A cada amostragem, o comportamento de cada indivíduo visível era registrado e enquadrado em uma das seguintes categorias: parado,

catação, forrageio (inclui manipulação e ingestão do alimento), locomoção e outros. A categoria outros corresponde aos eventos de vocalização e brincadeira. Durante o forrageio, o item ingerido foi registrado como frutos, sementes, partes vegetativas da planta (folhas, ramos e gemas), flores e invertebrados.

Para avaliar a variação dos itens ingeridos quanto ao conteúdo calórico disponível, dividimos os itens alimentares em dois grupos: itens de alta caloria e de baixa caloria. Dentre os itens que compõem a dieta dos sauás, consideramos como itens calóricos: os frutos, devido a grande quantidade de carboidratos; as sementes, que apesar de terem quantidade elevada de compostos secundários, apresentam alta concentração de lipídeos; e as flores, que apesar da baixa quantidade de carboidratos, contêm néctar, que possui alta concentração de carboidratos simples (Garber 1987). As partes vegetativas das plantas e os invertebrados foram considerados como itens de baixa caloria.

A localização dos indivíduos foi registrada, com auxílio de um GPS, a cada 10 minutos para estimar a distância diária percorrida. A temperatura do ar foi registrada a cada 15 minutos por três *data loggers* distribuídos dentro da área de vida do grupo estudado, posicionados na sombra, no meio da copa das árvores a 10 metros de altura. Essa altura corresponde à média de uso pelos sauás, estimada durante o período de adequação dos etogramas e de acompanhamento prévio do grupo. Cada equipamento estava em altitudes diferentes: a altitude mais alta (1100 m), a mais baixa (1000 m) e uma intermediária (1050 m) àquela utilizada pelo grupo, com a finalidade de captar as variações de temperatura experimentadas pelos animais na exploração de sua área de vida. A temperatura usada para as análises foi uma média desses três pontos. Os equipamentos estavam protegidos em abrigo ventilado e branco, para evitar aquecimento excessivo e condensação de água no interior do recipiente, conforme Cerqueira *et al.* (2009). As características do ambiente, como chuva, dia nublado ou ensolarado, também foram registradas durante as observações.

## Disponibilidade de Frutos

Para este estudo, os dados de disponibilidade de alimentos correspondem a um índice mensal relativo de frutificação, visto que o fruto é o principal item da dieta do sauá. O índice foi calculado por Caselli (em preparação), a partir da porcentagem de frutos maduros presentes na copa de cada planta, conforme Kinnaird (1992). Os valores mensais desse índice foram obtidos a partir de estudos fenológicos de 22 espécies zoocóricas incluídas na dieta de um casal de sauás (*C. nigrifrons*) nessa mesma área de estudo (Caselli e Setz 2011). Com esses valores foi possível verificar a influência não só da temperatura, mas também da disponibilidade de frutos, que, por serem fatores correlacionados, estariam atuando conjuntamente em alguns aspectos do padrão de atividade e da dieta.

Segundo esse índice relativo de frutificação, durante o período desse estudo, nos meses de janeiro e fevereiro houve a menor disponibilidade de frutos para os sauás e os meses de outubro e novembro foram os mais ricos (figura 1).

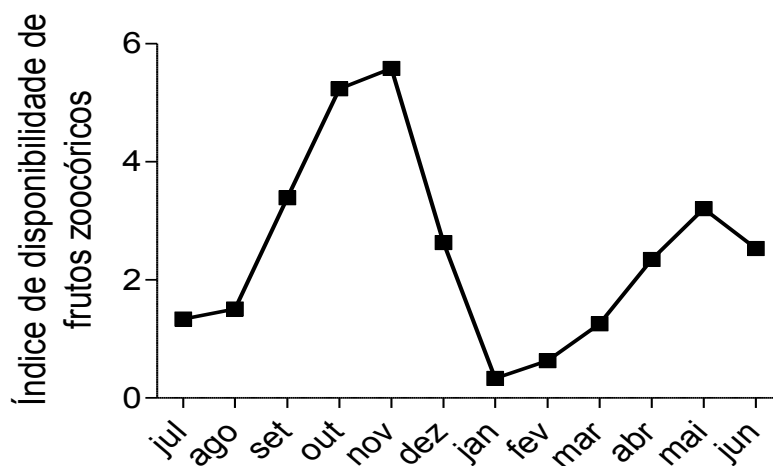


Figura 1. Índice disponibilidade de frutos maduros para o período de estudo (julho/2010 a junho/2011) na Serra do Japi - SP, baseado em 22 espécies zoocóricas presentes na dieta dos sauás (dados fornecidos por Caselli, C.B.).

## Análise dos Dados

Como a área de estudo é próxima do limite sul de distribuição dos sauás e apresenta temperaturas predominantemente baixas, limitamos nossas análises à influência das temperaturas baixas nas atividades dos sauás estudados e

assumimos como lineares as relações entre temperatura e comportamento. Com exceção do padrão de atividade ao longo do dia, em que consideramos a temperatura média nas faixas de horário, os comportamentos foram sempre relacionados às temperaturas mínimas registradas. Optamos por analisar somente em relação às mínimas para caracterizar o extremo frio experimentado pelos sauás a cada mês, uma vez que a maior amplitude de temperatura em alguns meses elevaria a temperatura média.

As médias de temperaturas mensais, considerando a média mensal apenas das temperaturas registradas nos dias de observação dos sauás, não diferiram entre as estações fria/seca (abril a setembro) e quente/chuvosa (outubro a março) ( $t = -1,59$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,071$ ). Assim, não realizamos avaliações sazonais no padrão de atividade e dieta, pois possíveis variações sazonais no comportamento não poderiam ser relacionadas com as variações de temperatura.

Para verificar a influência da temperatura no horário de saída dos sauás da árvore de dormir (hipótese a) foi utilizada uma correlação linear Spearman (pois não atendeu os requisitos do teste paramétrico mesmo com a transformação dos dados) entre a temperatura mínima da noite e a diferença entre o horário de saída e o nascer do sol (Fonte do horário do nascimento do sol: US Naval Observatory) em minutos. Para essa análise, foram considerados todos os dias em que as observações se iniciaram no sítio de dormir, excluindo dois dias de chuva pela manhã que poderiam ter influenciado o comportamento de saída da árvore ( $n = 40$  dias).

Para avaliar a distância total percorrida (hipótese b), relacionamos a média mensal do deslocamento diário (metros) dos dias completos por regressão linear múltipla com a média mensal das temperaturas mínimas diárias (considerando apenas os dias de observação dos sauás) e com o índice de disponibilidade de frutos maduros. A disponibilidade de frutos foi adicionada a essa análise, pois também poderia estar influenciando o deslocamento, uma vez que o tempo gasto nas manchas de recursos e a distância entre elas são influenciados pela abundância do alimento.

As proporções de tempo de locomoção, descanso (parado e catação) e forrageio para cada faixa de horário ao longo do dia, foram correlacionados com a temperatura em cada faixa por regressões lineares, para testar se a flutuação diária de temperatura interfere na alocação das atividades diárias durante o período de alerta (hipótese c). Para a análise, foram excluídas as faixas de horário das 5 às 6 horas, devido aos poucos dias com início das atividades antes das 6 horas; e a partir das 16 horas, pois os sauás tipicamente passam a diminuir sua atividade nos momentos próximos à entrada no sítio de dormir, um padrão que parece não estar relacionado à temperatura.

Para verificar a influência da temperatura e da disponibilidade de frutos no padrão mensal de atividade dos sauás ao longo dos meses (hipóteses c e d), utilizamos uma análise de componentes principais (PCA) baseada em matrizes de correlação. Com essa análise é possível reduzir a contribuição proporcional das variáveis comportamentais em um ou poucos fatores que explicam a relação entre as variáveis em questão. Dessa forma, primeiramente reduzimos a contribuição proporcional de cada categoria comportamental em fatores e, posteriormente, selecionamos os fatores que melhor explicaram a variação entre as categorias comportamentais. Esses fatores foram então correlacionados por regressões lineares com a média da temperatura mínima mensal e com o índice mensal de disponibilidade de frutos.

Quanto à dieta, examinamos se a proporção de itens mais calóricos ingeridos nos meses esteve relacionada com a temperatura mínima e com o índice de disponibilidade de frutos (hipótese e), através de uma regressão múltipla entre as variáveis.

Além disso, avaliamos a influência da temperatura e da disponibilidade de frutos na proporção de cada item incluído na dieta ao longo dos meses (hipótese f). Para isso, utilizamos novamente a análise de componentes principais (PCA) baseada em matrizes de correlação. Reduzimos a contribuição proporcional de cada item incluído na dieta em fatores, como feito para o padrão de atividade. Posteriormente, os fatores mais explicativos foram relacionados através de regressões lineares com a

média da temperatura mínima mensal e com o índice mensal de disponibilidade de frutos maduros.

Nessas análises de padrão de atividade e dieta ao longo dos meses foram utilizados apenas os dias completos e quase completos dentro dos meses correspondentes (n = 12). A temperatura mínima mensal foi obtida através da média das temperaturas mínimas registradas nos dias de observação dos sauás em cada mês.

Além disso, a composição da dieta na primeira e na segunda metade do dia foram confrontadas por teste t bicaudal, para investigar se há um padrão diferencial na dieta no período da manhã (hipótese g).

Os resultados dos testes foram considerados significativos quando apresentavam valor de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Considerando as temperaturas registradas pelos *data loggers* apenas nos 54 dias de observação, as médias mensais variaram de 15,2°C (maio/2011) a 21,3°C (fevereiro/2011), sendo os meses de maio/2011 e junho/2011 os mais frios (figura 2). As temperaturas diárias máximas não ultrapassaram 30°C e as médias diárias ficaram entre 13,6°C e 23,8°C.

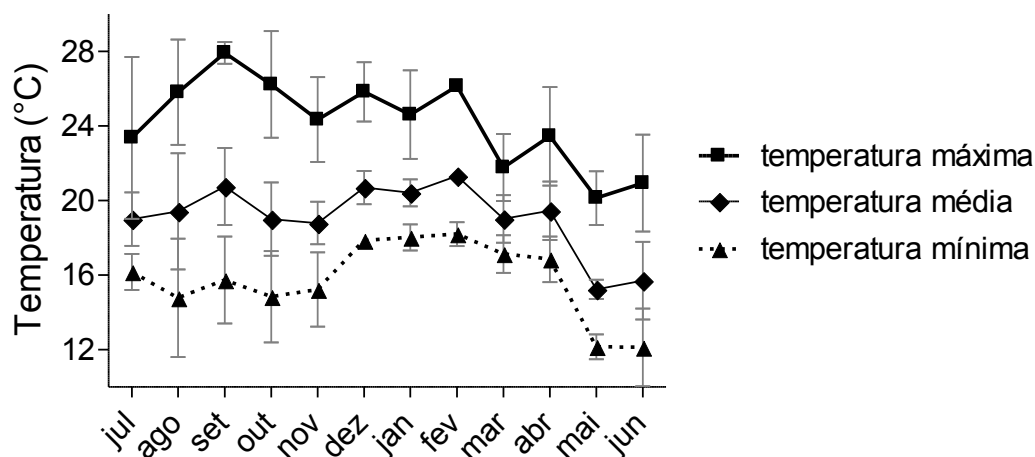


Figura 2. Máximas, médias e mínimas mensais da temperatura registrada nos dias de observação dos sauás (julho/2010 a junho/2011) na Serra do Japi - SP. Dados coletados por *data loggers* dispostos na copa das árvores na área de estudo. As barras correspondem ao desvio padrão.



### Padrão de Atividade

O início das atividades diárias dos sauás ocorreu desde 5h00 até 7h45 da manhã. O mais cedo que deixaram a árvore de dormir foi em 20 minutos antes do nascer do sol, e o mais tarde, em 127 minutos após o nascimento do sol em um dia chuvoso (não entrou na análise). O horário de saída da árvore ocorreu mais tardiamente em relação ao horário de nascimento do sol quando as temperaturas mínimas da noite foram mais baixas ( $R_s = -0,54$ ;  $n = 40$ ;  $p < 0,001$ ; figura 3), corroborando nossa hipótese (a). Não houve nenhum padrão encontrado em relação à temperatura registrada no momento de saída da árvore de dormir. As temperaturas mínimas noturnas registradas na área de estudo nos dias estudados foram sempre abaixo de  $20^{\circ}\text{C}$ .

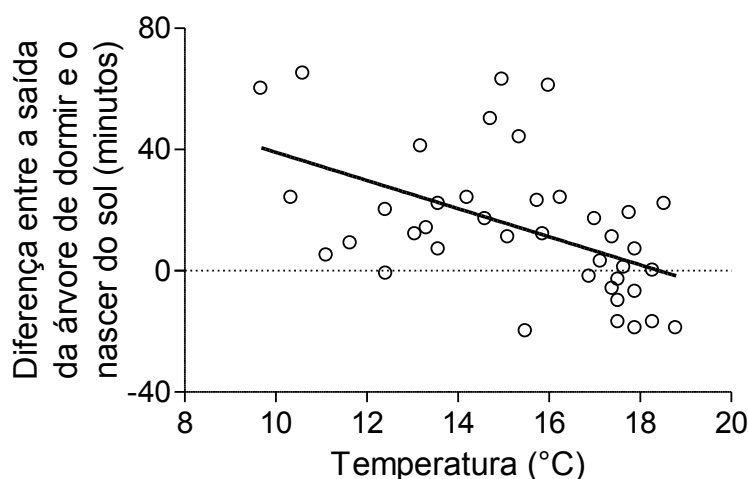


Figura 3. Influência da temperatura mínima noturna no horário de saída da árvore de dormir em relação ao nascimento do sol, em *Callicebus nigrifrons* na Serra do Japi - SP.

