

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DA SAÚDE E MICROBIOMA INTESTINAL EM *Saguinus*  
*oedipus* SOB CUIDADOS HUMANOS APÓS A REDUÇÃO  
DE FRUTAS E A INCLUSÃO DE GOMAS NA DIETA**

**ANA CAMILA BELTRÁN URREGO**

**Botucatu – SP**  
**2025**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DA SAÚDE E MICROBIOMA INTESTINAL EM *Saguinus oedipus* SOB CUIDADOS HUMANOS APÓS A REDUÇÃO DE FRUTAS E A INCLUSÃO DE GOMAS NA DIETA**

**ANA CAMILA BELTRÁN URREGO**

Dissertação apresentada junto ao  
Programa de Pós-Graduação em Animais  
Selvagens para a obtenção do título de  
Mestre.

**Orientadora:** Profa. Alessandra Melchert

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a)

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| U81a | <p>Urrego, Ana Camila Beltrán</p> <p>Avaliação da saúde e microbiota intestinal em <i>Saguinus oedipus</i> sob cuidados humanos após a redução de frutas e inclusão de gomas em dieta / Ana Camila Beltrán Urrego. - Botucatu, 2025</p> <p>135 p. : tabs., fotos + 1 CD-ROM</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu</p> <p>Orientadora: Alessandra Melchert</p> <p>1. Primatas. 2. Callitrichidae. 3. Nutrição animal. 4. Microbioma intestinal. I. Título.</p> |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**TÍTULO:** AVALIAÇÃO DA SAÚDE E MICROBIOMA INTESTINAL EM *Saguinus oedipus* SOB CUIDADOS HUMANOS APÓS A REDUÇÃO DE FRUTAS E A INCLUSÃO DE GOMAS NA DIETA

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof<sup>a</sup>. Ass. Dr<sup>a</sup>. Alessandra Melchert  
Presidente e Orientadora  
Departamento de Clínica Veterinária  
FMVZ – UNESP – Botucatu

Prof. Dr. Adriano Sakai Okamoto  
Membro Titular  
Departamento de Clínica Veterinária  
FMVZ – UNESP – Botucatu

Prof. Dr. Victor Yunes Guimarães  
Membro Titular  
Departamento de Patologia Clínica Veterinária  
FAEF – GARÇA

Data da defesa: 24 de fevereiro, 2025

## **BIOGRAFIA**

Graduada em Zootecnia pela Universidad Nacional de Colombia em 2021, atualmente é pós-graduanda pela Universidade Tech, com especialização em répteis e fauna silvestre. Possui experiência em pesquisas na área de nutrição e comportamento de diversas espécies de fauna, incluindo primatas neotropicais, xenartros e mustelídeos mantidos em cativeiro, adquirida durante seu trabalho no Zoológico Santacruz (Colômbia).

Atuou como nutricionista, voluntária e residente na área de nutrição em instituições como o RAREC (Peru), o Zoológico de Huachipa (Peru) e o Zoológico de Cali (Colômbia). Desde 2022, é fundadora e atua como nutricionista no seu empreendimento, “NutriZoo Pets”, focado no atendimento em nutrição clínica de animais de estimação. Além disso, dedica-se à pesquisa na área de nutrição e suas interações com o microbioma intestinal de animais silvestres, com enfoque específico em saguis vinculada à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP).

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado.

À Sociedade Internacional de Primatologia (IPS), pelo apoio financeiro que tornou possível a realização de muitos dos procedimentos importantes deste projeto.

Ao Zoológico de Cali, por abrir suas portas e permitir o desenvolvimento deste projeto, destacando o Dr. Juan Camilo Mendoza, médico veterinário da Fundação, por seu imenso apoio em toda a execução do projeto, por sua paciência e seu compromisso com todos e cada um dos animais com quem trabalha dia após dia. Cami, você é um claro exemplo de paixão pela vida.

À equipe de preparadores de dietas do Zoológico de Cali, em especial a Yurian. Obrigado por acolher cada uma das mudanças de dieta e desempenhar seu papel de maneira impecável.

À minha orientadora Alessandra Melchert, um anjo em todo esse processo, porque sem sua orientação e apoio este trabalho não teria sido possível. Foi uma verdadeira honra trabalhar com ela, aprender de sua vasta experiência e ser parte do grupo de orientados.

À minha família, aos meus pais e meu irmão, que mesmo à distância me ofereceram seu apoio incondicional. Vocês não sabem o quanto significou para mim cada ligação, cada mensagem, cada palavra de incentivo; tudo isso fez com que eu me sentisse um pouco mais perto, um pouco mais em casa, e sempre me motivou a seguir em frente. Obrigada por apoiar meus sonhos ao longo da minha vida, porque sem vocês eu não seria a pessoa nem a profissional que sou hoje. Esta conquista é para e para vocês.

Ao meu namorado, que me deu apoio nos dias ruins e compartilhou minhas alegrias nos dias bons. Obrigada por me fazer feliz e por acompanhar meu processo. Mas, acima de tudo, agradeço o fato de que, de certa forma, ele se uniu a este projeto com sua companhia incondicional durante minha estadia em Cali, onde pudemos construir memórias eternas de uma etapa que foi tão crucial para minha vida pessoal e profissional.

Aos meus amigos, destaco Daniel Vanegas, que desde o ensino médio me acompanhou e conheceu cada um dos meus acertos e tropeços, tanto a nível

profissional quanto pessoal. Por seu ânimo, seus conselhos e sua amizade que perdura por anos e atravessou países. Obrigada por me ouvir quando precisei de um amigo e por me fazer ver que, mesmo quando parecia estar sozinha, sempre, à distância, eu teria você. Obrigada, porque ele melhor do que ninguém sabe o que a solidão significou para mim e me animou a continuar em cada um dos momentos em que quis desistir. Obrigada.

À Luciana, por ser um anjo que chegou à minha vida e que me alegrou em cada oportunidade que tive de estar com ela.

Por fim, e não menos importante, à UNESP, à sua equipe docente e à excelente qualidade educacional. Eles abriram as portas para mim, me acolheram em sua comunidade estudantil, pude conhecer incríveis docentes, que devo ressaltar, são pessoas de excelente qualidade humana e admirável trajetória. Sem dúvida, minha passagem pelo Brasil não teria sido a mesma sem a acolhida desta linda Universidade. Meu Infinito agradecimento.

## **ABREVIações**

**ACC** - Ácidos Graxos de Cadeia Curta

**ALP** - Fosfatase Alcalina

**ALPZA** - Asociación Latinoamericana de Parques Zoológicos y Acuarios

**ALT** - Alanina Aminotransferase

**AST** - Aspartato Aminotransferase

**AZA** - Asociación Americana de Zoológicos y Acuarios

**BUN** - Nitrogênio Uréico no Sangue (Blood Urea Nitrogen)

**EB** - Energia Bruta

**ECC** - Escore de Condição Corporal

**ECP** - Escore de condição de Pelagem

**EE** - Extrato Etéreo

**EM** - Energia Metabolizável

**EQP** - Escore de Qualidade de Pelagem

**FB** - Fibra Bruta

**FDA** - Fibra em Detergente Ácido

**FDN** - Fibra em Detergente Neutro

**GABA** - Ácido Gama-Aminobutírico (Gamma-Aminobutyric Acid)

**IPA** - Ácidos Graxos de Cadeia Ímpar (Ímpar Cadeia Ácidos)

**IUCN** - International Union for Conservation of Nature

**NRC** - National Research Council

**OTU** - Unidade Taxonômica Operacional (Operational Taxonomic Unit)

**PC** - Proteína Crua

**SEP** - Síndrome de Emagrecimento Progressivo

**TG** - Triglicerídeos

**BELTRÁN, A. C. Avaliação da saúde e microbiota intestinal em *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos após a redução de frutas e inclusão de gomas em dieta.** Botucatu, 2025. 133p. Dissertação (Mestrado em Animais Selvagens – Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

## **RESUMO**

O Saguí-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) possui uma dieta frugívoro-insetívora com consumo ocasional de gomas. No entanto, em cativeiro, a inclusão de insetos e exsudatos vegetais é limitada. O uso excessivo de frutas ricas em açúcares e pobres em fibras tem sido associado à incidência de problemas gastrointestinais, comportamentais e alterações na microbiota intestinal. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da implementação de uma dieta baixa em frutas sobre a saúde de três grupos de saguis-cabeça-de-algodão sob cuidados humanos e o impacto do aumento da fibra sobre o microbioma intestinal. Foram realizadas avaliações de saúde, microbioma e comportamento antes da mudança da dieta e 4 meses após sua implementação. Avaliaram-se comportamento, peso, escore de condição corporal (ECC), estado da pelagem, parâmetros hematológicos e bioquímicos, escore fecal e microbiota intestinal por meio de técnicas de metagenômica. Não foram encontradas diferenças na ocorrência de comportamentos relacionados à mudança de dieta, nem alterações significativas nos valores hematológicos e bioquímicos. Melhorias na qualidade da pelagem foram observadas e relacionadas com aumentos no peso corporal e no ECC. As fezes passaram de uma consistência mole-aquosa para fezes formadas e consistentes. Quanto ao microbioma, observou-se um aumento geral na diversidade de espécies bacterianas com a nova dieta, onde os filos Firmicutes, Actinobacteria e Bacteroidetes foram os mais abundantes. Detectou-se um aumento na produção potencial de ácidos graxos de cadeia curta e vitaminas (B2, B7, B9, K). Em geral, a redução de fruta mostrou resultados positivos para o estado nutricional dos indivíduos, além de sua capacidade potencial para o aproveitamento e fermentação de fibras.

**Palavras-chave:** Análises clínicas, Callitrichidos, Disbiose, Fibra alimentar, Fruit-free.

**BELTRÁN, A. C. Health and gut microbiota assessment in *Saguinus oedipus* under human care after the reduction of fruits and inclusion of gums in the diet.** Botucatu, 2025. 133p. Dissertação (Mestrado em Animais Selvagens) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

**SUMMARY:** The Cotton-top Tamarin (*Saguinus oedipus*) has a frugivore-insectivore diet with occasional consumption of gums. However, in captivity, the inclusion of insects and plant exudates is limited. Excessive use of high-sugar, low-fiber fruits has been associated with the incidence of gastrointestinal issues, behavioral problems, and alterations in gut microbiota. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of implementing a low-fruit diet on the health of three groups of Cotton-top Tamarins under human care and to assess the impact of increased fiber on the gut microbiome. Health, microbiome, and behavior assessments were conducted before the diet change and 4 months after its implementation. Behavior, weight, body condition score (BCS), coat condition, hematological and biochemical parameters, fecal score, and gut microbiota were evaluated using metagenomics techniques. No differences were found in diet-related behaviors, nor were there significant changes in hematological and biochemical values. Improvements in coat quality were observed and were related to increases in body weight and BCS. Feces changed from a soft-watery consistency to formed and consistent stools. Regarding the microbiome, an overall increase in bacterial species diversity was observed with the new diet, with the phyla *Firmicutes*, *Actinobacteria*, and *Bacteroidetes* being the most abundant. An increase in the potential production of short-chain fatty acids and vitamins (B2, B7, B9, K) was detected. Overall, the reduction of fruit showed positive results for the individuals' nutritional status, along with their potential capacity for fiber utilization and fermentation.

**Keywords:** Clinical analyses, Callitrichids, Dysbiosis, Dietary fiber, Gastrointestinal health.

## Lista de Figuras

### Capítulo III – Trabalhos científicos

#### Seção 1

**Figura 1.** Cavidade oral de indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* sob protocolo anestésico para exame clínico. ....61

**Figura 2.** Evolução do peso corporal de machos e fêmeas adultos de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos durante o período experimental.....62

**Figuras 3.** Avaliação do escore fecal (fezes de maior ocorrência) em três grupos de *Saguinus oedipus* sob cuidado humano, durante o processo de redução de açúcares e aumento de fibra na dieta.....63

#### Seção 2

**Figura 1.** Procedimento de extração de sangue na veia femoral em *Saguinus oedipus*.....77

**Figura 2.** Correlação entre diferentes parâmetros bioquímicos obtida a partir de valores encontrados em *Saguinus oedipus* (N= 14). ....81

#### Seção 3

**Figura 1.** Fezes de indivíduo de *Saguinus oedipus* na vida livre sob procedimento anestésico (Fundación Proyecto Tití, Colombia).....105

#### Seção 4

**Figura 1.** Consumo médio de fibra em detergente neutro (FDN) e açúcar estimado para três grupos de *Saguinus oedipus* sob dois regimes de alimentação. ....114

**Figura 2.** Abundância relativa dos filos encontrados com maior predominância em três grupos de *Saguinus oedipus* (H1, H2 e H3) antes e após redução de fruta na dieta.

.....115

**Figura 3.** Abundância relativa de gêneros de bactérias presentes no microbioma intestinal de indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* (>1%).....116

**Figura 4.** Abundância relativa de espécies de bactérias do microbioma intestinal em um grupo de indivíduos *Saguinus oedipus* (N=6) identificadas a partir de um pool fecal sob dois regimes alimentares. H1A: antes da mudança da dieta; H1B: após a mudança da dieta.

..... 117

**Figura 5.** Abundância relativa de espécies de bactérias do microbioma intestinal em um grupo de indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* (N=6) identificadas a partir de um pool fecal sob dois regimes alimentares. H2A: antes da mudança da dieta; H2B: após da mudança a dieta.

.....119

**Figura 6.** Abundância relativa de espécies de bactérias do microbioma intestinal em um par de indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* (N=2) sob uma dieta pobre em frutas, identificadas a partir de um pool fecal. H3B: após a mudança da dieta.

.....120

**Figura 7.** Produção potencial de metabolitos do microbioma intestinal de grupos familiares de *Saguinus oedipus* antes e depois da redução de frutas na dieta..122

**Figura 8.** Produção potencial de Vitaminas e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do microbioma intestinal de grupos familiares de *Saguinus oedipus* antes e depois da redução de frutas na dieta.....124

## Lista de Tabelas

### Capítulo III – Trabalhos científicos

#### Seção 1

**Tabela 1.** Organização dos grupos e identificação dos indivíduos no presente estudo.....49

**Tabela 2.** Proporção de inclusão por tipo de alimento na dieta de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos durante transição gradual para uma dieta com baixo teor de frutas.....51

**Tabela 3.** Dieta convencional (Dieta A) e dieta reduzida em açúcares (Dieta B) utilizadas para o manejo nutricional de saguis-cabeça-de-algodão.....56

**Tabela 4.** Composição de consumo e oferta de nutrientes em duas dietas formuladas para *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos .....58

**Tabela 5.** Peso corporal, necessidade de energia metabolizável (NEM) média, consumo de alimento médio, e oferta de energia metabolizável (EM) de três grupos de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos sob dois modelos de alimentação .....59

#### Seção 2

**Tabela 1.** Proporção de inclusão por tipo de alimento na dieta de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos. ....76

**Tabela 2.** Valores hematológicos obtidos de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos antes e após a transição para uma dieta com baixo teor de frutas.....80

**Tabela 3.** Valores bioquímicos séricos obtidos de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos antes e após a transição para uma dieta com baixo teor de frutas. ....80

### Seção 3

**Tabela 1.** Alimentos reportados nas dietas de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos.....101

**Tabela 2.** Percentagem de inclusão de ingredientes e quantidade de alimento em matéria fresca das dietas de *Saguinus oedipus* mantidos sob cuidados humanos.....102

**Tabela 3.** Composição das dietas oferecidas a indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* em 10 instituições zoológicas.....103

**Tabela 4.** Peso corporal médio de indivíduos adultos da espécie *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos agrupados segundo a oferta alimentar por indivíduo ao dia .....103

**Tabela 5.** Classificação do escore fecal em *Saguinus oedipus*.....104

### Seção 4

**Tabela 1.** Composição nutricional na matéria seca das dietas fornecidas para *Saguinus oedipus* prévia a modificação (Dieta A) e após a redução da fruta (Dieta B) .....111

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

|                       |   |
|-----------------------|---|
| 1 INTRODUÇÃO.....     | 1 |
| Hipótese.....         | 3 |
| Objetivos             |   |
| Objetivo geral        |   |
| Objetivos específicos |   |

### CAPÍTULO II

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 2 REVISÃO DA LITERATURA.....                                   | 5  |
| Família callitrichidae.....                                    | 5  |
| Hábitos alimentares dos callitrichidae.....                    | 5  |
| Características do sagui-cabeça-de-algodão.....                | 7  |
| Hábitos alimentares do sagui-cabeça-de-algodão.....            | 7  |
| Manejo nutricional dos saguis em cativeiro.....                | 8  |
| Recomendações do manejo nutricional em Saguis.....             | 10 |
| Nutrição em Cativeiro e suas Implicações para a saúde.....     | 11 |
| Microbiota e microbioma intestinal em relação com a saúde..... | 13 |
| Microbiota intestinal em primatas.....                         | 15 |
| Modelo alimentar <i>Fruit-Free</i> .....                       | 18 |
| Referências.....                                               | 19 |

### CAPÍTULO III

#### 3 TRABALHO CIENTÍFICO

**Seção 1.** Avaliação de parâmetros nutricionais e de saúde em saguis-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) após a redução de açúcares e o aumento de fibras na dieta..... 47

**Seção 2:** Valores hematológicos e bioquímicos em saguis-cabeça-de-algodão (*saguinus oedipus*) sob cuidados humanos após a implementação do modelo de alimentação “fruit-free” .....73

**Secção 3:** Explorando Práticas Alimentares e Consistência Fecal de

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Saguinus oedipus</i> em Instituições Zoológicas .....                                                                                                                   | 87  |
| <b>Seção 4:</b> Impacto do consumo de açúcares e fibras sobre o microbioma intestinal de saguis-de-cabeça-de-algodão ( <i>Saguinus oedipus</i> ) sob cuidados humano ..... | 108 |
| <b>Seção 5:</b> Livro para crianças – “Tito o sagui aventureiro” .....                                                                                                     | 134 |



## INTRODUÇÃO

O sagui-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) é uma espécie de primata do Novo Mundo, pertencente à família Callitrichidae. Esta espécie apresenta uma distribuição geográfica limitada, sendo encontrada apenas nas florestas secas tropicais da Colômbia, especificamente nos departamentos de Atlântico, Sucre, Córdoba, Bolívar, Antioquia e Chocó (Savage et al., 2023). Atualmente, a espécie está catalogada pela IUCN (2024) como em estado crítico de extinção, tornando-se imperativo melhorar suas condições de bem-estar sob cuidados humanos, a fim de elevar a taxa de sobrevivência de espécimes que poderiam ser potencialmente incluídos em programas de conservação.

Entre os aspectos críticos a serem melhorados sob condições de cativeiro, destaca-se a importância da nutrição como um dos principais domínios do bem-estar animal (Mellor et al., 2020). Este domínio tem sido objeto de estudo e de particular interesse em várias espécies de Callitrichidae, devido às complicações de saúde associadas ao manejo nutricional que frequentemente ocorrem nas instituições que os abrigam (Yoshimoto et al., 2016; Malukiewicz et al., 2022).

No caso específico do sagui-de-cabeça-de-algodão, classificado por seus hábitos alimentares como frugívoro-insetívoro, com consumo ocasional de gomas (NRC, 2003), foram relatados casos de problemas digestivos crônicos, colite sem patogênese clara (Yoshimoto et al., 2016; Malukiewicz et al., 2022), adenocarcinoma de cólon (Leong et al., 2004), obesidade (Strike & Feltrer, 2017), doenças periodontais (Acosta & Moreno, 2007; Cabana & Nekaris, 2015), colite severa e câncer de cólon (Potkay, 1992). Essas condições têm sido associadas a inadequadas condições de cativeiro, incluindo má adequação de habitat, estresse, acesso inadequado a recursos e manejo nutricional inadequado (Leong et al., 2004).

As dietas oferecidas em cativeiro, em geral, caracterizam-se por altos níveis de frutas e açúcares, baixos níveis de fibra e pouca inclusão de insetos e gomas, considerados relevantes dentro de sua dieta (Cabana et al., 2018). Isso tem uma relação estreita com a alta incidência de problemas gastrointestinais e alterações consequentes na microbiota intestinal, cuja biodiversidade e equilíbrio

são considerados indicadores da saúde de seus hospedeiros (Clayton et al., 2018). Essas afirmações baseiam-se nas múltiplas relações e funções da microbiota que foram estudadas com maior atenção nos últimos anos, entre as quais se destacam: regulação do metabolismo xenobiótico, produção de vitaminas, defesa contra patógenos, atenuação de processos inflamatórios, participação no desenvolvimento do sistema imunológico, desenvolvimento de habilidades cognitivas e efeitos diretos no comportamento (Amato & Righini, 2015).

A execução das funções mencionadas pode ser alterada como consequência dos desequilíbrios nutricionais, também associados à perda da diversidade microbiana e alterações na composição populacional da microbiota (Archie & Tung, 2015). Afirma-se que espécies de consumo especializado, como os callitrichídeos, são mais suscetíveis a mudanças na dieta, pois precisam abrigar microrganismos intestinais dedicados ao metabolismo de carboidratos não digeríveis presentes nos exsudatos (Sheh et al., 2022). Com base nisso, tem sido sugerida uma mudança no modelo alimentar desse grupo de primatas, contemplando uma alimentação base livre de frutas ou com inclusões não superiores a 10%, com maiores inclusões de elementos fibrosos como vegetais (Plowman & Cabana, 2019), gomas ou exsudatos próprios para consumo de primatas (Herron et al., 2001), e concentrados comerciais desenhados especificamente para primatas (EAZA, 2022).

No entanto, ainda existem poucos estudos sobre o efeito das mudanças da dieta, acima citadas, sobre microbiota. Sendo assim, é necessário aprofundar na pesquisa para melhor compreender as implicações da redução de carboidratos provenientes das frutas e o aumento de fibra total sobre o microbioma intestinal. Além de integrar a avaliação do microbioma com os parâmetros de saúde, o estado nutricional e o comportamento, de modo a ser possível gerar recomendações objetivas sobre as adequações das dietas para esta espécie.

## **HIPÓTESE**

A redução significativa de frutas na dieta dos primatas terá efeitos positivos sobre o estado nutricional dos animais, influenciando também parâmetros de bioquímica sanguínea, como glicose e triglicerídeos. A segunda hipótese é a de que a composição do microbioma intestinal dos indivíduos responderá à mudança na dieta; ao consumir uma maior quantidade de fibra e uma menor quantidade de açúcar, espera-se um aumento na abundância relativa de bactérias especializadas na fermentação de fibra, com mudanças mais pronunciadas nos filos Bacteroidetes e Firmicutes, assim como uma maior produção potencial de ácidos graxos de cadeia curta.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

Avaliar o efeito da implementação de uma dieta baixa em frutas sobre a saúde de três grupos de saguis-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) sob cuidados humanos e o impacto do aumento da fibra sobre o microbioma intestinal

### **Objetivos específicos**

- Balancear uma dieta palatável, baixa em frutas, com inclusão de gomas e rica em fibras que atenda às exigências nutricionais da espécie.
- Avaliar o estado de saúde do grupo de animais mediante parâmetros físicos e químicos antes e após a mudança de dieta.
- Determinar a abundância e composição da microbiota intestinal e seus metabolitos antes e depois da transição alimentar.
- Gerar recomendações sobre o uso e implementação de dietas com baixo teor de frutas na espécie *Saguinus oedipus*.

## **CAPÍTULO II**

## REVISÃO DA LITERATURA

### Família callitrichidae

Os calitriquídeos são um grupo de primatas platirrinos do Novo Mundo, considerados os menores primatas neotropicais da América Central e do Sul, com dois grandes grupos conhecidos como saguis e tamarinos, os quais apresentam cerca de 60 espécies e subespécies que habitam grande parte da América do Sul (Buckner et al., 2015). Esta família está composta pelos gêneros *Cebuella*, *Saguinus*, *Callimico*, *Callithrix* e *Leontopithecus* (Rylands et al., 2016).

*Saguinus* é o gênero mais rico em espécies entre os calitriquídeos, com 33 táxons distribuídos em várias sub-regiões da Amazônia, incluindo a presença particular de três espécies no norte da Colômbia e Panamá (Buckner et al., 2015).

Entre os gêneros de callitrichidae, existem características morfológicas comuns tais como o pequeno tamanho corporal, a tendência a ter gêmeos, presença de unhas em forma de garras, e uma morfologia de molares superiores com três cúspides (Forsythe & Ford, 2011). Essas características estão relacionadas ao seu papel ecológico e aos seus hábitos de alimentação especializados, que envolvem a aderência aos troncos verticais das árvores para se alimentar de exsudatos e néctar (Sussman & Kinzey, 1984). Além disso, têm o potencial de atuar como dispersores de sementes para algumas espécies de plantas, devido à associação com o consumo de frutos (Silva et al., 2018), e de atuar como potenciais polinizadores por sua interação com diversas flores (A. Ique & Aquino, 2015).

### Hábitos alimentares dos Calitriquídeos

Os Calitriquídeos podem ser classificados como frugívoros-insetívoros, com consumo sazonal de gomas, ou gomívoros-insetívoros, com consumo sazonal de frutos de acordo com a disponibilidade de recursos (NRC, 2002). Em geral, todas as espécies de Calitriquídeos consomem exsudatos ou gomas vegetais, no entanto, a quantidade e a frequência de consumo variam dentro das espécies devido às suas preferências e adaptações fisiológicas que permitem que

algumas delas aproveitem de maneira mais eficiente esse recurso do que outras (Heymann & Smith, 1999). Um exemplo claro pode ser visto nas adaptações morfológicas dos gêneros *Callithrix*, *Saguinus* e *Cebuella*, que apresentam um conjunto particular de dentes com incisivos inferiores longos e estreitos, e caninos inferiores incisiformes, que lhes permitem extrair eficientemente exsudados dos arvores (Forsythe & Ford, 2011).

Da mesma forma, adaptações anatômicas especializadas para a digestão de gomas foram descritas em espécies do gênero *Callithrix* e *Cebuella*, uma vez que estas são compostas por carboidratos complexos que os mamíferos não conseguem digerir enzimaticamente e cuja energia só pode ser disponibilizada por fermentação microbiana (Heyman & Smith, 1999). Para isso, os indivíduos dos gêneros em menção, têm um ceco comparativamente aumentado, o que permite taxas de passagem intestinal lentas e maior tempo de fermentação microbiana (Digby et al., 2006). Graças a isso e às observações registradas em vida livre sobre o consumo de recursos, esses gêneros são classificados como primatas de hábito gomívoro-insetívoro (NRC, 2002).

O maior grau de gomivoria é associado à presença de mãos e pés proporcionalmente maiores, unhas mais curvas em forma de garra e maior densidade de cristas padronizadas nas superfícies volares das mãos e pés, o que facilita a escalada em substratos verticais (Smith & Smith, 2013).

Por outro lado, os gêneros *Saguinus*, *Leontopithecus* e *Callimico* são considerados gomívoros oportunistas, pois não possuem adaptações anatômicas suficientes para o uso eficiente de gomas, sendo as frutas e insetos a base de sua dieta (Silva et al., 2021). Por essa razão, esses três gêneros são classificados como espécies de hábito frugívoro-insetívoro (NRC, 2002).

Outros recursos alimentares registrados no consumo dos calitriquídeos incluem aranhas, pequenos vertebrados, néctar e sementes (Abreu et al., 2016; Silva et al., 2018; Heymann, 2022). Outros autores ainda relatam comportamentos de geofagia em vida livre, sob a hipótese de suprir o consumo de alguns minerais deficientes na dieta (Heymann & Hartmann, 1991).

### **Características do sagui-cabeça-de-algodão**

O sagui-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) é uma espécie de primata Callitrichidae atualmente catalogada pela IUCN como criticamente ameaçada de extinção (Rodríguez et al., 2021). Em parte, esta espécie representa um desafio para a conservação porque é um primata endêmico da Colômbia, que habita exclusivamente os departamentos de Atlântico, Sucre, Córdoba, no oeste de Bolívar, no noroeste de Antioquia e no nordeste do Chocó (Savage et al., 2023).

Uma das principais ameaças à espécie é a perda e destruição do habitat, decorrente dos conflitos sociais, econômicos e demográficos das regiões onde habita (De La Osa, 2014; Savage et al., 2016). Além disso, a espécie também tem sido relatada como vítima de tráfico ilegal de animais com fins de ser comercializada como animal de estimação (Savage et al., 2010).

Uma das principais características do sagui-cabeça-de-algodão é a presença de uma "juba" de pelos longos e brancos ao redor da cabeça, que contrasta com a pele negra do rosto (Lang, 2005). Na vida livre, eles podem atingir pesos entre 410 e 450g para fêmeas e machos, respectivamente, enquanto em cativeiro, a média registrada é de 565g (Savage, 1990). Essa diferença de peso foi relatada por alguns pesquisadores como um dimorfismo sexual da espécie, com os machos sendo maiores do que as fêmeas (Shelton, 2018).

Quanto ao comportamento social, os saguis-cabeça-de-algodão vivem em grupos de três a dez indivíduos, formados por um macho reprodutivo, uma fêmea reprodutiva e um ou mais outros membros, que defendem territórios de 2 a 12 ha (Díaz et al., 2023).

### **Hábitos alimentares do sagui-cabeça-de-algodão**

Entre 80 e 136 espécies de plantas, incluindo árvores, arbustos, palmeiras, epífitas e cipós, foram registradas como parte da dieta do sagui-cabeça-de-algodão em vida livre, das quais consomem principalmente frutos, exsudatos, néctar e flores (De La Ossa, 2014; Savage et al., 2022). Relatórios específicos mostraram dietas compostas por 28 - 60% de frutos dependendo da estação, 14

- 45% de exsudatos, 2,1 - 16,9% de néctar, 9,8% de artrópodes, 1,1% de fungos, 0,7% de flores e, ocasionalmente, anfíbios arvoreos (García-Castillo & Defler, 2018). Também foi descrito que o consumo de frutos, embora disponível ao longo do ano, ocorre com maior frequência durante o final da estação chuvosa (agosto - novembro), enquanto o consumo de exsudatos é mais frequente na estação seca (dezembro - março) (Savage et al., 2022).

Os saguis-cabeça-de-algodão também tem sido descritos como espécies insetívoras, com registros de consumo de cerca de 40% de insetos na sua dieta (Lang, 2005), razão pela qual, em geral, são classificados como primatas de hábito frugívoro-insetívoro, com consumo sazonal de gomas (NRC, 2002). O consumo de gomas ou exsudatos de espécies como *A. excelsum* e *S. mombin* tem sido relatado como um componente importante da dieta dos saguis-cabeça-de-algodão, com registros de consumo de cerca de 12% da dieta total (García-Castillo & Defler, 2018). Essas gomas foram identificadas e descritas como recursos ricos em cálcio, potássio, sódio e magnésio, podendo desempenhar um papel importante no equilíbrio nutricional desses primatas (García-Castillo, 2016).

As gomas também têm sido descritas como fontes vitais de energia em Calitriquídeos, devido ao fato de possuírem um trato digestivo curto, com taxas de passagem geralmente não superiores a duas horas (Savage et al., 1990). Isso pode afetar a digestão e aproveitamento de nutrientes de maneira eficaz, resultando em uma menor capacidade para obter energia que poderia ser compensado pela densidade energética dos exsudatos e seu potencial efeito na redução da taxa de passagem (de La Osa, 2014). Outro dos benefícios descritos sobre o consumo desse tipo de gomas são suas propriedades medicinais, conferindo-lhes uma ação anti-helmíntica e cicatrizante, o que também poderia ter um efeito positivo na saúde desses primatas em vida livre (Ayoka et al., 2008).