Durante a atividade, o deslocamento total diário do grupo variou de 0,56 km (18/outubro) a 1,56 km (02/novembro), com uma média de  $1,01 \pm 0,24$  km (média  $\pm$  DP,  $n = 44$ ) por dia. Entretanto, essa variação na distância percorrida não ocorreu em função da temperatura mínima diária ( $F_{(1,9)} = 3,41$ ;  $p = 0,098$ ) ou da disponibilidade de frutos maduros ( $F_{(1,9)} = 4,36$ ;  $p = 0,066$ ), ao contrário do esperado (hipótese b).

Ao longo do dia, o padrão de atividade variou entre as faixas de horário (figura 4), entretanto, o único comportamento que respondeu à flutuação de temperatura foi a locomoção, que foi maior nos horários mais frios ( $F_{(1,8)} = 12,25$ ;  $r^2 = 0,605$ ;  $p =$

0,008), diferente do esperado (hipótese c). O comportamento de descanso não variou de acordo com a temperatura entre as faixas de horário ( $F_{(1,8)} = 5,24$ ;  $r^2 = 0,396$ ;  $p = 0,051$ ). O descanso parece ter aumentado progressivamente nas primeiras horas do dia, assim como a temperatura, mas diminuiu antes do pico mais alto de temperatura, em que passaram a investir em forrageio. O comportamento de forrageio também não esteve relacionado com a temperatura ( $F_{(1,8)} = 1,31$ ;  $r^2 = 0,141$ ;  $p = 0,285$ ), apresentando dois picos, um no início da manhã e outro no fim do dia, antecedendo a entrada no sítio de dormir (figura 4).

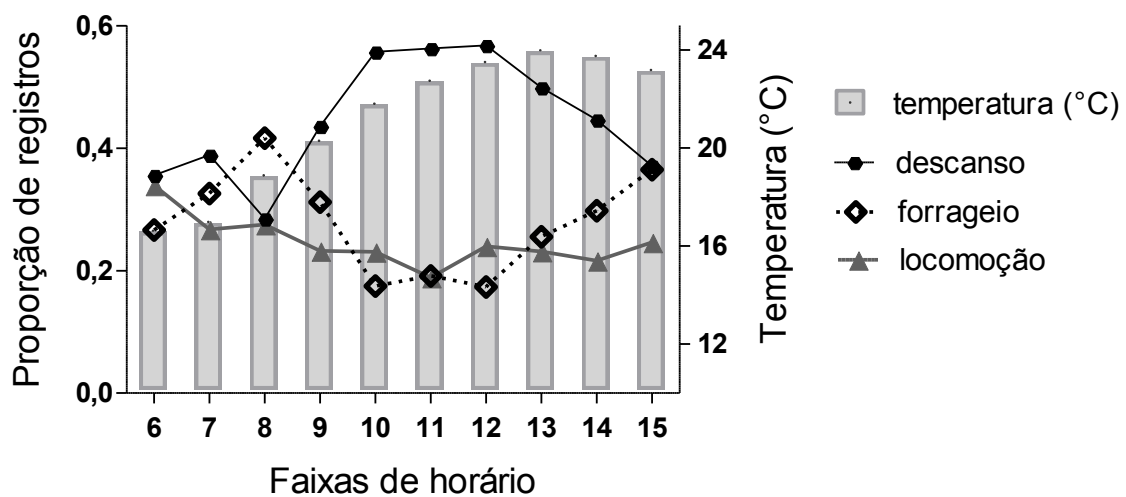


Figura 4. Padrão de atividades de *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP, ao longo do dia. Média da temperatura e as proporções de registros de descanso, locomoção e forrageio nas faixas de horário. As atividades classificadas como outros não entraram na análise, portanto, a soma das proporções em cada faixa de horário não é igual a um.

Quanto ao padrão de atividade mensal, pela análise de componentes principais obtivemos três fatores que explicaram 100% da variação dos dados comportamentais. Os dois primeiros fatores (CP1 e CP2) foram os escolhidos por melhor explicar a relação entre todas as categorias comportamentais e por representarem conjuntamente 91,8% da variação total (tabela 1). A temperatura mínima mensal apresentou relação positiva com o CP1 ( $F_{(1,10)} = 5,19$ ;  $r^2 = 0,342$ ;  $p = 0,046$ ), mas nenhuma relação com o CP2 ( $F_{(1,10)} = 3,05$ ;  $r^2 = 0,234$ ;  $p = 0,111$ ). Assim, como CP1 esteve positivamente correlacionado com locomoção e outras atividades (brincadeira e vocalização) e negativamente correlacionado com o forrageio (tabela

1), os resultados indicam que nas temperaturas mínimas mais baixas houve um aumento do comportamento mensal de forrageio e uma diminuição na locomoção e nas outras atividades, como o esperado (hipóteses c e d). Além disso, a disponibilidade de frutos não influenciou o padrão de atividade do grupo, uma vez que o índice de disponibilidade de frutos maduros não esteve correlacionado com nenhum dos fatores (CP1:  $F_{(1,10)} = 0,57$ ;  $r^2 = 0,054$ ;  $p = 0,468$ ; CP2:  $F_{(1,10)} = 1,05$ ;  $r^2 = 0,095$ ;  $p = 0,329$ ).

Tabela 1. Valores da análise de componentes principais do padrão de atividade

Componentes	Eigenvalue	% total da variação	Explicação das variáveis pelos componentes			
			locomoção	descanso	forrageio	outros
<b>CP1</b>	<b>2,10</b>	<b>52,55</b>	<b>0,92</b>	<b>0,22</b>	<b>-0,91</b>	<b>0,61</b>
<b>CP2</b>	<b>1,57</b>	<b>39,22</b>	<b>-0,18</b>	<b>0,95</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,68</b>
CP3	0,33	8,24	0,35	-0,21	0,03	-0,40

### Dieta

Os sauás se alimentaram predominantemente de frutos (59%), complementando sua dieta principalmente por partes vegetativas (16%) e sementes (15%), incluindo proporções menores de invertebrados (7%) e flores (3%). A proporção de itens calóricos (frutos, sementes e flores) não aumentou em função da diminuição da temperatura mínima ( $F_{(1,9)} = 0,01$ ;  $p = 0,991$ ), nem do aumento da disponibilidade de frutos ( $F_{(1,9)} = 0,83$ ;  $p = 0,386$ ), ao contrário do esperado (hipótese e).

A proporção de cada item consumido ao longo dos meses (figura 5) foi explicada por quatro fatores na análise de componentes principais. Desses, os dois primeiros fatores (CP1 e CP2) foram os escolhidos para o teste por melhor explicar a relação entre os itens incluídos na dieta, além de representarem conjuntamente 72,1% da variação total (tabela 2). Nenhum desses fatores apresentou relação com a temperatura mínima mensal (CP1:  $F_{(1,10)} = 0,35$ ;  $r^2 = 0,033$ ;  $p = 0,568$ ; CP2:  $F_{(1,10)} = 0,83$ ;  $r^2 = 0,077$ ;  $p = 0,384$ ), logo, a variação na composição da dieta não pode ser

explicada pela temperatura, discordando de nossa hipótese (f). O índice de disponibilidade de frutos não teve relação com CP1 ( $F_{(1,10)} = 1,65$ ;  $r^2 = 0,141$ ;  $p = 0,229$ ), mas esteve relacionado positivamente com CP2 ( $F_{(1,10)} = 6,70$ ;  $r^2 = 0,401$ ;  $p = 0,027$ ). Como CP2 teve relação negativa com sementes e positiva com flores e invertebrados, o consumo de sementes aumentou quando a disponibilidade de frutos foi baixa e o de flores e invertebrados aumentou quando frutos maduros foram abundantes.

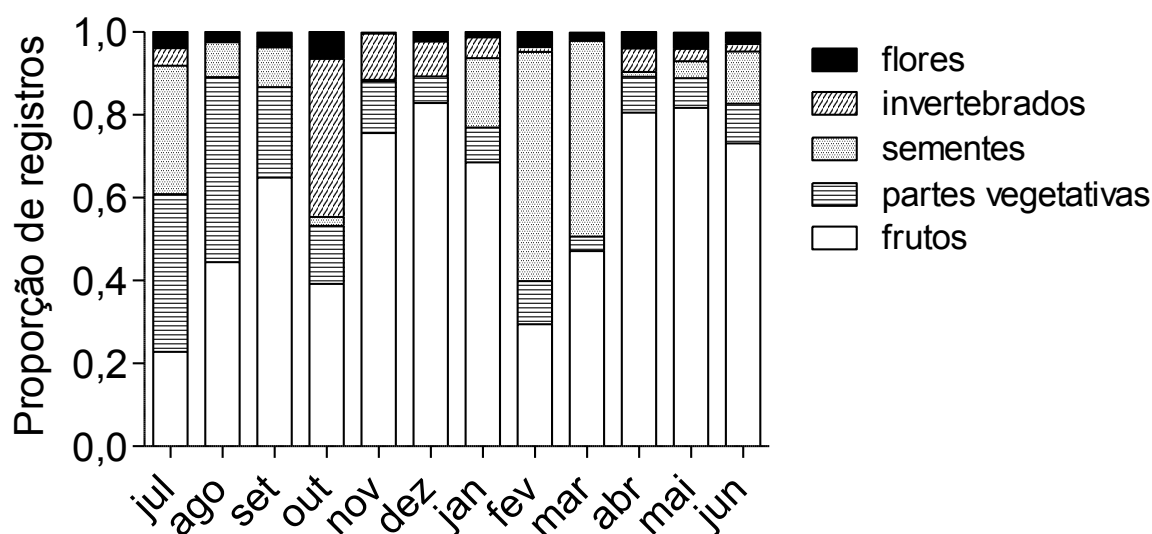


Figura 5. Proporção dos itens incluídos na dieta de *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP, ao longo dos meses, durante o período de julho/2010 a junho/2011 (2992 registros).

Tabela 2. Valores da análise de componentes principais dos itens consumidos na dieta

Componentes	Eigenvalues	% total da variação	Explicação das variáveis pelos componentes				
			frutos	sementes	flores	partes vegetativas	invertebrados
<b>CP1</b>	<b>1,92</b>	<b>38,39</b>	<b>0,98</b>	<b>-0,66</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,60</b>	<b>-0,02</b>
<b>CP2</b>	<b>1,69</b>	<b>33,72</b>	<b>-0,03</b>	<b>-0,55</b>	<b>0,77</b>	<b>0,02</b>	<b>0,89</b>
CP3	0,97	19,46	0,08	-0,51	-0,15	0,80	-0,21
CP4	0,42	8,43	-0,17	-0,01	-0,48	0,03	0,40

Não houve diferença nos itens ingeridos entre a metade do dia após deixarem o sítio de dormir e a metade que antecede o descanso noturno (teste t;  $gl=86$ ;  $n=44$ ;  $p > 0,05$ ;  $t$  fruto = 0,34;  $t$  semente = 0,91;  $t$  flor = -0,49;  $t$  partes vegetativas = -1,10;  $t$  invertebrados = -0,29). A proporção dos itens ingeridos nos dois períodos foi muito parecida (figura 6), ao contrário do previsto (hipótese g).

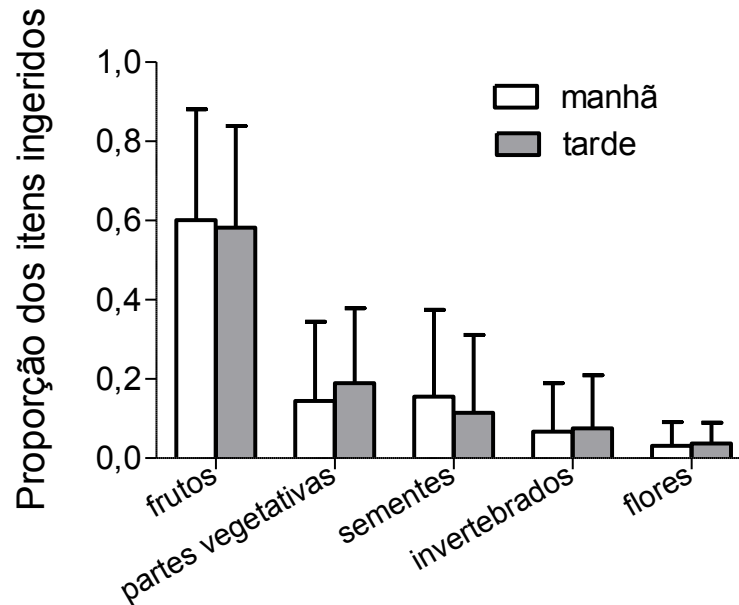


Figura 6. Proporções de itens ingeridos por *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP, na primeira e na segunda metade do dia. As barras indicam o desvio padrão.

## DISCUSSÃO

As temperaturas registradas na área de estudo foram predominantemente baixas. Os sauás estiveram sob condições frias na maior parte do tempo (81% do tempo abaixo de 25°C durante o período de alerta), possivelmente em temperaturas próximas e abaixo de seu limite crítico inferior, que está entre 20°C e 30°C, segundo estimativa para mamíferos tropicais (Scholander *et al.* 1950). Embora em alguns dias as temperaturas tenham se elevado, como os picos diários nunca ultrapassaram os 30°C, os sauás, provavelmente, não experimentaram condições acima do limite superior de sua zona térmica neutra.