### **Manejo nutricional dos saguis em cativeiro**

Graças às associações históricas dos primatas com o consumo de frutas é comum encontrar que dietas formuladas para calitriquídeos em cativeiro incluem

grandes quantidades de frutas como base principal da alimentação (Goodroe et al., 2021). No entanto, os calitriquídeos em vida livre apresentam dietas diversificadas, compostas por uma variedade de recursos, incluindo insetos, gomas (Entenda-se como produtos comerciais elaborados à base de exsudados que são utilizados como recurso nas instituições zoológicas), néctar, flores e sementes em quantidades variadas.

As dietas fornecidas pelas instituições, por outro lado, são geralmente limitadas, consistindo principalmente de papas, grandes quantidades de frutas e quantidades mínimas de outros componentes essenciais de sua dieta natural, como insetos e gomas (Huber & Lewis, 2011; Plowman, 2015; Cabana et al., 2018). No caso do *Saguinus oedipus*, foram reportadas dietas sob cuidados humanos compostas por 27% de proteína de origem animal e 38% de ração para primatas (King, 1978). Outros autores destacaram que, em instituições com dietas compostas por 45,4 - 55,7% de alimentos comerciais, 27,3 - 29% de frutas, 12 - 21,8% de vegetais, 3% de insetos e 0,1 - 5% de suplementos nutricionais, foi possível manter com sucesso populações saudáveis de saguis-cabeça-de-algodão em cativeiro (Savage, 1995).

Porém, afirma-se que os aportes nutricionais dos insumos utilizados em cativeiro usualmente diferem dos alimentos que consomem na vida livre (Nijober et al., 2006; Chih et al., 2014; Plowman, 2018), principalmente no que se refere às frutas destinadas ao consumo humano, que geralmente contêm maiores quantidades de carboidratos e açúcar, e menores quantidades de fibras e minerais em comparação com as frutas silvestres (McLennan & Ganhorn, 2017; Bryson-Morrison et al., 2020).

Plowman e Cabana (2019) afirmam que o teor de fibra em detergente neutro (FDN) em frutas para consumo humano atinge em média 13%, enquanto frutas silvestres podem chegar a 50%, com teores de carboidratos de fácil digestão abaixo de 40%. Por outro lado, Chih et al. (2014) reportaram que, em zoológicos europeus e norte-americanos onde as dietas eram compostas por grandes quantidades de frutas, os teores de FDN e fibra em detergente ácido (FDA) eram em média 12.5 e 6.3%, respectivamente. No caso dos Calitriquídeos, Cabana et al. (2018) relatam que, em média, as dietas oferecidas em cativeiro para todos

os gêneros em zoológicos europeus contêm cerca de 53% de carboidratos não estruturais totais e níveis relativamente baixos de fibra, com médias de 10.5% para FDN e 6% para fibra bruta.

O fornecimento de dietas inadequadas, ricas em açúcar e pobres em fibras, consequência do acesso limitado a ingredientes que mimetizam o conteúdo nutricional dos alimentos obtidos em vida livre (Chih et al., 2014), poderia estar correlacionado com os diferentes problemas de saúde observados em cativeiro, como a incidência de problemas gastrointestinais, diarreia crônica, enterite crônica (Malukiewicz et al., 2022), obesidade e diabetes (Strike & Feltrer, 2017; Goodroe et al., 2021).

Portanto, para realizar um plano nutricional adequado, é necessário conhecer a biologia e a ecologia nutricional de cada espécie, pois cada uma possui uma série de estratégias alimentares que foram desenvolvidas sob um conjunto de restrições ambientais e sociais para se reproduzir com sucesso (Rothman et al., 2012).

### **Recomendações do manejo nutricional em Saguís**

Dentro das considerações básicas para o estabelecimento de um plano nutricional para qualquer espécie, é essencial conhecer tanto seus hábitos alimentares em condições de vida livre, quanto os níveis ideais de consumo de nutrientes (Layne & Power, 2003).

No caso da exigência de proteína sugerida pela NRC (2003) para primatas do Novo Mundo, para as fases de crescimento pós-desmame e reprodução, foi proposto um intervalo entre 15% e 22% de proteína na matéria seca (MS). As gorduras foram descritas como uma das fontes de energia menos necessárias para saguis-de-cabeça-de-algodão, estabelecendo que teores entre 8,9% e 9,2% na MS são suficientes para saguis-de-cabeça-de-algodão em cativeiro (Savage, 1995). Para as fibras FDN e FDA, foram recomendadas quantidades mínimas de 10% e 5%, respectivamente (EAZA, 2022).

Requisitos especiais de nutrientes, como a vitamina D3, foram estudados em saguis e micos, os quais podem requerer níveis mais elevados do que outros primatas do Novo Mundo (Crissey et al., 2003). Em saguis-de-cabeça-de-

algodão alimentados com dietas que contêm 2500UI de vitamina D3/kg de MS, demonstrou-se ser uma quantidade suficiente para sustentar o crescimento e a reprodução de indivíduos da espécie, obtendo concentrações séricas semelhantes às observadas em animais de vida livre (Ullrey et al., 1999).

A vitamina C também é considerada essencial para os calitriquídeos devido à sua capacidade limitada de sintetizar esse nutriente de maneira endógena (Fujii, 2021). Assim como em outros primatas não-humanos, indivíduos dos gêneros *Callithrix* e *Saguinus* são incapazes de sintetizar o ácido ascórbico (Flurer & Zucker, 1989). Por isso, recomenda-se a oferta de dietas que forneçam um mínimo de 500 mg/kg de MS para manter as concentrações de ascorbato no sangue acima do limiar renal (Crissey et al., 2003).

### **Nutrição em Cativeiro e suas Implicações para a saúde**

Nos últimos anos, vários problemas de saúde associados a dietas inadequadas têm sido relatados em primatas, sendo as doenças gastrointestinais e a obesidade alguns dos mais comuns (Plowman, 2015). Estes, por sua vez, estão relacionados a outras complicações, como doenças cardíacas, câncer, diabetes e problemas reprodutivos (Register & Clarkson, 2009; Plowman, 2013). Outras complicações como doenças periodontais e problemas comportamentais, incluindo agressividade e estereotípias, têm sido associadas ao inadequado manejo alimentar (Britt et al., 2015; Cabana, 2016).

Especificamente em calitriquídeos, alguns sintomas relatados na maioria das doenças digestivas crônicas incluem perda de peso, desgaste muscular, apetite voraz, emaciação, fraqueza muscular, distúrbios de coordenação, paralisia dos membros traseiros, diarreia crônica, letargia, pelagem áspera e perda de pelo na cauda (de Moraes et al., 2007). Esses sintomas têm sido relacionados a dietas inadequadas, que estão associadas ao desenvolvimento de diversas doenças, como a doença inflamatória intestinal crônica, má absorção, diarreia crônica, enterite, colite sem patogênese clara e Síndrome de Emagrecimento Progressivo (SEP) (Yoshimoto et al., 2016; Malukiewicz et al., 2022).

Em alguns calitriquídeos usados para pesquisa biomédica, a SEP tem sido associada à Doença Inflamatória Intestinal (DII) em humanos (Fitz et al., 2020),

caracterizada por diarreia crônica, eficiência digestiva reduzida e perda de peso progressiva, o que leva a uma diminuição da albumina sérica, homeostase do cálcio e má absorção de lipídios (Ross et al., 2020). No entanto, colite grave, a SEP e câncer de cólon não são, ou raramente são observados em populações selvagens de saguis-cabeça-de-algodão (Potkay, 1992). Isso sugere que a alta suscetibilidade à colite espontânea em cativeiro pode ser mais influenciada por fatores de manejo do que por predisposição genética na etiologia dessa forma de doença inflamatória intestinal (Wood et al., 1998).

De fato, foram encontradas evidências de que a incidência da SEP em saguis está relacionada à disponibilidade de nutrientes como magnésio, zinco, potássio, fibra total e FDN, sendo os dois últimos responsáveis por gerar um efeito protetor contra a SEP (Cabana et al., 2018). Algumas das funções que a fibra desempenha, e para as quais se atribui esse efeito protetor, incluem: ação prebiótica, prevenção da colonização intestinal por microrganismos patogênicos, produção de compostos anti-inflamatórios, absorção de nutrientes, fornecimento de energia, tamponamento do pH, entre outros (Greene et al., 2018; Cabana et al., 2018). Por outro lado, a inclusão de gomas também foi descrita como um fator importante para a prevenção da SEP, graças ao seu papel na redução da taxa de passagem, o que evitaria má absorção ou problemas de digestão inadequada associados a uma taxa de passagem acelerada (Cabana et al., 2018).

Além das consequências digestivas, as dietas inadequadas também estão ligadas à obesidade, diabetes (Strike & Feltrer, 2017; Goodroe et al., 2021), adenocarcinoma do cólon (Leong et al., 2004), doenças periodontais (Acosta & Moreno, 2007; Cabana & Nekaris, 2015), doenças ósseas (Standaert et al., 2002), doenças cardíacas (Leong et al., 2004) e linfossarcoma, que é a neoplasia mais comum em saguis (David et al., 2009).

A obesidade emergiu como um achado clínico frequente em calitriquídeos, gerando um aumento de patologias raramente vistas anteriormente (Ross et al., 2020). Um estudo realizado com a espécie *Saguinus leucopus* revelou que a condição de sobrepeso estava correlacionada com níveis mais altos de colesterol e era consistente com desequilíbrios nutricionais, associados ao

consumo elevado de carboidratos e menor atividade física (Soto-Calderón et al., 2016). Isso representa uma ameaça potencial para populações em cativeiro, uma vez que estudos mostraram que calitriquídeos em cativeiro alimentados com uma dieta rica em gordura, colesterol e glicose frequentemente se tornam obesos e desenvolvem hipertensão, insuficiência hepática, doenças cardiovasculares e diabetes mellitus (Wachtman et al., 2011).

Por outro lado, esses efeitos estão intimamente relacionados com a saúde geral do trato digestório, onde vivem bilhões de bactérias que compõem a microbiota intestinal (Clayton et al., 2018), também denominada o “segundo cérebro” devido aos seus múltiplos eixos e relações recíprocas com vários sistemas e funções do organismo (Ochoa-Repáraz et al., 2016).

### **Microbiota e microbioma intestinal em relação com a saúde**

A microbiota intestinal é uma vasta coleção de bactérias, vírus, fungos e protozoários (Sánchez et al., 2017), os quais proporcionam benefícios metabólicos e imunológicos importantes para o hospedeiro, e cuja biodiversidade e equilíbrio são considerados indicadores de saúde (Clayton et al., 2018). Evidências crescentes apontam que a diversidade adequada da microbiota intestinal é essencial para o funcionamento fisiológico adequado de outros sistemas e órgãos, especialmente o cérebro (Dian & Cryan, 2017; Kim et al., 2014).

Por sua vez, o microbioma intestinal refere-se não apenas a comunidade de microorganismos, mas também aos metabolitos que eles produzem, ao material genético dos microorganismos e ao DNA extracelular presente (Berg et al., 2020). Um dos eixos mais importantes e amplamente estudados nos últimos anos, tanto em humanos quanto em animais, é o eixo bidirecional intestino-cérebro, que relaciona o microbioma intestinal e as suas interações com as funções cerebrais (Arotcarena et al., 2020).

A influência do microbioma no cérebro tem sido estudado em função da disponibilidade de triptofano e a síntese de serotonina, descrevendo que algumas cepas de bactérias são capazes de produzir serotonina a partir do

triptofano (O'Mahony et al., 2015). Isso tem sido refletido nos achados de alterações na microbiota intestinal de humanos e primatas não humanos submetidos a condições de estresse, com distúrbios depressivos (Cheng et al., 2021), distúrbios comportamentais e distúrbios cognitivos leves (Banfi et al., 2021). Por outro lado, indivíduos que apresentam a síndrome do intestino irritável, a qual foi descrita como um dos distúrbios prototípicos do eixo cérebro-intestino-microbiota, frequentemente têm comorbidade com depressão ou ansiedade (Dian & Cryan, 2017).

Outro objeto de estudo é a estreita relação que tem sido descrita entre o sistema imunológico e o microbioma intestinal, devido à sua capacidade de produzir alguns dos metabólitos mais importantes capazes de mediar respostas imunológicas (McKenzie et al., 2017). Um exemplo claro é a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que são produto da fermentação de fibra realizada por certas cepas de bactérias (Maslowski et al., 2009; Banfi et al., 2021). Esses metabólitos (acetato, butirato e propionato) desempenham papéis fundamentais na promoção da homeostase intestinal e na regulação de respostas a distúrbios inflamatórios, incluindo artrite, alergias, colite e DII (Kim Y.G. et al., 2014; Banfi et al., 2021).

A disbiose, definida como a alteração na composição da microbiota intestinal, tem sido descrita como uma das causas do desenvolvimento de DII (Banfi et al., 2021). Além disso, afirma-se que a disbiose pode surgir por uma variedade de razões, incluindo dieta, exposição a antibióticos e outros medicamentos, condições de estresse e fatores ambientais (Dian & Cryan, 2017). Em humanos, o consumo de uma dieta rica em gorduras e açúcares e pobre em fibras tem sido descrito como uma condição desencadeante de um estado de disbiose, com altas incidências de DII, doenças autoimunes, diabetes, artrite reumatoide, doença hepática gordurosa, doenças cardiovasculares, hiperlipidemia e câncer (McKenzie et al., 2017). Além disso, afirma-se que, devido à participação conferida ao microbioma na fisiopatologia de alguns distúrbios inflamatórios, os problemas gastrointestinais são frequentemente acompanhados por manifestações cutâneas, destacando-se a disbiose cutânea (Shah et al., 2013; Thrash et al., 2013; Gloster et al., 2016).

Outras funções descritas da microbiota intestinal são: a regulação do metabolismo xenobiótico, a degradação de polissacarídeos complexos indigestíveis, a produção de vitaminas e a defesa contra patógenos (Amato & Righini, 2015; Salem et al., 2018).

Tendo em conta a importância que o microbioma intestinal tem sobre o funcionamento de diferentes sistemas e sua estreita relação com a alimentação (Richard-Rios, 2021; Moreno et al., 2022), torna-se vital contemplar a modulação intestinal como parte de um processo integral de manejo de saúde de espécies sob cuidados humanos, cujos regimes alimentares podem apresentar variações importantes em comparação às suas contrapartes em vida livre (Cabana et al., 2018). Isso pode levar a possíveis estados de disbiose que podem afetar os próprios processos de conservação, sendo um dos objetivos o abrigo de colônias saudáveis e viáveis dentro das instituições que os acolhem (Conde et al., 2011).

### **Microbiota intestinal em primatas**

A abundância e a diversidade microbiana respondem rapidamente às mudanças no consumo de macronutrientes do hospedeiro (David et al., 2014). Tem sido relatado que primatas cujas dietas são baseadas em recursos vegetais apresentam maior abundância dos filos Bacteroidetes e Actinobacteria, diferentemente do que se observa em indivíduos sob condições de cativeiro e com maior inclusão de frutas doces em suas dietas, para os quais a abundância dos filos mencionados é menor, e observa-se um aumento dos filos Firmicutes e Proteobacteria (Mallott et al., 2018). Nesse caso, especificamente, fala-se de uma correlação positiva entre o consumo de frutas e o número de unidades taxonômicas operacionais (OTU) relacionadas ao metabolismo de carboidratos (Mallott et al., 2018).

Outros estudos sobre primatas em vida livre, como o *Alouatta*, que tem uma dieta predominantemente folívora, mostraram que durante períodos de menor ingestão energética, as abundâncias relativas de *Ruminococcaceae* são mais altas e as abundâncias relativas de *Lachnospiraceae* são menores, indicando uma resposta do microbioma de aumento na capacidade de produção de

energia pelos microrganismos que aproveitam efetivamente as fibras vegetais (Amato et al., 2016). Em contraste, o lêmure, que possui uma dieta mais frugívora em vida livre, apresenta uma maior abundância de *Firmicutes*, seguido por *Bacteroidetes*, enquanto, em condições de cativeiro, os filos mais representativos são *Bacteroidetes* e *Spirochaetes* (Fogel, 2015). Isso também tem sido relatado em espécies frugívoras (*Ateles* sp.) sob cuidados humanos, que exibiram uma predominância na microbiota intestinal de bactérias do filo *Bacteroidetes* e *Firmicutes* (Hale et al., 2015).

No caso dos Calitriquídeos que consomem grandes quantidades de oligossacarídeos não digeríveis das gomas, tem sido relatada a presença de microrganismos intestinais específicos dedicados ao metabolismo dos carboidratos (Sheh et al., 2022). Vários estudos sugerem que existe uma importante relação evolutiva especificamente entre a família Callitrichidae e bactérias do gênero *Bifidobacterium*, consideradas um componente chave para o metabolismo dos referidos carboidratos (Malukiewicz et al., 2022).

Em vida livre, foi relatado que os saguis (*Callithrix* sp.) apresentam uma abundância relativa média de 33% para *Campylobacter* e 41% para *Actinobacteria*, para os quais o gênero *Bifidobacterium* é o mais abundante e pode ser um biomarcador chave para eubiose na natureza dos saguis (Goodroe et al., 2021). Da mesma forma, Sheh (2020) relata que em estudos realizados em indivíduos saudáveis de *Callithrix jacchus*, o filo mais abundante achado foi *Actinobacteria*, representado por *Bifidobacterium* e *Collinsella*, com uma abundância de 66%, enquanto *Bacteroides* e *Prevotella* representaram <5% do microbioma intestinal.

Estudos comparativos entre micos em vida livre e em cativeiro mostraram que, em vida livre, os micos apresentam um índice de diversidade alfa mais alto em comparação com os que estão em cativeiro (Malukiewicz et al., 2022). Além disso, foi relatada uma maior abundância relativa de *Helicobacteraceae*, *Bacteroidia*, *Bifidobacteriaceae* e *Veillonellaceae* em vida livre, enquanto em cativeiro, encontrou-se uma maior abundância de *Enterobacteriaceae* (Richard-Rios et al., 2021). Esses dados podem indicar que o intestino daqueles primatas

em vida livre teria uma maior capacidade para processar carboidratos indigestíveis (Malukiewicz et al., 2022).

Outros estudos realizados em *Saguinus bicolor*, uma espécie menos especializada no consumo de gomas, mostraram que indivíduos afetados por diarreia crônica e perda de peso apresentaram uma maior abundância relativa de *Lactobacillus* e *Helicobacter jaachi*, enquanto indivíduos não afetados tinham uma maior abundância relativa de *Lachnospiraceae* e *Ruminococcaceae*, sugerindo que a diminuição de *Lachnospiraceae* e *Ruminococcaceae* podem desempenhar um papel no desenvolvimento da síndrome de diarreia crônica (Richard-Rios et al., 2021). Outros estudos realizados sob cuidado humanos em Mico-leão-de-juba-dourada (*Leontopithecus chrysomelas*), uma espécie com tendência frugívora-insetívora, relataram a presença más abundante dos gêneros *Bifidobacterium* (26.41%), *Olsenella* (6.79%) e *Lactobacillus* (6.19%) (Zeming et al., 2023).

Na espécie *Saguinus oedipus*, são poucos os estudos relacionados ao microbioma, com pesquisas limitadas a animais sob cuidados humanos. Em uma comparação da composição da microbiota intestinal realizada entre as espécies *Leontopithecus chrysomelas*, *Saguinus midas* e *Saguinus oedipus*, constatou-se que o filo mais abundante nos três grupos de calitriquídeos foi o *Firmicutes* e, a nível de gênero, os gêneros bacterianos dominantes comuns incluíram *Streptococcus* e *Bifidobacterium* (Zeming et al., 2023). Neste mesmo estudo, evidenciou-se que a espécie *S. oedipus* apresentou uma maior diversidade microbiana do que as outras espécies sob dieta semelhante, com 11 filos e 198 espécies, destacando-se os gêneros *Streptococcus* (24,72%), *Bifidobacterium* (23,65%) e *Olsenella* (11,31%) (Zeming et al., 2023). De maneira semelhante, Sandri et al. (2018) determinaram que o gênero *Bifidobacterium* pode ser considerado um habitante natural do intestino do sagui-de-cabeça-de-algodão e do sagui-imperador.

### **Modelo nutricional “Fruit-Free”**

Considerando a dieta como um fator de efeito direto sobre o microbioma intestinal e sobre o estado geral de saúde de primatas em cativeiro (Sheh, 2020;

Malukiewicz et al., 2022), foram realizados estudos em diferentes espécies de primatas sobre os efeitos da redução de frutas e da adição de ingredientes com maior teor de fibra (Plowman, 2018; Cabana et al., 2018). Isso sob a premissa de que os conteúdos de açúcar e micronutrientes nas frutas disponíveis para consumo humano diferem significativamente quando comparados às frutas que os animais consumiram em vida livre (Nijober et al., 2006; Chih et al., 2014).

Diante da implementação de modelos de alimentação sem frutas (fruit-free), alguns pesquisadores encontraram que o uso dessa abordagem poderia trazer benefícios tanto para a saúde quanto para o comportamento, registrando menor incidência de agressões e comportamentos agnósticos relacionados a estereotípias em lêmures, macacos-prego e macacos-hamlyn (Britt et al., 2015; Villard et al., 2023).

Outros estudos realizados em instituições zoológicas relataram melhorias na qualidade das fezes de primatas colobos, babuínos e macacos-aranha após a exclusão de frutas, pão e ovos de suas dietas (Plowman, 2013). Esse padrão de melhora na consistência fecal também foi observado em espécies de macacos-aranha e macacos-hamlyn (Villard et al., 2023). Além disso, uma correlação positiva entre o nível de FDN (fibra em detergente neutro) na dieta e a consistência fecal em primatas foi estabelecida em outras pesquisas (Nijober et al., 2006).

Outros efeitos positivos observados em dietas livres de frutas estão relacionados à saúde bucal, onde se relata menor incidência de problemas periodontais, melhorias na condição da pelagem e corporal, maior sobrevivência de filhotes e controle nos níveis de glicose no sangue (Cabana et al., 2018; Plowman, 2018).

Em um estudo recente com callitríquidos, a remoção de frutas da dieta de 3 espécies de tamarinos, 1 espécie de saguis e 1 espécie de macaco-saki, levou a mudanças significativas no microbioma intestinal, aumentando a capacidade de fermentar fibras complexas (Bornbusch et al., 2023). Um dos gêneros com as maiores mudanças relevantes encontrados pelos autores foi *Phascolarctobacterium*, *Megasphaera* e *Sharpea*, que também estão correlacionados com a fermentação complexa de fibras vegetais

Esses resultados sugerem que o aumento no consumo de fibras complexas, provenientes dos alimentos substitutos da fruta, é o principal fator responsável pelas alterações no microbioma intestinal desses animais (Morrison et al., 2020; Liu et al., 2022), sugerindo que o aumento na fibra complexa, mais do que a diminuição de açúcares de frutas, pode estar impulsionando as mudanças nos microbiomas de primatas (Bornbusch et al., 2023).

## REFERÊNCIAS

1. Abbott, D. H., Barnett, D. K., Colman, R. J., Yamamoto, M. E., & Schultz-Darken, N. J. (2003). Aspects of common marmoset basic biology and life history important for biomedical research. *Comparative medicine*, 53(4), 339-350.
2. Abreu, F., De la Fuente, M. F. C., Schiel, N., & Souto, A. (2016). Feeding ecology and behavioral adjustments: flexibility of a small neotropical primate (*Callithrix jacchus*) to survive in a semiarid environment. *Mammal Research*, 61, 221-229. <https://doi.org/10.1007/s13364-016-0262-4>
3. Amato, K., & Righini, N. (2015) The Howler Monkey as a Model for Exploring Host-Gut Microbiota Interactions in Primates. Em Kowalewski M. et al. (eds.), *Howler Monkeys, Developments in Primatology: Progress and Prospects*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1957-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1957-4_9)
4. Archie, E. A., & Tung, J. (2015). Social behavior and the microbiome. *Current opinion in behavioral sciences*, 6, 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.07.008>
5. Arotcarena, M. L., Dovero, S., Prigent, A., Bourdenx, M., Camus, S., Porras, G., & Bezard, E. (2020). Bidirectional gut-to-brain and brain-to-gut propagation of synucleinopathy in non-human primates. *Brain*, 143(5), 1462-1475. <https://doi.org/10.1093/brain/awaa096>
6. Banfi, D., Moro, E., Bosi, A., Bistoletti, M., Cerantola, S., Crema, F., & Baj, A. (2021). Impact of microbial metabolites on microbiota–gut–brain axis in

- inflammatory bowel disease. *International journal of molecular sciences*, 22(4), 1623. <https://doi.org/10.3390/ijms22041623>
7. Berg, G., Rybakova, D., Fischer, D., Cernava, T., Vergès, M. C. C., Charles, T., & Schlöter, M. (2020). Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome*, 8, 1-22. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00875-0>
  8. Bertassoli, B. M., Silva, L., Oliveira, F., Santos, A., Mançanares, C., & Assis Neto, D. (2013). Classificação morfofuncional dos dentes de saguis-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*, Callitrichidae), saguis-de-tufo-preto (*C. penicillata*) e saguis-de-cara-branca (*C. geoffroyi*). *Acta Amazonica*, 43, 377-382. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000300014>
  9. Bornbusch, S. L., Mulet-Wolz, C. R., Lopez-Bondarchuk, E., Maslanka, M. T., & Kendrick, E. L. (2023). Gut microbiomes of captive primates show phyllosymbiosis, respond to dietary sugar reduction, and select for host-specific dietary microbes. *FEMS Microbiology Ecology*, 99(8). <https://doi.org/10.1093/femsec/fiad069>
  10. Britt, S., Cowlard, K., Baker, K., & Plowman, A. (2015). Aggression and self-directed behaviour of captive lemurs (*Lemur catta*, *Varecia variegata*, *V. rubra* and *Eulemur coronatus*) is reduced by feeding fruit-free diets. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 3(2), 52-58. <https://doi.org/10.19227/jzar.v3i2.119>
  11. Buckner, J. C., Alfaro, J. W. L., Rylands, A. B., & Alfaro, M. E. (2015). Biogeography of the marmosets and tamarins (Callitrichidae). *Molecular phylogenetics and evolution*, 82, 413-425. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.04.031>
  12. Burns, M., & Wachtman, L. (2019). Physical examination, diagnosis, and common clinical procedures. *The Common Marmoset in Captivity and Biomedical Research* (pp. 145-175). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811829-0.00010-8>
  13. Cabana, F. (2016) Using feeding ecology to influence captive slow loris (*Nycticebus* spp.) Nutrition and husbandry [Tese de doutorado, Oxford Bookes

University]. <https://radar.brookes.ac.uk/radar/file/f914ce25-53fc-45b6-a8f2-1646aa38acff/1/cabana2016usingRADAR.pdf>

14. Cabana, F., Jasmi, R., & Maguire, R. (2018). Great ape nutrition: Low-sugar and high-fibre diets can lead to increased natural behaviours, decreased regurgitation and reingestion, and reversal of prediabetes. *International Zoo Yearbook*, 52(1), 48-61. <https://doi.org/10.1111/izy.12172>
15. Cabana, F., & Plowman, A. (2014). Pygmy slow loris *Nycticebus pygmaeus*-natural diet replication in captivity. *Endangered Species Research*, 23(3), 197-204. <https://doi.org/10.3354/esr00575>
16. Camelo-Castillo, A., Rivera-Caravaca, J. M., Orenes-Piñero, E., Ramírez-Macías, I., Roldán, V., Lip, G. Y., & Marín, F. (2021). Gut microbiota and the quality of oral anticoagulation in vitamin k antagonists users: a review of potential implications. *Journal of Clinical Medicine*, 10(4), 715. <https://doi.org/10.3390/jcm10040715>
17. Chih J., Yi B., Li J., Chandran S., Amzah A. & Wai Yin S. (2014) Comparative diet and nutrition of primates at the Singapore Zoo. *Journal of Zoo and Aquarium Research* 2(3) 54:61 <https://doi.org/10.19227/jzar.v2i3.46>
18. Clayton, J. B., Al-Ghalith, G. A., Long, H. T., Tuan, B. V., Cabana, F., Huang, H., ... & Johnson, T. J. (2018). Associations between nutrition, gut microbiome, and health in a novel nonhuman primate model. *Scientific reports*, 8(1), 11159. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29277-x>
19. Cooke, G., Behan, J., & Costello, M. (2006). Newly identified vitamin K-producing bacteria isolated from the neonatal faecal flora. *Microbial ecology in health and disease*, 18(3-4), 133-138. <https://doi.org/10.1080/08910600601048894>
20. Conde, D. A., Flesness, N., Colchero, F., Jones, O. R., & Scheuerlein, A. (2011). An emerging role of zoos to conserve biodiversity. *Science*, 331(6023), 1390-1391. <https://doi.org/10.1126/science.120067>
21. David, J. M., Dick Jr, E. J., & Hubbard, G. B. (2009). Spontaneous pathology of the common marmoset (*Callithrix jacchus*) and tamarins (*Saguinus oedipus*,

- Saguinus mystax*). *Journal of Medical Primatology*, 38(5), 347–359.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0684.2009.00362.x>
22. David, L., Maurice, C., Carmody, R., Gootenberg, D., Button, J., Wolfe, B., Ling, A., Devlin, A., Varma, Y., Fischbach, M., Biddinger, S., Dutton, R. & Turnbaugh, P. (2014) Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*, 505:559–566. <https://doi.org/10.1038/nature12820>
23. De Filippis, F., Pasolli, E., Tett, A., Tarallo, S., Naccarati, A., De Angelis, M., ... & Ercolini, D. (2019). Distinct genetic and functional traits of human intestinal *Prevotella copri* strains are associated with different habitual diets. *Cell host & microbe*, 25(3), 444-453.
24. De La Ossa, V. J., & De La Ossa-Lacayo, A. (2014). Densidad poblacional de *Saguinus oedipus* (Primates Callitrichidae) y disponibilidad de alimento vegetal, Colosó, Sucre, Colombia. *Revista UDCA Acta y Divulgación Científica*, 17(2), 513-520.
25. Díaz, S., Sánchez, S., & Fidalgo, A. (2023). Social network changes in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) after the birth of new infants. *Animals*, 13(11), 1758. <https://doi.org/10.3390/ani13111758>
26. Digby, L. J., Ferrari, S. F., & Saltzman, W. (2006). The role of competition in cooperatively breeding species. *Primates in perspective*. Oxford University Press, New York, 85-106.
27. Duranti, S., Ruiz, L., Lugli, G. A., Tames, H., Milani, C., Mancabelli, L., ... & Turrone, F. (2020). Bifidobacterium adolescentis as a key member of the human gut microbiota in the production of GABA. *Scientific reports*, 10(1), 14112. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70986-z>
28. EAZA Prosimian Taxon Advisory Group. (2022). EAZA Best Practice Guidelines for Callitrichidae species.
29. Fitz, C., Goodroe, A., Wierenga, L., Mejia, A., & Simmons, H. (2020). Clinical management of gastrointestinal disease in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *ILAR journal*, 61(2-3), 199-217. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilab012>

30. Forsythe, E. C., & Ford, S. M. (2011). Craniofacial adaptations to tree-gouging among marmosets. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 294(12), 2131-2139. <https://doi.org/10.1002/ar.21500>
31. Ginther, A. J., Carlson, A. A., Ziegler, T. E., & Snowdon, C. T. (2002). Neonatal and Pubertal Development in Males of a Cooperatively Breeding Primate, the Cotton-Top Tamarin (*Saguinus oedipus oedipus*). *Biology of Reproduction*, 66(2), 282–290. <https://doi.org/10.1095/biolreprod66.2.282>
32. Goodroe, A., Wachtman, L., Benedict, W., Allen-Worthington, K., Bakker, J., Burns, M., & Tardif, S. (2021). Current practices in nutrition management and disease incidence of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of medical primatology*, 50(3), 164-175. <https://doi.org/10.1111/jmp.12525>
33. Gomez-Arango, L. F., Barrett, H. L., Wilkinson, S. A., Callaway, L. K., McIntyre, H. D., Morrison, M., & Dekker Nitert, M. (2018). Low dietary fiber intake increases Collinsella abundance in the gut microbiota of overweight and obese pregnant women. *Gut microbes*, 9(3), 189-201. <https://doi.org/10.1080/19490976.2017.1406584>
34. Greene, L. K., McKenney, E. A., O'Connell, T. M., & Drea, C. M. (2018). The critical role of dietary foliage in maintaining the gut microbiome and metabolome of folivorous sifakas. *Scientific reports*, 8(1), 14482. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32759-7>
35. Herron, S., Price, E., & Wormell, D. (2001). Feeding gum arabic to New World monkeys: species differences and palatability. *Animal Welfare*, 10(3), 249-256. <https://doi.org/10.1017/S0962728600024027>
36. Heymann, E. W. (2022). *Saguinus mystax* (Primates: Callitrichidae). *Mammalian Species*, 54(1024). <https://doi.org/10.1093/mspecies/seac009>
37. Heymann, E. W., & Smith, A. C. (1999). When to feed on gums: temporal patterns of gummivory in wild tamarins, *Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis* (Callitrichinae). *Zoo Biology: Published in Affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, 18(6), 459-471. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1999\)18:6<459::AID-ZOO1>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1999)18:6<459::AID-ZOO1>3.0.CO;2-V)

38. Hosomi, K., Saito, M., Park, J., Murakami, H., Shibata, N., Ando, M., ... & Kunisawa, J. (2022). Oral administration of *Blautia wexlerae* ameliorates obesity and type 2 diabetes via metabolic remodeling of the gut microbiota. *Nature communications*, 13(1), 4477. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32015-7>
39. Karmer, E. A., Gibson, S. V., Floyd, E. L., & Foucar, K. M. (2009). Treatment of giardiasis in common marmosets (*Callithrix jacchus*) with tinidazole. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 48(1), 69-73. <https://doi.org/10.1093/jaala/48.1.69>
40. Layne, D. G., & Power, R. A. (2003). Husbandry, handling, and nutrition for marmosets. *Comparative medicine*, 53(4), 351-359.
41. LeBlanc, J. G., Chain, F., Martín, R., Bermúdez-Humarán, L. G., Courau, S., & Langella, P. (2017). Beneficial effects on host energy metabolism of short-chain fatty acids and vitamins produced by commensal and probiotic bacteria. *Microbial cell factories*, 16, 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0691-z>
42. Mallott, E. K., Amato, K. R., Garber, P. A., & Malhi, R. S. (2018). Influence of fruit and invertebrate consumption on the gut microbiota of wild white-faced capuchins (*Cebus capucinus*). *American journal of physical anthropology*, 165(3), 576-588. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23395>
43. Malukiewicz, J., Cartwright, R. A., Dergam, J. A., Igarayara, C. S., Kessler, S. E., Moreira, S. B., & Grativol, A. D. (2022). The gut microbiome of exudivorous marmosets in the wild and captivity. *Scientific reports*, 12(1), 5049. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08797-7>
44. Maslowski, K. M., Vieira, A. T., Ng, A., Kranich, J., Sierro, F., Yu, D., & Mackay, C. R. (2009). Regulation of inflammatory responses by gut microbiota and chemoattractant receptor GPR43. *Nature*, 461(7268), 1282-1286. <https://doi.org/10.1038/nature08530>
45. McKenzie, C., Tan, J., Macia, L., & Mackay, C. R. (2017). The nutrition-gut microbiome-physiology axis and allergic diseases. *Immunological Reviews*, 278(1), 277-295. <https://doi.org/10.1111/imr.12556>

46. Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Jones, B., & Wilkins, C. (2020). The 2020 five domains model: Including human–animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals*, 10(10), 1870. <https://doi.org/10.3390/ani10101870>
47. Millette, J., Sauther, M. & Cuozzo, F. (2015) Examining Visual Measures of Coat and Body Condition in Wild Ring-Tailed Lemurs at the Bezà Mahafaly Special Reserve, Madagascar. *Folia Primatology* 86:44–55. <https://doi.org/10.1159/000368574>
48. Calderón, X. M. (2022). Disbiosis en la microbiota intestinal. *Revista GEN*, 76(1), 17-23. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_gen/article/view/24183](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_gen/article/view/24183)
49. Mudgil, D., Barak, S., Patel, A., & Shah, N. (2018). Partially hydrolyzed guar gum as a potential prebiotic source. *International journal of biological macromolecules*, 112, 207-210. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.164>
50. National Research Council. (2003). Nutrient requirements of nonhuman primates (2nd ed.). *National Academies Press*.
51. Nijboer, J., Clauss, M., Everts, H., Beynen, A. C., Fidgett, A., Eulenberger, K., ... & Janssens, G. P. J. (2006). Effect of dietary fibre on the faeces score in colobine monkeys at Dutch Zoos. *Zoological Library*, 145-155. <https://doi.org/10.5167/uzh-3524>
52. Nijboer, J., Clauss, M., Olsthoorn, M., Noordermeer, W., Huisman, T. R., Verheyen, C., & Beynen, A. C. (2006). Effect of diet on the feces quality in Javan langur (*Trachypithecus auratus auratus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 37(3), 366-372. <https://doi.org/10.1638/05-113.1>
53. O'Mahony, S. M., Clarke, G., Borre, Y. E., Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2015). Serotonin, tryptophan metabolism and the brain-gut-microbiome axis. *Behavioural Brain Research*, 277, 32-48. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.07.027>
54. Ochoa-Repáraz, J., & Kasper, L. H. (2016). The second brain: is the gut microbiota a link between obesity and central nervous system disorders?. *Current Obesity Reports*, 5, 51-64. <https://doi.org/10.1007/s13679-016-0191-1>

55. Orkin, J. D., Webb, S. E., & Melin, A. D. (2019). Small to modest impact of social group on the gut microbiome of wild Costa Rican capuchins in a seasonal forest. *American Journal of Primatology*, 81(10-11), e22985.
56. Plowman A. (2018) More fiber, less sugar: how simple dietary changes can have a high impact on primate health and welfare. EAZA Nutrition Group News, EAZA nutrition supplement, 6:7
57. Plowman, A., & Cabana, F. (2019) Transforming the Nutrition of Zoo Primates (or How We Became Known as Loris Man and That Evil Banana Woman): Their Role in Conservation and Research. In: Kaufman A., Bashaw M. & Maple T. *Scientific Foundations of Zoos and Aquariums (Eds)*. Cambridge University Press, 274:303
58. Plowman, A. (2013). Diet review and change for monkeys at Paignton Zoo Environmental Park. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 1(2), 73-77. <https://doi.org/10.19227/jzar.v1i2.35>
59. Plowman, A. (2015) Fruit-free diets for primates. Em Bissell H, Brooks M, Eds. Proceedings of the Eleventh Conference on Zoo and Wildlife Nutrition, AZA Nutrition Advisory Group, Portland, OR.
60. Porcel, Z. R., López-Strauss, H., Martínez, J., & Wallace, R. B. (2010). Callitrichidae. Distribución, Ecología y Conservación de los Mamíferos Medianos y Grandes de Bolivia. *Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz*, 235-262.
61. Register, T. & Clarkson, T. (2009) Social stress, visceral obesity, and coronary artery atherosclerosis: product of a primate adaptation. *American Journal of Primatology* (71) 742–751. <https://doi.org/10.1002/ajp.20706>
62. Rehman, A., Rausch, P., Wang, J., Skieceviciene, J., Kiudelis, G., Bhagalia, K., ... & Ott, S. (2016). Geographical patterns of the standing and active human gut microbiome in health and IBD. *Gut*, 65(2), 238-248. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2014-308341>
63. Richards-Rios, P., Wigley, P., López, J., et al. (2021). Changes in the faecal microbiome of pied tamarins (*Saguinus bicolor*) associated with chronic,

- recurrent diarrhoea and weight loss. *Animal Microbiome*, 3(1), 1.  
<https://doi.org/10.1186/s42523-020-00062-4>
64. Rodríguez, V., Link, A., Guzman-Caro, D., Defler, T.R., Palacios, E., Stevenson, P.R. & Mittermeier, R.A. 2021. *Saguinus oedipus* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T19823A192551067. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T19823A19255106.en>
65. Ross, C. N., Colman, R., Power, M., & Tardif, S. (2020). Marmoset metabolism, nutrition, and obesity. *ILAR journal*, 61(2-3), 179-187.  
<https://doi.org/10.1093/ilar/ilab014>
66. Rothman, J. M., Chapman, C. A., & Van Soest, P. J. (2012). Methods in primate nutritional ecology: a user's guide. *International Journal of Primatology*, 33, 542-566. <https://doi.org/10.1007/s10764-011-9568-x>
67. Rylands, A. B., Heymann, E. W., Lynch Alfaro, J., Buckner, J. C., Roos, C., Matauschek, C. & Mittermeier, R. A. (2016). Taxonomic review of the new world tamarins (primates: Callitrichidae). *Zoological journal of the Linnean Society*, 177(4), 1003-1028. <https://doi.org/10.1111/zoj.12386>
68. Salem, I., Ramser, A., Isham, N., & Ghannoum, M. A. (2018). The gut microbiome as a major regulator of the gut-skin axis. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1459. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01459>
69. Sandri, C., Modesto, M., Spiezio, C., Sciavilla, P., Morelli, L., Puglisi, E., & Mattarelli, P. (2018). Bifidobacterial occurrence in cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus*) and emperor tamarin (*Saguinus imperator*). In *Wildlife health and conservation: expectations in a challenging era* (pp. 122-122). GRC.
70. Savage, A., Díaz, L., Pasion, J., Torregroza, K., & Guillen, R. (2023). Proyecto Titi: Teaching children that cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) are not appropriate pets. *American journal of primatology*, 85(5), e23431.  
<https://doi.org/10.1002/ajp.23431>
71. Savage, A., Guillen, R., Lamilla, I., & Soto, L. (2010). Developing an effective community conservation program for cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) in

- Colombia. *American Journal of Primatology*, 72(5), 379-390.  
<https://doi.org/10.1002/ajp.20776>
72. Savage, A., Snowdon, C. T., Soto, L., Castro, J., Medina, F., Emeris, G., Garcia, L. C., & Guillen, R. (2022). The impacts of seasonal variation and climate on food utilization in a population of critically endangered cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) in Colombia: A 22-year longitudinal study. *American Journal of Primatology*, 84, e23415. <https://doi.org/10.1002/ajp.23415>
73. Savage, A., Thomas, L., Feilen, K. L., Kidney, D., Soto, L. H., Pearson, M., ... & Guillen, R. R. (2016). An assessment of the population of cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) and their habitat in Colombia. *PLoS One*, 11(12), e0168324. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168324>
74. Sheh, A. (2020). The gastrointestinal microbiota of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *ILAR journal*, 61(2-3), 188-198. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilaa025>
75. Sheh, A., Artim, S. C., Burns, M. A., Molina-Mora, J. A., Lee, M. A., Dzink-Fox, J., ... & Fox, J. G. (2022). Alterations in common marmoset gut microbiome associated with duodenal strictures. *Scientific Reports*, 12(1), 5277. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09268-9>
76. Shelton, S. (2018). Morphological differences in mandible form between common marmosets (*Callithrix jacchus*) and cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). Southern Illinois University at Edwardsville ProQuest Dissertations & Theses, 2018. 10843892.
77. Silva, D. F. da, Silva, E. B. da, & Terra, A. P. (2018). Controle populacional de espécies silvestres invasoras por meio de laqueadura e vasectomia em primatas *callithrix penicillata*: Relato de caso. *Veterinária E Zootecnia*, 25(1), 99–105. <https://doi.org/10.35172/rvz.2018.v25.7>
78. Silva, M., Verona, C., Conde, M., & Pires, A. (2018). Frugivory and potential seed dispersal by the exotic-invasive marmoset *Callithrix jacchus* (Primates, Callitrichidae) in an urban Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. *Mammalia*, 82(4), 343-349. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2016-0075>

79. Smith, J. M., & Smith, A. C. (2013). An investigation of ecological correlates with hand and foot morphology in callitrichid primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 152, 447-458. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22378>
80. Soto-Calderón, I. D., Acevedo-Garcés, Y. A., Álvarez-Cardona, J., Hernández-Castro, C., & García-Montoya, G. M. (2016). Physiological and parasitological implications of living in a city: the case of the white-footed tamarin (*Saguinus leucopus*). *American Journal of Primatology*, 78(12), 1272–1281. <https://doi.org/10.1002/ajp.22581>
81. Strike, T. B., & Feltrer, Y. (2017). Long-term management of type 2 diabetes mellitus in callitrichids with oral anti-hyperglycaemic medication. *International Zoo Yearbook*, 51(1), 258-268. <https://doi.org/10.1111/izy.12154>
82. Sussman, R. W., & Kinzey, W. G. (1984). The ecological role of the Callitrichidae: a review. *American Journal of Physical Anthropology*, 64(4), 419-449. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330640407>
83. Tang-Wing, C., Mohanty, I., Bryant, M., Makowski, K., Melendez, D., Dorrestein, P. C., ... & Jenné, K. (2024). Impact of diet change on the gut microbiome of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *MSystems*, 9(8), e00108-24. <https://doi.org/10.1128/msystems.00108-24>
84. Yoshii, K., Hosomi, K., Sawane, K., & Kunisawa, J. (2019). Metabolism of dietary and microbial vitamin B family in the regulation of host immunity. *Frontiers in Nutrition*, 6, 48. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00048>
85. Yoshimoto, T., Niimi, K., & Takahashi, E. (2016). Tranexamic acid and supportive measures to treat wasting marmoset syndrome. *Comparative Medicine*, 66(6), 468-473.
86. Zeming, Z., Hongyu, Y., Nan, W., Lingling, Z., Yiru, G., Yu, W., ... & Dapeng, Z. H. (2023). Comparison of intestinal microbiota of golden-headed lion tamarins, golden-handed tamarins and cotton-headed tamarins under the same captive environment. *Acta Theriologica Sinica*, 43(5), 580.
87. Zhu, L., Yang, Q., Suhr Van Haute, M. J., Kok, C. R., Gomes-Neto, J. C., Pavlovikj, N., ... & Benson, A. K. (2021). Captive common marmosets (*Callithrix*

jacchus) are colonized throughout their lives by a community of Bifidobacterium species with species-specific genomic content that can support adaptation to distinct metabolic niches. *MBio*, 12(4), 10-1128.  
<https://doi.org/10.1128/mbio.01153-21>

# TRABALHO CIENTÍFICO

**Seção 1:** Avaliação de parâmetros nutricionais e de saúde em saguis-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) após a redução de açúcares e o aumento de fibras na dieta

Ana Camila Beltrán Urrego, Paula Andrea Diaz Botina, Juan Camilo Mendoza, Alessandra Melchert

**Revista:** Journal of Zoo and Aquarium Research

**Link para normas da revista:** <https://www.jzar.org/jzar>

## RESUMO

Os programas de conservação enfrentam desafios significativos na manutenção de colônias saudáveis de calitriquídeos sob cuidados humanos, principalmente devido ao manejo nutricional e questões de bem-estar associadas ao cativeiro. Nosso estudo teve como objetivo avaliar o estado nutricional e de saúde dos saguis-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) mantidos sob cuidados humanos, após a transição para uma dieta com redução de açúcar e aumento de fibras. Para a avaliação nutricional, consideramos a composição nutricional das dietas, o escore de condição corporal (ECC), peso, qualidade do pelo e consistência fecal, em um grupo de 14 animais. Para os aspectos de saúde, foram realizados parâmetros hematológicos, bioquímica sanguínea e avaliações clínicas com foco na cavidade oral e trato digestório. Nossos achados revelaram que 42% dos animais avaliados apresentavam baixo ECC antes da transição dietética, o que foi positivamente correlacionado com o peso e a qualidade da pelagem. Aumentos no ECC e no peso corporal foram observados em machos e fêmeas, sendo o segundo significativamente maior após a transição dietética. Episódios de fezes moles e diarreia foram registrados com maior frequência em uma dieta com baixo teor de fibras. Os parâmetros sanguíneos não apresentaram diferenças significativas após as mudanças na dieta nem foram encontradas alterações de saúde ou correlações com estado nutricional inadequado. Nosso estudo destaca a importância do manejo nutricional como um aspecto-chave para a manutenção de saguis saudáveis, onde a

implementação de uma dieta balanceada e reduzida em frutas favoreceu o consumo de fibras e diminuiu o consumo de açúcares, gerando melhoras gerais no estado nutricional dos animais.

**Palavras-chave:**

Callitrichidae, FDN, açúcares, fruta, nutrição

**INTRODUÇÃO**

As instituições zoológicas desempenham um papel crucial nos planos de conservação, atuando como centros de pesquisa e educação, onde populações saudáveis podem ser mantidas. Especificamente para as espécies de saguis, garantir a saúde das populações em cativeiro é essencial. Isso requer o desenvolvimento de soluções direcionadas para resolver problemas comuns encontrados sob cuidados humanos, como problemas digestivos crônicos, colite sem patogênese clara (Yoshimoto et al., 2016; Malukiewicz et al., 2022), adenocarcinoma colônico (Leong et al., 2004), obesidade (Strike & Feltrer, 2017), doenças periodontais (Acosta & Moreno, 2007; Cabana & Nekaris, 2015), doenças ósseas (Standaert et al., 2002), doenças cardíacas (Leong et al., 2004) e linfossarcoma como a neoplasia mais comum em saguis (David et al., 2009). Notavelmente, colite severa e câncer de cólon não são, ou raramente, observados em populações selvagens de saguis-de-cabeça-de-algodão (Potkay, 1992). Isso sugere que a alta suscetibilidade à colite espontânea em cativeiro pode ser mais influenciada por fatores de manejo do que por predisposição genética na etiologia dessa forma de doença inflamatória intestinal (Wood et al., 1998).

A maioria desses distúrbios de saúde também tem sido associada a deficiências de nutrientes específicos, dietas inadequadas (Gore et al., 2001; Pereira et al., 2021), níveis elevados de estresse (Cabana et al., 2018) e condições ambientais inadequadas derivadas do cativeiro (Leong et al., 2004). Alguns sintomas relatados na maioria das doenças digestivas crônicas incluem perda de peso, desgaste muscular, apetite voraz, emaciação, fraqueza muscular, distúrbios de

coordenação, paralisia dos membros posteriores, diarreia crônica, letargia, pelagem áspera e perda de pelos na cauda (de Moraes et al., 2007).

Dada a susceptibilidade dos saguis-de-cabeça-de-algodão a doenças crônicas associadas ao cativeiro, é crucial estabelecer parâmetros de avaliação de saúde e nutrição para detectar doenças e monitorar as respostas terapêuticas com precisão. Nosso estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da transição de uma dieta rica em frutas para dieta com baixo teor de frutas, sobre a saúde e o estado nutricional dos saguis-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) mantidos em zoológicos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Nota ética

O estudo teve autorização do Comitê de Ética da FMVZ – UNESP – Botucatu, pelo Protocolo CEUA 0384/2023, e foi aprovado pelo Coordenador de Pesquisas da Fundação Zoológica de Cali, assim como por sua respectiva equipe diretiva, médicos veterinários e zootecnista, de acordo com o estipulado pela Lei Colombiana.

### Animais

Foram avaliados 14 saguis-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) mantidos sob cuidados humanos, sendo 7 machos e 7 fêmeas. Eles estavam distribuídos em três grupos familiares segregados pela instituição hospedeira em três habitats: uma unidade familiar composta por três adultos e três subadultos (4 machos, 2 fêmeas), um segundo grupo familiar com dois adultos, dois juvenis e dois filhotes (2 machos, 4 fêmeas), e um terceiro grupo com um par de adultos (1 macho, 1 fêmea) (Tabela 1). A classificação da faixa etária foi baseada na idade dos animais conforme descrito previamente para *Callithrix jacchus* (Abbot et al., 2003).

**Tabela 1.** Organização dos grupos e identificação dos indivíduos no presente estudo

| Habitat 1 |       | Habitat 2 |       | Habitat 3 |       |
|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| ID        | Idade | ID        | Idade | ID        | Idade |
| M1        | 11A   | M6        | 6M    | M5        | 6A    |

|    |     |    |      |    |     |
|----|-----|----|------|----|-----|
| M2 | 12A | M7 | 8A   | F2 | 22A |
| M3 | 2A  | F3 | 1.5A |    |     |
| M4 | 2A  | F4 | 1.5A |    |     |
| F1 | 2A  | F5 | 8A   |    |     |
| F6 | 12A | F7 | 6M   |    |     |

---

A: Anos; M: Meses

Por razões de bem-estar e regulamentações institucionais, os três grupos de saguis permaneceram em seus respectivos recintos durante todo o estudo, exceto durante a captura para o exame clínico correspondente. O habitat H1 era um recinto do tipo ilha, com solo firme de aproximadamente 20 m<sup>2</sup>, cercado por um lago artificial. Os habitats H2 e H3 eram áreas construídas com concreto e cercadas por tela, cada um com uma área total de 12 m<sup>2</sup>, dos quais 3 m<sup>2</sup> eram cobertos por um telhado para fornecer proteção contra o sol e a chuva. Todos os recintos estavam equipados com galhos, troncos, plantas naturais e móveis de madeira para os animais utilizarem e se moverem, além de pelo menos um ponto de alimentação para cada 1,5 animais e um ponto de água para cada dois animais. Além disso, cada recinto possuía uma caixa de refúgio onde os animais podiam se esconder.

### **Crítérios de Seleção**

Como critérios de inclusão, foram selecionados os animais considerados saudáveis após o exame físico, juntamente com parâmetros hematológicos e bioquímicos dentro dos parâmetros de normalidade para a espécie (Shunkan et al., 2012), além do exame coproparasitológico negativo, que foi realizado por observação direta para busca de ovos e larvas. Nenhum dos animais inicialmente contemplados como parte do estudo foi excluído.

### **Delineamento Experimental**

Foi realizado um desenho de medidas repetidas com 7 fêmeas e 7 machos onde os animais foram avaliados antes e após a mudança da dieta, sendo essa a única variável independente.

As variáveis dependentes avaliadas foram: peso e escore de condição corporal; escore fecal e consumo alimentar semanal; dados do exame físico, incluindo

qualidade da pelagem e saúde bucal antes e ao final do estudo; hematologia, e bioquímica sérica.

As variáveis controladas foram o habitat (os animais não foram movidos para outros recintos nem sofreram modificações nas estruturas do habitat) e a conformação do grupo familiar (não foram separados durante o estudo). Variáveis como idade e estágio fisiológico foram consideradas na interpretação dos resultados obtidos nos aspectos de necessidade energética e bioquímica sanguínea (ALT, FA) por terem relação direta com a expressão dessas variáveis.

### **Dieta**

Inicialmente, todos os indivíduos seguiram o mesmo plano alimentar já estabelecido pela instituição hospedeira, que os animais vinham consumindo há um ano, de acordo com os relatórios institucionais. A dieta consistia em frutas (51,7%), vegetais (17,2%), proteína animal (ovos cozidos e frango cozido), insetos (5%) e uma mistura caseira para primatas composta por 60% de água, 19% de mel, 14% de Nestum, 5% de ração para cães e 2% de gluconato de cálcio.

Uma nova dieta foi formulada utilizando o software Zootrition 2.7. As proporções dos ingredientes foram estabelecidas de acordo com as Diretrizes de Melhores Práticas da EAZA para Calitriquídeos (2022), considerando o *Saguinus oedipus* como uma espécie "intermediária", segundo a sua classificação (Anexo 1). As exigências nutricionais sugeridas pela EAZA também foram consideradas na formulação final da dieta, que consistia em frutas (11%), vegetais (50,8%), ovos cozidos (6%), insetos (6%), gomas (8%) e duas misturas caseiras para primatas (19%). Uma das misturas era composta por 60% de água, 9% de mel, 14% de Nestum® sem açúcar, 5% de ração para cães (N&D Famina) e 2% de gluconato de cálcio. A segunda receita incluía água (60%), farinha de aveia/ integral (21%), mirtilo (8%), ovos (10%) e óleo de coco (1%).

### **Manejo nutricional**

Para garantir o consumo da dieta final, foi realizada uma adaptação gradual ao longo de 5 semanas, durante as quais os novos alimentos foram introduzidos

progressivamente. Todos os novos alimentos foram testados por pelo menos 3 dias, e os selecionados foram aqueles com uma taxa de consumo superior a 70% (Tabela 2)

**Tabela 2.** Proporção de inclusão por tipo de alimento na dieta de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos durante transição gradual para uma dieta com baixo teor de frutas.

| Item                          | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 <sup>3</sup> |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|
| Frutas                        | 51       | 42.2     | 30       | 22.2     | 10.6                  |
| Vegetais                      | 17       | 25.4     | 35.6     | 44.3     | 50.8                  |
| Proteína animal <sup>1</sup>  | 17       | 10       | 8.6      | 6.9      | 6                     |
| Mistura primatas <sup>2</sup> | 10       | 11.6     | 13.5     | 13.4     | 19                    |
| Insetos                       | 5        | 7.1      | 6.1      | 6.2      | 6                     |
| Goma guar                     | 0        | 4.7      | 6.2      | 7        | 7.5                   |

<sup>1</sup> A proteína animal na semana 1 consistiu em uma mistura de frango cozido e ovo cozido; a partir da semana 2, consistiu apenas de ovo cozido.

<sup>2</sup> Mistura na semana 1 composta por: água 60%; mel 19%; Nestum 14%; ração para cães (N&D Farmina, Quinoa Skin & Coat Duck) 5%; gluconato de cálcio 2%.

<sup>3</sup>Dieta final

A quantidade de energia fornecida para indivíduos adultos foi calculada conforme a seguir:

$$\begin{aligned} & \text{Necessidade de energia metabolizável (NEM) kcal} \\ & = 154 \text{ kcal} * \text{Peso vivo (PV) kg (NRC, 2003)} \end{aligned}$$

Para o caso das fêmeas que foram encontradas gestantes ou lactantes durante os exames clínicos iniciais, a NEM foi estimada pela equação:

$$NEM \text{ (kcal)} = 260 \text{ kcal} * PV \text{ kg (Kirkwood \& Underwood, 1984)}$$

Para a necessidade de energia metabolizável (NEM) para calitrichídeos com menos de 2 anos de idade, conforme a seguir:

$$NEM \text{ (kcal)} = 208 \text{ kcal} * \text{Peso vivo (PV) kg (NRC, 2003)}$$

Para o cálculo da dieta dos grupos, foram somadas as calorias requeridas por cada um dos indivíduos.

## **Composição Nutricional**

Para validar o conteúdo nutricional das dietas fornecidas, uma amostra composta de 500g foi preparada misturando todos os ingredientes de acordo com as proporções formuladas. Essa amostra passou por análise bromatológica em um laboratório especializado para determinar o teor de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, cinzas, FDA, FDN, cálcio, fósforo, zinco e energia bruta. O conteúdo de magnésio, açúcar e vitaminas (A, C e D3) foi analisado utilizando o software Zootrition 2.7. Os resultados foram comparados com as necessidades estimadas delineadas pela EAZA (2022).

Para análise da dieta consumida, o mesmo procedimento foi repetido com 3 amostras (uma de cada grupo) das dietas inicial e final, preparadas de acordo com a proporção de ingredientes consumidos por cada grupo.

## **Consumo de alimento**

A quantidade total de cada alimento oferecido por dia para cada grupo de animais foi pesada numa balança digital ( $d=1g$ ;  $e=5g$ ), e subtraída a quantidade de sobras de cada ingrediente, que foram retiradas às 13:00h para os resíduos da manhã e às 16:30h para os resíduos da tarde. O cálculo foi realizado conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Consumo (g)} = \text{Quantidade de ingrediente oferecido (g)} - (\text{Quantidade de ingrediente restante (g)} * K)$$

Onde o valor de  $K$  foi atribuído segundo o fator de perda de umidade, entre 3 a 5% do peso, determinado após a recriação da mesma dieta oferecida e a localização da mesma em ambiente com condições semelhantes de temperatura e umidade, durante o mesmo período de tempo em que a dieta original permaneceu no recinto.

O consumo de alimento foi avaliado, durante 4 dias, em dois momentos, sendo na semana inicial do estudo e 5 meses após a implementação da nova dieta. Após esse procedimento, foi estimado o consumo médio de cada ingrediente para cada grupo, com o objetivo de determinar o aporte nutricional da dieta consumida.

## **Estado de saúde**

Os animais foram submetidos a exames clínicos sob anestesia antes do início da mudança de dieta e após quatro meses de seguimento da nova dieta. Para o procedimento, os animais passaram por um período de jejum alimentar de 12 horas. Posteriormente, foram anestesiados utilizando Butorfanol (0.046 mg/kg), Dexmedetomidina (0.076 mg/kg) e Midazolam (0.137 mg/kg) por via intramuscular, sendo mantidos com isoflurano durante todo o exame clínico. Ao final do procedimento, foi empregado um protocolo de reversão da anestesia por meio da administração intramuscular de Atipamezole (0.3 mg/kg) e Naloxona (0.02 mg/kg).

Entre 1 e 2 ml de amostras de sangue foram extraídos da veia femoral de cada indivíduo, e foram enviadas a um laboratório para análise de hemograma e bioquímica sérica. As análises incluíram contagem de eritrócitos (RBC), hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio (MCV), hemoglobina corpuscular média (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC), contagem de leucócitos (WBC), proteína total, albumina, globulina, fosfatase alcalina (AP), alanina aminotransferase (ALT), amilase, nitrogênio ureico do sangue (BUN), creatinina, bilirrubina, cálcio (Ca), fósforo (P), colesterol total, triglicerídeos (TG) e aspartato aminotransferase (AST).

## **Saúde oral**

Com o uso de odontograma adaptado para a espécie foi realizada descrição dos achados relevantes em cada indivíduo de acordo com as alterações dentárias encontradas, como ausência de peças dentárias, presença de tártaro, cálculo dentário, fraturas, desgaste moderado ou severo das peças e detecção de condições como gengivite.

## **Trato Gastrointestinal**

Foi inspecionada a área perineal em busca de evidências de diarreia ou coloração fecal como indicação de anormalidades ou problemas digestivos. A palpação abdominal completa foi realizada para detectar distensão, excesso de gás, gestação ou conteúdo líquido, o qual foi confirmado usando um Sistema de

Diagnóstico Ultrassonográfico Portátil (SonoScape modelo A5V) e exame de raio-X.

### **Estado Nutricional**

Os animais foram pesados durante a anestesia e posteriormente a medida do peso foi repetida a cada duas a três semanas, sem contenção química, durante sessões de treinamento realizadas com condicionamento operante. Também foi realizada a avaliação do escore de condição corporal (ECC) para cada indivíduo, de acordo com a escala proposta por Burns & Wachtman (2019). Foi atribuído um escore de 1 a 5, sendo 1 emagrecido e 5 obeso. Os principais pontos escolhidos para a palpação da massa muscular e do tecido adiposo foram: área costal, vértebras lombares e osso sacro/ísquio.