## **Padrão de Atividade**

As baixas temperaturas noturnas, provavelmente abaixo da temperatura crítica inferior dos sauás, podem ter representado um estresse térmico para eles durante o período de descanso noturno. Nesse sentido, a saída tardia da árvore de dormir após as noites mais frias pode estar associada aos custos da termorregulação (hipótese a). Quando a temperatura noturna torna-se ainda menor e a demanda energética durante o descanso noturno é aumentada, pode estar sendo gerado um “déficit” de energia. Dessa forma, o início das atividades quando a temperatura ambiental estiver um pouco elevada, poderia diminuir o custo calórico para o investimento nas atividades matinais. Não foi encontrada uma temperatura ideal para o início das atividades, pois essa saída também é influenciada pela necessidade de obtenção de alimento e ocorrerá mesmo que o dia continue muito frio. Entretanto, após baixas temperaturas noturnas, seguidas por baixas temperaturas matinais, pode ser vantajoso permanecer na árvore de dormir por mais tempo, onde o grupo permanece aglomerado, reduzindo a perda de calor para o ambiente com a diminuição da razão superfície/volume e o isolamento promovido pela compressão dos corpos (Paterson 1986).

Durante o período de alerta, a distância percorrida diariamente pelos sauás não foi influenciada pela temperatura (hipótese b). Apesar de ser esperado que a locomoção fosse menor em temperaturas baixas, devido a uma restrição ao movimento na necessidade de destinar energia para a termorregulação (Baoping *et al.* 2009), eles não deslocaram menos nesse período. Como nos meses mais frios não houve restrição nos recursos disponíveis, a energia para investimento em atividades custosas como a locomoção poderia estar sendo suprida pelo alimento. A distância percorrida também não foi correlacionada com a disponibilidade de frutos, mas a distribuição dos recursos poderia estar influenciando-a, ao determinar o percurso e o tempo de permanência em cada mancha (Begon *et al.* 2007). Ou mesmo, a necessidade de exploração e monitoramento de sua área de vida (Robinson 1979) seria outro fator que poderia ter influenciado o percurso diário dos sauás.

Ao longo do dia, quanto à proporção de tempo destinada a cada atividade, o único comportamento influenciado pela temperatura foi a locomoção. Ao contrário do esperado (hipótese c), ela foi maior nos horários mais frios. Possivelmente porque os horários mais frios foram no começo do dia, quando os saúás estão dando início às suas atividades e em busca de alimento para satisfazer outras demandas energéticas e metabólicas. Além disso, como a locomoção é uma atividade motora que promove a produção de calor pelo trabalho muscular (Randall *et al.* 2000), essa movimentação no início do dia pode estar auxiliando o aquecimento corporal, desde que a temperatura não esteja tão baixa a ponto de restringir suas atividades e mantê-los na árvore de dormir por mais tempo. Apesar de não registrarmos temperaturas superiores a 30°C, também parece apropriado que nos picos quentes do dia, eles aloquem atividades menos termogênicas, evitando o superaquecimento (Bicego *et al.* 2007) e economizando energia que seria gasta no resfriamento evaporativo. Campos e Fedigan (2009) também encontraram para caiarara (*Cebus capucinus*) uma diminuição na locomoção em temperaturas elevadas, mas em local em que o excesso de calor era o fator estressante.

Campos e Fedigan (2009) encontraram, ainda, um aumento no tempo de descanso dos caiararas nos horários mais quentes. Entretanto, os saúás não apresentaram um padrão de descanso de acordo com a temperatura nas faixas de horário (hipótese c). Como a temperatura média registrada nos horários mais quentes pode não ter atingido os limites críticos máximos suportados pelos saúás dentro da zona de neutralidade térmica, eles parecem não terem sido forçados à inatividade nesses horários. O padrão de forrageio apresentado pelos saúás ao longo do dia também não foi influenciado pela temperatura nas faixas de horário. Os picos de forrageio, um no início da manhã e outro no fim da tarde são condizentes com o padrão já descrito para *C. nigrifrons* (Caselli 2008) e outros primatas do gênero *Callicebus* (Kinzey 1977). O pico pela manhã pode ser importante na recuperação do jejum noturno, enquanto o pico da tarde antecede o período de descanso noturno (Terborgh 1983), que para o grupo estudado variou de 12 a 16 horas. Assim, os picos de forrageio não demonstraram ser influenciados pela temperatura nas faixas de horário, mas podem ser uma maneira de maximizar a

quantidade de alimentos ingeridos, relacionados com a capacidade estomacal e digestiva do animal (Clutton-Brock 1977), e satisfazer suas outras demandas energéticas e metabólicas.

Assim, a temperatura pode ser um fator importante na alocação das atividades nas faixas de horário, mas se soma a outros fatores ecológicos, fisiológicos e metabólicos, que não permitiram a visualização do efeito direto da temperatura no padrão de atividade dos sauás ao longo do dia.

Entretanto, a variação mensal no padrão de atividade mostrou ser influenciada pela variação de temperatura. A locomoção foi menor nos meses mais frios, como previsto (hipótese c). A locomoção, que é um comportamento custoso, ao ser menor em meses em que o estresse ao frio era maior, pode ser uma alternativa de economia de energia para ser utilizada na termorregulação (Hanya 2004). Nos meses mais frios os sauás também investiram mais em forrageio (hipótese d). O aumento na ingestão de alimentos pode ser uma resposta a maior necessidade energética para termorregulação em temperaturas baixas (Agetsuma 2000). A maior proporção de forrageio foi possível com a diminuição da proporção de tempo gasto com locomoção e comportamentos como brincadeiras e vocalizações (incluídos na categoria outros).

Como o padrão de atividade dos sauás não esteve relacionado com a disponibilidade de frutos (principal item de sua dieta), a maior proporção de tempo forrageando nos meses frios, não pode ser relacionada ao aumento no tempo de busca por um recurso escasso. A disponibilidade de frutos durante os meses mais frios (abril, maio e junho de 2011) pode ser explicada pela frutificação, principalmente, de *Miconia cinnamomifolia*, um fruto carnoso, muito consumido pelos sauás nessa época. O fácil acesso à polpa desses frutos também indica que o maior tempo de forrageio encontrado nesse período não está vinculado à manipulação do alimento, e podemos inferir que pode estar resultando num aumento na ingestão calórica.

Dessa forma, o aumento no forrageio durante os meses frios é compatível com a hipótese de que as necessidades termorregulatórias podem estar influenciando o padrão de forrageio dos sauás e indiretamente seu padrão de atividade. Esses dados



reforçam os resultados encontrados por Caselli e Setz (2011), que sugeriram que o tempo despendido em forrageio poderia ser influenciado pelos custos energéticos impostos pela termorregulação em meses mais frios.

## **Dieta**

*Callicebus nigrifrons* mostrou-se predominantemente frugívoro, como já descrito anteriormente (Neri 1997, Caselli e Setz 2011). O sauá é um animal de pequeno porte, apresentando taxa metabólica massa-específica elevada e alto custo para a manutenção da temperatura corporal (Randall *et al.* 2000), assim, os frutos, como principal item da dieta, garantem a rápida ingestão de calorias (Richard 1985).

A proporção do total de itens calóricos (frutos, sementes e flores) consumida ao longo dos meses não foi influenciada pela temperatura nem pela disponibilidade de frutos (hipótese e). Os primatas exibem uma flexibilidade na dieta como resposta às variações temporais de disponibilidade de recursos, e a fim de satisfazer suas necessidades nutricionais eles combinam os itens essenciais na sua dieta (Richard 1985), sendo o valor calórico apenas um de muitos fatores que influenciam a seleção dos itens alimentares (Clutton-Brock 1977). Assim, os sauás mantêm uma dieta balanceada ao longo do ano, de forma a garantir o consumo de nutrientes e calorias essenciais à manutenção de seu metabolismo (Caselli e Setz 2011).

Além disso, a proporção dos diferentes itens consumidos ao longo dos meses não foi influenciada pela temperatura (hipótese f), sugerindo que os sauás, nas condições desse estudo, não exibem uma seleção preferencial por algum item calórico em temperaturas baixas, que poderia estar auxiliando na obtenção de energia para termorregulação. Entretanto, a variação dos itens que compõem a dieta foi explicada pela disponibilidade de frutos e quando a disponibilidade de frutos foi baixa, o consumo de sementes aumentou. As sementes são os itens de maior valor energético dentre os disponíveis na estação pobre em recursos (Heiduck 1997). Assim, quando a abundância dos frutos reduziu, eles foram substituídos por outro item com alta quantidade de caloria disponível, reforçando a ideia de que, apesar de não terem uma seleção preferencial por algum item, há necessidade de manutenção do valor calórico na dieta. Houve, ainda, um aumento no consumo de flores quando a

disponibilidade de frutos estava elevada, que pode ser resultado da proximidade entre as fases de frutificação e floração (Morellato e Leitão-Filho 1992). O consumo de invertebrados também coincidiu com a época de frutificação, sendo a ocorrência em boa parte associada à presença de flores e frutos.

Nesse sentido, a proporção dos itens, inclusive quanto ao seu valor calórico, não é alterada pelos sauás na dieta em função da temperatura, mas por outros fatores, entre eles a necessidade de uma dieta equilibrada. Os dados sugerem que os sauás respondem à necessidade energética elevada nos meses frios aumentando a ingestão de alimentos, com um aumento geral no tempo de consumo de recursos, inclusive dos de baixa qualidade, como já apontado em outros trabalhos (Agetsuma 2000, Mendiratta *et al.* 2009).

Outro padrão na dieta evidenciado por Chapman e Chapman (1991) é a tendência dos primatas comerem maior proporção de frutos no início da manhã, que poderia estar associada à alta digestibilidade desses itens, como um mecanismo de repor de maneira rápida os gastos energéticos da noite. Entretanto, não encontramos esse padrão para *Callicebus nigrifrons* (hipótese g). A proporção dos itens ingeridos nos dois períodos foi muito parecida, não evidenciando influência da temperatura da noite no consumo de frutos pela manhã. Os frutos foram os mais consumidos, tanto pela manhã quanto à tarde, seguido pelas partes vegetativas e sementes, em proporções parecidas ao padrão de dieta geral da espécie. Kinzey (1977) também descreveu um consumo de frutos elevado no início e fim do dia para *C. lucifer* (anteriormente *C. torquatus*). Esse padrão alimentar apresentados pelos sauás parece estar mais relacionado a outras necessidades metabólicas e fisiológicas do que com a temperatura. *Callicebus lucifer* (anteriormente *C. torquatus*) e *C. moloch* (anteriormente *C. moloch brunneus*) apresentaram também um aumento no consumo de folhas no fim do dia, itens de digestão lenta para manutenção energética noturna pela liberação paulatina de calorias (Kinzey 1978), o que também não foi encontrado nesse trabalho. Isso sugere que os itens inseridos na dieta por *Callicebus nigrifrons* ao longo do dia está relacionado com suas necessidades diárias gerais e não tem influência da demanda energética noturna.

O padrão de atividades e a composição da dieta envolvem muitos aspectos além da energia necessária para a termorregulação. Devido ao grande número de fatores (ecológicos, fisiológicos e metabólicos), a influência da temperatura é difícil de ser detectada. Além disso, a alteração da atividade ou da composição da dieta não é uma resposta imediata à variação de temperatura, dificultando a observação de uma relação direta.

Entretanto, a variação de temperatura ambiental influencia o padrão geral do comportamento, como observamos no padrão mensal de atividades dos saúás. Porém, as necessidades energéticas de um indivíduo não estão relacionadas apenas com a manutenção da temperatura corpórea, mas também com outras necessidades vitais, como crescimento e reprodução. Assim, trabalhos que possam identificar os demais aspectos metabólicos e fisiológicos dos animais devem ser integrados aos estudos de ecologia, de forma transdisciplinar, para permitir uma compreensão integrada desses fatores.

A termorregulação é uma necessidade intrínseca do animal. O que evidenciamos neste trabalho é que essa necessidade, ao modificar o padrão comportamental do animal, está influenciando sua interação com o ambiente e, assim, interferindo nas relações ecológicas. Dessa forma, a compreensão da magnitude da influência da temperatura nas necessidades energéticas do animal permitirá entender os demais aspectos do comportamento e biologia da espécie e de sua conservação, por exemplo, em ambientes degradados, em que a oferta de recursos e o microclima são alterados.

### **Referências Bibliográficas**

Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*. 40: 227 - 267.

Agetsuma, N. 1995. Dietary selection by Yakushima macaques (*Macaca fuscata yakui*): the influence of food availability and temperature. *International Journal of Primatology*. 16(4): 611 - 627.