### **Condição da Pelagem**

A avaliação foi realizada ao início e final do estudo, com base na escala proposta por Deng et al. (2019) para o Escore de Qualidade da Pelagem (EQP), e na escala proposta por Millette et al. (2015) para avaliação do Escore de Condição da Pelagem (ECP).

Para o EQP, uma pontuação de 1 corresponde a uma aparência geral opaca com pelagem que quebra facilmente com pouca força ou é altamente frágil, uma pontuação de 2 indica nível moderado de quebra de pelagem com força moderada, e a pontuação de 3 representa pelagem brilhante que quebra com alta força.

Para o ECP, foi utilizada uma escala de 1 a 6. Uma pontuação de 1 corresponde a calvície, com mais de 50% dos pelos no corpo ou membros ausentes; uma pontuação de 2 indica pelos aparados, com menos da metade da profundidade dos pelos em mais de 50% do corpo; a pontuação de 3 denota pelagem irregular, com falhas presentes em mais de 25%, mas menos de 50% do corpo ou membros. Uma pontuação de 4 é atribuída a animais com mais de duas falhas do tamanho mediano, geralmente cercadas por pelagem áspera; uma pontuação de 5 indica pelagem áspera, apresentando leve a significativa aspereza e/ou

irregularidade; e a pontuação de 6 é atribuída a animais com boa condição de pelagem, com poucas imperfeições e pouco ou nenhum amassamento de pelo.

### **Escore Fecal**

As fezes foram coletadas, registradas e avaliadas diariamente durante 3 semanas antes da transição dietética e, novamente, 4 meses após a implementação da nova dieta. A classificação foi baseada no Sistema de Pontuação Fecal proposto para saguis (*Callithrix jacchus*) proposto por Kramer et al. (2009).

### **Análise Estatística**

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. A comparação do peso corporal e dos parâmetros sanguíneos entre machos e fêmeas foi realizada utilizando o teste t de Student não pareado ( $p= 0.05$ ). Além disso, foram feitas comparações para o peso corporal e os parâmetros sanguíneos antes e depois da transição dietética pelo teste t de Student pareado.

Também foram testadas correlações de Spearman entre os parâmetros bioquímicos e o ECC, ECP e EQP. Para a avaliação nutricional, foram testadas correlações de Spearman entre ECC, peso corporal, ECP e EQP.

As informações sobre a composição da dieta, as necessidades nutricionais e a avaliação de saúde relacionadas à integridade do trato gastrointestinal, pontuação fecal e achados associados foram submetidas à análise descritiva.

## **RESULTADOS**

### **Manejo nutricional**

Foram eliminados elementos como o frango, devido ao consumo irregular e às recomendações encontradas no manual de manejo da EAZA (2022), além da banana, que passou de ser parte da dieta para um item opcional, utilizado no enriquecimento ambiental ou como parte dos reforços positivos nas sessões de treinamento. Adicionalmente foi possível introduzir maior variedade de vegetais e o uso de goma guar como fonte de fibra solúvel (Tabela 3).

## Dieta

Ao comparar a composição nutricional da dieta inicial com as necessidades nutricionais recomendadas para a espécie, foi encontrado que o nível de proteína na dieta inicial era muito superior ao indicado. No entanto, o consumo desse nutriente pareceu ser regulado pelos indivíduos, já que a dieta consumida inicialmente apresentou um nível adequado conforme os requerimentos estabelecidos.

**Tabela 3.** Dieta convencional (Dieta A) e dieta reduzida em açúcares (Dieta B) utilizadas para o manejo nutricional de saguis-cabeça-de-algodão

| Dieta A          |                 |              | Dieta B                                  |              |
|------------------|-----------------|--------------|------------------------------------------|--------------|
| Tipo de alimento | Ingrediente     | Inclusão (%) | Ingrediente                              | Inclusão (%) |
| Frutas           | Banana          | 5.2          | Mistura de frutos vermelhos <sup>1</sup> | 2.4          |
|                  | Maçã            | 3.8          | Maçã                                     | 1.5          |
|                  | Manga           | 5.1          | Manga                                    | 1.5          |
|                  | Mamão           | 8            | Melancia                                 | 2.3          |
|                  | Zapote          | 8.5          | Kiwi                                     | 3            |
|                  | Figo            | 5.1          | -                                        | -            |
|                  | Pera            | 5.1          | -                                        | -            |
|                  | Amora           | 5.1          | -                                        | -            |
| Vegetais         | Brócolis        | 6            | Tubérculo cozido <sup>2</sup>            | 17.5         |
|                  | Couve-Flor      | 6            | Abóbora cozida                           | 5.8          |
|                  | Cenoura         | 5            | Ervilha cozida                           | 8.3          |
|                  | -               | -            | Abacate                                  | 3            |
|                  | -               | -            | Feijão vermelho cozido                   | 3.8          |
|                  | -               | -            | Vegetal aquoso cozido <sup>3</sup>       | 12.4         |
| Mistura primatas | Receita caseira | 10           | Bolo primata <sup>5</sup>                | 9            |
|                  |                 |              | Receita caseira <sup>4</sup>             | 10           |
| Proteína animal  | Ovo cozido      | 5,1          | Ovo cozido                               | 6            |
|                  | Frango cozido   | 12           |                                          |              |
| Insetos          | Grilos          | 5            | Grilos/ tenébrios                        | 7            |

|      |   |   |           |     |
|------|---|---|-----------|-----|
| Goma | - | - | Goma guar | 7.5 |
|------|---|---|-----------|-----|

<sup>1</sup>Amora, Fresa, Mirtilho

<sup>2</sup>Batata doce/ Beterraba/ cenoura

<sup>3</sup>Brocolis, abobrinha italiana, chuchu

<sup>4</sup>Receita: água 65%; mel 10%; Nestum multicereal sem açúcar 18%; ração para cães (N&D Famina) 5%; gluconato de cálcio 2%

Após a mudança da dieta, o consumo médio de proteína e extrato etéreo permaneceu consistente (Tabela 4). Houve um aumento significativo na ingestão estimada de fibra detergente neutra (FDN) ( $p = 0.02$ ) e vitamina A ( $p = 0.002$ ). Embora o consumo de outros nutrientes, como fibra bruta e zinco, tenha mostrado uma tendência de aumento, esses incrementos não foram estatisticamente significativos.

Por outro lado, tanto a ingestão de açúcares quanto de vitamina C foi significativamente reduzida na dieta final ( $p = 0.001$  e  $p = 0.03$ , respectivamente).

**Tabela 4.** Composição de consumo e oferta de nutrientes em duas dietas formuladas para *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos

| Nutriente                  | Dieta A   |                          | Dieta B   |                        |                        |
|----------------------------|-----------|--------------------------|-----------|------------------------|------------------------|
|                            | Oferecido | Consumido                | Oferecido | Consumido              | Requerido <sup>2</sup> |
| MS (%)                     | 20.1      | 21.2± 0.9                | 22.7      | 25.2± 2.6              | -                      |
| PB (%)                     | 39.4      | 17.6± 1.5                | 19.5      | 16.6± 0.5              | 15-22                  |
| EE (%)                     | 7.1       | 5± 0.5                   | 9.6       | 5.3± 1.1               | 3 <sup>3</sup>         |
| FB (%)                     | 4.7       | 5± 1.1                   | 11.2      | 8.4± 0.7               | 8-16 <sup>4</sup>      |
| MM (%)                     | 2.8       | 2.4± 0.3                 | 3.2       | 2.9± 0.1               | -                      |
| Ca (%)                     | 0.5       | 0.27± 0.1                | 0.3       | 0.22± 0.04             | 0.8                    |
| P (%)                      | 0.46      | 0.25± 0.02               | 0.4       | 0.27± 0.03             | 0.6                    |
| Mg (%) <sup>1</sup>        | 0.1       | 0.05± 0.02               | 0.1       | 0.06± 0.07             | 0.08                   |
| Zn (mg/kg)                 | 107.8     | 47.9± 2.9                | 98.4      | 58.9± 0.6              | 100                    |
| Vit C (mg/Kg) <sup>1</sup> | 1043      | 989.6± 94.6 <sup>a</sup> | 668.7     | 713.3± 17 <sup>b</sup> | 500-2000               |
| Vit A (UI/kg) <sup>1</sup> | 16990     | 10379±<br>1130.1         | 18264     | 18448.6±<br>1826.2     | 8000                   |
| Açúcares (%) <sup>1</sup>  | 19.23     | 30.1± 1.9                | 9.2       | 12.2± 1.02             |                        |

|                 |      |           |      |           |    |
|-----------------|------|-----------|------|-----------|----|
| NDF (%)         | 18.8 | 15.2± 0.5 | 22.1 | 21.3± 1.8 | 10 |
| ADF (%)         | 8.5  | 6.5± 0.5  | 9.2  | 6.9± 0.2  | 5  |
| EM (Kcal/g MF)  | 0.83 | 0.79± 4   | 1.09 | 1.1± 0.1  | -  |
| EM (Kcal//g MS) | 4.15 | 4.6± 0.03 | 4.8  | 4.7± 0.2  | -  |

<sup>1</sup> Estimado: Zootrition 2.7

<sup>2</sup> EAZA, 2022

<sup>3</sup> Mínimo sugerido para primatas em cativeiro. Dietas para saguis com 8,9% - 9,2% foram relatadas como bem-sucedidas. (Savage., 1995)

<sup>4</sup> Susanne & Ann-Kathrin, 2005

Foi encontrado que a dieta inicial estava calculada para fornecer um total de 86 kcal por indivíduo; no entanto, o requerimento energético médio por indivíduo adulto calculado foi de  $95.7 \pm 13.7$  kcal/dia. Após o ajuste na dieta e o aumento de peso dos indivíduos, encontrou-se um requerimento médio de  $104.3 \pm 11.3$  kcal/dia. A dieta final contou com um aporte estimado de  $127.1 \pm 15.1$  kcal/dia por indivíduo adulto, ajustada de acordo com o requerimento de cada grupo de indivíduos. Nota-se que os requisitos nutricionais de energia não foram alcançados com a dieta inicial.

### Consumo de alimento

Não foi encontrada uma diferença significativa entre o consumo grupal de ambas as dietas. No entanto, considerando o aporte energético oferecido para cada um dos grupos, o qual foi aumentado na dieta final, estima-se que houve um maior consumo de calorias totais em todos os grupos, o que também se refletiu no aumento geral do peso corporal e no consequente aumento da NEM calculado (Tabela 5).

### Estado de saúde

Nenhum dos animais apresentou complicações durante a avaliação. Não foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros hematológicos na comparação entre os momentos antes e após a mudança de dieta. Além disso, os valores observados, tanto para fêmeas quanto para machos, estavam dentro dos intervalos considerados normais, conforme reportado por Shunkan et al. (2012). Em relação aos parâmetros bioquímicos, também não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os dois momentos da avaliação que pudessem ser atribuídas à mudança na dieta. Os valores

bioquímicos encontrados estavam igualmente dentro dos limites normais, de acordo com a referência de Shunkan et al. (2012).

**Tabela 5.** Peso corporal, necessidade de energia metabolizável (NEM) média, consumo de alimento médio, e oferta de energia metabolizável (EM) de três grupos de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos sob dois modelos de alimentação

| DIETA A                  | H1 (n= 6)   | H2 (n= 6)  | H3 (n= 2)    | Total (n= 14) |
|--------------------------|-------------|------------|--------------|---------------|
| Média peso (g)           | 462.3± 37.8 | 411± 103.0 | 554± 143.5   | 453.5± 93.0   |
| Σ NEM (kcal/ day)        | 583.15      | 586.68     | 170.8        | -             |
| Consumo (g)              | 493± 22.5   | 488.2± 32  | 160± 9.2     | -             |
| Consumo (%)              | 86.8± 3.5   | 81.8±5.3   | 74.95 ± 7.8  | 81.1± 5.9     |
| EM ofertada (kcal/ dia)  | 500.4       | 500.4      | 166.8        | -             |
| EM consumida (kcal/ dia) | 410± 18.6   | 406± 26.6  | 132.2 ± 7.7  | -             |
| DIETA B                  | H1 (n= 7)   | H2 (n= 6)  | H3 (n= 2)    | Total (n= 15) |
| Média peso (g)           | 490 ± 42.7  | 503± 52.6  | 607 ± 103.2  | 512.3± 65.1   |
| Σ NEM (kcal/ day)        | 723.6       | 648.9      | 186.8        | -             |
| Consumo (g)              | 623.1± 13.3 | 654.2± 36  | 151.5± 12    | -             |
| Consumo (%)              | 84.6 ± 9.1  | 86 ± 7.2   | 87.6± 2.3    | 81.2 ± 6.6    |
| EM ofertada (kcal/ dia)  | 800         | 800        | 180          | -             |
| EM consumida (kcal/ dia) | 697± 14.4   | 713± 38.9  | 161.9 ± 13.1 | -             |

NEM: Necessidade de energia Metabolizável; Σ NEM: somatória do NEM grupal; EM: Energia Metabolizável

### Saúde oral e Trato gastrointestinal

Durante o primeiro exame, foi detectada gestação nos indivíduos F5 e F6. Para os demais indivíduos, as alças intestinais apresentaram-se normais, sem quaisquer anomalias de relevância clínica, tanto no exame inicial quanto no final. Além disso, em ambos os momentos de avaliação, problemas orais foram identificados em 57,1% dos animais. Os principais distúrbios encontrados

incluíram desgaste acentuado de caninos ou incisivos (N=5), presença de cálculos dentários (N=4), gengivite (N=3), perda de dentes (N=3) e fraturas em caninos (N=1) (Figura 1).

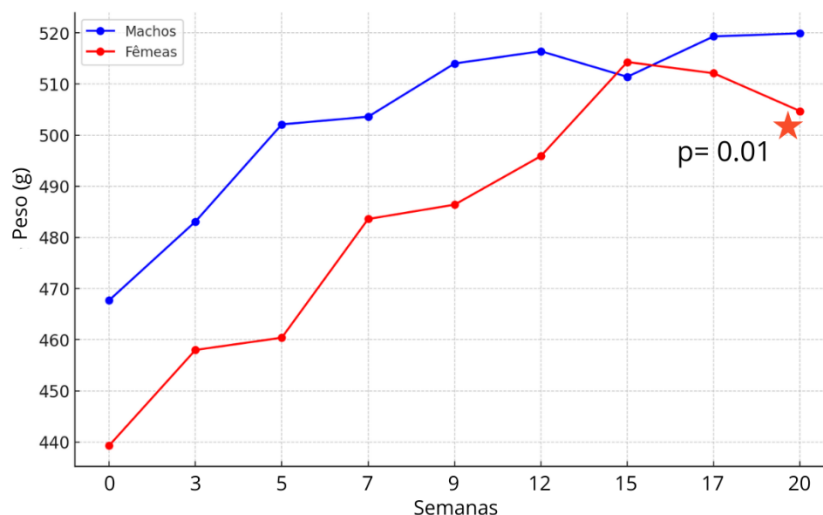


**Figura 1.** Cavidade oral de indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* sob protocolo anestésico para exame clínico. **A.** Indivíduos sem acidentes ou defeitos na cavidade oral. **B.** Indivíduos com um ou mais acidentes na cavidade oral, como desgaste de caninos (1), desgaste acentuado de incisivos, descoloração e fratura de peças dentárias (2), e perda de peças dentárias (3).

### Estado Nutricional

Para os exames prévios ao câmbio de dieta não foram encontradas diferenças significativas entre os pesos de machos e fêmeas, os quais foram na média de  $467.7\text{g} \pm 86\text{g}$  e  $439.3\text{g} \pm 93\text{g}$  respectivamente. O peso médio dos indivíduos adultos, excluindo os infantes os quais tiveram pesos inferiores a 310g, foi de  $500.7\text{g} \pm 85.14\text{g}$  y  $461.8 \pm 36.14\text{g}$  para machos e fêmeas respectivamente.

Após a transição da dieta, tanto machos quanto fêmeas passaram por um processo de aumento de peso corporal (Figura 2), com médias de  $519.9\text{g} \pm 69.5$  e  $504.7\text{g} \pm 65.1$  para machos e fêmeas respectivamente. Foi observada a diferença significativa no ganho de peso das fêmeas após a implementação da nova dieta ( $p= 0.01$ ).



**Figura 2.** Evolução do peso corporal de machos e fêmeas adultos de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos durante o período experimental.

Ao início do estudo, 42.8% dos saguis estavam em condição corporal abaixo do ideal, 7.14% estavam levemente acima do ideal e 50% foram classificados como condição corporal ideal. Uma correlação positiva foi observada entre o peso corporal e o ECC ( $s = 0.58$ ;  $p = 0.04$ ).

Após a mudança na dieta, 78.5% dos indivíduos exibiram escores de condição corporal ideais, 7.14% estavam acima do ideal e 14.2% estavam abaixo do ideal.

### Pelagem

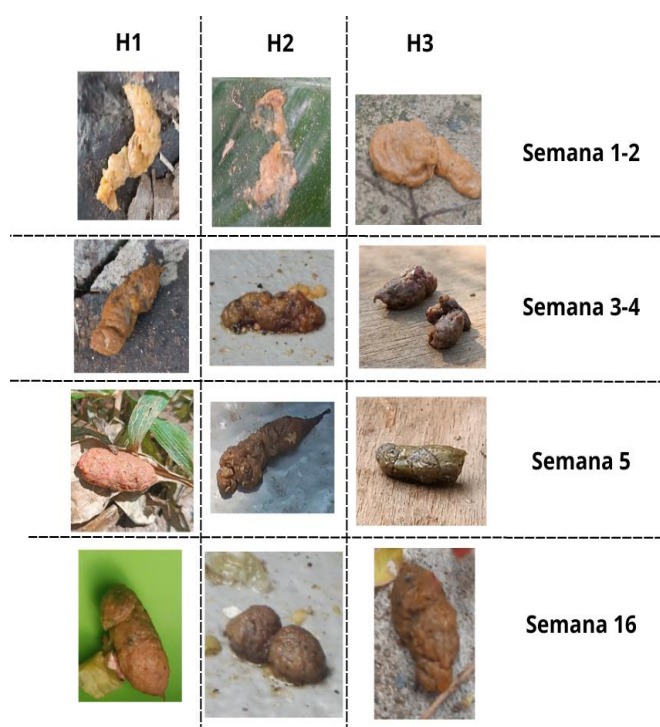
Em relação ao EQP, na fase inicial, dois dos seis animais em condição abaixo do ideal apresentaram qualidade de pelagem ruim (Escore 1), e seis animais exibiram pelagem áspera (Escore 2); desses, quatro estavam em condição abaixo do ideal, enquanto dois tinham ECC ideal. Após a transição da dieta, apenas um animal apresentou qualidade de pelagem ruim (Escore 1), sendo o indivíduo com menor peso corporal final (408g) e ECC baixo

No geral, altos escores de ECP foram registrados para todos os indivíduos em ambos os momentos. Além disso, uma forte correlação positiva foi encontrada entre ECC e EQP ( $s = 0.815$ ;  $p = 0.0003$ ).

### Escore fecal

Durante a dieta inicial, até a semana 2, cerca de 70% das fezes registradas e avaliadas foram classificadas com escores de 4 a 6, e nenhum caso de fezes classificadas como tipo 1 ou 2 foi documentado antes da transição da dieta. A partir da semana 3, fezes de consistência 3-4 foram encontradas com maior frequência até o período final de transição (semana 5), após o qual 23% das fezes registradas foram classificadas como consistência 2, 42.8% corresponderam a fezes do tipo 3, 26.3% a fezes do tipo 4 e 7.9% dos registros foram classificados como tipo 5. Não foram encontradas diarreias tipo 6 durante esse período (Figura 3).

Além disso, durante os exames físicos, os indivíduos M2, M3, F2, F5 e F6 apresentaram vestígios de fezes ou descoloração fecal na área perianal.



**Figuras 3.** Avaliação do escore fecal (fezes de maior ocorrência) em três grupos de *Saguinus oedipus* sob cuidado humano, durante o processo de redução de açúcares e aumento de fibra na dieta.

## DISCUSSÃO

A redução na inclusão de frutas resultou em uma dieta de melhor qualidade, refletida em melhorias significativas no estado nutricional e na saúde digestiva dos três grupos avaliados. Este resultado foi atribuído, principalmente, ao aumento no consumo médio estimado de fibra detergente neutra (FDN), aliado a uma redução significativa no consumo de açúcares.

Em relação ao consumo estimado dos demais nutrientes, observou-se que, apesar da oferta elevada de proteína na dieta inicial (39%) em comparação à dieta final (17%), os indivíduos regularam a ingestão deste nutriente. O consumo de proteína permaneceu dentro do recomendado pela EAZA (2022) em ambas as avaliações, sendo de  $17.6\% \pm 1.5\%$  na dieta inicial e  $16.6\% \pm 0.5\%$  na dieta final. Estes valores são semelhantes aos relatados para outros calitriquídeos sob cuidados humanos (*Leontopithecus chrysomelas* e *L. rosalia*), cujo consumo de proteína variou entre 10% e 13.6% com base na matéria seca da dieta (Yaxley, 2007).

Contudo, o consumo de Zn aumentou na dieta com baixa quantidade de frutas, o que foi considerado um benefício importante, especialmente considerando que o Zn foi descrito previamente como mineral com potencial efeito protetor contra a Síndrome de Emagrecimento Progressivo (SEP), assim como a fibra total e a FDN (Cabana et al., 2018), cujos níveis também foram incrementados.

Embora não tenha sido possível estimar o consumo de fibra solúvel proveniente da goma, observou-se um consumo superior a 70% da quantidade oferecida. As gomas ou exsudatos das árvores representam uma estratégia simples, rápida e de baixo custo para aumentar a ingestão energética para os callitríquidos na forma de carboidratos complexos (Herron et al., 2001), além de fornecer outros nutrientes, como minerais, particularmente cálcio (Smith, 2000). Por outro lado, seus benefícios a nível digestivo têm sido observados no uso desse tipo de goma como elementos prebióticos que favorecem os processos de modulação intestinal em diferentes espécies (Mudgil et al., 2018).

O consumo total de alimento nos três grupos não apresentou diferenças significativas entre a dieta inicial e a dieta final, sugerindo que a palatabilidade dos novos alimentos, principalmente vegetais, foi favorável, resultando em um consumo final de 80% da dieta oferecida. O ajuste na quantidade de alimento e na densidade energética da dieta impactou diretamente no aumento de peso de 78% dos indivíduos adultos, sendo o efeito mais pronunciado nas fêmeas.

Os pesos registrados mostraram uma correlação positiva com o ECC, obtendo que antes da mudança alimentar 42% dos animais (N=6) apresentavam ECC abaixo do ideal. Após a mudança na dieta e com o incremento no peso dos indivíduos, apenas dois indivíduos permaneceram nessa condição ((M2 e F6). Ambos exibiram processos degenerativos no aspecto da saúde oral, incluindo perda de dentes, fraturas dentárias e desgaste acentuado. Estes fatores podem ter prejudicado a capacidade de consumo adequado de alimentos, o que foi descrito por outros autores como uma causa relacionada como o estado de desnutrição (Azzolino et al., 2019).

O baixo ECC em nossos resultados foi encontrado ter correlação com a má qualidade da pelagem que foi previamente relatada como um forte indicador do consumo de nutrientes, referindo-se a deficiências nutricionais como uma das causas mais frequentes de alopecia em primatas (Steinmetz et al., 2006). Similar aos nossos resultados, a desnutrição em callitríquidos com síndrome de emagrecimento do sagui (SEP) foi associada à presença de pelagem opaca e fraca (Cabana et al., 2018). Em primatas da espécie *Papio hamadryas*, a melhora da condição do pelo foi associada ao aumento do consumo de minerais e vitaminas, como as vitaminas C, E e A (Cabana et al., 2018).

O aumento na inclusão de fibra e a redução no consumo de açúcar contribuíram para uma aparente melhoria na saúde digestiva, refletida pela melhora na qualidade fecal dos animais. Hipotetizamos que a ocorrência de fezes moles e episódios de diarreia observados em todos os grupos antes da transição da dieta poderia estar associada a uma ingestão insuficiente de fibra, que foi adequadamente ajustada com a introdução da dieta com baixo teor de frutas.

A partir da terceira semana, com a inclusão de 30% de frutas e 35% de vegetais na composição alimentar, observou-se uma mudança significativa na consistência fecal em todos os grupos avaliados. Após quatro meses de adesão à dieta com baixa inclusão de frutas, a prevalência de fezes consistentes alcançou aproximadamente 65% das observações.

Resultados semelhantes foram relatados na literatura sobre a alta incidência de diarreia e predisposição a problemas digestivos em saguis-de-cabeça-de-algodão com manejo nutricional inadequado (Cabana et al., 2018). Esses achados foram descritos por outros autores em condições semelhantes de ingestão insuficiente de fibra, com baixa inclusão de pellets, vegetais ou gomas (Richards-Rios et al., 2021). Resultados semelhantes foram relatados em primatas colobos, babuínos, macacos-de-hamlyn, macacos-prego e macacos-aranha, os quais, após a implementação de dietas livres de frutas apresentaram fezes mais consistentes e uma diminuição importante na incidência de diarreias (Plowman, 2013; Villard et al., 2023). Essas melhorias foram amplamente atribuídas ao aumento no consumo de fibras, que, de acordo com Cabana et al. (2018), atuam como prebióticos, e sua fermentação gera compostos anti-inflamatórios, beneficiando a saúde digestiva dos indivíduos.

## **CONCLUSÃO**

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que a implementação de uma dieta com limitada inclusão de frutas e com maior inclusão de vegetais fibrosos é viável em termos de palatabilidade e apresentou um consumo favorável. Adicionalmente, a mudança na dieta mostrou ter benefícios para os animais em termos de saúde e estado nutricional, com as alterações mais favoráveis observadas no peso, condição corporal e escore fecal. Isso demonstra que um modelo de alimentação com menor teor de fruta e maior aporte de fibras provenientes de gomas e vegetais pode ser ideal para o manejo da espécie.

## REFERÊNCIAS

1. Acosta, J. S., & Moreno, L. D. P. (2007). Estudio diagnóstico de enfermedad periodontal en familias cebidae y aotidae del zoológico Jaime Duque. [https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina\\_veterinaria/348](https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/348)
2. Alex, D., Garvin, D. F., & Peters, S. M. (2013). Streptococcus pasteurianus septicemia. *Indian J. Med. Microbiol*, 31, 310-312.
3. Azzolino, D., Passarelli, P. C., De Angelis, P., Piccirillo, G. B., D'Addona, A., & Cesari, M. (2019). Poor oral health as a determinant of malnutrition and sarcopenia. *Nutrients*, 11(12), 2898. <https://doi:10.3390/nu11122898>
4. Baxter, V. K., Shaw, G. C., Sotuyo, N. P., Carlson, C. S., Olson, E. J., Zink, M. C., Mankowski, J. L., Adams, R. J., Hutchinson, E. K., & Metcalf Pate, K. A. (2013). Serum albumin and body weight as biomarkers for the antemortem identification of bone and gastrointestinal disease in the common marmoset. *PLOS ONE*, 8(12), e82747. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082747>
5. Bertassoli, B. M., Silva, L. C. S. da, Oliveira, F. D. de, Santos, A. C. dos, Mançanares, C. A. F., & Assis Neto, A. C. de. (2013). Classificação morfofuncional dos dentes de saguis-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*, Callitrichidae), saguis-de-tufo-preto (*C. penicillata*) e saguis-de-cara-branca (*C. geoffroyi*) *Acta Amazonica*, 43(3), 377–382. <https://doi:10.1590/s0044-59672013000300014>
6. Burns, M., & Wachtman, L. (2019). Physical Examination, Diagnosis, and Common Clinical Procedures. *The Common Marmoset in Captivity and Biomedical Research*, 145–175. <https://doi:10.1016/b978-0-12-811829-0.00010-8>
7. Cabana, F., & Nekaris, K. A. I. (2015). Diets high in fruits and low in gum exudates promote the occurrence and development of dental disease in pygmy slow loris (*Nycticebus pygmaeus*). *Zoo Biology*, 34(6), 547–553. <https://doi:10.1002/zoo.21245>
8. Cabana, F., Jayarajah, P., Oh, P. Y., Hsu, C.-D. (2018). Dietary Management of a Hamadryas Baboon (*Papio Hamadryas*) Troop to Improve Body and Coat Condition and Reduce Parasite Burden: Dietary Management

- of Baboons". *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 6(1), 16-21.  
<https://doi:10.19227/jzar.v6i1.306>
9. Cabana, F., Maguire, R., Hsu, C.-D., & Plowman, A. (2018). Identification of possible nutritional and stress risk factors in the development of marmoset wasting syndrome. *Zoo biology*, 37(2), 98-106.  
<https://doi.org/10.1002/zoo.21398>
  10. Cuozzo, F. P., Sauther, M. L., Gould, L., Sussman, R. W., Villers, L. M., & Lent, C. (2010). Variation in dental wear and tooth loss among known-aged, older ring-tailed lemurs (*Lemur catta*): a comparison between wild and captive individuals. *American Journal of Primatology*, 72(11), 1026–1037.  
<https://doi:10.1002/ajp.20846>
  11. da Silva, G. P., Pereira, T. H. D. S., de Melo, J. T., Imbeloni, A. A., Andrade, R. D. S. D., Monteiro, M. V. B., & Takeshita, R. S. (2023). Hematological and serum biochemistry evaluation in howler monkeys (*Alouatta caraya*) and capuchin monkeys (*Sapajus apella*): A comparative study. *Journal of Medical Primatology*, 52(3), 170-185. <https://doi:10.1111/jmp.12644>
  12. David, J. M., Dick Jr, E. J., & Hubbard, G. B. (2009). Spontaneous pathology of the common marmoset (*Callithrix jacchus*) and tamarins (*Saguinus oedipus*, *Saguinus mystax*). *Journal of Medical Primatology*, 38(5), 347–359.  
<https://doi:10.1111/j.1600-0684.2009.00362.x>
  13. de Moraes, I. A., Lilenbaum, W., Alencar, N. X., Almosny, N. P., de Mello Cerqueira, A., Uchoa, C., & Pissinatti, A. (2007). Wasting Syndrome in *Saguinus martinsi* ("Martin's Bare-face Tamarin")-Callitrichidae–Primates: case report. *Acta Veterinaria Brasílica*, 1(3), 94-98.
  14. Deng, W., Guan, G., Xiao, C., Qu, G., Xue, J., Qin, C., Han, H., & Wang, Y. (2019). Construction of a comprehensive observer-based scale assessing aging-related health and functioning in captive rhesus macaques. *Aging*, 11(17), 6892–6903. <https://doi.org/10.18632/aging.102219>
  15. EAZA. (2022). EAZA Best Practice Guidelines for the Callitrichidae – 3.2 Edition. <https://www.eaza.net/assets/Uploads/CCC/BPG-2022/EAZA-Best-Practice-Guidelines-Callitrichids-V14.pdf>
  16. Escajadillo, A., Bronson, R. T., Sehgal, P., & Hayes, K. C. (1981). Nutritional evaluation in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Laboratory animal science*, 31(2), 161–5.

17. Fox, M., Brieva, C., Moreno, C., MacWilliams, P., & Thomas, C. (2008). Hematologic and serum biochemistry reference values in wild-caught white-footed tamarins (*Saguinus leucopus*) housed in captivity. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 39(4), 548–557. <https://doi.org/10.1638/2007-0079.1>
18. Gore, M. A., Brandes, F., Kaup, F.-J., Lenzner, R., Mothes, T., & Osman, A. A. (2001). Callitrichid nutrition and food sensitivity. *Journal of Medical Primatology*, 30(3), 179–184. <https://doi:10.1111/j.1600-0684.2001.tb00007.x>
19. Gürler, M., Can, G., Can, H., Tezel, H. A., et al. (2020). The relationship between hematological parameters and disease activity in Inflammatory bowel disease. *Anatolian Curr Med J*, 2(3), 68-74. <https://doi.org/10.38053/acmj.724021>
20. Keller, K. L., Fritz, R. S., Zoubek, C. M., Kennedy, E. H., Cronin, K. A., Rothwell, E. S., & Serfass, T. L. (2014). Effects of Transport on Fecal Glucocorticoid Levels in Captive-Bred Cotton-Top Tamarins (*Sanguinus oedipus*). *Journal of the Pennsylvania Academy of Science*, 88(2), 84–88. <http://www.jstor.org/stable/10.5325/jpennacadscie.88.2.0084>
21. Kramer, J. A., Hachey, A. M., Wachtman, L. M., & Mansfield, K. G. (2009). Treatment of giardiasis in common marmosets (*Callithrix jacchus*) with tinidazole. *Comparative medicine*, 59(2), 174-9.
22. Kuehnel, F., Mietsch, M., Buettner, T., Vervuert, I., Ababneh, R., & Einspanier, A. (2013). The influence of gluten on clinical and immunological status of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of Medical Primatology*, 42(6), 300–309. <https://doi.org/10.1111/jmp.12055>
23. Leong, K. M., Terrell, S. P., & Savage, A. (2004). Causes of mortality in captive cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Zoo Biology*, 23(2), 127–137. <https://doi:10.1002/zoo.10121>
24. Malukiewicz, J., Cartwright, R. A., Dergam, J. A., Igayara, C. S., Kessler, S. E., Moreira, S. B., & Grativol, A. D. (2022). The gut microbiome of exudivorous marmosets in the wild and captivity. *Scientific Reports*, 12(1), 5049. <https://doi:10.1038/s41598-022-08797-7>
25. Millette, J. B., Sauter, M. L., & Cuzzo, F. P. (2015). Examining visual measures of coat and body condition in wild ring-tailed lemurs at the Beza Mahafaly Special Reserve, Madagascar. *Folia Primatologica*, 86(1-2), 44-55. <https://doi.org/10.1159/000368574>

26. NRC. (2003). National Research Council. Nutrient Requirements of Nonhuman Primates, 2nd revised edition. Washington, DC: The National Academies Press. pp. 286.  
<https://nap.nationalacademies.org/catalog/9826/nutrient-requirements-of-nonhuman-primates-second-revised-edition>
27. Pereira, W. L. A., Diniz Junior, J.A.P., Muniz, J.A.P.C., Souza, A.J.S.D., Mendes, F.F., Cecim, A. D. A., & Aguirra, L. R. V. M. D. (2021). Lesões jejunais em saguis cativos afetadas pela doença do emagrecimento progressivo crônico. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, 12(ESP).  
<https://doi:10.5123/s2176-6223202100198>
28. Plowman, A. (2015). Fruit-free diets for primates. Em Bissell H, Brooks M, Eds. Proceedings of the Eleventh Conference on Zoo and Wildlife Nutrition, AZA Nutrition Advisory Group, Portland, OR. [https://nagonline.net/wp-content/uploads/2015/11/03\\_Plowman.pdf](https://nagonline.net/wp-content/uploads/2015/11/03_Plowman.pdf)
29. Potkay, S. (1992). Diseases of the Callitrichidae: A review. *Journal of Medical Primatology*, 21(4), 189–236. <https://doi:10.1111/j.1600-0684.1992.tb00583.x>
30. Price, E., Coleman, R., Ahsmann, J., Glendewar, G., Hunt, J., Smith, T., & Wormell, D. (2019). Individual, social, and environmental factors affecting salivary and fecal cortisol levels in captive pied tamarins (*Saguinus bicolor*). *American Journal of Primatology*. <https://doi:10.1002/ajp.23033>
31. Richards-Rios, P., Wigley, P., López, J., Wormell, D., & Barbón, A. (2021). Changes in the faecal microbiome of pied tamarins (*Saguinus bicolor*) associated with chronic, recurrent diarrhoea and weight loss. *Animal microbiome*, (3)1. <https://doi.org/10.1186/s42523-020-00062-4>
32. Rodríguez, V., Link, A., Guzman-Caro, D., Defler, T.R., Palacios, E., Stevenson, P.R. & Mittermeier, R.A. (2021). *Saguinus oedipus* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021
33. Savage, A. (1995). Nutrition. In: Cotton top tamarin – Husbandry Manual. Savage, A. Ed., Roger Williams Park Zoo, Providence, Rhode Island.  
<https://nagonline.net/682/cotton-top-tamarin-nutrition/>
34. Mittermeier, R. A., Wallis, J., Rylands, A. B., Ganzhorn, J. U., Oates, J. F., Williamson, E. A., & Schwitzer, C. (2009). Primates in Peril: The World's 25

- Most Endangered Primates 2008–2010. *Primate Conservation*, 24(1), 1–57.  
<https://doi:10.1896/052.024.0101>
35. Shukan, E.T., Boe, C.Y., Hasenfus, A.V, Pieper, B.A, Snowdon, C.T. (2012). Normal hematologic and serum biochemical values of cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *J Am Assoc Lab Anim Sci*, 51(2), 150-4.
  36. Silva, M. B. G., Tokashiki, E. Y., Testa, C. A. E. P., de Lima Meirelles, P. R., Okamoto, P. T. C. G., Urrego, A. C. B., & Melchert, A. (2024). Apparent digestibility and nutritional status of capuchin monkeys (*Sapajus* sp.) under human care. *Journal of medical primatology*, 53(3), e12699.  
<https://doi.org/10.1111/jmp.12699>
  37. Smith, M., & Heatley, J. J. (2020). *Callitrichids. Exotic Animal Laboratory Diagnosis*, 211–227. <https://doi:10.1002/9781119108610.ch13>
  38. Standaert, M. L., Ortmeyer, H. K., Sajan, M. P., Kanoh, Y., Bandyopadhyay, G., Hansen, B. C., & Farese, R.V. (2002). Skeletal muscle insulin resistance in obesity-associated type 2 diabetes in monkeys is linked to a defect in insulin activation of protein kinase C- $\zeta$ /M. *Diabetes*, 51(10), 2936-2943.  
<https://doi.org/10.2337/diabetes.51.10.2936>
  39. Steinmetz, H.W., Kaumanns, W., Dix, I., Heistermann, M., Fox, M. & Kaup, F. J. (2006). Coat condition, housing condition and measurement of faecal cortisol metabolites – a non-invasive study about alopecia in captive rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *Journal of Medical Primatology*, 35(1), 3-11.  
<https://doi:10.1111/j.1600-0684.2005.00141.x>
  40. Strike, T. B., & Feltrer, Y. (2017). Long-term management of type 2 diabetes mellitus in callitrichids with oral anti-hyperglycaemic medication. *International Zoo Yearbook*, 51(1), 258–268. <https://doi:10.1111/izy.12154>
  41. Susanne, R., & Ann-Kathrin, O. (2005). Husbandry and Management of New World Species: Marmosets and Tamarins. *The Laboratory Primate*, 145–162.  
<https://doi:10.1016/b978-012080261-6/50010-6>
  42. Wang, S., Ma, M., Liang, Z., Zhu, X., Yao, H., Wang, L., & Wu, Z. (2022). Pathogenic investigations of *Streptococcus pasteurianus*, an underreported zoonotic pathogen, isolated from a diseased piglet with meningitis. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(5), 2609-2620.
  43. Wegman, M., Bakker, J., Nederlof, R. A., Remarque, E. J., & Langermans, J. A. (2024). Hematological and Serum Biochemical Reference Intervals for

- Alphaxalone Sedated Common Marmosets (*Callithrix jacchus*). *Animals*, 14(5), 790. <https://doi.org/10.3390/ani14050790>
44. Whyte, M. P. (2010). Physiological role of alkaline phosphatase explored in hypophosphatasia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1192(1), 190–200. <https://doi:10.1111/j.1749-6632.2010.05387.x>
45. Wood, J. D., Peck, O. C., Tefend, K. S., Rodriguez-M, M. A., Rodriguez-M, J. V., Hernandez-C, J. I., ... Sharma, H. M. (1998). *Digestive Diseases and Sciences*, 43(7), 1443–1453. <https://doi:10.1023/a:1018842210330>
46. Yoshimoto, T., Niimi, K., & Takahashi, E. (2016). Tranexamic acid and supportive measures to treat wasting marmoset syndrome. *Comparative Medicine*, 66(6), 468-473.

**ANEXOS**

**Anexo 1.** Recomendação de inclusão de ingredientes em dietas para Callitrichidae sob cuidado humano (EAZA, 2022)

| Categoria    | Gomívoros | Intermediário | Frugívoros                       |
|--------------|-----------|---------------|----------------------------------|
| Ração (%)    | 15        | 15            | 20                               |
| Insetos (%)  | 15        | 5             | 10                               |
| Vegetais (%) | 45        | 65            | 60                               |
| Goma (%)     | 20        | 5             | Regularmente em pouca quantidade |
| Frutas (%)   | 5         | 10            | 10                               |

**Seção 2:** Valores hematológicos e bioquímicos em saguis-cabeça-de-algodão (*saguinus oedipus*) sob cuidados humanos após a implementação do modelo de alimentação “fruit-free”

Ana Camila Beltrán Urrego, Paula Andrea Diaz Botina, Juan Camilo Mendoza, Alessandra Melchert

Revista: Comparative Clinical Pathology

Link da revista: <https://link.springer.com/journal/580>

**RESUMO**

Estudos em primatas não humanos indicam que o consumo de dietas inadequadas pode resultar em alterações significativas na saúde dos animais. O monitoramento e interpretação dos parâmetros sanguíneos, considerados indicadores chave da saúde e do estado nutricional, são fundamentais para identificar a necessidade de ajustes na dieta, visando garantir a manutenção de um estado de saúde e bem-estar adequados em primatas sob cuidado humano. O objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças nos parâmetros hematológicos e bioquímicos após a implementação de uma dieta com redução de açúcares e maior quantidade de fibra bruta e fibra detergente neutra (FDN). Foram avaliados 14 saguis-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) mantidos sob cuidados humanos, que passaram por uma mudança dietética formulada de acordo com os requerimentos nutricionais para calitriquídeos. Amostras de sangue foram coletadas de cada indivíduo para análise de hemograma e bioquímica sérica. Embora não tenha sido observada uma mudança significativa nos parâmetros hematológicos e bioquímicos em relação à mudança dietética, encontrou-se uma correlação positiva entre os triglicerídeos (TG) e o peso corporal, assim como entre os TG e os níveis de colesterol. Esses resultados sugerem que essas medições podem ser indicadores úteis para a identificação precoce de condições de sobrepeso ou obesidade derivadas do manejo nutricional em saguis-de-cabeça-de-algodão.

**Palavras-chave:** Nutrição, primata neotropical, parâmetros sanguíneos, Zoológico.

## INTRODUÇÃO

O sagui-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) é um primata neotropical pertencente à família Callitrichidae, cuja distribuição geográfica é restrita às florestas secas tropicais da Colômbia. Essa espécie ocorre principalmente nos departamentos de Atlântico, Sucre, Córdoba, Bolívar, Antioquia e Chocó (Savage et al., 2023). Atualmente, está classificada como criticamente ameaçada de extinção pela IUCN (2024), destacando a necessidade urgente de aprimorar as condições de bem-estar desses animais sob cuidados humanos.

Entre os fatores prioritários a serem otimizados em cativeiro, a nutrição desempenha um papel crucial (Mellor et al., 2020). Em muitos casos, a nutrição inadequada pode levar ao desenvolvimento de condições de saúde como desnutrição, obesidade, deficiências nutricionais, e distúrbios digestivos (Fitz et al., 2020). Algumas das alterações que tem sido observada em animais em cativeiro que consomem dietas desequilibradas, ricas em gordura e carboidratos, e com baixa inclusão de fibras, são: aumento dos níveis de colesterol, glicose e lipídios no sangue, diminuição da albumina sérica, homeostase do cálcio e má absorção de lipídios (Ross et al., 2020). Esses desequilíbrios podem predispor os animais a doenças cardiovasculares, diabetes mellitus, hipertensão e até insuficiência hepática (Soto-Calderón et al., 2016; Wachtman et al., 2011).

Considerando a relação direta entre o consumo de nutrientes e as alterações de saúde observadas nos parâmetros sanguíneos responsivos à nutrição, acredita-se que a avaliação dos parâmetros sanguíneos em primatas não humanos em cativeiro seja crucial para monitorar sua saúde e garantir que seu ambiente atenda às suas necessidades fisiológicas (da Silva et al., 2023). Isso, por sua vez, permite identificar precocemente alterações associadas a deficiências nutricionais ou desequilíbrios dietéticos, possibilitando ajustes rápidos na alimentação e promovendo melhorias no estado de saúde dos animais.

O objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças nos parâmetros hematológicos e bioquímicos após o ajuste e mudança na dieta, com redução na quantidade de açúcares e aumento na quantidade de fibra dietética (fibra bruta e FDN), a fim de monitorar os efeitos da dieta no estado geral de saúde dos animais.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Local de Estudo**

O estudo foi realizado nas instalações do Zoológico de Cali (FZC), localizado no Departamento do Valle do Cauca, no sudoeste da Colômbia.

### **Animais**

Foram avaliados 14 saguis-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) mantidos sob cuidados humanos (7 fêmeas e 7 machos) cujo peso médio inicial foi de  $500.7\text{g} \pm 85.14\text{g}$  y  $461.8 \pm 36.14\text{g}$  para machos e fêmeas respectivamente.

### **Alojamento**

Por questões de bem-estar e normas da instituição, os três grupos de saguis permaneceram em seus respectivos recintos durante todo o estudo, exceto no momento da captura para o exame clínico correspondente. O Habitat 1 (H1), atribuído à família com 3 adultos e 3 subadultos, consistiu em um recinto tipo ilha. O Habitat 2 (H2) tinha um desenho de recinto tipo gaiola, atribuído à família composta por 2 adultos, 2 juvenis e 2 filhotes. A área total do recinto era de  $12\text{m}^2$ , dos quais  $3\text{m}^2$  estavam cobertos por telhas, proporcionando proteção contra o sol e a chuva. Finalmente, o Habitat 3 (H3), atribuído ao casal de adultos, tinha uma estrutura similar ao Habitat 2, com a diferença de contar com uma área total de  $9\text{m}^2$ .

### **CrITÉRIOS de Seleção**

Inicialmente, foram selecionados os animais considerados saudáveis após exame físico, raios-X e ultrassonografia abdominal, juntamente com parâmetros hematológicos e bioquímicos reportados como ideais para a espécie por Shunkan et al (2012) (Anexo 1 e 2). Nenhum dos animais inicialmente selecionados para o estudo foi excluído.

## Manejo nutricional

Os indivíduos passaram por uma mudança dietética, começando com uma dieta convencional rica em frutas, formulada previamente pela instituição, para uma dieta com menor quantidade de frutas (Tabela 1), cujo aporte nutricional foi balanceado de acordo com os requerimentos nutricionais reportados para calitriquídeos pela EAZA (2022), com auxílio do software Zootrition 2.7.

**Tabela 1.** Proporção de inclusão por tipo de alimento na dieta de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos.

| Item                          | Dieta A | Dieta B |
|-------------------------------|---------|---------|
| Frutas                        | 51      | 10.6    |
| Vegetais                      | 17      | 50.8    |
| Proteína animal <sup>1</sup>  | 17      | 6       |
| Mistura primatas <sup>2</sup> | 10      | 19      |
| Insetos                       | 5       | 6       |
| Goma guar                     | 0       | 7.5     |

<sup>1</sup> A proteína animal na semana 1 consistiu em uma mistura de frango cozido e ovo cozido; a partir da semana 2, consistiu apenas de ovo cozido.

<sup>2</sup> Mistura na semana 1 composta por: água 60%; mel 19%; Nestum 14%; ração para cães (N&D Farmina, Quinoa Skin & Coat Duck) 5%; gluconato de cálcio 2%.

## Protocolo de Contenção Física e Química

Para a contenção física, foi implementado o treinamento baseado em técnicas de condicionamento operante e clássico, que consistiu em colocar caixas de transporte dentro de cada recinto, às quais os animais já estavam dessensibilizados. Os animais entraram nas caixas de transporte de maneira voluntária e, uma vez lá dentro, foram transportados para a área clínica, onde foram manipulados com o uso de luvas de couro e bolsas de tecido escuro para garantir sua restrição e a aplicação adequada da anestesia.

Em relação à contenção química, foi realizado jejum alimentar de 12 horas. Posteriormente, os animais foram anestesiados com Butorfanol (0.046 mg/kg), Dexmedetomidina (0.076 mg/kg) e Midazolam (0.137 mg/kg) por via intramuscular e mantidos com isoflurano até a conclusão do exame clínico. Ao

finalizar o procedimento, foi utilizado um protocolo de reversão com aplicação intramuscular de Atipamezole (0.3 mg/kg) e Naloxona (0.02 mg/kg).

### **Hematologia e bioquímica sérica**

Foram obtidos 2 ml de sangue de cada indivíduo, com a coleta realizada na veia femoral (Figura 1). As amostras foram enviadas ao laboratório clínico para análise de hemograma e bioquímica sérica, cujos resultados foram comparados com valores médios relatados na literatura para indivíduos em cativeiro (Shunkan et al., 2012).

O perfil hematológico incluiu contagem de glóbulos brancos (WBC), contagem de plaquetas, linfócitos, monócitos e granulócitos, contagem de glóbulos vermelhos (RBC), hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio (MCV), hemoglobina corpuscular média (MCH), concentração de hemoglobina corpuscular média (MCHC) e amplitude de Distribuição dos Glóbulos Vermelhos (RDW). O Lumiratek H3 (LUMIRADX) foi utilizado para as análises hematológicas.



**Figura 1.** Procedimento de extração de sangue na veia femoral em *Saguinus oedipus*

Os exames bioquímicos séricos incluíram: glicose, colesterol total, triglicerídeos (TG), bilirrubina total, creatinina, alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), fosfatase alcalina (FA), albumina, amilase, BUN, cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na) e potássio (K). O A15® Random Access Biochemistry Analyzer (Byosystems Headquarters, Barcelona, Espanha) foi

utilizado para as análises bioquímicas. Para a glicose, as amostras foram processadas logo após a coleta de sangue com o GlucoQuick G30a® portátil.

### **Análise estatística**

Para a comparação dos parâmetros clínicos entre sexos e diferentes dietas utilizadas (antes e após a mudança da dieta), foi utilizado o teste t-Student. A média obtida para os parâmetros sanguíneos foi comparada com os valores estabelecidos como normais pela revisão da literatura (Shunkan et al., 2012). Para os parâmetros de FA, ALT e P, os filhotes (um macho e uma fêmea) não foram incluídos no cálculo da média, pois os valores obtidos foram considerados atípicos, em consonância com o esperado em indivíduos em crescimento, nos quais a atividade osteoblástica se reflete em aumentos significativos dos marcadores de atividade óssea, como FA, ALT e P. Foi considerado o nível de significância de 5%.

Finalmente, utilizou-se o método de análise de correlação de Spearman ( $p=0.05$ ) entre os parâmetros de peso corporal y os parâmetros bioquímicos de TG, colesterol e glicose.

Variáveis como idade e estágio fisiológico foram consideradas na interpretação dos resultados obtidos para bioquímica sanguínea (ALT, FA) por terem relação direta com a expressão dessas variáveis.

## **Resultados**

### **Valores hematológicos e bioquímicos**

Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os parâmetros hematológicos ao comparar antes e depois da mudança na dieta (Tabela 2). Em relação aos parâmetros bioquímicos, diferenças significativas foram encontradas nos níveis médios de FA em fêmeas, que apresentaram valores médios inferiores com a segunda dieta (Tabela 3). Não foram observadas diferenças significativas para os demais parâmetros bioquímicos quando comparados os momentos antes e após a mudança da dieta; no entanto, uma tendência foi identificada em

50% dos indivíduos avaliados, mostrando uma diminuição nos níveis de fósforo sérico.

Destaca-se que os indivíduos jovens (com dois anos ou menos na avaliação inicial) mostraram uma diminuição na FA e na ALT ao final do estudo. Altos níveis de atividades de FA e ALT foram observados em indivíduos mais jovens (M3 e F7) sob vigência das duas dietas estudadas. No entanto, a atividade de ALT pareceu diminuir em 43-47% em relação aos níveis iniciais nesses indivíduos, assim como no juvenil (F4). Esses indivíduos também mostraram uma diminuição na relação Ca:P associada à atividade osteoblástica normal em animais jovens.

Diferenças estatísticas foram encontradas entre machos e fêmeas em relação aos níveis de colesterol, com machos apresentando valores mais elevados ( $p=0.041$ ). Foi observado que a maior leitura foi apresentada pelo macho obeso (130 mg/dL). Além disso, esse parâmetro foi positivamente correlacionado com o peso corporal ( $r=0.66$ ;  $p=0.009$ ).

Na avaliação hematológica, não foram observadas diferenças entre os momentos antes e após a mudança da dieta. Quando avaliados individualmente os animais no momento inicial, foi observada uma RDW elevada em 21.42% dos saguis (2 machos e 1 fêmea), sem associação com diagnóstico clínico. Leucocitose, acompanhada de neutropenia relativa e linfocitose absoluta, foi observada em uma fêmea adulta (F2) e relacionada a um histórico de enterite. A alteração predominante no leucograma foi a leucocitose, observada em 10 indivíduos. Além disso, a hiperglicemia foi encontrada em 5 indivíduos.

Após a mudança da dieta, nenhuma alteração de RDW foi observada. A leucocitose foi detectada em 3 indivíduos e a hiperglicemia foi encontrada em 3 animais. No entanto, apesar das oscilações individuais observadas, os valores médios hematológicos e da bioquímica sérica de machos e fêmeas, quando confrontados com os parâmetros descritos em literatura para saguis-de-cabeça-de-algodão saudáveis (Shunkan et al., 2012), estavam dentro dos intervalos esperados, em ambas as avaliações (antes e após a mudança da dieta).

**Tabela 2.** Valores hematológicos obtidos de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos antes e após a transição para uma dieta com baixo teor de frutas.

| Parâmetro                      | Fêmeas         |               | Machos         |                |
|--------------------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
|                                | Dieta A (n= 7) | Dieta B (n=6) | Dieta A (n= 7) | Dieta B (n= 6) |
| WBC ( $10^9$ cells/L)          | 11.77± 3.98    | 14.22± 3.37   | 11.59± 3.93    | 13.33± 3.79    |
| Linfócitos (%)                 | 45.17± 22.09   | 42.78± 19.03  | 35.02± 18.67   | 31.18± 17.32   |
| Monócitos (%)                  | 6.73± 3.75     | 6.25± 2.01    | 7.26± 3.49     | 6.50± 2.28     |
| Granulócitos (%)               | 58.90± 19.74   | 51± 18.24     | 66.18± 14.77   | 62.32± 17.98   |
| Linfócitos ( $10^9$ cells/L)   | 5± 2.20        | 6± 3.15       | 4.40± 2.38     | 4.35± 3.66     |
| Monócitos ( $10^9$ cells/L)    | 0.72± 0.43     | 0.87± 0.39    | 0.85± 0.43     | 0.83± 0.35     |
| Granulócitos ( $10^9$ cells/L) | 7.43± 3.70     | 7.3± 3.13     | 8.62± 3.57     | 8.15± 2.91     |
| RBC ( $10^{12}$ cells/L)       | 5.81± 0.58     | 6± 0.59       | 5.51± 0.41     | 5.73± 0.38     |
| HGB (g/dL)                     | 16.09± 1.43    | 16.95± 1.35   | 15.36± 0.81    | 16.03± 1.17    |
| HCT (%)                        | 39.06± 10.85   | 45.03± 4.68   | 42.09± 2.70    | 42.98± 2.77    |
| MCV (fL)                       | 75.49± 2.28    | 75.90± 1.90   | 76.37± 2.42    | 75.22± 2.07    |
| MCH (pg)                       | 27.27± 0.71    | 28.32± 1.23   | 27.94± 1.49    | 27.90± 0.82    |
| MCHC (g/dL)                    | 36.54± 1.39    | 37.42± 0.95   | 36.21± 1.52    | 37.25± 0.44    |
| RDW (fL)                       | 17.82± 11.34   | 13.62± 0.90   | 21.44± 14.03   | 13.68± 0.85    |
| Plaquetas ( $10^9$ cells/L)    | 311.00±        | 335± 54.72    | 347.14± 163.59 | 304.67± 133.42 |

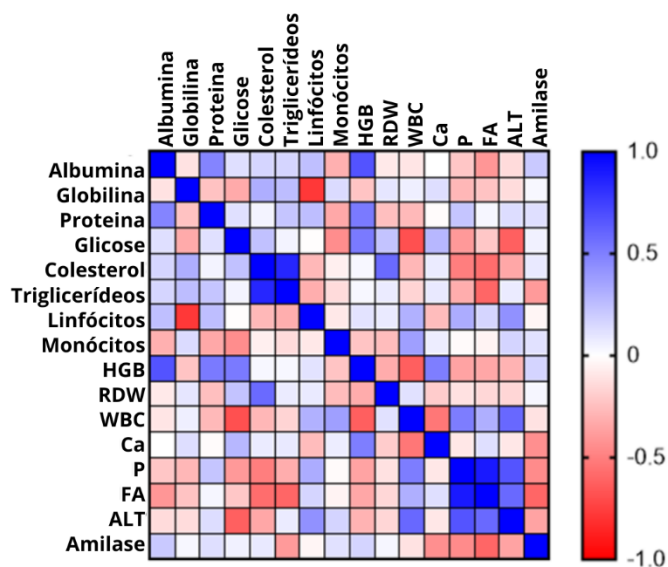
**Tabela 3.** Valores bioquímicos séricos obtidos de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos antes e após a transição para uma dieta com baixo teor de frutas.

| Parâmetro             | Fêmeas                                 |                                      | Machos                 |                          |
|-----------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
|                       | Dieta (n= 7)                           | Dieta B (n=6)                        | Dieta (n= 7)           | Dieta B (n= 6)           |
| Proteína total (g/dL) | 6.49 ± 0.39                            | 6.48 ± 0.19                          | 6.8 ± 0.23             | 6.77 ± 0.43              |
| Albumina (g/dL)       | 4.97 ± 0.16                            | 4.93 ± 0.37                          | 5.09 ± 0.27            | 4.97 ± 0.43              |
| Globulina (g/dL)      | 1.49 ± 0.49                            | 1.67 ± 0.29                          | 1.71 ± 0.29            | 1.8 ± 0.43               |
| A: G                  | 3.69 ± 1.3                             | 3.06 ± 0.7                           | 3.04 ± 0.56            | 2.9 ± 0.72               |
| FA (U/L)              | 211.33 ± 104.49 <sup>a</sup><br>(n= 6) | 148.0 ± 64.82 <sup>b</sup><br>(n= 6) | 113.67 ± 35.7<br>(n=6) | 133.83 ± 33.96<br>(n= 6) |
| ALT (U/L)             | 17.83 ± 5.85<br>(n= 6)                 | 20.0 ± 9.11<br>(n= 6)                | 22.0 ± 9.17<br>(n= 6)  | 18.8 ± 5.5<br>(n= 6)     |
| Amilase (U/L)         | 93.43 ± 29.03                          | 96.17 ± 36.41                        | 90.14 ± 26.54          | 83.83 ± 22.06            |
| BUN (mg/dL)           | 9.14 ± 2.73                            | 8.5 ± 2.07                           | 9.71 ± 3.4             | 8.83 ± 2.48              |
| Creatinina (mg/dL)    | 0.37 ± 0.08                            | 0.33 ± 0.12                          | 0.29 ± 0.09            | 0.38 ± 0.21              |
| BUN: Crea             | 25.2 ± 8.65                            | 30.56 ± 17.58                        | 38.93 ± 22.45          | 24.05 ± 9.73             |
| Glicose (mg/dL)       | 212.43 ± 105.64                        | 231.0 ± 45.3                         | 154.71 ± 79.99         | 170.4 ± 83.37            |
| Bilirrubina (mg/dL)   | 0.46 ± 0.08                            | 0.43 ± 0.08                          | 0.41 ± 0.07            | 0.42 ± 0.04              |
| Ca (mg/dL)            | 9.84 ± 0.1                             | 9.85 ± 0.36                          | 10.19 ± 0.38           | 10.1 ± 0.51              |
| P (mg/dL)             | 4.03 ± 1.41<br>(n= 6)                  | 3.58 ± 0.61<br>(n= 6)                | 3.7 ± 1.21<br>(n= 6)   | 3.92 ± 1.22<br>(n= 6)    |
| Ca: P                 | 2.72 ± 1.02                            | 2.82 ± 0.48                          | 3.02 ± 1.12            | 2.8 ± 0.91               |
| Na (mmol/L)           | 147.57 ± 3.91                          | 145.67 ± 1.51                        | 150.17 ± 3.54          | 145.67 ± 2.94            |

|                    |                            |               |                            |                |
|--------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------|
| K (mmol/L)         | 3.13 ± 0.2                 | 2.9 ± 0.39    | 3.18 ± 0.35                | 2.87 ± 0.25    |
| Free T4            | 8466.67 ± 864.1            | -             | 7500.0 ± 1188.98           | -              |
| Colesterol (mg/dL) | 84.57 ± 16.15 <sup>a</sup> | -             | 104.0 ± 15.63 <sup>b</sup> | -              |
| AST (U/L)          | 138.67 ± 23.08             | 138.87 ± 36.2 | 136.9 ± 19.99              | 135.49 ± 45.14 |
| TG (mmol/L)        | 0.47 ± 0.03                | 0.54 ± 0.43   | 0.62 ± 0.19                | 0.69 ± 0.21    |

Letras diferentes indicam significância estatística nas linhas (p<0,05): a,b

Como era de se esperar, foram encontradas correlações significativas entre alguns parâmetros bioquímicos, como colesterol e TG ( $r = 0.84$ ;  $p = 0.004$ ), e entre a atividade da FA e a concentração de P sérico ( $r = 0.9$ ;  $p = 0.001$ ). Também foi encontrada uma correlação moderada entre a albumina e a HGB ( $r = 0.67$ ), no entanto, essa correlação não foi significativa (Figura 2). Adicionalmente, foi observada uma correlação positiva entre o colesterol e o peso corporal dos animais ( $r = 0.53$ ;  $p = 0.003$ ).



**Figura 2.** Correlação entre diferentes parâmetros bioquímicos obtida a partir de valores encontrados em *Saguinus oedipus* (N= 14).

## Discussão

Não foram observadas mudanças significativas correlacionadas com a mudança de dieta ao comparar os valores médios grupais de fêmeas e machos. No entanto, foram identificados achados individuais de relevância clínica para os parâmetros de fosfatase alcalina, fósforo e contagem de leucócitos.

Acredita-se que o aumento nos níveis de FA esteja relacionado à idade, uma

vez que 33% das fêmeas avaliadas estavam na fase de crescimento ( $\leq 1,5$  anos) no início do estudo. Essa hipótese é corroborada pelos resultados da segunda avaliação, na qual foi observada um aumento grupal significativamente menor nos níveis de FA, com uma redução aproximada de 45% nas fêmeas em crescimento. Esse padrão é consistente com estudos anteriores sobre saguis, que indicam que a maturação esquelética geralmente é concluída por volta dos 2 anos de idade (Tardif et al., 2008).