- Agetsuma, N. 2000. Influence of temperature on energy intake and food selection by Macaques. *International Journal of Primatology*. 21(1): 103 - 111.
- Baoping R.; Ming, L.; Yongcheng, L. & Fuwen, W. 2009. Influence of day length, ambient temperature and seasonality on daily travel distance in the Yunnan snub-nosed monkey at Jinsichang, Yunnan, China. *American Journal of Primatology*. 71: 233 - 241.
- Begon, M.; Townsend, C.R. & Harper, J.L. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed. 740pp.
- Bicego, K.C.; Barros, R.C. & Branco, L.G.S. 2007. Physiology of temperature regulation: comparative aspects. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 147: 616 - 639.
- Campos, F.A. & Fedigan, L.M. 2009. Behavioral adaptations to heat stress and water scarcity in white-faced capuchins (*Cebus capucinus*) in Santa Rosa National Park, Costa Rica. *American Journal of Physical Anthropology*. 138: 101 - 111.
- Caselli, C.B. 2008. Padrão de atividade, uso de espaço e ecologia alimentar por *Callicebus nigrifrons* (Primates: Pitheciidae). Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 106pp.
- Caselli, C.B. & Setz, E.Z.F. 2011. Feeding ecology and activity pattern of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in a semideciduous tropical forest of southern Brazil. *Primates*. 52 (4): 351 - 359.
- Cerqueira, R.; Aprigliano, P. & Astúa, D. 2009. Estação microclimática automática para estudos de microhabitat em pequenos mamíferos terrestres. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*. 56: 3 - 7.
- Chapman, C.A. & Chapman, L.J. 1991. The foraging itinerary of spider monkeys: when to eat leaves? *Folia Primatologica*. 56: 162 - 166.
- Clutton-Brock, T.H. 1977. Some aspects of intraspecific variation in feeding and ranging behaviour in primates. In: Clutton-Brock, T.H. (ed.) *Primate ecology*:

*studies of feeding and ranging behavior in lemurs, monkeys and apes*. New York: Academic Press. pp. 539 - 556.

Freitas, C.H.; Setz, E.Z.F.; Araújo, A.R.B. & Gobbi, N. 2008. Agricultural crops in the diet of bearded capuchin monkeys, *Cebus libidinosus* Spix (Primates: Cebidae), in forest fragments in southeast Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 25(1): 32 - 39.

Garber, P.A. 1987. Foraging strategies among living primates. *Annual Review of Anthropology*. 16: 339 - 364.

Hanya, G. 2004. Seasonal variations in the activity budget of Japanese macaques in the Coniferous Forest of Yakushima: effects of food and temperature. *American Journal of Primatology*. 63: 165 - 177.

Hanya, G.; Kiyono, M. & Hayaishi, S. 2007. Behavioral thermoregulation of wild Japanese macaques: comparisons between two subpopulations. *American Journal of Primatology*. 69: 802 - 815.

Heiduck, S. 1997. Food choice in masked titi monkeys (*Callicebus personatus melanochir*): Selectivity or opportunism? *International Journal of Primatology*. 18 (4): 487 - 502.

Hill, R.A. 2006. Thermal constraints on activity scheduling and habitat choice in baboons. *American Journal of Physical Anthropology*. 129: 242 - 249.

Ivanov, K.P. 2006. The development of the concepts of homeothermy and thermoregulation. *Journal of Thermal Biology*. 31: 24 - 29.

Kinnaird, M.F. 1992. Phenology of flowering and fruiting of an east african riverine forest ecosystem. *Biotropica*. 24 (2): 187 - 194.

Kinzey, W.G. 1977. Diet and feeding behaviour of *Callicebus torquatus*. In: Clutton-Brock, T.H. (ed.) *Primate ecology: studies of feeding and ranging behavior in lemurs, monkeys and apes*. New York: Academic Press. pp. 539 - 556.

- Kinzey, W.G. 1978. Feeding behaviour and molar features in two species of titi monkeys. *In: Chivers, D.J. & Herbert, J. (eds.). Recent Advances in Primatology*, vol.1: Behaviour. New York: Academic Press. pp. 373 - 385.
- Lawler, R.R.; Ford, S.M.; Wright, P.C. & Easley, S.P. 2006. The locomotor behavior of *Callicebus brunneus* and *Callicebus torquatus*. *Folia Primatologica*. 77: 228 - 239.
- Lambert, J. E. 2007. Primate nutritional ecology: feeding biology and diet at ecological and evolutionary scales. *In: Campbell, C.J.; Fuentes, A.; MacKinnon, K.C.; Panger, M. & Bearder, S.K. (eds.). Primates in perspective*. New York: Oxford University Press. pp. 482 - 495.
- Leitão-Filho, H.F. 1992. A flora arbórea da Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 40 - 62.
- Lubach, G.R.; Kittrell, E.M.W. & Coe, C.L. 1992. Maternal influences on body temperature in the infant primate. *Physiology and Behavior*. 51: 987 - 994.
- Mendiratta, U.; Kumar, A.; Mishra, C. & Sinha, A. 2009. Winter ecology of the Arunachal macaque *Macaca munzala* in Pangchen Valley, western Arunachal Pradesh, northeastern India. *American Journal of Primatology*. 71: 939 - 947.
- Morellato, L.P.C. 1992. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 98 - 111.
- Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 112 - 141.
- Neri, F.M. 1997. Manejo de *Callicebus personatus*, Geoffroy 1812, resgatados: uma tentativa de reintrodução e estudos ecológicos de um grupo silvestre na

Reserva Particular do Patrimônio Natural Galheiro, MG. Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.

- Nimer, E. 1977. Clima. *In: Galvão, M. V. (coord.) Geografia do Brasil - Região Sudeste*. vol. 3. Rio de Janeiro: SERGRAF - IBGE. pp. 51- 90.
- Norconk, M.A. 2007. Sakis, uakaris and titi monkeys: behavioral diversity in a radiation of primate seed predators. *In: Campbell, C.J.; Fuentes,A.; MacKinnon, K.C.; Panger, M. & Bearder, S.K. (eds.). Primates in perspective*. New York: Oxford University Press. pp. 123 - 138.
- Paterson, J.D. 1981. Postural-positional thermoregulatory behaviour and ecological factors in primates. *Canadian Review of Physical Anthropology*. 3: 3 - 11.
- Paterson, J.D. 1986. Shape as a factor in primate thermoregulation. *In: Taub, D.M. & King, F.A. (eds.). Current perspectives en primate social dynamics*. New York: Van Nostrand. pp. 228 - 242.
- Pinto, H.S. 1992. Clima na Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 30 - 39.
- Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. 2003a. Endotermia: um acesso de alto custo à vida. *In: Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. A vida dos vertebrados*. 2.ed. São Paulo: Atheneu. pp. 683 - 710.
- Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. 2003b. Ectotermia: um acesso de baixo custo à vida. *In: Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. A vida dos vertebrados*. 2.ed. São Paulo: Atheneu. pp. 497 - 519.
- Price, E.C. & Piedade, H.M. 2001. Diet of Northern masked titi monkeys (*Callicebus personatus*). *Folia Primatologica*. 72: 335 - 338.
- Pyke, G.H.; Pulliam, H. R. & Charnov. E. L. 1977. Optimal foraging: A selective review of theory and tests. *The Quarterly Review of Biology*. 52 (2): 137 -154.
- Pyke, G.H. 1984. Optimal foraging theory: A critical review. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 15: 523 - 575.

- Randall, D.; Burggren, W. & French, K. 2000. Usando a energia: enfrentando desafios ambientais. *In: Randall, D.; Burggren, W. & French, K. (eds.). Eckert - Fisiologia Animal: Mecanismos e Adaptações*, 4ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. pp. 619 - 674.
- Richard, A. F. 1985. Primate diets: patterns and principles. *In: Richard, A. F. (ed.). Primates in Nature*. New York: Freeman. pp. 163 - 205.
- Robinson, J.G. 1979. Vocal regulation of use of space by groups of titi monkeys *Callicebus moloch*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 5: 1 - 15.
- Santoro, E. & Machado-Junior, D.L. 1992. Elementos geológicos da Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 24 - 29.
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. Temperature regulation. *In: Schmidt-Nielsen, K. (ed.) Animal physiology: adaptation and environment*. New York: Cambridge University Press. pp. 241 - 296.
- Scholander P.F.; Hock, R.; Walters, V.; Johnson, F. & Irving, L. 1950. Heat regulation in some arctic and tropical mammals and birds. *Biological Bulletin*. 99 (2): 237 - 258.
- Setz, E.Z.F. 1991. Métodos de quantificação de comportamentos de primatas em estudos de campo. *In: Rylands A. B. & Bernardes, A. T. (eds.). A primatologia no Brasil*, vol. 3. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. pp. 411 - 435.
- Siemers, B.M. 2000. Seasonal variation in food resource and forest strata use by brown capuchin monkeys (*Cebus paella*) in a disturbed forest fragment. *Folia Primatologica*. 71: 181 - 184.
- Terborgh, J. 1983. Chapter 4: Activity patterns. *In: Terborgh, J. (ed.). Five New World primates: a study in comparative ecology*. Princeton: Princeton University Press. 260pp.



U.S. Naval Observatory. Astronomical Applications Dept. Disponível em:  
<http://www.usno.navy.mil/USNO>. Acessado em 29 de setembro de 2011.

Weiss, B. & Laties, V.G. 1961. Behavioral thermoregulation. *Science*. 133: 1338 -  
1344.

## Capítulo 2

### Termorregulação comportamental em sauás (*Callicebus nigrifrons*)

#### RESUMO

A manutenção da temperatura corporal em endotérmicos gera consideráveis custos metabólicos. Tais custos elevam-se com a variação da temperatura ambiental, mas podem ser reduzidos por comportamentos específicos. Neste estudo, investigamos se os sauás (*Callicebus nigrifrons*), quando em descanso, modificam seu comportamento em resposta à variação da temperatura na Serra do Japi. Relacionamos com a temperatura: a postura corporal (da mais para a menos conservadora de calor: enrolado, sentado, deitado, estendido e esparramado); a seleção de micro-habitats (sol ou sombra; e altura na copa); e a proximidade entre os indivíduos (aglomerados ou sem contato). A postura também foi comparada: entre os micro-habitats sol e sombra; entre os momentos nublados e ensolarados; e entre os dias quentes mais secos e mais úmidos. A aglomeração e a postura não tiveram relação com a temperatura. Os registros de aglomeração foram raros e próximos a eventos de catação, indicando que podem estar sendo influenciados primordialmente pelas interações sociais. As posturas conservadoras foram sempre mais adotadas, sendo ainda mais conservadoras em dias nublados (dias frios) e menos conservadoras em dias quentes úmidos (auxiliando a evapotranspiração). O predomínio de posturas conservadoras pode ser explicado pelo porte pequeno da espécie (logo elevada razão superfície/volume corporal) que contribui para maior perda de calor para o meio sob baixas temperaturas. Quanto à seleção de micro-habitats, o uso de locais com sol e o uso de estratos superiores foram maiores quanto menor a temperatura. Essa busca pelo sol também foi observada no início da manhã, quando as temperaturas noturnas foram menores. Assim, a seleção de micro-habitats parece ser o mecanismo comportamental utilizado pelos sauás para reduzir os custos da termorregulação, ao aumentar a absorção do calor no sol em temperaturas baixas e evitar o superaquecimento na sombra.

## **Abstract**

Body temperature maintenance in endothermic animals involves considerable metabolic costs. These costs increase with the ambient temperature variation, but they can be reduced through some behaviors. In this work, we investigated if titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*), when in inactivity, modify their behavior in response to temperature variation in Serra do Japi. We related the following variables to ambient temperature: body posture (from the most to the least heat conservative: curled, sitting, lying, spread and stretched); microhabitat selection (sunny or shady; and canopy height); and contact between individuals (huddling or without contact). Body posture has also been compared: between microhabitats sunny and shady, between cloudy and sunny moments, and between driest hot days and wettest hot days. Huddling and body postures were not correlated with temperature. Huddling was rare and nearby grooming events, indicating that it may occur primarily because of the social interactions. The postures adopted were always conservative, being more conservative on cloudy days (cold days) and less conservative in hot wet days (helping evapotranspiration). The prevalence of conservative postures can be explained by the small size of the species (which represents higher body surface/volume ratio) that contributes to greater heat loss beneath low temperatures. Under lower ambient temperature, titi rested in sunny places and in higher strata of vegetation. The sun bathing behavior was also observed in the early morning, when previous night temperatures were lower. Thus, microhabitat selection is the behavioral mechanism that may be used to reduce thermoregulation costs, allowing the increase of heat absorption at low temperatures when in sunny places but also prevent overheating when in shady areas.

## INTRODUÇÃO

A manutenção da temperatura corporal relativamente constante pelos animais é essencial à vida por permitir as reações celulares, principalmente aquelas facilitadas pelas enzimas (Randall *et al.* 2000). Animais endotérmicos, como os primatas, têm como principal fonte para a termorregulação, o calor produzido como subproduto do metabolismo (Schmidt-Nielsen 1997), gerando um considerável custo energético (Pough *et al.* 2003). Tal custo varia com a flutuação da temperatura ambiental, elevando-se em condições extremas (Randall *et al.* 2000). Quando a umidade relativa do ar está alta, sob condições de altas temperaturas, esse custo é ainda mais elevado, pois o resfriamento do corpo pela perda de água para o meio é dificultado (Walters *et al.* 2004).

Apesar de derivarem do metabolismo a maior parte de sua energia calorífica, os endotérmicos estão em constante troca de energia com o meio e as vias dessa troca precisam ser equilibradas para manter a temperatura corporal estável (Pough *et al.* 2003). A troca de calor com o ambiente ocorre quando a energia solar atinge o animal pela radiação solar direta ou refletida pelas nuvens, poeira e objetos, além das trocas com o ar circundante por convecção e no contato com o substrato por condução. O animal se ajusta a essas características ambientais dentro de suas necessidades energéticas (Porter e Gates 1969).