Cerca de 50% dos animais avaliados apresentaram níveis inferiores de fósforo sérico, no entanto, os valores permaneceram dentro dos intervalos normais ( $2,81 \pm 0,7$  mg/dL a  $3,21 \pm 0,6$  mg/dL), além de manterem uma relação Ca:P adequada. Vale ressaltar que ambas as dietas apresentaram níveis semelhantes de fósforo na formulação.

O nível de colesterol foi influenciado pelo gênero, com diferenças significativas entre machos e fêmeas. Relatos semelhantes em *Callithrix jacchus* indicam níveis mais elevados de colesterol total e colesterol LDL em machos (Kuehnel et al., 2012). Seguindo esses achados, fêmeas da espécie *Alouatta sp.* foram descritas com níveis de colesterol mais baixos em comparação aos machos, o que foi atribuído ao dimorfismo sexual na massa corporal, sugerindo que os machos possuem percentuais de gordura mais elevados do que as fêmeas (da Silva et al., 2023). Esses achados foram confirmados em nosso estudo, com a correlação positiva observada entre triglicerídeos (TG) e peso corporal, bem como entre TG e colesterol.

A condição de obesidade foi correlacionada com os níveis de colesterol no sangue, onde o macho com maior peso corporal (680g) considerado como obeso, apresentou as leituras mais elevadas do grupo (130 mg/dL). De maneira semelhante, este indivíduo apresentou os maiores níveis de triglicerídeos em ambas as avaliações ( $0.92 - 0.93$  mmol/L).

Os resultados para os níveis de colesterol não corroboram com a hipótese levantada por Ross et al. (2020), que afirmaram não haver associação direta entre os níveis de colesterol e a obesidade em saguis. Além disso, estudos anteriores que comparam valores sanguíneos entre grupos de *Saguinus sp.* que

habitam em áreas urbanas e rurais relataram diferenças significativas nas concentrações de colesterol, sendo substancialmente mais altos em saguis urbanos, associados a maior índice de massa corporal e sobrepeso (Soto-Calderón et al., 2016). Nenhum outro parâmetro sanguíneo apresentou correlação significativa com o estado nutricional, nem foi significativamente afetado pela mudança na dieta.

Leucocitose com monocitose foi observada em dois indivíduos (M4 e M6), associada ao estresse de captura. Resultados semelhantes foram encontrados em três indivíduos adultos com leucograma de estresse (M2, M7 e F6), o que foi especulado como relacionado à estimulação do cortisol (Keller et al., 2014; Price et al., 2019; Shukan et al., 2012). De maneira geral, os resultados obtidos nos grupos não apresentaram mudanças significativas relacionadas ao consumo da dieta modificada.

## **Conclusão**

Não foram encontradas diferenças significativas associadas diretamente à mudança de dieta nos parâmetros hematológicos ou bioquímicos. No entanto, observamos que, para a avaliação nutricional da espécie *Saguinus oedipus*, a medição de colesterol e triglicerídeos no sangue pode ser um indicador útil para a identificação de condições de sobrepeso ou obesidade.

De forma geral, os animais foram considerados saudáveis, sem achados clínicos relevantes em ambos os momentos da avaliação. No entanto, recomenda-se a utilização de avaliações complementares, como o escore de condição corporal e a análise da consistência fecal, para determinar de maneira mais precisa a adequação da dieta e promover o bem-estar geral dos animais.

## REFERENCIAS

1. da Silva GP, Pereira THdS, de Melo JT, et al. Hematological and serum biochemistry evaluation in howler monkeys (*Alouatta caraya*) and capuchin monkeys (*Sapajus apella*): A comparative study. *J Med Primatol*. 2023; 52: 170-185. doi:[10.1111/jmp.12644](https://doi.org/10.1111/jmp.12644)
2. EAZA Prosimian Taxon Advisory Group. (2022). EAZA Best Practice Guidelines for Callitrichidae species.
3. Fitz, C., Goodroe, A., Wierenga, L., Mejia, A., & Simmons, H. (2020). Clinical management of gastrointestinal disease in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *ILAR journal*, 61(2-3), 199-217. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilab012>
4. Keller, K. L., Fritz, R. S., Zoubek, C. M., Kennedy, E. H., Cronin, K. A., Rothwell, E. S., & Serfass, T. L. (2014). Effects of Transport on Fecal Glucocorticoid Levels in Captive-Bred Cotton-Top Tamarins (*Sanguinus oedipus*). *Journal of the Pennsylvania Academy of Science*, 88(2), 84–88. <http://www.jstor.org/stable/10.5325/jpennacadscie.88.2.0084>
5. Kuehnel, F., Mietsch, M., Buettner, T., Vervuert, I., Ababneh, R., & Einspanier, A. (2013). The influence of gluten on clinical and immunological status of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of Medical Primatology*, 42(6), 300–309. <https://doi.org/10.1111/jmp.12055>
6. Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Jones, B., & Wilkins, C. (2020). The 2020 five domains model: Including human–animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals*, 10(10), 1870. <https://doi.org/10.3390/ani10101870>
7. Price, E., Coleman, R., Ahsmann, J., Glendewar, G., Hunt, J., Smith, T., & Wormell, D. (2019). Individual, social, and environmental factors affecting salivary and fecal cortisol levels in captive pied tamarins (*Saguinus bicolor*). *American Journal of Primatology*. <https://doi.org/10.1002/ajp.23033>
8. Ross, C. N., Colman, R., Power, M., & Tardif, S. (2020). Marmoset metabolism, nutrition, and obesity. *ILAR journal*, 61(2-3), 179-187. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilab014>

9. Savage, A., Díaz, L., Pasion, J., Torregroza, K., & Guillen, R. (2023). Proyecto Titi: Teaching children that cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) are not appropriate pets. *American journal of primatology*, 85(5), e23431.  
<https://doi.org/10.1002/ajp.23431>
10. Shukan, E.T., Boe, C.Y., Hasenfus, A.V, Pieper, B.A, Snowdon, C.T. (2012). Normal hematologic and serum biochemical values of cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *J Am Assoc Lab Anim Sci*, 51(2), 150-4.
11. Soto-Calderón, I. D., Acevedo-Garcés, Y. A., Álvarez-Cardona, J., Hernández-Castro, C., & García-Montoya, G. M. (2016). Physiological and parasitological implications of living in a city: the case of the white-footed tamarin (*Saguinus leucopus*). *American Journal of Primatology*, 78(12), 1272–1281. <https://doi:10.1002/ajp.22581>
12. Tardif, S. D., Araujo, A., Arruda, M. F., French, J. A., Sousa, M. B. C., & Yamamoto, M. E. (2008). Reproduction and aging in marmosets and tamarins. In *Primate reproductive aging* (Vol. 36, pp. 29-48). Karger Publishers.
13. Wachtman, L. M., Miller, A. D., Xia, D., Curran, E. H., & Mansfield, K. G. (2011). Colonization with nontuberculous mycobacteria is associated with positive tuberculin skin test reactions in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Comparative medicine*, 61(3), 278-284.

## ANEXOS

### **Anexo 1.** Parâmetros hematológicos para adultos saudáveis de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos (Shunkan et al., 2012)

| Parâmetro                                | Fêmeas          | Machos            |
|------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| WBC ( $10^9$ cell/L)                     | $7.41 \pm 2.5$  | $5.92 \pm 1.8$    |
| Contagem de linfócitos ( $10^9$ cells/L) | $2.96 \pm 1.4$  | $2.37 \pm 1.1$    |
| Contagem de monócitos ( $10^9$ cells/L)  | $0.36 \pm 0.2$  | $0.38 \pm 0.2$    |
| RBC ( $10^{12}$ cells/L)                 | $6.13 \pm 0.3$  | $6.42 \pm 0.2$    |
| HGB (g/dL)                               | $16.51 \pm 1$   | $17.5 \pm 0.8$    |
| HCT (%)                                  | $49.21 \pm 3$   | $52.19 \pm 1.9$   |
| MCV (fL)                                 | $79.03 \pm 4.9$ | $81.33 \pm 2.7$   |
| MCH (pg)                                 | $26.91 \pm 1.2$ | $27.08 \pm 1.3$   |
| MCHC (g/dL)                              | $33.56 \pm 0.7$ | $33.31 \pm 1.2$   |
| Plaquetas ( $10^9$ cells/L)              | $267.71 \pm 64$ | $253.94 \pm 57.2$ |

### **Anexo 2.** Parâmetros bioquímicos para adultos saudáveis de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos (Shunkan et al., 2012)

| Parâmetro             | Fêmeas            | Machos            |
|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Proteína total (g/dL) | $6.41 \pm 0.3$    | $6.24 \pm 0.5$    |
| Albumina (g/dL)       | $4.06 \pm 0.3$    | $3.97 \pm 0.3$    |
| Globulina (g/dL)      | $2.36 \pm 0.3$    | $2.27 \pm 0.3$    |
| FA (U/L)              | $116.19 \pm 30.9$ | $96.29 \pm 14.8$  |
| ALT (U/L)             | $44.43 \pm 28.3$  | $44.7 \pm 29.7$   |
| BUN (mg/dL)           | $15.86 \pm 3.3$   | $14.35 \pm 2.9$   |
| Creatinina (mg/dL)    | $0.33 \pm 0.1$    | $0.41 \pm 0.1$    |
| Glicose (mg/dL)       | $262.95 \pm 95.7$ | $266 \pm 96.3$    |
| Ca (mg/dL)            | $9.02 \pm 0.5$    | $8.69 \pm 0.6$    |
| P (mg/dL)             | $2.81 \pm 0.7$    | $3.21 \pm 0.6$    |
| Na (mmol/L)           | $150.5 \pm 2.1$   | $150.06 \pm 2.5$  |
| K (mmol/L)            | $4.04 \pm 0.4$    | $4.25 \pm 0.6$    |
| Colesterol (mg/dL)    | $134.67 \pm 31$   | $153.94 \pm 51$   |
| AST (U/L)             | $186.43 \pm 68.2$ | $198.13 \pm 76.4$ |

### **Secção 3:** Explorando Práticas Alimentares e Consistência Fecal de *Saguinus oedipus* em Instituições Zoológicas

Ana Camila Beltrán Urrego (ORCID 0009-0006-0919-5635), Alessandra Melchert (ORCID 0000-0002-8680-2121), Juan Camilo Mendoza (ORCID 0000-0002-1290-5988)

**Revista:** Journal of Medical Primatology

**Link da revista:** <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/16000684>

#### **RESUMO**

O sagui-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) enfrenta um estado crítico de ameaça, de acordo com a IUCN, o que tem motivado esforços intensivos de conservação, incluindo a manutenção de populações saudáveis sob cuidados humanos. No entanto, persistem desafios para garantir o bem-estar e a saúde ideais, especialmente na gestão nutricional, devido a problemas inerentes observados em cativeiro entre as espécies de calitriquídeos. Neste estudo, nosso objetivo foi avaliar a consistência fecal de sagui-cabeça-de-algodão e estabelecer sua associação com os diferentes regimes alimentares observados sob cuidados humanos. Foi realizada uma pesquisa sobre as práticas alimentares e a consistência fecal de 69 indivíduos de 10 coleções zoológicas. A avaliação fecal foi realizada em uma escala de 1 (sólido) a 6 (aquoso), de acordo com a aparência e textura. A análise comparativa das dietas institucionais foi realizada com base nas proporções de grupos alimentares, incluindo frutas, vegetais, alimentos comerciais, proteína animal, suplementos e exsudatos, e sua correlação com os escores fecais foi examinada. Os pesos individuais também foram analisados em relação à quantidade de alimentos oferecidos em cada local. Foi encontrada uma correlação positiva entre os níveis de inclusão de frutas e o escore fecal. Além disso, foram observadas variações no peso corporal individual de acordo com a quantidade de alimento oferecida, com médias mais baixas registradas entre as instituições que forneciam menos comida. Por fim, uma tabela específica de escores fecais foi desenvolvida para auxiliar no monitoramento da saúde e nos protocolos de manejo.

**Palavras-chave:**

Nutrição de Callitriquídeos, escore fecal, saúde gastrointestinal

**INTRODUÇÃO**

Os sagui-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) são primatas da família Callitrichidae, atualmente classificados pela IUCN como Criticamente Ameaçados (IUCN, 2020). Suas principais ameaças incluem a rápida perda de habitat adequado e a captura para o comércio de animais de estimação (Rodriguez et al., 2021). A sobrevivência da espécie pode depender de ações de conservação bem-sucedidas, no entanto, manter os sagui-cabeça-de-algodão sob cuidados humanos tem se mostrado desafiador (Burrell & Altman, 2006).

As espécies do gênero *Saguinus* são classificadas como gummívoros oportunistas, com uma predileção por um hábito frugívoro-insetívoro (NRC, 2003). Registros sobre o consumo de sagui-de-cabeça-de-algodão incluem frutas, invertebrados, néctar e outros exsudatos (principalmente gomas), com proporções variáveis dependendo da sazonalidade de seus habitats (García-Castillo, 2016).

O consumo de goma é registrado como um componente relevante na dieta dessa espécie, bem como em outros calitriquídeos (De La Ossa & De La Ossa-Lacayo, 2014). As gomas consumidas pelos saguis-de-cabeça-de-algodão foram identificadas e descritas como ricas em cálcio, potássio, sódio e magnésio (García-Castillo, 2016). As gomas também exibem propriedades medicinais, como anti-helmínticos e cicatrizantes (Ayoka et al., 2008).

Dada a alta diversidade de alimentos consumidos na natureza, recriar dietas adequadas em condições de cativeiro tem se tornado um desafio para as instituições que mantêm colônias de saguis-de-cabeça-de-algodão. É bastante comum encontrar dietas inadequadas em condições de cativeiro, caracterizadas por altos níveis de açúcares e acesso limitado a recursos essenciais, como fibras, insetos e gomas (Richards-Rios et al., 2021). Esse tipo de manejo nutricional é comumente implicado como um dos contribuintes para sintomas gastrointestinais (Fitz et al., 2020). Um dos principais problemas é a predisposição ao desenvolvimento de problemas digestivos crônicos, como a

síndrome de emagrecimento progressivo dos saguis (SEP), uma doença entérica crônica associada à mortalidade em calitriquídeos (Richards-Rios et al., 2021). Outros problemas relacionados identificados em saguis-de-cabeça-de-algodão são colite e adenocarcinoma do cólon, representando entre 10% a 40% das causas de morte em colônias sob cuidados humanos (Leong et al., 2004). Estudos realizados em instituições zoológicas relataram até mesmo uma incidência de 50% de saguis mantidos em colônias com colite crônica idiopática, com 20 a 40% dos casos evoluindo para adenocarcinomas do cólon (Shen et al., 2016).

Outros problemas associados ao ambiente nutricional incluem colite sem patogênese clara (Yoshimoto et al., 2016; Malukiewicz et al., 2022), obesidade (Strike & Feltner, 2017), câncer de cólon em saguis-de-cabeça-de-algodão (Shen et al., 2016), doenças periodontais (Acosta & Moreno, 2007; Cabana & Nekaris, 2015), resistência à insulina, diabetes tipo II e doenças ósseas (Standaert et al., 2002). Da mesma forma, o manejo nutricional inadequado foi descrito como uma possível causa do surgimento de distúrbios fisiológicos e comportamentais (Schultz, 2017).

Devido à susceptibilidade dos saguis-de-cabeça-de-algodão a patologias do trato digestivo, é vital desenvolver ferramentas que permitam uma avaliação rápida da saúde intestinal. A classificação fecal é um método não invasivo e prático, comumente usados para obter indicações sobre a saúde intestinal em mamíferos (Whitehouse-Tedd et al., 2015). Este método envolve avaliação visual e tátil com base em descrições de diferentes tipos de fezes (firmes, normais, moles, diarreia e diarreia aquosa), o que fornece uma referência para a equipe que realiza as observações de saúde (Fitz et al., 2020).

Fezes aquosas são geralmente percebidas como uma condição de baixa qualidade e indesejável, e sugerem alterações no intestino (De Cuyper et al., 2021), também podem indicar presença de patógenos, doenças imunológicas, disbiose, estresse gastrointestinal, entre outros (Clark et al., 2016; De Cuyper et al., 2021).

Para determinar a relação entre o regime alimentar e a qualidade fecal como um indicador de saúde digestiva, o objetivo foi investigar as práticas alimentares e as consistências fecais em saguis-de-cabeça-de-algodão sob cuidados humanos em diversas instituições ao redor do mundo,

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Indivíduos e instituições**

Um total de 10 instituições localizadas na Colômbia (n=3), Guatemala (n=1), México (n=1), Austrália (n=1), Dubai (n=1), Reino Unido (n=1) e EUA (n=2) foram pesquisados, somando uma quantidade total de 69 indivíduos. A proposta da pesquisa foi enviada e revisada pelos profissionais responsáveis das instituições. Foram utilizadas as informações das instituições que concordaram com a metodologia e com a publicação dos dados fornecidos.

### **Coleta de Informações**

As informações coletadas consistiram em fotos das fezes tiradas durante 4 dias selecionados aleatoriamente durante as atividades de rotina. Em 4 das instituições avaliadas, foi possível obter fotos individuais ou pareadas devido ao tipo de agrupamento dos indivíduos. Nas instituições restantes, foram coletadas fotos de grupos de 3 a 6 indivíduos, para os quais não foi possível distinguir ou individualizar os registros. Além disso, foram solicitadas informações detalhadas sobre o esquema de alimentação e as dietas oferecidas em cada instituição. Foi possível coletar amostras de fezes para avaliação visual e tátil de 21 indivíduos alojados em duas das instituições avaliadas para estabelecer um critério objetivo para a classificação de todas as fotos obtidas.

Adicionalmente, foi obtido o peso dos animais com o uso da plataforma ZIMS 365 onde foi encontrado o registro de 44 indivíduos de 9 das 10 instituições avaliadas. Os valores de peso para a instituição A não estavam disponíveis devido a informações ausentes (n=16). Na busca dentro do banco de dados ZIMS (Species360) das instituições restantes, relatórios de peso não foram encontrados para 5 indivíduos, e os pesos de outros 4 animais foram

descartados para comparação de média do peso adulto devido a serem filhotes e juvenis com pesos menores considerados atípicos.

### **Análise da Dieta**

Os ingredientes das dietas foram agrupados nas seguintes categorias: frutas, vegetais, insetos, outras fontes de proteína animal, alimentos comerciais para primatas ou misturas para primatas, gomas, sementes ou grãos, e suplementos vitamínicos ou minerais. As proporções de inclusão de cada grupo alimentar foram calculadas com base na quantidade relatada em gramas para cada instituição.

### **Sistema de Pontuação das Fezes**

Foi utilizada uma escala de pontuação de 1 a 6, sendo 1 a consistência mais dura e seca, e 6 uma consistência líquida, semelhante à diarreia. A classificação foi baseada no Sistema de Pontuação das Fezes proposto para saguis (*Callithrix jacchus*) (Kramer et al., 2009), bem como nas diversas escalas de primatas fornecidas pelo Fecal Condition Scoring Resource Center do Nutrition Advisory Group da Association of Zoos and Aquariums (AZA).

### **Análise Estatística**

Uma comparação do peso corporal entre machos (n=26) e fêmeas (n=18) foi realizada utilizando o teste t de Student não pareado para dados paramétricos e o teste de Mann-Whitney para dados não paramétricos. Um nível de significância de 5% foi considerado. Os pesos também foram analisados com base na quantidade de alimento fornecido por cada instituição. Foram estabelecidas três faixas de fornecimento de alimentos, e os animais foram agrupados de acordo. A média de peso de cada grupo de animais foi determinada, e o teste de Tukey foi aplicado para identificar diferenças significativas entre eles ( $p=0,05$ ).

### **Pontuação das Fezes**

Correlações simples de Spearman foram testadas entre a pontuação das fezes e a proporção de inclusão de cada grupo alimentar.

## RESULTADOS

O peso médio dos indivíduos adultos foi de  $526\text{g} \pm 70,9$ . Não houve diferença significativa entre os pesos médios de fêmeas e machos, que foram de  $512,5\text{g} \pm 59,2$  ( $n=18$ ) e  $536\text{g} \pm 77,6$  ( $n=26$ ), respectivamente.

### Análise da Dieta

Um total de 32 ingredientes diferentes foram utilizados pelas instituições avaliadas em proporções variadas. Os ingredientes mais frequentemente utilizados incluíam maçã, banana, pera, cenoura e ovos ( $> 60\%$ ), enquanto os ingredientes menos comuns consistem em uvas, figos, frutas vermelhas, laranjas, melancia, feijão verde, brócolis, couve-flor, moscas, dieta enlatada para saguis, Mazuri - Dieta para Primatas do Novo Mundo, frango, arroz e sementes de girassol ( $< 30\%$ ) (Tabela 1). Foi constatado que as dietas das instituições eram compostas por pelo menos 4 ingredientes diferentes, até um máximo de 30 ingredientes. Todas as instituições ofereciam pelo menos um tipo de fruta e alimento para primatas (misturas comerciais e caseiras), e apenas uma delas não incluía nenhum tipo de proteína animal além de insetos na dieta (Instituição J). Entre os grupos alimentares utilizados, a goma foi encontrada apenas em três instituições (E, F e J), enquanto cereais e sementes estavam presentes na dieta de duas instituições (E e J) (Tabela 2).

Em média, o ingrediente com maior inclusão foi a fruta ( $34,5\%$ ), seguido por vegetais ( $27,3\%$ ) e alimentos comerciais ou misturas para primatas ( $24,18\%$ ). No entanto, esses três ingredientes mostraram a maior variação, com níveis mínimos de inclusão variando de 7 a 8% até um máximo de 71 a 77% (Tabela 3). Os ingredientes incluídos em menores proporções correspondiam às categorias de insetos, gomas, cereais/sementes e suplementos nutricionais, sendo os suplementos de cálcio os mais comuns entre esses.

Em média, a quantidade de alimento fornecido por indivíduo foi de  $132\text{g} \pm 44,5$ . Isso correspondeu a 25% do peso médio dos animais adultos ( $526\text{g} \pm 70,9$ ). Com relação ao peso dos indivíduos em relação ao alimento oferecido, foi encontrada uma diferença significativa entre o peso médio das fêmeas com o menor e maior fornecimento de alimentos ( $P= 0,01$ ), e entre as fêmeas com

fornecimento intermediário e baixo ( $p= 0,001$ ) (Tabela 4). No caso dos machos, diferenças significativas foram encontradas entre os pesos médios dos animais com fornecimento de alimentos menor e intermediário ( $p= 0,038$ ).

Além disso, uma avaliação física dos indivíduos da instituição B, agrupados na categoria de menor fornecimento de alimentos por indivíduo (96g), foi realizada em colaboração com o pessoal de saúde responsável. Os animais exibiram um peso médio de 439g e 467g para fêmeas e machos, respectivamente. Entre os indivíduos avaliados, 42,8% pontuaram 2 em uma escala de 1 a 5 para condição corporal, indicando condições subótimas.

### **Pontuação das Fezes**

Fezes com uma pontuação de 6 foram encontradas apenas na instituição B, o que não estava associado a patologias ou parasitismo, uma vez que os animais estavam saudáveis no momento da avaliação. Da mesma forma, as instituições E e H relataram achados ocasionais desse tipo de fezes; no entanto, não foi possível confirmar se estavam associadas a alguma condição médica.

Os tipos de fezes 5 e 4 foram encontrados nas instituições A, B, C, D, E e H. O tipo de fezes 3 foi encontrado nos registros de 8 instituições, exceto nas instituições F e G. O tipo de fezes 2 foi registrado nas instituições F, G, H, I e J, e o tipo de fezes 1 foi visto apenas nas instituições F, H e I.

Graças aos dados fornecidos pela Fundación Proyecto Titi, foi possível comparar as informações com um registro observado em saguis-cabeça-de-algodão na vida livre (Figura 1), que após a avaliação dos pesquisadores foi classificado dentro da pontuação 3.

Foi possível elaborar o gráfico de pontuação das fezes de 1 a 6, com 1 sendo a pontuação atribuída às fezes com uma consistência dura e seca e 6 a pontuação atribuída às fezes mais líquidas ou diarreicas (Tabela 5).

Observou-se uma correlação positiva entre a proporção de frutas na dieta e a pontuação das fezes, indicando que uma maior inclusão de frutas estava associada a fezes macias ( $r= 0.8$ ;  $z= 3.6$ ;  $p= 0.005$ ). Por outro lado, foram observadas correlações negativas para os níveis de inclusão de alimentos para

primatas ( $r = -0.6$ ;  $z = -2.35$ ) e inclusão de goma ( $r = -0.9$ ;  $z = -5.8$ ) em relação à pontuação das fezes. No entanto, essas duas últimas correlações não foram estatisticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

## DISCUSSÃO

Esta pesquisa demonstra uma grande variação na gestão nutricional e nas pontuações das fezes obtidas entre as instituições. Mesmo quando a maioria das instituições tinha ingredientes em comum, cada uma apresentou variações nas proporções dos ingredientes. Quatro das dez instituições avaliadas usaram frutas como o principal ingrediente, representando mais de 50% da dieta na base alimentar. Duas instituições relataram maior uso de vegetais, com níveis de inclusão acima de 60%, enquanto apenas uma instituição relatou uma dieta predominantemente baseada em alimentos comerciais para primatas, com níveis de inclusão próximos a 70%. Esse achado está alinhado com as observações de King (1978), que notou que os sagui-cabeça-de-algodão em cativeiro consumiam aproximadamente 77% de material vegetal como proporção de sua dieta total.

As proporções médias de fornecimento identificadas neste estudo diferem dos relatos anteriores (King, 1978), onde o consumo de proteína animal e alimentos comerciais para primatas representava 27% e 38% da dieta, respectivamente. Apenas uma instituição ofereceu uma proporção semelhante de proteína animal, considerando a soma da categoria de insetos, totalizando 28% (Instituição G).

Outros autores destacaram que em instituições com dietas compostas por 45,4 - 55,7% de alimentos comerciais, 27,3 - 29% de frutas, 12 - 21,8% de vegetais, 3% de insetos e 0,1 - 5% de suplementos nutricionais, conseguiram manter populações saudáveis de saguis-de-cabeça-de-algodão em cativeiro (Savage, 1995). Isso difere dos relatos na natureza para a espécie *Saguinus oedipus*, onde a dieta é composta em média entre 28 - 60% de frutas, dependendo da estação, 14 - 45% de exsudatos (gomas), 2,1 - 16,9% de néctar, 9,8% de artrópodes, 1,1% de fungos, 0,7% de flores e ocasionalmente rãs (García-Castillo & Defler, 2018).

Alguns dos ingredientes encontrados com menor frequência nas instituições estudadas e relatórios anteriores de dietas em cativeiro foram gomas vegetais e néctar (Huber & Lewis, 2011), frequentemente considerados componentes importantes da dieta dos calitríquidos (Garber & Porter, 2010). Uma revisão dos dados sobre a dieta das espécies de *Saguinus* mostrou que gomas de *A. excelsum* e *S. mombin* eram consumidas pelos sagui-cabeça-de-algodão, representando um total de 12% da dieta (García-Castillo & Defler, 2018).

Dentro da categoria de alimentos para primatas, 70% das instituições incluíram alimentos comerciais específicos para primatas, enquanto as outras instituições usaram misturas caseiras baseadas em ingredientes como farinha de trigo, Nestum, frutas, mel, ração para cães e suplementos alimentares. Essas três instituições (B, C e D) estavam no grupo com o maior nível de inclusão de frutas e onde fezes mais macias e médias de peso menores foram encontradas mais frequentemente em comparação com os outros locais. No entanto, não foi possível determinar se a ausência de alimentos comerciais para primatas estava relacionada aos baixos pesos e ocorrências de fezes macias.

A média de fornecimento de alimentos encontrada ( $132\text{g} \pm 44,5$ ) estava alinhada com as recomendações no Manual de Manejo dos sagui-cabeça-de-algodão (Savage, 1995), que relata dietas variando entre 82,5g e 137g por indivíduo adulto. Da mesma forma, o Manual de Manejo de Callitríquidos da EAZA (2022) sugere oferecer uma quantidade equivalente a 5% do peso corporal por dia em base de matéria seca, o que se traduz aproximadamente em 16 a 24% do peso corporal de matéria fresca, semelhante aos resultados obtidos em nosso estudo (25% do peso médio).

No entanto, os resultados da instituição B, onde a maioria dos indivíduos exibiu uma condição corporal baixa, sugerem a necessidade de avaliar todos os fatores que podem afetar a ingestão diária de alimentos necessária para manter o peso adequado.

Quanto à qualidade das fezes, os 6 tipos de fezes encontrados no presente estudo foram relatados por outros autores dentro de diferentes escalas. Yamazaki et al. (2017) descrevem quatro tipos de fezes em saguis (*Callithrix*

*jacchus*), onde as fezes "normais" eram semelhantes às pontuações 2 e 3 do presente estudo, o tipo "macio" era semelhante à nossa pontuação 4, "diarreia" pontuação 5, e "líquido" pontuação 6. Fitz et al. (2020) descrevem essas categorias como: firme, normal, macia e diarreia, semelhantes às nossas pontuações 1, 2, 4 e 6, respectivamente. Além disso, os mesmos autores relatam uma última categoria correspondente a "diarreia líquida", que devido às características descritas não teve uma pontuação homóloga em nossas descobertas.

Fezes macias e diarreia foram predominantemente encontradas nas instituições onde mais frutas foram oferecidas em comparação com outros ingredientes. A descoberta de uma correlação positiva significativa sugere que esse fator pode ter um impacto na saúde digestiva e na qualidade das fezes. Esse achado está alinhado com os resultados obtidos por Kirkwood et al. (1983), onde a redução da quantidade de frutas na dieta dos sagui-cabeça-de-algodão em um 50% levaram a uma diminuição na incidência de diarreia crônica, juntamente com melhorias no ganho de peso e no crescimento de pelos em áreas alopecias dos animais. Richards-Rios et al. (2021) mencionam que um dos fatores que pode estar relacionado ao desenvolvimento da Síndrome do emagrecimento progressivo (SEP) é a falta de fibra, observada em dietas com baixa inclusão de pellets, vegetais ou gomas, descrevendo essa síndrome como semelhante à doença inflamatória intestinal (DII) em humanos.

Estudos semelhantes em espécies de cebídeos (*Ateles*, *Cercopithecus*, *Allochrocebus* e *Sapajus*) mostraram que, após a eliminação de frutas na dieta de todos os primatas estudados, efeitos positivos foram registrados na qualidade das fezes, tornando significativamente mais firmes após a mudança dietética (Viallard et al., 2023). Além disso, Plowman (2015) descreveu melhorias na saúde dental em macacos-colobus dentro de um ano após a mudança para um modelo de dieta sem frutas, bem como perda gradual de peso em indivíduos com excesso de peso e melhorias na consistência das fezes.

Algumas das melhorias descritas foram atribuídas à diferença na composição nutricional entre frutas cultivadas e frutas silvestres, que podem ser significativamente diferentes (Bryson-Morrison et al., 2020; Goodroe et al.,

2021). De acordo com alguns autores (Viallard et al., 2023), frutas cultivadas geralmente têm maior teor de açúcar e menor teor de fibra do que frutas silvestres, o que está relacionado a efeitos negativos do consumo excessivo de carboidratos em primatas não-humanos, como obesidade, problemas gastrointestinais e doenças dentárias. Por esse motivo, e apesar dos hábitos frugívoros da maioria das espécies de primatas, vários zoológicos têm se empenhado em realizar observações detalhadas na implementação de modelos de dieta sem frutas (Plowman & Cabana, 2019).

Outros fatores de risco sugeridos para o desenvolvimento de doenças digestivas em primatas incluem dietas com alto teor de carboidratos, estresse ambiental (Cabana et al., 2018), dietas com conteúdo de glúten (Kuehnel et al., 2013; Fitz et al., 2020), desenho dos habitats, densidade de alojamento e estresse (Cabana et al., 2018), os quais precisam de ser considerados numa avaliação integral de saúde que permita melhorar as condições de bem estar e diminuir a ocorrência das doenças mencionadas.

Finalmente, são necessários mais estudos focados nas necessidades nutricionais e fisiológicas dos saguis-de-cabeça-de-algodão, bem como em ferramentas práticas para a avaliação da saúde digestiva, considerando que a nutrição é um aspecto fundamental nos planos de sobrevivência e conservação para a espécie.

## **CONCLUSÃO**

O regime dietético está diretamente ligado à saúde gastrointestinal, assim como à pontuação das fezes encontrada entre os indivíduos. Mesmo com uma grande variação nos ingredientes disponíveis para cada instituição, é possível alcançar um escore fecal semelhante. Isso pode estar mais relacionado à própria composição nutricional em questões de fibra, proteína, carboidratos, vitaminas e minerais do que apenas aos ingredientes em si.

No entanto, ainda é necessário realizar pesquisas mais aprofundadas sob cuidados humanos, considerando outros parâmetros como saúde, bem-estar e condições de manejo, além de estabelecer uma linha de base comparativa com

a qualidade das fezes encontradas na natureza para definir uma pontuação ideal.

## REFERÊNCIAS

1. Abdul-Azees, P. A., Wang, H., Chun, Y. P., Pizzini, J., Dean, D. D., Reveles, K. R., Marinkovic, M., Chen, X. D., Salmon, A. B., & Yeh, C. K. (2024). Changes in oral health during aging in a novel non-human primate model. *GeroScience*, 46, 1909–1926. <https://doi.org/10.1007/s11357-023-00939-7>
2. Acosta, J. S., & Moreno, L. D. P. (2007). Estudio diagnóstico de enfermedad periodontal en familias cebidae y aotidae del zoológico Jaime Duque.
3. Ayoka, A. O., Akomolafe, R. O., Akinsomisoye, O. S., & Ukponmwan, O. E. (2008). Medicinal and economic value of *Spondias mombin*. *African Journal of Biomedical Research*, 11(2).
4. Bryson-Morrison, N., Beer, A., Gaspard Soumah, A., Matsuzawa, T., & Humle, T. (2020). The macronutrient composition of wild and cultivated plant foods of West African chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) inhabiting an anthropogenic landscape. *American Journal of Primatology*, 82, e23102.
5. Burrell, A. M., & Altman, J. D. (2006). The effect of the captive environment on activity of captive cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Journal of applied animal welfare science : JAAWS*, 9, 269–276. [https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0904\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0904_2)
6. Cabana, F., & Nekaris, K. A. I. (2015). Diets high in fruits and low in gum exudates promote the occurrence and development of dental disease in pygmy slow loris (*Nycticebus pygmaeus*). *Zoo Biology*, 34, 547-553.
7. Cabana, F., Maguire, R., Hsu, C. D., & Plowman, A. (2018). Identification of possible nutritional and stress risk factors in the development of marmoset wasting syndrome. *Zoo biology*, 37, 98-106.
8. Cabana, F., Maguire, R., Hsu, C. D., & Plowman, A. (2018). Identification of possible nutritional and stress risk factors in the development of marmoset wasting syndrome. *Zoo biology*, 37(2), 98–106. <https://doi.org/10.1002/zoo.21398>

9. Clark, A., Silva-Fletcher, A., Fox, M.T., Kreuzer, M., & Clauss, M. (2016). Survey of feeding practices, body condition and faeces consistency in captive ant-eating mammals in the UK. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 4, 183-195.
10. De Cuyper, A., Clauss, M., Lens, L., Strubbe, D., Zedrosser, A., Steyaert, S., ... & Janssens, G. P. (2021). Grading fecal consistency in an omnivorous carnivore, the brown bear: Abandoning the concept of uniform feces. *Zoo Biology*, 40, 182-191.
11. De Cuyper, A., Clauss, M., Lens, L., Strubbe, D., Zedrosser, A., Steyaert, S., Saravia, A. M., & Janssens, G. P. J. (2021). Grading fecal consistency in an omnivorous carnivore, the brown bear: Abandoning the concept of uniform feces. *Zoo biology*, 40(3), 182–191. <https://doi.org/10.1002/zoo.21593>
12. De La Ossa, V., & La Ossa-Lacayo, D. (2014). Densidad poblacional de *Saguinus oedipus* (Primates Callitrichidae) y disponibilidad de alimento vegetal, Colosó, Sucre-Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 17, 513-520.
13. Fitz, C., Goodroe, A., Wierenga, L., Mejia, A., & Simmons, H. (2020). Clinical Management of Gastrointestinal Disease in the Common Marmoset (*Callithrix jacchus*). *ILAR journal*, 6, 199–217. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilab012>
14. Garber, P. A. & Porter, L. M. (2010). The ecology of exudate production and exudate feeding in *Saguinus* and *Callimico*. In: *The Evolution of Exudativory in Primates*, A. M. Burrows and L. T. Nash (eds.), pp.89–107. Springer, New York.
15. García-Castillo, E. (2016). *Preferencias alimenticias y dispersión de semillas por grupos silvestres del Tití Cabeciblanco (saguinus oedipus, primates) en un bosque seco tropical*. [Master dissertation, Universidad Nacional de Colombia]. Institutional Repository of Universidad Nacional  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55545>
16. García-Castillo, F., & Defler, T. R. (2018). The Diet of *Saguinus oedipus* in a Dry Tropical Forest and the Importance of *Spondias mombin* Gum as a "Fallback Food". *Primate Conservation*, (32).

17. Goodroe, A., Wachtman, L., Benedict, W., Allen-Worthington, K., Bakker, J., Burns, M., Diaz, L. L., Dick, E., Dickerson, M., Eliades, S. J., Gonzalez, O., Graf, D. J., Haroush, K., Inoue, T., Izzi, J., Laudano, A., Layne-Colon, D., Leblanc, M., Ludwig, B., Mejia, A., ... Tardif, S. (2021). Current practices in nutrition management and disease incidence of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of medical primatology*, 50, 164–175. <https://doi.org/10.1111/jmp.12525>
18. Huber, H. F., & Lewis, K. P. (2011). An assessment of gum-based environmental enrichment for captive gummivorous primates. *Zoo Biology*, 30, 71-78.
19. King, G. J. (1978). Comparative feeding and nutrition in captive, non-human primates. *British Journal of Nutrition*, 40, 55-62.
20. Kirkwood, J. K., & Underwood, S. J. (1984). Energy requirements of captive cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus oedipus*). *Folia primatologica*, 42(3-4), 180-187.
21. Kramer, J. A., Hachey, A. M., Wachtman, L. M., & Mansfield, K. G. (2009). Treatment of giardiasis in common marmosets (*Callithrix jacchus*) with tinidazole. *Comparative medicine*, 59, 174-179.
22. Kuehnel, F., Mietsch, M., Buettner, T., Vervuert, I., Ababneh, R., & Einspanier, A. (2013). The influence of gluten on clinical and immunological status of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of medical primatology*, 42, 300–309. <https://doi.org/10.1111/jmp.12055>
23. Leong, K. M., Terrell, S. P., & Savage, A. (2004). Causes of mortality in captive cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, 23, 127-137.
24. Malukiewicz, J., Cartwright, R. A., Dergam, J. A., Igayara, C. S., Kessler, S. E., Moreira, S. B., ... & Grativol, A. D. (2022). The gut microbiome of exudivorous marmosets in the wild and captivity. *Scientific Reports*, 12, 5049.
25. NRC (2003) National Research Council. Nutrient Requirements of Nonhuman Primates, 2nd revised edition. Washington, DC: The National Academies Press. pp. 286

26. Plowman, A. (2015) Fruit-free diets for primates. Em Bissell H, Brooks M, Eds. Proceedings of the Eleventh Conference on Zoo and Wildlife Nutrition, AZA Nutrition Advisory Group, Portland, OR.
27. Richards-Rios, P., Wigley, P., López, J., Wormell, D., & Barbón, A. (2021). Changes in the faecal microbiome of pied tamarins (*Saguinus bicolor*) associated with chronic, recurrent diarrhoea and weight loss. *Animal microbiome*, 3, 1. <https://doi.org/10.1186/s42523-020-00062-4>
28. Rodríguez, V., Link, A., Guzman-Caro, D., Defler, T.R., Palacios, E., Stevenson, P.R. & Mittermeier, R.A. (2021). *Saguinus oedipus* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T19823A192551067. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T19823A192551067.en>. Accessed on 06 March 2024.
29. Savage, A. (1995) Nutrition. In: Cotton top tamarin – Husbandry Manual. Savage, A. Ed., Roger Williams Park Zoo, Providence, Rhode Island
30. Schultz, C. L. (2017). Nutrition, feeding, and behavioral management. In *Handbook of Primate Behavioral Management* (pp. 473-480). CRC Press.
31. Shen, Z., Mannion, A., Whary, M. T., Muthupalani, S., Sheh, A., Feng, Y., Gong, G., Vandamme, P., Holcombe, H. R., Paster, B. J., & Fox, J. G. (2016). *Helicobacter saguini*, a Novel *Helicobacter* Isolated from Cotton-Top Tamarins with Ulcerative Colitis, Has Proinflammatory Properties and Induces Typhlocolitis and Dysplasia in Gnotobiotic IL-10-/- Mice. *Infection and immunity*, 84, 2307–2316. <https://doi.org/10.1128/IAI.00235-16>
32. Standaert, M. L., Ortmeyer, H. K., Sajan, M. P., Kanoh, Y., Bandyopadhyay, G., Hansen, B. C., & Farese, R. V. (2002). Skeletal muscle insulin resistance in obesity-associated type 2 diabetes in monkeys is linked to a defect in insulin activation of protein kinase C- $\zeta/\eta$ . *Diabetes*, 51(10), 2936-2943.
33. Strike, T. B., & Feltrer, Y. (2017). Long-term management of type 2 diabetes mellitus in callitrichids with oral anti-hyperglycaemic medication. *International zoo yearbook*, 51, 258-268.

34. Viallard, F., Lefebvre, S., Petry, A., Vonfeld, I., & Quintard, B. (2023). Multi-criteria study on a change to a fruit-free diet in Cebidae and Cercopithecidae. *Journal of Zoo and Aquarium Research*.
35. Whitehouse-Tedd, K. M., Lefebvre, S. L., & Janssens, G. P. (2015). Dietary factors associated with faecal consistency and other indicators of gastrointestinal health in the captive cheetah (*Acinonyx jubatus*). *PLoS One*, *10*(4), e0120903.
36. Yamazaki, Y., Kawai, S., Morita, H., Kikusui, T., & Iriki, A. (2017). Faecal transplantation for the treatment of *Clostridium difficile* infection in a marmoset. *BMC veterinary research*, *13*, 150. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1070-z>

## TABELAS

**Tabela 1.** Alimentos reportados nas dietas de *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos

| Categoria              | Ingrediente                  | Instituições (%) |
|------------------------|------------------------------|------------------|
| Frutas                 | Maça                         | 80               |
|                        | Banana                       | 80               |
|                        | Uva                          | 30               |
|                        | Melão                        | 40               |
|                        | Pera                         | 60               |
|                        | Figo                         | 30               |
|                        | Goiaba                       | 20               |
|                        | Mamão                        | 40               |
|                        | Manga                        | 40               |
|                        | Frutos vermelhos             | 30               |
|                        | Pêssego                      | 10               |
|                        | Laranja                      | 30               |
|                        | Melancia                     | 20               |
| Vegetais               | Batata doce                  | 50               |
|                        | Cenoura                      | 60               |
|                        | Legumes                      | 70               |
|                        | Ervilha                      | 20               |
|                        | Brócolis                     | 20               |
|                        | Feijão                       | 50               |
|                        | Couve-flor                   | 30               |
|                        | Abacate                      | 40               |
| Insetos                | Grilos                       | 50               |
|                        | Tenébrio                     | 40               |
|                        | Mosca                        | 10               |
|                        | Zophobas                     | 40               |
| Alimento para primatas | Ração para primata           | 40               |
|                        | Canned marmoset diet         | 20               |
|                        | Ração “Leafeter”             | 10               |
|                        | Bolo para primata            | 20               |
|                        | Receita caseira <sup>†</sup> | 30               |

|                                     |                                 |    |
|-------------------------------------|---------------------------------|----|
|                                     | "Callitrichid Plus Gel"         | 10 |
|                                     | Mazuri - New World Primate Diet | 20 |
| Outras fontes de<br>proteína animal | Frango cozido                   | 30 |
|                                     | Ovo cozido                      | 70 |
| Goma                                | Goma comercial                  | 40 |
| Sementes/ cereal                    | Arroz                           | 20 |
|                                     | Sementes de girassol            | 20 |
| Suplemento                          | Suplemento mineral/ vitamínico  | 40 |

<sup>†</sup>Cada instituição tem sua própria combinação de alimentos comerciais, frutas, suplementos e aditivos.

**Tabela 2.** Percentagem de inclusão de ingredientes e quantidade de alimento em matéria fresca das dietas de *Saguinus oedipus* mantidos sob cuidados humanos

| Instituição | n  | Frutas | Vegetais | Insetos | Ração | Proteína animal | Goma | Sementes/<br>cereais | Suplementos | Quantidade<br>por animal (g) |
|-------------|----|--------|----------|---------|-------|-----------------|------|----------------------|-------------|------------------------------|
| A           | 16 | 71.4   | 0        | 0       | 14.3  | 14.3            | 0    | 0                    | 0           | 196                          |
| B           | 14 | 53.5   | 18       | 5       | 6     | 17              | 0    | 0                    | 0.5         | 96                           |
| C           | 7  | 53.4   | 18.7     | 1.5     | 10.5  | 14.9            | 0    | 0                    | 0.9         | 133                          |
| D           | 4  | 53.6   | 0        | 0.9     | 26.8  | 17.9            | 0    | 0                    | 0.9         | 224                          |
| E           | 4  | 38     | 22.1     | 6.22    | 22.8  | 6               | 1.1  | 2.9                  | 0.7         | 180                          |
| F           | 5  | 22.3   | 22.3     | 1.8     | 26.8  | 17.9            | 8.9  | 0                    | 0           | 112                          |
| G           | 1  | 17.8   | 17.8     | 11.1    | 35.6  | 17.8            | 0    | 0                    | 0           | 67                           |
| H           | 10 | 16     | 64.2     | 0       | 15.1  | 4.7             | 0    | 0                    | 0           | 106                          |
| I           | 6  | 11.8   | 7.2      | 0.4     | 77.6  | 2.9             | 0    | 0                    | 0           | 198                          |
| j           | 2  | 7.8    | 75.7     | 7.1     | 6.3   | 0               | 2    | 1.2                  | 0           | 122                          |

**Tabela 3.** Valores médios, mínimos e máximos da composição das dietas oferecidas a indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* em 10 instituições zoológicas

| Grupo de ingredientes     | Média (%)  | Mínimo (%) | Máximo (%) |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| Frutas                    | 34.6± 22.2 | 7.8        | 71.4       |
| Vegetais                  | 27.3± 24.8 | 7.2        | 75.7       |
| Insetos                   | 4.25± 3.8  | 0.9        | 11.1       |
| Ração/ Mix primatas       | 24.2± 21.1 | 6          | 77.6       |
| Proteína de origem animal | 12.6± 6.2  | 2.9        | 17.9       |
| Gomas                     | 4± 4.2     | 1.1        | 8.9        |
| Sementes/cereais          | 2± 1.2     | 1.2        | 2.9        |
| Suplementos               | 0.75± 0.2  | 0.5        | 0.9        |

**Tabela 4.** Peso corporal médio de indivíduos adultos da espécie *Saguinus oedipus* sob cuidados humanos agrupados segundo a oferta alimentar por indivíduo ao dia

| Alimento oferecido<br>por indivíduo (g) | Peso médio               |   |                          |    |
|-----------------------------------------|--------------------------|---|--------------------------|----|
|                                         | Fêmeas                   | n | Machos                   | n  |
| 67-110                                  | 467.2 ±33.3 <sup>a</sup> | 8 | 509.5 ±70 <sup>a</sup>   | 12 |
| 111-153                                 | 539.1 ±42.5 <sup>b</sup> | 7 | 569.7 ±65.3 <sup>b</sup> | 7  |
| 154-166                                 | 571 ±68.4 <sup>b</sup>   | 3 | 548 ±93.7 <sup>b</sup>   | 7  |

Letras minúsculas indicam diferencia significativa entre valores verticais

\*p=0.05

**Tabela 5.** Classificação do escore fecal em *Saguinus oedipus*

| Escore | Descrição                                                                                          | Referência visual                                                                    | Instituição |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1      | Fezes em forma de pellet, duras e separadas sem resíduos após o retiro.                            |    | F, F, I     |
| 2      | Firmes, mas não duras. Uma unidade úmida com segmentações evidentes                                |    | F, G, J     |
| 3      | Forma alargada, de textura húmida e consistência semelhante a massa, sem segmentações presentes.   |   | A,D, H      |
| 4      | Algumas partes podem estar formadas. As fezes são pastosas e podem se apresentar em pedaços.       |  | B, D, E     |
| 5      | Fezes úmidas. consistência muito suave, sem forma definida. Pode ser encontrado algum respingo.    |  | B,C         |
| 6      | Consistência aquosa e se apresenta como uma poça achatada. É provável que ocorra respingo intenso. |  | B           |

## FIGURAS



**Figura 1.** Fezes de indivíduo de *Saguinus oedipus* na vida livre sob procedimento anestésico (Fundación Proyecto Tití, Colombia)

**Seção 4:** Impacto do consumo de açúcares e fibras sobre o microbioma intestinal de saguis-de-cabeça-de-algodão (*Saguinus oedipus*) sob cuidados humanos

Ana Camila Beltrán Urrego, Alessandra Melchert

**Revista:** Primates

**Link para normas da revista:**

<https://link.springer.com/journal/10329/submission-guidelines>

## RESUMO

As dietas oferecidas para primatas em cativeiro caracterizam-se por conter altos níveis de frutas e, conseqüentemente, elevadas quantidades de açúcares e baixos níveis de fibras, o que tem sido associado ao surgimento de múltiplas patologias digestivas que podem levar a um estado de disbiose. Nosso objetivo foi avaliar o impacto da implementação de uma dieta reduzida em açúcares sobre a composição do microbioma intestinal em indivíduos da espécie *Saguinus oedipus*. Foram coletadas amostras de matéria fecal de 3 grupos de primatas (n = 14), que passaram por uma transição dietética com o objetivo de reduzir o consumo de açúcar e aumentar a ingestão de fibras dietéticas por meio da redução de frutas e do aumento de verduras na dieta. A análise do microbioma intestinal foi realizada antes e após 4 meses de administração da nova dieta. As amostras foram enviadas para análise metagenômica, onde foram determinadas as abundâncias relativas das diferentes espécies de bactérias, além da identificação do perfil funcional de produção de metabólitos como GABA, ácido indol-3-propiónico (IPA), histamina, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), vitaminas do complexo B e vitamina K. Observou-se um aumento geral na diversidade de espécies bacterianas com a nova dieta, com os filos *Firmicutes*, *Actinobacteria* e *Bacteroidetes* sendo os mais abundantes. Foi detectado um aumento na produção potencial de ácidos graxos de cadeia curta e vitaminas (B2, B7, B9, K). De forma geral, a redução de frutas mostrou um impacto positivo na capacidade potencial para o aproveitamento e fermentação de fibras.

**Palavras-chave:** Callitrichidae, fruit-free, metagenômica, microbiota, saúde digestiva.

## INTRODUÇÃO

O fornecimento de dietas inadequadas para primatas em cativeiro tem sido associado a uma alta incidência de problemas gastrointestinais e alterações na microbiota intestinal. A biodiversidade e o equilíbrio dessa microbiota são amplamente reconhecidos como indicadores cruciais da saúde do hospedeiro (Clayton et al., 2018). O microbioma intestinal está envolvido em funções vitais, como a regulação do metabolismo de xenobióticos, a produção de vitaminas, a defesa contra patógenos, a atenuação de processos inflamatórios, o desenvolvimento do sistema imunológico e a promoção de habilidades cognitivas, entre outras (Amato & Righini, 2015). No entanto, essas funções podem ser prejudicadas em decorrência de desequilíbrios nutricionais (Archie & Tung, 2015).

Espécies com hábitos alimentares altamente especializados, como os callitriquídeos, incluindo o *Saguinus oedipus*, são particularmente vulneráveis a desbalanços em sua microbiota intestinal, especialmente devido a alterações na dieta (Sandri et al., 2018). Isso ocorre porque essas espécies dependem de microrganismos intestinais específicos para metabolizar carboidratos não digeríveis presentes nos exsudatos consumidos em seu ambiente natural (Sheh et al., 2022).

O *Saguinus oedipus* está atualmente classificado pela IUCN como criticamente ameaçado de extinção (Rodríguez et al., 2021) e a manutenção de sua saúde intestinal em cativeiro é um componente essencial para o sucesso de programas de conservação, uma vez que a integridade do microbioma intestinal está diretamente relacionada à capacidade de adaptação a diferentes ambientes e ao estado geral de saúde do animal, o que pode impactar negativamente sua capacidade reprodutiva (Herring et al., 2021).

Com o objetivo de promover a saúde dos primatas sob cuidados humanos tem sido recomendada a reformulação do modelo alimentar de primatas em geral. A proposta inclui o aumento na inclusão de elementos fibrosos na dieta (Herron et

al., 2001; Plowman & Cabana, 2019), e a redução de açúcares e carboidratos simples (EAZA, 2022). Essas modificações alimentares visam otimizar o bem-estar e a saúde dos primatas, proporcionando uma dieta mais próxima à sua alimentação natural.

No entanto, ainda existem poucos estudos sobre o impacto do modelo alimentar proposto na microbiota intestinal. Portanto, é fundamental aprofundar as pesquisas para compreender as implicações e possíveis aplicações para a modulação intestinal dos callitríquideos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Animais e Local de Estudo**

Foram incluídos um total de 14 indivíduos de *Saguinus oedipus* (7 fêmeas e 7 machos) alojados em 3 habitats, de acordo com os grupos familiares previamente estabelecidos pela instituição anfitriã (Fundación Zoológica de Cali, Colômbia). Por motivos de bem-estar animal e em conformidade com a normativa da instituição, os grupos familiares permaneceram juntos e nos mesmos recintos durante todo o estudo. Esses grupos eram compostos por: 4 machos e 2 fêmeas (Grupo H1); 2 machos e 4 fêmeas (Grupo H2); e um grupo de dois indivíduos formado por uma fêmea e um macho (Grupo H3).

### **Alimentação**

Inicialmente, os animais foram alimentados com a dieta estabelecida pela instituição, que incluía uma combinação de frutas (banana, amora, pêssego, maçã, manga, mamão, sapoti, figo e pera), representando 51% da dieta total; vegetais frescos (couve-flor, brócolis e cenoura), com 10% de inclusão; grilos; ovos; frango cozido; e misturas caseiras para primatas.

Para reduzir o consumo de açúcar e aumentar a ingestão de fibras, a inclusão de frutas foi reduzida para 10%, enquanto os vegetais aumentaram para 50% ao longo de cinco semanas. Além disso, foi incluída goma guar como fonte de fibra solúvel e eliminado o uso de frango como fonte de proteína, mantendo os demais componentes da dieta inalterados.

Em casos necessários, frutas adicionais foram oferecidas como estímulo para enriquecimento ou treinamento, representando no máximo 5% da dieta diária. Todas as dietas foram preparadas uniformemente pela equipe do zoológico.

Para validar o conteúdo nutricional das dietas oferecidas no início e no final do estudo, foi preparada uma amostra de 500 g, misturando todos os ingredientes conforme as proporções formuladas. Essas amostras foram submetidas a análise bromatológica para a determinação de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, material mineral, FDN, FDA, cálcio (Ca), fósforo (P) e zinco (Zn) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Composição nutricional na matéria seca das dietas fornecidas para *Saguinus oedipus* prévia a modificação (Dieta A) e após a redução da fruta (Dieta B)

| Nutriente                 | Dieta A | Dieta B |
|---------------------------|---------|---------|
| MS (%)                    | 20.1    | 22.7    |
| PB (%)                    | 39.4    | 19.5    |
| EE (%)                    | 7.1     | 9.6     |
| FB (%)                    | 4.7     | 11.2    |
| MM (%)                    | 2.8     | 3.2     |
| Açúcares (%) <sup>1</sup> | 19.23   | 9.2     |
| FDN (%)                   | 18.8    | 22.1    |
| FDA (%)                   | 8.5     | 9.2     |

MS: Matéria seca; MF: Matéria natural; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; FB: Fibra bruta; MM: Matéria mineral; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; EB: Energia bruta

<sup>1</sup> Estimado no Zootrition 2.7

### Consumo de Nutrientes

Para estimar o perfil nutricional da dieta consumida por cada grupo, a quantidade total de cada alimento oferecido foi pesada durante 4 dias consecutivos, subtraindo-se a quantidade de sobras de cada ingrediente. O cálculo foi realizado utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Consumo (g)} = \text{Quantidade de ingrediente oferecido (g)} - (\text{Quantidade de ingrediente restante (g)} * K)$$

O valor de K foi atribuído com base no fator de perda de umidade, determinado após a recriação da mesma dieta oferecida e sua exposição em ambiente com condições semelhantes de temperatura e umidade, durante o mesmo período em que a dieta original permaneceu no recinto.

Após estimar o consumo de alimentos de cada grupo, foram realizados novos ensaios bromatológicos da dieta consumida, a partir da elaboração de três amostras preparadas de acordo com as proporções de ingredientes consumidos por cada grupo (H1, H2 e H3).

### **Microbioma Intestinal**

A análise do microbioma intestinal foi realizada antes e após 4 meses de administração da nova dieta. Para a coleta das amostras, foram identificados de 2 a 3 pontos estratégicos em cada habitat (H1, H2 e H3), onde as fezes dos animais eram mais frequentemente encontradas.

Nesses pontos, lâminas de plástico previamente desinfetadas com solução de hipoclorito foram posicionadas para facilitar a coleta das fezes e evitar contaminações com outros elementos. As lâminas foram colocadas das 7:00h às 16:30h, com coletas realizadas às 10:00h, 13:00h e 16:30h. Ao final de cada dia, as lâminas eram lavadas e desinfetadas para uso posterior.

Amostras fecais frescas foram imediatamente armazenadas em freezer a -20°C até o momento da análise. Devido à impossibilidade de identificar as amostras de cada indivíduo, foi realizado um pool com todas as amostras coletadas de cada habitat, de modo que foram preparadas 3 amostras para análise laboratorial antes da mudança de dieta e 3 amostras após a implementação da nova dieta.

Quanto à análise, as amostras foram enviadas para um laboratório especializado na identificação do microbioma intestinal por meio de técnicas de metagenômica (*Test MyBiome* - Synlab), onde o DNA foi extraído das fezes e sequenciado até uma profundidade-alvo de 7 milhões de leituras por amostra. A partir das leituras de sequenciamento, os perfis de espécies foram obtidos utilizando o *Microba Community Profiler* (MCP) v2.0.0 disponível comercialmente.

## Perfil funcional do microbioma

A produção potencial de metabólitos foi obtida pelo laboratório, primeiramente anotando genes codificadores de proteínas em bancos de dados funcionais (*UniRef90*). Subsequentemente, os perfis funcionais foram calculados agregando a abundância de genomas anotados em cada via. Estes foram expressos de acordo com a abundância relativa (%) de genes correspondentes a uma determinada função em relação ao número total de genes microbianos. Para esse critério, foi obtido o valor potencial de produção de lipopolissacarídeos hexaacilados (LPS), ácido D-láctico, trimetilamina, amônia, beta-glucuronidase, ácido sulfídrico, aminoácidos de cadeia ramificada, GABA, ácido indol-3-propionico (IPA), histamina, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), vitaminas do complexo B (B12, B9, B7 y B12), Vitamina K e consumo de oxalato.

## Análise estatística

A diversidade do microbioma intestinal foi analisada em função do número de espécies (riqueza) e sua abundância relativa (uniformidade). Para esse parâmetro, o Índice de Shannon foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Índice de Shannon } (H) = -\sum^S p_i \ln p_i$$

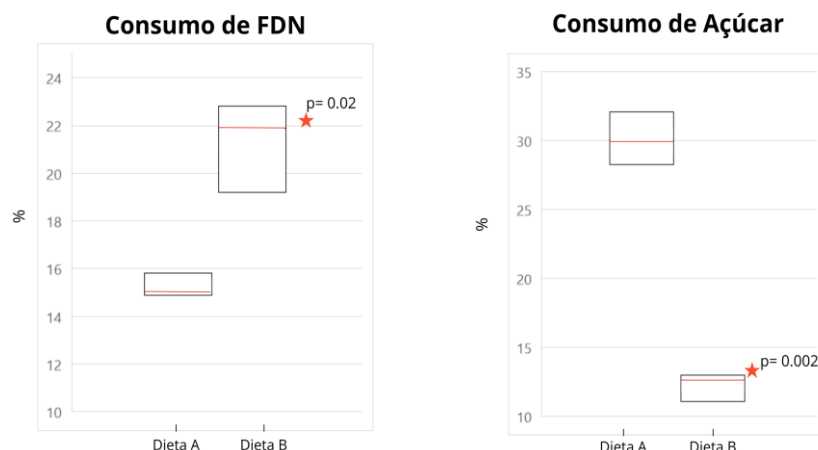
Onde p é a abundância da espécie i em relação ao total de indivíduos, ln é o logaritmo natural e s é o número de espécies encontradas.

Também foi realizada uma análise de correlação de Pearson ( $p = 0.05$ ) entre a abundância de gêneros de bactérias encontrados para cada amostra e o consumo estimado de PB, EE, FB, açúcar, FDN e FDA de cada grupo de animais.

## RESULTADOS

### Consumo de nutrientes

A ingestão de açúcar foi significativamente reduzida em todos os grupos ( $p = 0.002$ ), assim como foi observado um aumento significativo na ingestão estimada de FDN ( $p = 0.02$ ) (Figura 1).



**Figura 1.** Consumo médio de fibra em detergente neutro (FDN) e açúcar estimado para três grupos de *Saguinus oedipus* sob dois regimes de alimentação.

### Microbioma intestinal

Nos grupos H1 e H2, não foi observado um padrão homogêneo nas mudanças na composição do microbioma intestinal após a troca de dieta (Figura 2). Na dieta inicial, rica em frutas e açúcares, o filo mais abundante no habitat H1 foi *Actinobacteriota*, com uma abundância de 58.5%, seguido por *Firmicutes* (40.77%) e *Proteobacteria* (0.46%). Após a transição dietética, o filo predominante foi *Firmicutes* com uma abundância relativa de 61.9%, seguido por *Actinobacteriota* (34.38%), *Bacteroidota* (2.65%) e *Proteobacteria* (0.94%).