Nessa interação com o meio, os animais podem reduzir os custos da termorregulação através de comportamentos específicos, como alguns trabalhos já indicaram em primatas (Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998, Hanya *et al.* 2007, Jablonski *et al.* 2009). Por meio da termorregulação comportamental, o animal pode controlar a direção e o padrão de transferência de calor entre o seu corpo e o ambiente, principalmente por alterações posturais e posicionais (Paterson 1981). Assim, ao explorar as fontes ambientais de energia, ele pode reduzir a perda de calor ou aumentar a dissipação, economizando energia metabólica que seria gasta na termorregulação e investir em outras atividades. O mecanismo comportamental pode ser tão essencial quanto o fisiológico na manutenção da temperatura corporal (Stevenson 1985). Mamíferos de pequeno porte, quando impedidos de termorregular

comportamentalmente, morrem em pouco tempo em situações inadequadas de temperatura fria (Ivanov 2006).

O comportamento termorregulatório mais evidente é a seleção de micro-habitats favoráveis, que possibilitam a troca de calor com o meio para atingir o equilíbrio térmico. Alguns trabalhos mostram a seleção de abrigos por primatas, como cavernas (Barret *et al.* 2004; *Papio hamadryas ursinus*) e ocos de árvores (Schmid 1998; *Microcebus murinus*), em que a variação de temperatura é menos marcada em relação a do ambiente externo, sendo assim uma forma de diminuir o estresse térmico. Há, ainda, o uso de locais ao sol em temperaturas baixas, para o descanso, e à sombra em dias quentes (Bicca-Marques e Calegare-Marques 1998, Hill 2006; Gomes e Bicca-Marques 2007, Hanya *et al.* 2007), possibilitando a alteração na relação de troca de calor com o meio, facilitando a absorção de calor proveniente da radiação solar ou evitando superaquecimento ao permanecer na sombra nos horários quentes (Paterson 1986). Essa busca por micro-habitats adequados pode influenciar a altura de uso dos estratos arbóreos, devido à variação na disponibilidade de sombra (Clutton-Brock 1973).

A proximidade entre os indivíduos do grupo também pode funcionar como um comportamento que auxilia na redução dos custos da termorregulação (Zhang e Watanabe 2007). A aglomeração dos indivíduos já foi evidenciada em primatas como uma maneira de diminuir a perda de calor, com a permanência dos indivíduos em agrupamentos durante temperaturas baixas (Takahashi 1997, Ostner 2002, Jablonski *et al.* 2009), reduzindo a taxa metabólica (Perret 1998). A aglomeração dos indivíduos diminui o estresse ao frio, quando permite uma redução da troca de energia com o ambiente pela mudança do formato, ou seja, a compressão dos corpos altera a razão superfície/volume e aumenta o isolamento térmico, auxiliado por pelos e pela troca de calor entre os indivíduos (Paterson 1986).

Outra maneira de modificar a razão superfície/volume corporal do animal seria pela alteração de posturas, modificando sua capacidade de conservação e dissipação de calor (Paterson 1981, Stelzner e Hausfater 1986, Bicca-Marques e Calegare-Marques 1998). Alguns estudos em primatas apontam a variação da postura corporal como um dos principais indícios de termorregulação

comportamental, em que em altas temperaturas os animais apresentam posturas dissipadoras de calor (Campos e Fedigan 2009) e em baixas temperaturas, posturas conservadoras (Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998; Jablonski *et al.* 2009).

Apesar de alguns estudos já mostrarem evidências da influência da temperatura nos comportamentos de primatas, faltam trabalhos que analisem em detalhe esses mecanismos comportamentais que auxiliam na redução dos custos termorregulatórios. Nesse sentido, investigamos se o primata sauá (*Callicebus nigrifrons*), quando em descanso, adota comportamentos específicos em resposta à variação de temperatura ambiental. *Callicebus nigrifrons* são primatas neotropicais, predominantemente frugívoros (Caselli e Setz 2011), de porte relativamente pequeno (Norconk 2007). É a espécie com distribuição mais meridional do gênero, com limite sul paralelo a *C. pallescens* (Herskovitz 1988, van Roosmalen *et al.* 2002). O local de estudo é próximo ao limite sul da distribuição da espécie, e também apresenta temperatura reduzida pela altitude, o que o torna um bom modelo para o estudo dos comportamentos relacionados à termorregulação.

Assim, dadas as variações de temperatura, se os sauás estiverem usando comportamentos para auxiliar na redução dos custos da termorregulação, esperamos que:

- a) selecionem diferencialmente os micro-habitats para descanso, buscando o sol nas temperaturas baixas, para absorção de calor proveniente da radiação solar;
- b) quando tiverem passado por noites mais frias, busquem micro-habitats com incidência de sol na primeira hora do dia, pois, dado o estresse térmico noturno, o aquecimento de seus corpos auxiliaria o início das atividades diárias;
- c) nos momentos mais frios ocupem o estrato arbóreo mais alto devido à maior disponibilidade de sol;
- d) em temperaturas baixas, os sauás exibam mais comportamentos de aglomeração, uma vez que a área de superfície de um animal e sua massa corpórea estão relacionadas com sua capacidade de conservação e dissipação de calor;
- e) variem a postura adotada, de forma a reduzir a razão superfície/volume (posturas conservadoras) com a diminuição da temperatura;

- f) quando nublado, sem opção sol/sombra, adotem posturas mais conservadoras do que quando com disponibilidade de sol, visto que não podem se aquecer ao sol;
- g) quando nos micro-habitats com incidência de sol, que os sauás adotem posturas menos conservadoras, a fim de aumentar a superfície exposta para absorção da energia solar, expondo a região ventral com maior frequência;
- h) nos dias mais quentes e com alta umidade, em que o resfriamento evaporativo é dificultado, os sauás também alterem sua postura, facilitando a dissipação de calor.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

O estudo foi desenvolvido na Serra do Japi, na Reserva Biológica Municipal de Jundiáí, a aproximadamente 23°14'S e 46°56'O (para detalhes sobre a caracterização do local, consultar capítulo 1). A Serra do Japi apresenta clima sazonal, com duas estações definidas, uma seca e fria e outra úmida e quente (Morellato 1992, Pinto 1992). De julho/2010 a junho/2011 (período do estudo), a temperatura média na região foi de  $18,5 \pm 3^{\circ}\text{C}$  (média  $\pm$  DP,  $n = 12$ ) ( $16,6^{\circ}\text{C}$  na estação fria e  $21,0^{\circ}\text{C}$  na quente) e pluviosidade anual de 1.677 mm (média mensal de 68,2 mm na estação seca e 215,5 mm na chuvosa) (Fonte: CIIAGRO, dados da estação meteorológica de Jundiáí a 710 metros de altitude acima do nível do mar, portanto, a temperatura foi ajustada para altitude da área de estudo, subtraindo  $1,8^{\circ}\text{C}$ , ou seja,  $0,6^{\circ}\text{C}$  para cada 100 metros de elevação).

### **Grupo de Estudo**

O estudo foi desenvolvido com um grupo habituado de sauás (*Callicebus nigrifrons*), composto por um casal reprodutor e sua prole (para maiores detalhes, ver capítulo 1).

### **Coleta de Dados**

O grupo foi acompanhado durante 12 meses (julho/2010 a junho/2011), com média de 40 horas de observação mensal, totalizando 520 horas de observação

(para maiores detalhes, consultar capítulo 1). No total, foram obtidos 5588 registros de descanso (parado e catação), desses, 4887 registros correspondem ao comportamento parado.

Os dados foram coletados pelo método de “varredura instantânea” com duração de um minuto, a cada quatro minutos de intervalo (Altmann 1974, Setz 1991). A cada unidade amostral, dos indivíduos visíveis e em descanso, foram registrados: o micro-habitat em uso, a proximidade com outro indivíduo e a postura corporal.

O micro-habitat foi classificado como sol, sombra ou ausência de sol (nublado). Quando no sol, era registrado se a região ventral do corpo era exposta à radiação solar, o que possibilitaria um aumento na absorção de calor devido ao menor isolamento térmico. Outra característica do micro-habitat registrada foi a altura de cada indivíduo na copa em relação ao chão, que foi estimada visualmente (treinada previamente com o auxílio de um *laser rangefinder*). Quanto à proximidade, a posição de cada indivíduo em relação aos outros membros do grupo foi registrada como sem contato ou aglomerado, quando havia contato.

As posturas corporais adotadas pelos sauás foram classificadas (conforme adaptação de Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998) da mais conservadora para a mais dissipadora, em: enrolado, com braços e pernas flexionados e cabeça próxima aos membros; sentado, membros flexionados, com cabeça erguida; deitado, cabeça e corpo encostados no galho com membros flexionados; estendido, pernas flexionadas e braços estendidos; e esparramado, deitado com todos os membros estendidos (figura 1, anexo 1).

Foram utilizadas apenas as varreduras em que os animais estavam parados, pois é quando estão parados que a termorregulação assume maior influência sobre seu comportamento e os comportamentos termorregulatórios são expressos (Paterson 1986). Para seleção de micro-habitats (sol/sombra e altura) foram considerados apenas os momentos em que havia disponibilidade de sol, excluindo àqueles em que estava nublado, visto que nessas ocasiões os sauás não tinham opção por aquecer-se ao sol ou evitá-lo. Além disso, para seleção de micro-habitats foram acrescentados os momentos de catação, considerando que a escolha do local para esse comportamento também é influenciada pela temperatura do ambiente. A



catação não foi incluída nas análises de posturas e aglomeração, pois o contato entre eles e a postura assumida durante essa interação social seriam guiados pelo comportamento e não pela temperatura.

A temperatura do ar foi registrada na sombra por *data loggers* distribuídos nas copas das árvores dentro da área de vida do grupo estudado (para maiores detalhes, consultar capítulo 1).

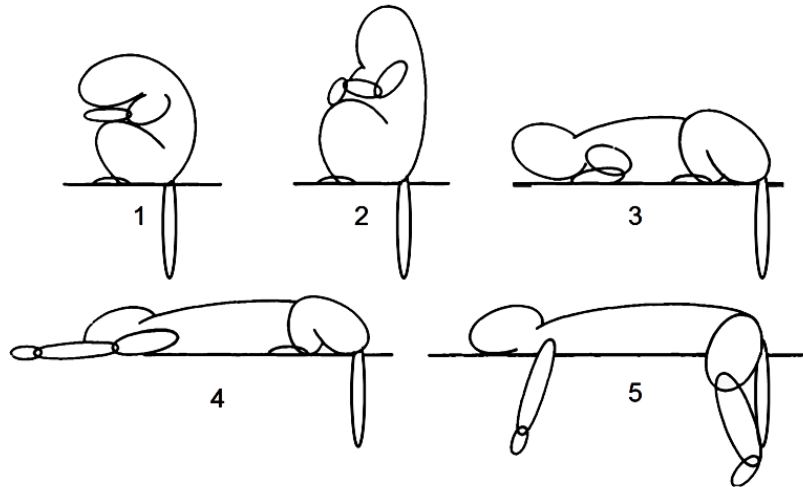


Figura 1. Esquemas das posturas corporais adotadas pelos sauás em descanso, da mais conservadora para a mais dissipadora de calor: 1 - enrolado; 2 - sentado; 3 - deitado; 4 - estendido; 5 - esparramado (Adaptado de Paterson 1981).

### **Análise dos Dados**

Tendo como base todos os dias de coleta de dados comportamentais, a proporção de registros de indivíduos em micro-habitats com incidência de sol (excluídos os momentos em que estava nublado) e a proporção de animais aglomerados em relação aos indivíduos sem contato foram obtidas para cada hora de observação. A média das alturas de uso da copa estimadas também foi calculada para cada hora. Para as cinco posturas adotadas foi estabelecido um *ranking*, atribuindo escores de 1 a 5, da postura mais conservadora para a mais dissipadora (enrolado:1; sentado:2; deitado:3; estendido:4; e esparramado:5), como em Bicca-Marques e Calegari-Marques (1998). A partir desse escore, foram obtidas as médias para cada hora de observação.

As temperaturas registradas foram divididas em classes de 1°C de amplitude (10°C a 11°C (exclusive), 11°C a 12°C, (...), 29°C a 30°C) e a proporção e média de cada comportamento foram calculadas para cada classe. Foram, então, realizadas regressões lineares entre as classes de temperatura e os dados de seleção de micro-habitat (incidência de sol - hipótese a; e altura na copa - hipótese c) e postura corporal (hipótese e). A análise da proximidade dos indivíduos com a temperatura foi feita por correlação linear de Spearman, pois os dados não se adequaram aos requisitos de normalidade e homogeneidade de variância, mesmo após terem sido transformados por arco seno da raiz quadrada (hipótese d).

Para cada dia em que a observação dos animais iniciou-se no sítio de dormir, a proporção de registros de indivíduos no sol na primeira hora do dia foi relacionada através de correlação linear de Spearman (dados não adequados às premissas da análise paramétrica) com a temperatura mínima da noite (hipótese b).

Considerando que a temperatura ambiental em momentos nublados é menor do que quando ensolarado ( $t = 4,18$ ;  $gl = 382$ ;  $p < 0,001$ ), realizamos um teste t (unicaudal) para verificar se as posturas adotadas quando estava nublado era mais conservadora do que quando havia sol (independente se o indivíduo estava no sol ou na sombra) (hipótese f). Para examinar uma possível alteração na postura corporal entre os micro-habitats, a média dos escores do *ranking* de postura corporal foi comparada entre sol e sombra por outro teste t (unicaudal), para ver se é mais absorativo no sol (hipótese g).

Para investigar a influência da umidade nas posturas adotadas pelos sauás em dias quentes, escolhemos os cinco dias mais secos e os cinco mais úmidos (cuja diferença foi confirmada pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney) dentre os 10 dias com as temperaturas mais altas ao longo do período de alerta dos sauás. Posteriormente, comparamos as médias do *ranking* de postura entre esses dias pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney (hipótese h).

Os testes foram considerados significativos quando  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Os animais estiveram sujeitos a acentuadas variações diárias de temperatura, com amplitude média diária de  $8^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  (média  $\pm$  DP,  $n = 54$ ), atingindo uma amplitude máxima de  $17^{\circ}\text{C}$  em 14/outubro. As temperaturas máximas registradas nos dias em que o grupo foi observado não ultrapassaram  $30^{\circ}\text{C}$  e as médias diárias ficaram entre  $13,6^{\circ}\text{C}$  e  $23,8^{\circ}\text{C}$  (figura 2).

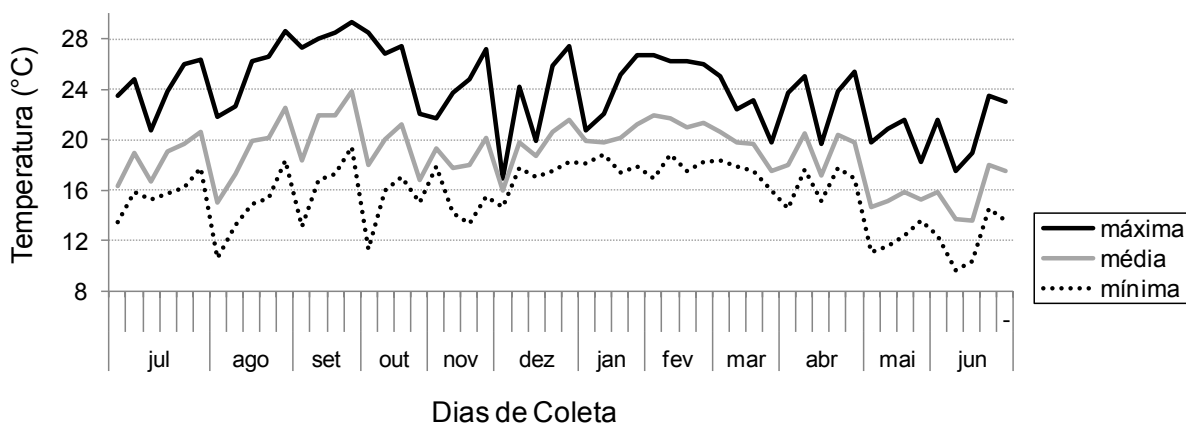


Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas e médias diárias registradas nos dias de observação comportamental do grupo de sauás na Serra do Japi - SP (julho/2010 a junho/2011). Dados coletados por *data loggers* dispostos na copa das árvores na área de estudo.

Nos momentos de inatividade, durante o período de alerta, a temperatura foi uma boa preditora da seleção de micro-habitats, como o esperado. Os sauás permaneceram mais ao sol quanto menor a temperatura ( $F_{(1,17)} = 110,13$ ;  $r^2 = 0,866$ ;  $p < 0,001$ ; figura 3a) (hipótese a). Eles também apresentaram uma proporção elevada de ocupação de micro-habitats com sol na primeira hora do dia (73,7% sol e 26,3% sombra). Entretanto não houve relação entre a busca pelo sol no início da manhã e as temperaturas noturnas ( $R_S = -0,27$ ;  $n = 30$ ;  $p = 0,156$ ), ao contrário do esperado (hipótese b), ao excluir os dois dias em que os sauás permaneceram na sombra durante toda a primeira hora da manhã (figura 3b). Esses dois *outliers* estariam forçando a relação na análise ( $R_S = -0,36$ ;  $n = 32$ ;  $p = 0,042$ ). A influência da temperatura na escolha por micro-habitats também foi evidenciada na altura de uso da copa, cuja média esteve em  $11 \pm 2$  m (média  $\pm$  DP). Nas temperaturas mais baixas, os sauás utilizaram os estratos arbóreos mais altos ( $F_{(1,18)} = 56,46$ ;  $r^2 = 0,758$ ;  $p < 0,001$ ; figura 3c) (hipótese c). A média de altura de uso por hora, durante o

descanso (parado e catação), variou de 5,4 a 18,8 metros. Entretanto, os sauás foram observados se alimentando em alturas ainda maiores e também houve registros de locomoção pelo chão, em momentos de brincadeira ou buscando por invertebrados.

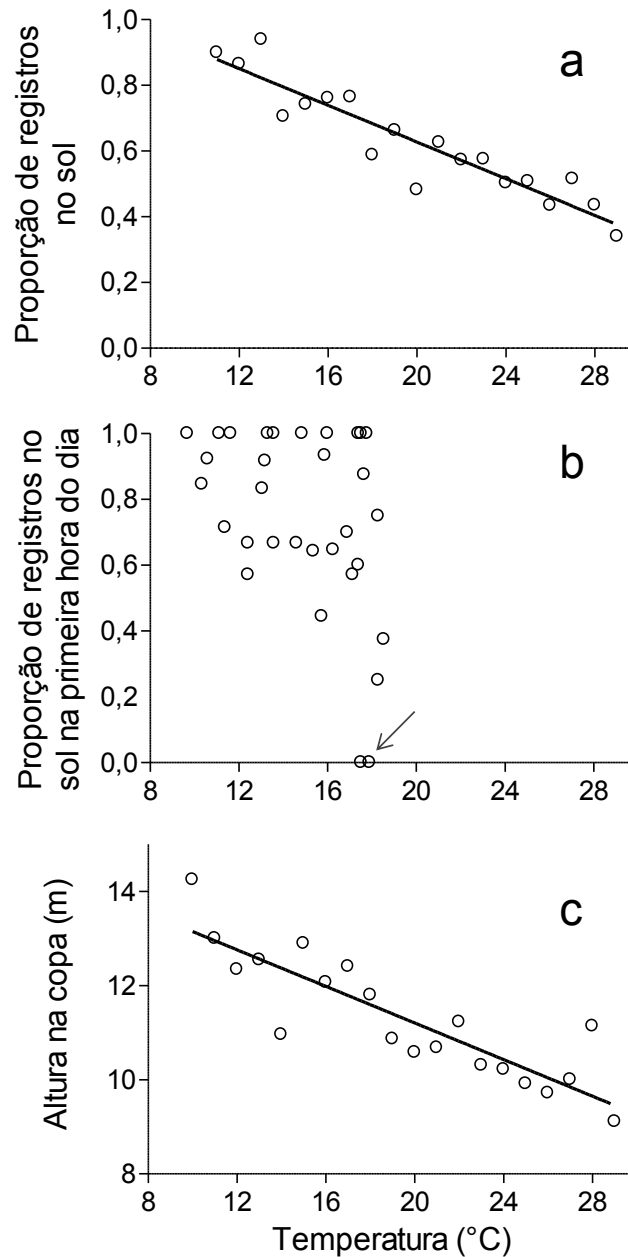


Figura 3. Seleção de micro-habitats por *Callicebus nigrifrons* na Serra do Japi - SP. Os registros em momentos nublados foram excluídos da análise. **a**: proporção de registros de indivíduos no sol em relação à temperatura da hora de coleta; **b**: proporção de indivíduos no sol na primeira hora do dia em relação à temperatura mínima noturna; **c**: média de altura de uso do estrato arbóreo em relação à temperatura da hora de coleta.

A aglomeração entre os indivíduos não mostrou relação com a temperatura ( $R_s = -0,11$ ;  $n = 20$ ;  $p = 0,649$ ; figura 4), ao contrário do previsto (hipótese d). Tais registros foram relativamente raros ao longo do período de alerta (13,8% do total de registros) e geralmente associados a comportamentos sociais ou nos horários próximos à entrada e saída do sítio de dormir (89% dos registros). Entretanto, durante as noites, todos os indivíduos do grupo juntavam-se em um único galho e permaneciam a noite aglomerados e com as caudas enroladas. Nessas aglomerações noturnas, os indivíduos assumiam uma postura conservadora, permanecendo enrolados e justapostos, alterando a forma individual e reduzindo a superfície exposta ao meio, com o filhote geralmente no meio do grupo, próximo da mãe, envolvido pelos adultos.

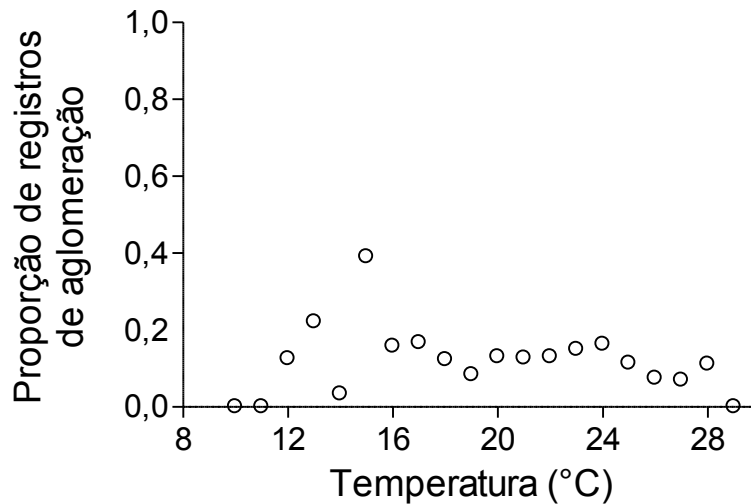


Figura 4. Proporção de registros de aglomeração entre os indivíduos de *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP, em relação à temperatura ambiental da hora de coleta.

As posturas adotadas enquanto parados não variaram em função da temperatura ( $F_{(1,18)} = 0,90$ ;  $r^2 = 0,048$ ;  $p = 0,355$ ; figura 5), ao contrário do esperado (hipótese e). Em geral, as posturas conservadoras foram sempre as mais adotadas (sentado 62,9% e enrolado 30,5%). Quando estava nublado, ou seja, quando eles não podiam aquecer-se ao sol, a postura dos animais foi mais conservadora ( $t = -2,62$ ;  $gl = 94$ ;  $p = 0,005$ ; figura 6a), como o esperado (hipótese f); entretanto, as posturas no sol ou na sombra não foram diferentes ( $t = 1,03$ ;  $gl = 98$ ;  $p = 0,152$ ; figura

6b), ao contrário do previsto (hipótese g). Quando no sol, a exposição do ventre, área com pouca pelagem e de rápida troca de calor com o meio, só foi registrada em 18 dos 10588 registros comportamentais, dos quais 12 foram em momentos de interação social (catação), quatro em forrageio e em quatro, parados. Esses registros ocorreram tanto em temperaturas baixas (15°C) quanto em mais altas (27,5°C).

Além disso, relacionando a postura adotada nos cinco dias mais úmidos (UR entre 55% a 80%) e nos cinco mais secos (UR abaixo de 35%) (Mann-Whitney  $Z = -2,61$ ;  $p = 0,009$ ;  $n = 5$ ), dentre os 10 dias mais quentes registrados durante o período de coleta, os sauás adotaram posturas mais dissipadoras quando a umidade relativa do ar foi maior (Mann-Whitney  $Z = -1,99$ ;  $p = 0,047$ ;  $n = 5$ ), corroborando nossa hipótese h. Apesar de ambas serem baixas e com valores próximos, notamos que a diferença encontrada se deve a uma maior adoção da postura sentado (71% dos registros) e menor de enrolado (25% dos registros) nos dias úmidos em relação aos secos (54% e 39% dos registros, respectivamente) (figura 7).

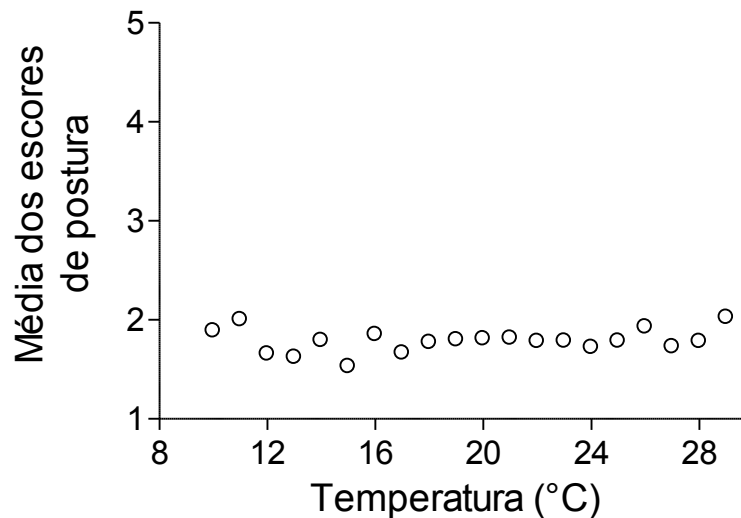


Figura 5. Média dos escores das posturas corporais adotadas por *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP em relação à temperatura ambiental da hora de coleta.

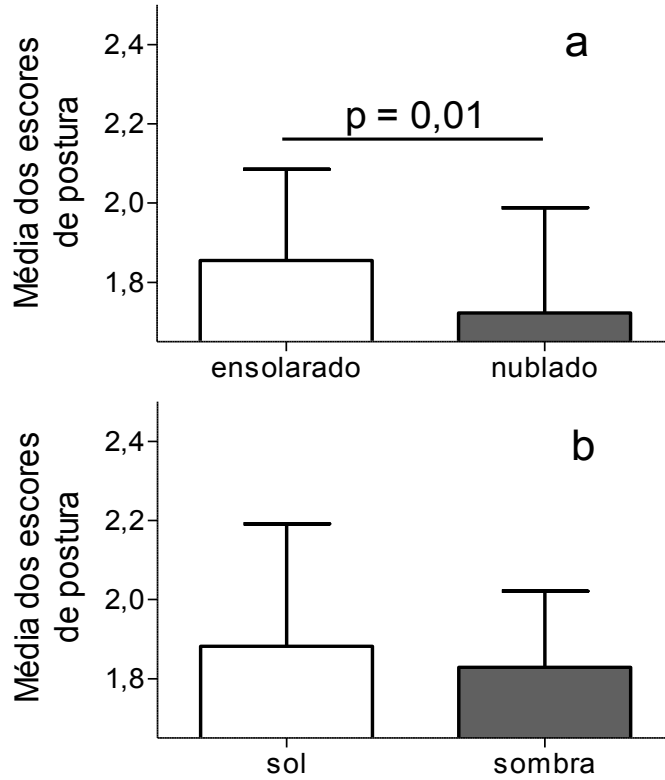


Figura 6. Média dos escores das posturas corporais adotadas por *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP, **a**: nos momentos nublados e ensolarados; **b**: nos micro-habitats sol e sombra. As barras indicam o desvio padrão.

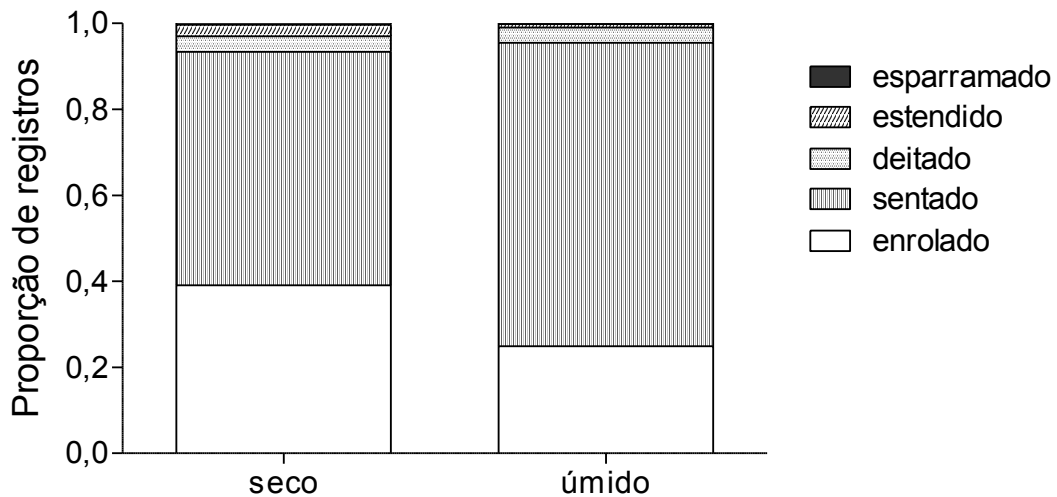


Figura 7. Proporção de registros das cinco posturas corporais adotadas por *C. nigrifrons* na Serra do Japi - SP, nos dias quentes secos e nos quentes úmidos.

## DISCUSSÃO

Na condição desse estudo, a seleção de micro-habitats foi o único comportamento estudado que variou com a temperatura ambiental registrada, assim, pode estar sendo utilizado como mecanismo por *Callicebus nigrifrons* para reduzir custos da termorregulação (hipóteses a, b e c). A busca por micro-habitats compatíveis às suas necessidades energéticas é a forma mais direta do animal favorecer a troca de calor com o meio e chegar a seu equilíbrio térmico (Porter e Gates 1969). A procura pelos locais com sol nos momentos frios é um mecanismo eficiente para captação da energia solar e aquecimento do corpo, da mesma forma que evitar o sol em temperaturas elevadas pode impedir o superaquecimento (Paterson 1981) (hipótese a). Esse mesmo padrão comportamental também é explorado em outras espécies (Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998, Hill 2006, Gomes e Bicca-Marques 2007). Além da influência da temperatura, a escolha de micro-habitats também pode ser influenciada por outros fatores como a proteção contra a predação (Hill 2006) ou o forrageio (Pochron 2000). Os babuínos, por exemplo, termorregulam comportamentalmente apenas na estação rica em recursos, enquanto na seca, dedicam mais tempo ao forrageio, não evitando o sol enquanto se alimentam (Pochron 2000). Assim, a escolha de micro-habitat é um *trade-off* entre vários fatores ecológicos, e vemos que entre eles está a influência da termorregulação.

Apesar dos sauás não permanecerem mais ao sol na primeira hora da manhã quando as temperaturas noturnas foram menores (hipótese b), a busca acentuada pelo sol no início do dia, independente da temperatura noturna, pode ser considerada outra evidência da seleção de micro-habitats como mecanismo comportamental para a termorregulação. As temperaturas noturnas registradas na área de estudo foram sempre abaixo de 20°C, ou seja, abaixo do limite inferior da zona térmica neutra sugerida para mamíferos tropicais (Scholander *et al.* 1950). Isso sugere que o gasto energético para a manutenção da temperatura corporal durante o repouso é elevado. Além do estresse térmico noturno, noites muito frias geralmente são seguidas por manhãs frias, o que pode representar um alto custo energético para termorregulação. Aquecer-se no sol no início da manhã pode estar reduzindo esse gasto energético.



Ao termorregular comportamentalmente, a energia metabólica que estaria sendo gasta na manutenção da temperatura corporal pode ser investida em suas atividades matinais. Além da busca pelo sol ao deixar a árvore de dormir após noites mais frias, os sauás saíram da árvore de dormir mais tarde (Capítulo 1), corroborando a ideia de que estão alterando seu comportamento para diminuir os gastos energéticos para o início de suas atividades diárias.

A variação da temperatura também influenciou a média de altura de uso do estrato arbóreo por *C. nigrifrons* (hipótese c). Considerando que os sauás procuraram o sol nos momentos mais frios e o evitaram nos quentes, a altura de uso dos estratos arbóreos pode ser explicada por buscarem o sol no estrato mais alto, e o evitarem ocupando as alturas inferiores em que há maior disponibilidade de sombra. Clutton-Brock (1973) já havia descrito para *Colobus* sp. maior tempo de descanso e forrageio nos níveis mais baixos do estrato arbóreo nos horários mais quentes do dia, e que esse comportamento repetia-se em dias com temperaturas elevadas, estando relacionado com a disponibilidade de sombra e não de recursos. A relação entre esse comportamento e a temperatura sugere que os custos da termorregulação influenciam a seleção do local para o descanso pelos sauás. Apesar de as temperaturas mais altas no local do estudo provavelmente não terem superado o limite superior da zona térmica neutra, evitar o sol nos momentos mais quentes pode ser importante ao impedir o superaquecimento pela absorção excessiva de radiação solar, dificultando o resfriamento evaporativo (Ivanov 2006).

A proximidade entre os indivíduos não foi influenciada pela variação de temperatura (hipótese d). Os registros de aglomeração foram relativamente raros e ocorreram próximos a eventos de catação, mostrando que a aglomeração, durante o período de alerta, ocorre primordialmente influenciada pelas interações sociais. Entretanto, esse comportamento foi adotado em condições extremas, como chuva intensa ou ventania, em que eles se aglomeravam até as condições melhorarem. Tal comportamento sugere que em temperaturas extremas, os sauás poderiam se utilizar desse comportamento social como um mecanismo termorregulatório, como em macacos-japoneses, *Macaca fuscata*, em que há um relaxamento nas relações

sociais de dominância para desfrutar dos benefícios térmicos da aglomeração durante o inverno rigoroso (Zhang e Watanabe 2007).

Além disso, nas árvores de dormir, os sauás permaneceram aglomerados a noite toda, comportamento já descrito como típico para *Callicebus* spp., ao longo de toda sua distribuição geográfica, inclusive para *C. nigrifrons* (Neri 1997). O grupo se reúne em árvores protegidas, onde os indivíduos permanecem encolhidos e comprimidos uns aos outros. Para as condições da área de estudo, com temperaturas noturnas baixas o ano todo, esse comportamento social poderia ter vantagens termorregulatórias, pois levaria a uma redução da demanda energética, como a registrada para *Microcebus murinus* (primata próximo com cerca de 100 g), de até 40% no descanso em grupo, quando comparado ao solitário (Perret 1998). Para os micos-leões-dourados, *Leontopithecus rosalia* (primata maior com cerca de 700 g), Thompson *et al.* (1994) também registraram o comportamento de descanso noturno agrupados e, além de discutirem a função antipredatória, consideraram as implicações termorregulatórias desse comportamento.

O aumento na conservação de calor pela aglomeração dos indivíduos está relacionado com a diminuição da razão superfície/volume corporal (Paterson 1986). A alteração nessa razão também pode ser obtida pelo indivíduo isolado através da mudança da postura corporal. Os primatas são capazes de modificarem sua postura, alterando o padrão de troca de calor com o ambiente (Paterson 1981). Como o encontrado para bugios (*Alouatta caraya*), que alteraram as posturas utilizadas, adotando a postura “esparramado” com maior frequência em altas temperaturas e posturas mais conservadoras de calor conforme a temperatura diminuía (Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998).

Entretanto, ao contrário do encontrado para *Alouatta caraya* (Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998) e *Colobus polykomos* (DaSilva 1993), os sauás não adotaram diferentes posturas com a variação da temperatura, que permitiriam balancear a troca de energia com o ambiente (hipótese e). Uma explicação está no tamanho corporal dos sauás. Eles são animais pequenos (1 a 2 kg, Hershkovitz 1988), menores que os bugios (6 a 7 kg, Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998), por exemplo, o que resulta numa maior razão superfície/volume corporal, propiciando

uma troca mais rápida de calor com o ambiente, ou seja, uma perda mais rápida de calor em temperaturas baixas (Paterson 1986). Além disso, animais menores tendem a ter uma taxa metabólica massa-específica mais elevada, o que influencia diretamente no gasto energético para termorregulação (Randall *et al.* 2000). Assim, a maior parte do tempo em posturas conservadoras poderia estar relacionada à necessidade dos sauás conservarem calor nas temperaturas baixas registradas durante o estudo.

Essa necessidade em conservar calor ocorreria, principalmente, porque apesar das flutuações, as temperaturas nos dias de observação nunca foram maiores que os 30°C, provavelmente não ultrapassando o limite superior da zona térmica neutra. Logo, pode não ter havido demanda de gasto adicional de energia para termorregulação em temperaturas elevadas. Dessa forma, para a adoção de posturas dissipadoras, a temperatura ambiental deveria ser maior que a experimentada pelo grupo estudado nesse local, que representa o limite meridional da distribuição dessa espécie (com limite de ocorrência ao norte do rio Tietê; van Roosmalen *et al.* 2002). Assim, a postura pode estar sendo utilizada como mecanismo termorregulatório pelos sauás para conservação de calor nas condições desse estudo. Outros estudos, em faixas de temperaturas elevadas, são necessários para confirmar se os sauás utilizam esse comportamento para minimizar os custos da endotermia.

Um indício de que a postura talvez seja importante em outras condições, foi o escore de postura ser menor em momentos nublados, em que não tinham a opção sol/sombra, dos momentos ensolarados (hipótese f). Os momentos nublados, na área de estudo, tiveram temperaturas mais baixas, assim a falta de sol para se aquecer pode explicar o uso de posturas ainda mais conservadoras. Entretanto, como as posturas adotadas pelos sauás foram sempre conservadoras, tanto quando nublado quanto ensolarado, não podemos concluir a partir desses dados que a postura é utilizada como mecanismo alternativo à seleção de micro-habitats na termorregulação.

Além disso, os sauás não adotaram posturas diferentes entre sol e sombra (hipótese g), não estando relacionada com uma facilitação da absorção da radiação

solar, ao adotar posturas que conferissem maior superfície exposta ao meio. Quando no sol, a exposição do ventre nos momentos de frio também facilitaria o aquecimento do corpo pela rápida absorção de calor, pois áreas com pouca pelagem como o ventre e sem pelagem como mãos, pés e face, são regiões que facilitam a troca de calor com o meio (Schmidt-Nielsen 1997). Entretanto, a exposição do ventre foi rara, quando o sauá estava deitado com o ventre para cima ou lateralmente, uma postura esporadicamente adotada pelos sauás, não demonstrando relação com a temperatura. Assim, a exposição do ventre pelos sauás na Serra do Japi, não parece uma via para facilitação da termorregulação pela absorção de calor, diferentemente do encontrado para o bugio-preto, *Alouatta caraya* de vida livre (Bicca-Marques e Calegari-Marques 1998) e o macaco-aranha, *Ateles chamek* em cativeiro (Azevedo e Bicca-Marques 2003). Possivelmente, o pequeno porte da espécie e a rápida troca de calor com o meio não esteja exigindo posturas que facilitem o fluxo de calor e talvez, também nesse caso, a seleção do micro-habitat adequado já seja suficiente para favorecer o equilíbrio térmico.

Entretanto, os sauás demonstraram adoção diferencial de posturas em condições de alta umidade e temperatura elevada, com um escore de postura mais dissipadora nos dias úmidos do que nos secos (hipótese h). A diferença encontrada se deu pela adoção da postura sentado em maior proporção que a enrolado, ambas posturas tidas como conservadoras, mas a primeira com um grau de dissipação de calor relativamente maior. Possivelmente, essa diferença entre as posturas não seja tão discrepante devido às temperaturas registradas não terem sido tão elevadas, como já discutido. Mas, embora muito próximos, os escores indicam a possibilidade do uso das posturas corporais para amenizar os custos associados à dificuldade de resfriamento evaporativo quando a umidade relativa do ar está elevada.

Assim, nas condições desse estudo, a seleção de micro-habitats foi o comportamento mais evidente em resposta à variação de temperatura. Entretanto, a postura pode estar sendo utilizada na conservação constante de calor nas temperaturas registradas. Portanto, são necessários estudos em áreas em que a variação de temperatura seja maior e que atinja picos elevados, para observar se os sauás utilizariam as posturas como mecanismo termorregulatório.

O comportamento é o resultado visível de várias forças complexas que atuam no animal, sendo difícil detectar qual o principal estímulo que desencadeia o que observamos (Paterson 1986). Ainda assim, evidenciamos a modificação no comportamento dos sauás com a variação de temperatura ambiental. Essa alteração comportamental para reduzir os custos da termorregulação relaciona-se diretamente com outros processos ecológicos, como a susceptibilidade a predação. A alteração na altura de uso do estrato arbóreo pelos sauás devido à procura por um micro-habitat adequado, por exemplo, influencia na sua detectabilidade por predadores. A escolha do micro-habitat adequado balanceará os custos e benefícios termorregulatórios e de proteção contra predadores (além de outros fatores). Dessa forma, ao se estudar padrões comportamentais e ecológicos, a temperatura deve ser avaliada considerando sua influência nas necessidades energéticas do indivíduo e seu reflexo na interação do animal com o meio.

A plasticidade comportamental permite que o animal lide com as variações de temperatura ambiental, minimizando os custos para sua sobrevivência. Entretanto, são necessários ambientes heterogêneos que lhe ofereçam opções de micro-habitats adequados, além de condições microclimáticas ideais para permitir o investimento em crescimento e reprodução. Assim, o estudo dessas respostas comportamentais à temperatura e das características ambientais são temas importantes de serem estudados para a conservação das espécies.

### **Referências Bibliográficas**

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*. 40: 227 - 267.
- Azevedo, R.B. & Bicca-Marques, J.C. 2003. Termorregulação comportamental em macacos-aranha, *Ateles chamek* (Primates, Atelidae), em cativeiro. *Biociências*. 11 (2): 91 - 100.
- Barret, L.; Gaynor, D.; Rendall, D.; Mitchell, D. & Henzi, S.P. 2004. Habitual cave use and thermoregulation in chacma baboons (*Papio hamadryas ursinus*). *Journal of Human Evolution*. 46: 215 - 222.

- Bicca-Marques, J.C. & Calegario-Marques, C. 1998. Behavioral thermoregulation in a sexually and developmentally dichromatic neotropical primate, the black-and-gold howling monkey (*Alouatta caraya*). *American Journal of Physical Anthropology*. 106: 533 - 546.
- Campos, F.A. & Fedigan, L.M. 2009. Behavioral adaptations to heat stress and water scarcity in white-faced capuchins (*Cebus capucinus*) in Santa Rosa National Park, Costa Rica. *American Journal of Physical Anthropology*. 138: 101 - 111.
- Caselli, C.B. & Setz, E.Z.F. 2011. Feeding ecology and activity pattern of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in a semideciduous tropical forest of southern Brazil. *Primates*. 52 (4): 351 - 359.
- CIIAGRO. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Instituto Agrônomo de Campinas. <http://www.ciiagro.sp.gov.br>. Acessado em 14 de agosto de 2011.
- Clutton-Brock, T.H. 1973. Feeding levels and feeding sites of red colobus (*Colobus badius tephrosceles*) in the Gombe National Park. *Folia Primatologica*. 19: 368 - 379
- DaSilva, G.L. 1993. Postural changes and behavioural thermoregulation in *Colobus polykomus*: The effect of climate and diet. *African Journal of Ecology*. 31: 226 - 241.
- Gomes, D.F. & Bicca-Marques, J.C. 2007. Termorregulação comportamental em *Mandrillus sphinx* (Cercopithecidae, Primates) no Parque Zoológico de Sapucaia do Sul, RS. In: Bicca-Marques, J.C. (ed.). *A Primatologia do Brasil*, vol. 10. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Primatologia. pp. 423 - 432.
- Hanya, G.; Kiyono, M. & Hayaishi, S. 2007. Behavioral thermoregulation of Wild Japanese macaques: comparisons between two subpopulations. *American Journal of Primatology*. 69: 802 - 815.

- Hershkovitz, P. 1988. Origin, speciation, and distribution of South American titi monkeys, genus *Callicebus* (Family Cebidae, Platyrrhini). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 140 (1): 240 - 272.
- Hill, R.A. 2006. Thermal constraints on activity scheduling and habitat choice in baboons. *American Journal of Physical Anthropology*. 129: 242 - 249.
- Ivanov, K.P. 2006. The development of the concepts of homeothermy and thermoregulation. *Journal of Thermal Biology*. 31: 24 - 29.
- Jablonski, N.G.; Kelley, E.A.; Sussman, R.W. & Chaplin, G. 2009. A framework for understanding thermoregulation in primates. *American Journal of Physical Anthropology*. 48: 156 - 156.
- Morellato, L.P.C. 1992. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: Morellato, L.P.C. (ed.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp. pp. 98 - 111.
- Neri, F.M. 1997. Manejo de *Callicebus personatus*, Geoffroy 1812, resgatados: uma tentativa de reintrodução e estudos ecológicos de um grupo silvestre na Reserva Particular do Patrimônio Natural Galheiro, MG. Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Norconk, M.A. 2007. Sakis, uakaris and titi monkeys: behavioral diversity in a radiation of primate seed predators. In: Campbell, C.J.; Fuentes, A.; MacKinnon, K.C.; Panger, M. & Bearder, S.K. (eds.). *Primates in perspective*. New York: Oxford University Press. pp. 123 - 138.
- Ostner, J. 2002. Social thermoregulation in redfronted lemurs (*Eulemur fulvus rufus*). *Folia Primatologica*. 73: 175 - 180.
- Paterson, J.D. 1981. Postural-positional thermoregulatory behaviour and ecological factors in primates. *Canadian Review of Physical Anthropology*. 3: 3 - 11.

- Paterson, J.D. 1986. Shape as a factor in primate thermoregulation. *In: Taub, D.M. & King, F.A. (eds.). Current perspectives en primate social dynamics.* New York: Van Nostrand. pp. 228 - 242.
- Perret, M. 1998. Energetic advantage of nest-sharing in a solitary primate, the lesser mouse lemur (*Microcebus murinus*). *Journal of Mammalogy.* 79 (4): 1093 - 1102.
- Pinto, H.S. 1992. Clima na Serra do Japi. *In: Morellato, L.P.C. (ed.). História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil.* Campinas: Editora da Unicamp. pp. 30 - 39.
- Pochron, S.T. 2000. Sun avoidance in the yellow baboons (*Papio cynocephalus cynocephalus*) of Ruaha National Park, Tanzania. Variations with season, behavior and weather. *International Journal of Biometeorology.* 44: 141 - 147.
- Porter, W.P. & Gates, D.M. 1969. Thermodynamic equilibria of animals with environment. *Ecological Monographs.* 39 (3): 227 - 244.
- Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. 2003. Endotermia: um acesso de alto custo à vida. *In: Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. (eds.). A vida dos vertebrados.* 2.ed. São Paulo: Atheneu. pp. 683 - 710.
- Randall, D.; Burggren, W. & French, K. 2000. Usando a energia: enfrentando desafios ambientais. *In: Randall, D.; Burggren, W. & French, K. (eds.). Eckert - Fisiologia Animal: Mecanismos e Adaptações,* 4ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. pp. 619 - 674.
- Schmid, J. 1998. Tree holes used for resting by gray mouse lemurs (*Microcebus murinus*) in Madagascar: insulation capacities and energetic consequences. *International Journal of Primatology.* 19 (5): 797 - 809.
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. Temperature regulation. *In: Schmidt-Nielsen, K. (ed.) Animal physiology: adaptation and environment.* New York: Cambridge University Press, pp. 241 - 296.



- Scholander P.F.; Hock, R.; Walters, V.; Johnson, F. & Irving, L. 1950. Heat regulation in some arctic and tropical mammals and birds. *Biological Bulletin*. 99 (2): 237 - 258.
- Setz, E.Z.F. 1991. Métodos de quantificação de comportamentos de primatas em estudos de campo. *In: Rylands A. B. & Bernardes, A. T. (eds.). A primatologia no Brasil*, vol. 3. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 411 - 435.
- Stelzner, J.K. & Hausfater, G. 1986. Posture, microclimate, and thermoregulation in yellow baboons. *Primates*. 27 (4): 449 - 463.
- Stevenson, R.D. 1985. The relative importance of behavioral and physiological adjustments controlling body temperature in terrestrial ectotherms. *The American Naturalist*. 126 (3): 362 - 386.
- Takahashi, H. 1997. Huddling relationships in night sleeping groups among wild Japanese macaques in Kinkazan Island during winter. *Primates*. 38 (1): 57 - 68.
- Thompson, S.D.; Power, M.L.; Rutledge, C.E. & Kleiman, D.G. 1994. Energy metabolism and thermoregulation in the golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*). *Folia Primatologica*. 63: 131 - 143.
- van Roosmalen, M.G.M.; van Roosmalen, T. & Mittermeier, R.A. 2002. A taxonomic review of the titi monkeys, genus *Callicebus* Thomas, 1903, with the description of two new species, *Callicebus bernhardi* and *Callicebus stephennashi*, from Brazilian Amazonia. *Neotropical Primates*. 10 (suppl.): 1 - 52.
- Walters, T.J.; Ryan, K.L. & Constable, S.H. 2004. Thermoregulation by rhesus monkeys at different absolute humidities. *Journal of Comparative Physiology*. B (174): 481 - 487.
- Zhang, P. & Watanabe, K. 2007. Extra-large cluster formation by Japanese macaques (*Macaca fuscata*) on Shodoshima Island, Central Japan, and related factors. *American Journal of Primatology*. 69: 1119 - 1130.

## Considerações finais

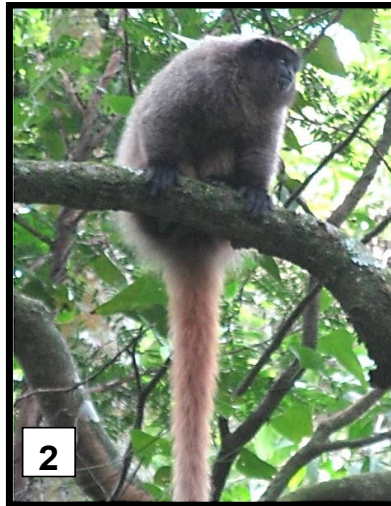
A variação da temperatura ambiental influencia os comportamentos dos sauás. Os sauás estudados investiram mais tempo em forrageio nos meses mais frios e essa variação é independente da disponibilidade de frutos, principal item de sua dieta. Assim, apesar da temperatura não influenciar na seleção por itens de maior valor calórico, a maior proporção de tempo se alimentando nos meses frios pode ser resultado da alteração das necessidades energéticas para termorregulação pela diminuição da temperatura.

Os comportamentos de aglomeração e postura corporal não foram influenciados pela variação de temperatura. A aglomeração parece estar relacionada com as relações sociais, enquanto que as posturas foram predominantemente conservadoras, independente da temperatura ambiental. Entretanto, os sauás selecionaram diferencialmente os micro-habitats em função da temperatura. Esse comportamento pode estar favorecendo a troca de calor com o meio e reduzindo os custos energéticos da termorregulação.

Assim, a variação da temperatura ambiental modifica o padrão comportamental dos sauás. A seleção de micro-habitats e a variação no tempo de forrageio parecem ser os mecanismos utilizados por *Callicebus nigrifrons* para reduzir os custos da termorregulação sob as condições frias de temperatura na Serra do Japi, próximo ao seu limite meridional de distribuição. Ao alterar seu comportamento, a temperatura exerce influência na interação do animal com o meio. Dessa forma, estudos integrados entre aspectos ecológicos, fisiológicos e metabólicos são essenciais para compreender os processos que permeiam a vida dos animais.

O comportamento é o resultado de um balanço entre custos e benefícios que compreendem vários fatores ecológicos, fisiológicos e filogenéticos. Com este trabalho, sugerimos que a temperatura é um deles, e que ao compreender a magnitude da influência da temperatura no comportamento do animal poderemos entender os outros aspectos ambientais e ecológicos que influenciam o comportamento dos animais. Assim, compreender as respostas comportamentais dos animais à variação de temperatura e às condições microclimáticas ideais para a sobrevivência e investimento em crescimento e reprodução, são fundamentais para o entendimento da biologia e conservação das espécies.

## Anexo 1



Posturas corporais adotadas pelos sauás (*Callicebus nigrifrons*) durante o descanso na Serra do Japi - SP. Da mais conservadora para a mais dissipadora de calor: 1- enrolado (foto: Caselli, C.B.), 2- sentado (foto: Gestich, C.C.), 3- deitado (foto: Caselli, C.B.), 4- estendido (foto: Gestich, C.C.), 5- esparramado (foto: Gestich, C.C.).