No habitat H2, o filo mais abundante inicialmente foi *Firmicutes* (54.5%), dos quais *Firmicutes\_A* representou 36.65%, seguido por *Bacteroidota* (25.78%), *Actinobacteriota* (19.54%) e *Proteobacteria* (0.11%). Com o segundo regime dietético, o filo predominante foi *Bacteroidota*, com uma abundância de 57.18%, seguido por *Firmicutes* (23.9%), *Actinobacteriota* (16.22%) e *Proteobacteria* (1.18%).

No habitat H3, a avaliação com a dieta reduzida em açúcares, observou-se uma abundância predominante de *Firmicutes* (74.5%), seguido por *Actinobacteriota* (22.06%), *Bacteroidota* (2.65%) e *Proteobacteria* (0.24%).



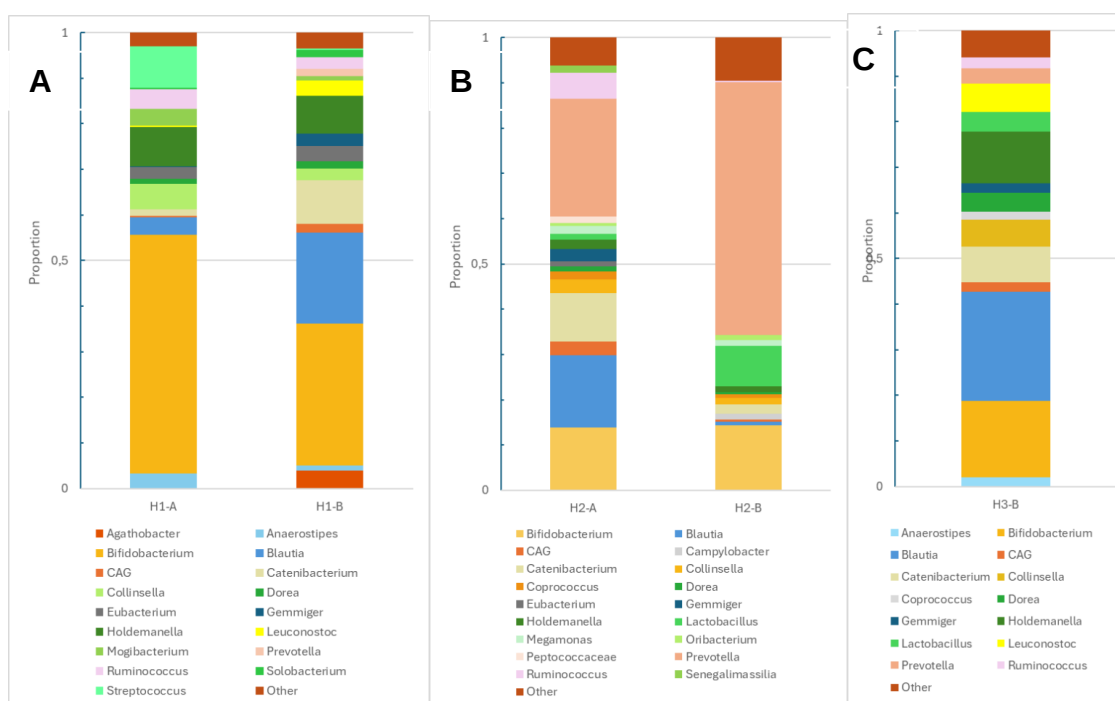
**Figura 2.** Abundância relativa dos filos encontrados com maior predominância em três grupos de *Saguinus oedipus* (H1, H2 e H3) antes e após redução de fruta na dieta.

O gênero de maior prevalência no grupo H1 sob ambos os tipos de dieta foi *Bifidobacterium*, com uma abundância relativa inicial de 52.22% e final de 30.82%. O segundo gênero mais abundante com a primeira dieta foi *Streptococcus* (9.18%), seguido por *Holdemanella* (8.69%), *Collinsella* (5.67%), *Ruminococcus* (4.3%) e *Blautia* (3.86%). Após a troca de dieta, o segundo gênero mais abundante foi *Blautia* (19.92%), seguido por *Catenibacterium* (9.62%), *Holdemanella* (8.69%), *Agathobacter* (3.87%) e *Ruminococcus* (2.48%) (Figura 3). Isso evidencia um aumento na população de bactérias capazes de fermentar fibras de forma eficaz.

No grupo H2, o gênero de maior prevalência foi *Prevotella*, tanto antes quanto após a mudança de dieta, com uma abundância relativa de 25.8% e 57.15%, respectivamente. O segundo gênero mais abundante com a dieta inicial foi *Blautia* (15.8%), seguido por *Bifidobacterium* (13.74%), *Catenibacterium* (10.63%), *Ruminococcus* (5.82%) e *Collinsella* (3.03%). Com a dieta reduzida em açúcares, o segundo gênero mais prevalente foi *Bifidobacterium* (14.74%), seguido por *Lactobacillus* (9.12%), *Catenibacterium* (2.19%) e *Megamonas*

(1.42%) (Figura 3). Apesar das diferenças observadas na prevalência dos gêneros no grupo H1, a dinâmica populacional no H2 também mostrou um aumento nas bactérias capazes de realizar a fermentação de fibras.

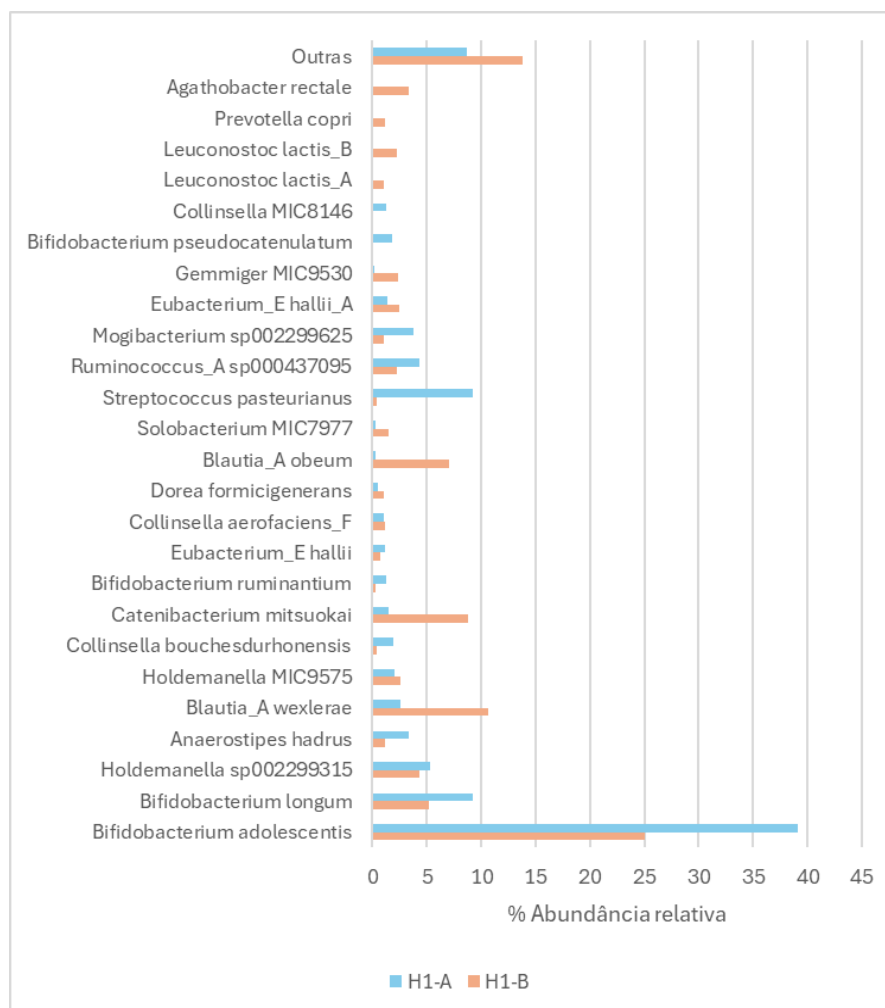
No grupo H3, sob a dieta com baixo teor de açúcares, o gênero mais abundante foi *Blautia*, com uma abundância de 22.92%, seguido por *Bifidobacterium* (15.99%), *Holdemanella* (10.93%) e *Catenibacterium* (7.56%) (Figura 3).



**Figura 3.** Abundância relativa de gêneros de bactérias presentes no microbioma intestinal de indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* (>1%), sendo: **A.** Família H1 (N=6); **B.** Família H2 (N=6); **C.** Casal H3 (N=2). H1A e H2A (antes da mudança da dieta); H1B, H2B e H3B (após a mudança da dieta).

Tanto o grupo H1 quanto o grupo H2 apresentaram maior diversidade de espécies bacterianas após a mudança de dieta. Na análise das amostras sob a dieta inicial, foram identificadas um total de 66 espécies de bactérias no grupo H1, com maior prevalência de *Bifidobacterium adolescentis* (38.6%), seguido por *Bifidobacterium longum* (9.08%), *Holdemanella sp002299315* (5.17%) e *Anaerostipes hadrus* (3.3%). Na análise correspondente à dieta final, foram identificadas 88 espécies, com uma dinâmica populacional semelhante, onde a espécie de maior prevalência foi novamente *Bifidobacterium adolescentis*

(24.65%), seguida por *Blautia\_A wexlerae* (10.4%), *Catenibacterium mitsuokai* (8.6%), *Blautia\_A obeum* (7%), *Bifidobacterium longum* (5.14%) e *Holdemanella sp002299315* (4.3%) (Figura 4).



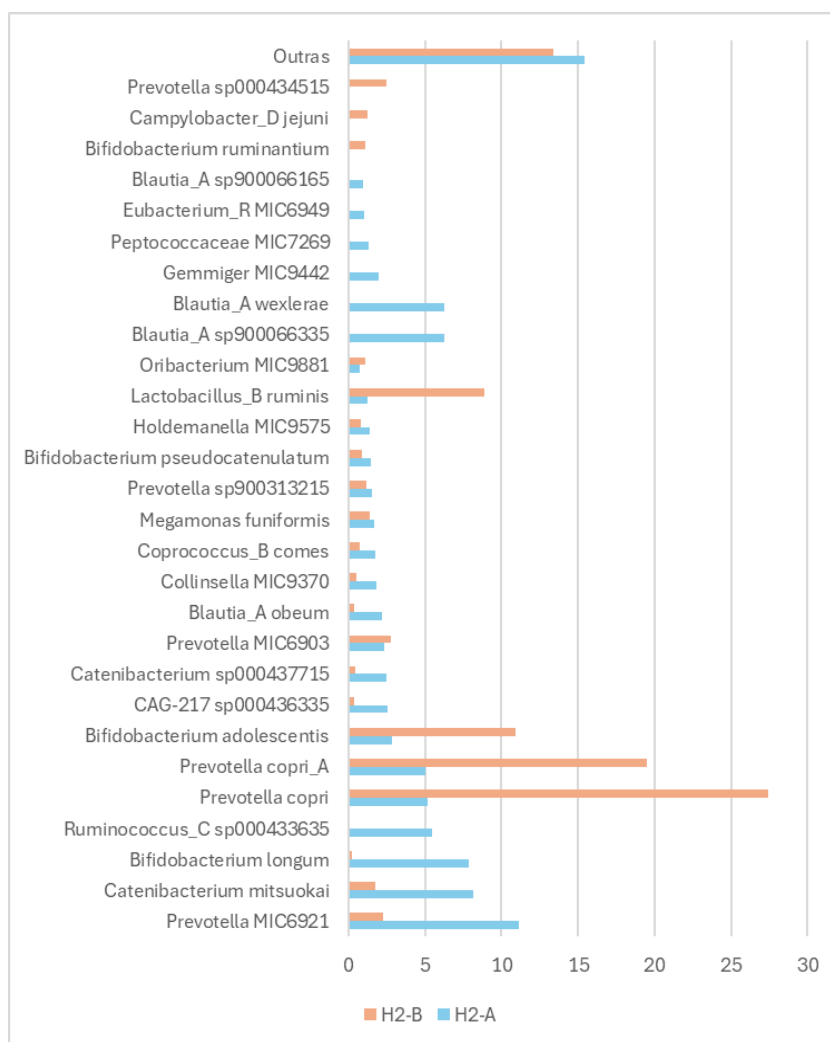
**Figura 4.** Abundância relativa de espécies de bactérias do microbioma intestinal em um grupo de indivíduos *Saguinus oedipus* (N=6) identificadas a partir de um pool fecal sob dois regimes alimentares. H1A: antes da mudança da dieta; H1B: após a mudança da dieta.

Porém, ao comparar a abundância relativa das espécies *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium longum* e *Holdemanella sp002299315* em relação ao microbioma total, nenhuma delas apresentou variações superiores a 1% entre os dois modelos de dieta, enquanto as espécies *Blautia\_A wexlerae*, *Catenibacterium mitsuokai* e *Blautia\_A obeum* tiveram um aumento acentuado, passando de abundâncias inferiores a 0.5% para valores entre 5% e 6%. Além

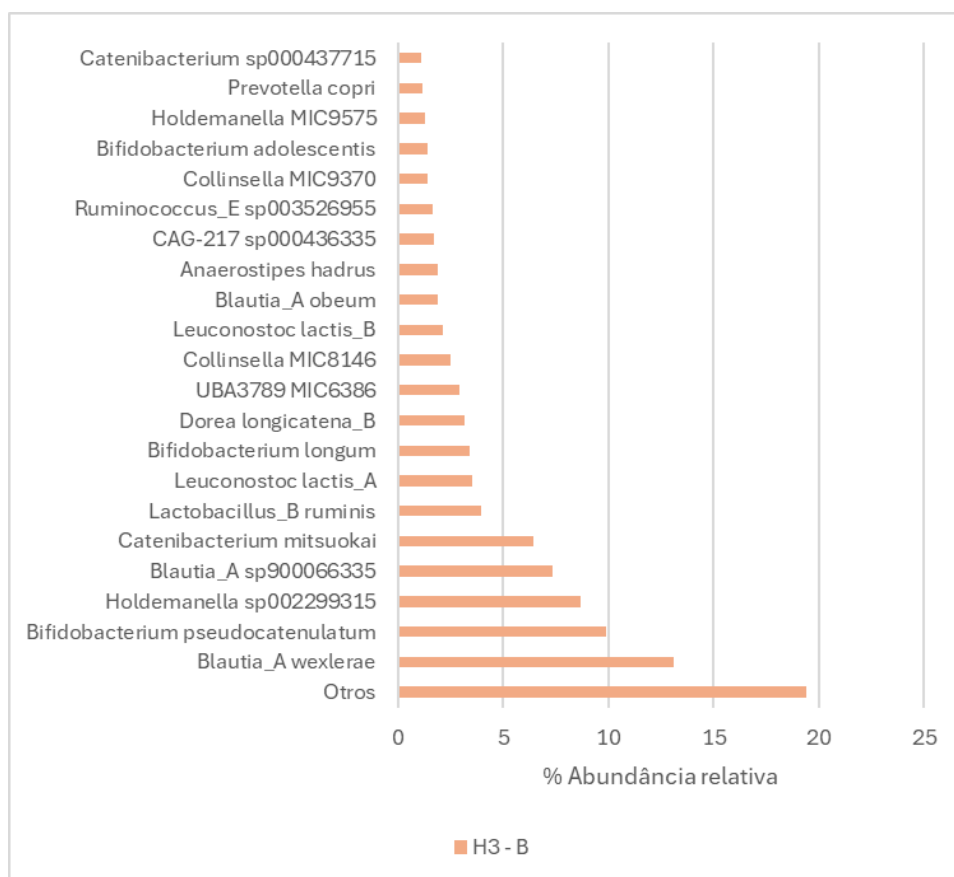
disso, observou-se um leve aumento no índice de diversidade de Shannon, que passou de 2.57 com a dieta inicial para 2.95 com a dieta final.

Na análise das amostras do grupo H2 sob o consumo da dieta inicial, foram identificadas um total de 67 espécies, com maior prevalência de *Prevotella MIC6921* (11.1%), seguido por *Catenibacterium mitsuokai* (8.12%), *Bifidobacterium longum* (7.84%), *Blautia\_A sp900066335* (6.27%) e *Blautia\_A wexlerae* (6.23%). Na análise correspondente à dieta final, foram identificadas 84 espécies, com maior prevalência de *Prevotella copri* (27.4%), seguido por *Prevotella copri\_A* (19.51%), *Bifidobacterium adolescentis* (10.92%) e *Lactobacillus\_B ruminis* (8.9%) (Figura 5). Observou-se uma diminuição no índice de diversidade de Shannon, que passou de 3.45 com a dieta inicial para 2.75 com a dieta final.

Na análise das amostras do grupo H3 sob o consumo da dieta final, foram identificadas um total de 104 espécies, com maior prevalência de *Blautia\_A wexlerae* (13.11%), seguido por *Bifidobacterium pseudocatenulatum* (8.12%), *Bifidobacterium longum* (9.85%), *Holdemanella sp002299315* (8.69%) e *Blautia\_A sp900066335* (6.45%) (Figura 6). Este grupo apresentou o maior índice de diversidade de Shannon sob o regime dietético final, com um valor de 3.49.



**Figura 5.** Abundância relativa de espécies de bactérias do microbioma intestinal em um grupo de indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* (N=6) identificadas a partir de um pool fecal sob dois regimes alimentares. H2A: antes da mudança da dieta; H2B: após da mudança a dieta.



**Figura 6.** Abundância relativa de espécies de bactérias do microbioma intestinal em um par de indivíduos da espécie *Saguinus oedipus* (N=2) sob uma dieta pobre em frutas, identificadas a partir de um pool fecal. H3B: após a mudança da dieta.

### Produção potencial de metabolitos

O perfil funcional de cada grupo avaliado apresentou tendências similares, principalmente nos padrões de aumento na produção potencial de vitamina K, AGCC e vitaminas do complexo B, expressos de acordo com a abundância relativa (%) de genes correspondentes a uma determinada função em relação ao número total de genes microbianos.

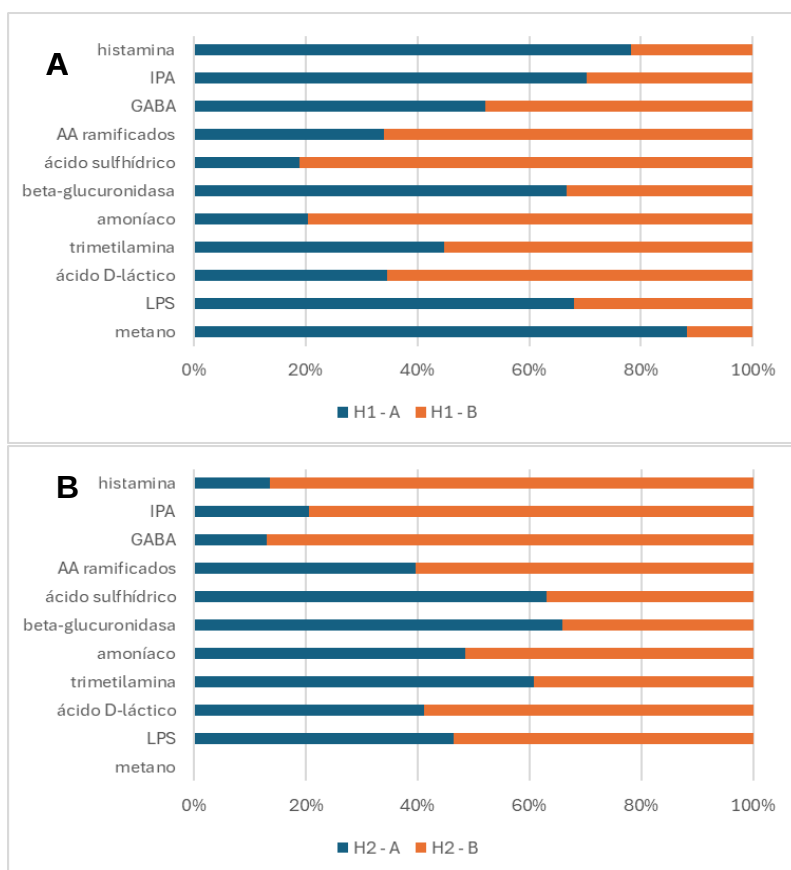
No grupo H1, a mudança mais relevante foi observada no nível de produção potencial de ácido D-láctico, que aumentou de 34.2% para 64.6%, e de aminoácidos ramificados, passando de 26.7% para 51.7%. O ácido sulfídrico também apresentou um aumento notável, de 1.6% para 6.8%, assim como a amônia, que passou de 1.25% para 3.9%. Reduções menos marcantes foram vistas na presença de genes que codificam para a produção de beta-

glucuronidase, inicialmente de 3.95% e final de 1.98%, do IPA, que diminuiu de 1.44% para 0.61%, e dos LPS, que caíram de 1.2% na dieta inicial para 0.56% na dieta final (Figura 7-A). A produção de histamina não foi considerada entre as mudanças relevantes, uma vez que a abundância relativa de genes tanto no início quanto no final foi menor ou igual a 0.1%.

Na avaliação do grupo H2, o aumento na produção potencial de ácido D-láctico foi menos acentuado, passando de 20.3% para 29.1%, enquanto os aminoácidos ramificados apresentaram uma tendência semelhante ao grupo H1, passando de 22.6% para 34.3%. Neste grupo, destacou-se também a mudança na produção de GABA, que mostrou um aumento considerável, de 0.86% para 5.78%. Ao contrário do grupo H1, foi observado um leve aumento na presença de genes relacionados à produção de IPA, passando de 0.08% para 0.34%, no entanto, ao realizar a comparação, foi encontrado um valor final semelhante.

Por outro lado, a beta-glucuronidase apresentou uma tendência semelhante, com uma leve redução de 1% para 0.5%, e, contrariamente ao grupo H1, o ácido sulfídrico diminuiu de 3.27% para 1.92% (Figura 7-B). A produção potencial de histamina em ambos os momentos foi inferior a 0.1%, portanto, não foi considerada um parâmetro de variação relevante.

Na análise do par H3, a produção potencial de metabolitos permaneceu dentro dos intervalos observados nos grupos H1 e H2 na dieta final, exceto para os parâmetros de produção de trimetilamina, que foi a maior entre os três grupos (2.93% vs 1% e 1.9%), e de aminoácidos ramificados, com a menor produção entre os três grupos (25%). A produção de GABA foi semelhante à do grupo H1 (15%), com um valor de 14%, assim como o ácido sulfídrico, com 5.26%. A produção de ácido D-láctico foi intermediária entre os grupos (38%).



**Figura 7.** Produção potencial de metabolitos do microbioma intestinal de grupos familiares de *Saguinus oedipus* antes e depois da redução de frutas na dieta. (**A.** Grupo familiar H1 com N=6, e **B.** Grupo familiar H2 com N=6). H1A e H2A: antes da mudança da dieta; H1B e H2B: após a mudança da dieta.

Em relação às vitaminas e AGCC, observou-se um aumento geral na produção potencial desses metabolitos em ambos os grupos. Especificamente, o grupo H1 apresentou aumentos marcantes na expressão de genes do microbioma associados à produção de vitamina B9, que passou de 37.1% para 65.8%, assim como a vitamina B12, que passou de 4.1% na dieta inicial para 12.3% na dieta final. A vitamina B2 aumentou de 10.6% para 33.2% e a vitamina B7, de 0.98% para 6.55%. Da mesma forma, a produção potencial de vitamina K foi otimizada, passando de 0.5% para 3.74% (Figura 8).

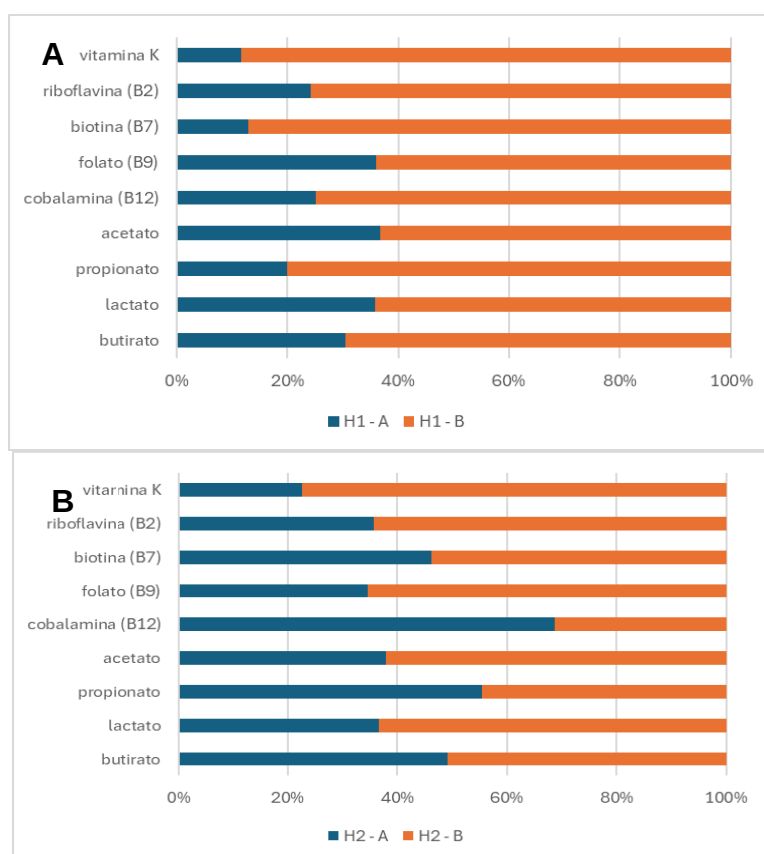
A produção potencial de AGCC correspondentes a butirato, lactato e acetato aumentaram, em média, o dobro, sendo os valores iniciais de 4.34%, 38.3% e 39.5%, respectivamente. O propionato mostrou um aumento de 0.77% para 3.1%. Isso coincide com a população de bactérias observada, na qual houve um

aumento de espécies com alta capacidade de fermentação de fibras com a dieta baixa em frutas.

Os resultados do grupo H2 tiveram tendências semelhantes em relação à produção potencial de vitaminas do complexo B, com maior aumento de genes que codificam para a produção de vitamina B9 (21.8% para 41.1%) e B2 (15.1% para 27.2%). A produção potencial de vitamina B7 não apresentou mudanças relevantes (2.14% para 2.5%) e observou-se uma diminuição para a vitamina B12, de 4.9% para 2.24%. A vitamina K mostrou um aumento maior que no grupo H1, de 7.54% para 25.8% (Figura 8).

No caso da produção de AGCC, tanto o lactato (25.2% para 43.7%) quanto o acetato (24.8% para 40.7%) apresentaram tendências de aumento semelhantes às do grupo H1. Para o butirato e o propionato não se observaram grandes variações, permanecendo em valores próximos a 1.8% e 0.9%, respectivamente.

A produção de acetato, lactato, propionato e butirato do casal H3 coincidiu com os valores observados nos demais grupos, sendo estes 40.5%, 42%, 1.07% e 5.72%, respectivamente. Quanto à produção potencial de vitaminas do complexo B, o par H3 apresentou os menores valores para as vitaminas B2 e B9 em comparação aos outros grupos, sendo 19.1% e 38.3%, respectivamente. As vitaminas B12, B7 e vitamina K permaneceram dentro das faixas observadas nos grupos H1 e H2 na segunda avaliação.



**Figura 8.** Produção potencial de Vitaminas e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do microbioma intestinal de grupos familiares de *Saguinus oedipus* antes e depois da redução de frutas na dieta. (**A.** Grupo familiar H1 com N=6, e **B.** Grupo familiar H2 com N=6) H1A e H2A: antes da mudança da dieta; H1B e H2B: após a mudança da dieta.

## DISCUSSÃO

A implementação de uma dieta com redução de frutas impactou significativamente o consumo de nutrientes, destacando-se o aumento no consumo médio estimado de FDN, que passou de 15.2% para 21%, e a redução expressiva no consumo de açúcares, que caiu de 30% para 12% com a dieta final. Essas alterações no perfil nutricional influenciaram a composição do microbioma intestinal dos animais.

Os filos de maior prevalência, tanto antes quanto depois da transição alimentar entre os grupos avaliados, foram *Firmicutes* e *Actinobacteria*, com abundâncias

relativas variando de 23.9% a 74.5% e de 16.2% a 58.5%, respectivamente. O filo *Bacteroidota* apresentou relevância significativa apenas no grupo H2, onde sua abundância relativa aumentou de 25.8% para 57.2%. Resultados semelhantes foram observados na microbiota intestinal de primatas frugívoros-insetívoros (*Cebus capucinus*) em vida livre, com predominância dos filos *Firmicutes*, *Actinobacteria* e *Proteobacteria* (Orkin et al., 2019).

Em nosso estudo, foram registradas entre 66 e 104 espécies, com os resultados mais altos observados na dieta com baixo teor de frutas, e uma diversidade de Shannon inicial média de 3.01 e final de 3.06. Essa quantidade de espécies foi inferior à relatada por Zeming et al. (2023) para *Saguinus oedipus* mantidos sob cuidados humanos, no qual foram encontradas 198 espécies, entretanto esses autores observaram menor homogeneidade, com índice de Shannon médio de 2.7.

Entre os gêneros mais abundantes registrados nos três grupos, destacou-se o gênero *Bifidobacterium*, que teve maior prevalência no grupo H1 para ambos os tipos de dieta (30.8% a 52.2%) e foi o segundo mais abundante nos grupos H2 e H3 em ambas as dietas (13.7% a 15.9%). O gênero foi previamente descrito como fundamental no microbioma intestinal de saguis na vida livre, afirmando que a redução dele poderia afetar a saúde e a viabilidade dos indivíduos em cativeiro (Malukiewicz et al., 2022).

O gênero das Bifidobactérias também tem sido associado ao consumo de exsudatos nos callitríquidos, sendo estas mencionadas como uma característica adaptativa específica para cada espécie (Zhu et al., 2021). Algumas espécies de bifidobactérias podem realizar a quebra de fibras alimentares e formar monossacarídeos ou oligossacarídeos, como *B. adolescentis*, descrita como afinada ao uso de amido resistente e fructanos como fonte de energia (Turroni et al., 2018). Adicionalmente, esse grupo de bactérias tem sido associado à alta capacidade de produção de GABA, vitaminas do complexo B e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como propionato e acetato, ajudando a criar um ambiente mais adequado para a colonização de probióticos (LeBlanc et al., 2017; Duranti et al., 2020).

O segundo gênero mais abundante no grupo H1 na primeira avaliação foi *Streptococcus*, o qual viu-se reduzido de 9.18% para 0.5%, sendo a espécie mais abundante *Streptococcus pasteurianus*, a qual foi previamente relatada como um patógeno oportunista em outras espécies (Wang et al., 2022). Da mesma forma, a abundância relativa do gênero *Collinsella* foi reduzida nos grupos H1 e H2. Isso é semelhante aos relatos feitos por Gomez-Arango et al. (2018), que encontraram que a abundância do gênero se correlacionava negativamente com a ingestão de fibra alimentar alterando o padrão geral de fermentação do microbioma intestinal.

O gênero *Prevotella* aumentou significativamente no grupo H2, com maior predominância das espécies *Prevotella copri* e *Prevotella copri\_A*. Em consonância com outros estudos, *Prevotella copri* tem sido associado a dietas ricas em vegetais, sugerindo *Prevotella* como um táxon degradador de fibras (David et al., 2014). De acordo com nossos resultados, uma dieta mais rica em fibras provenientes de frutas, vegetais e leguminosas pode selecionar cepas de *P. copri* com maior potencial para a degradação de carboidratos complexos, bem como um maior potencial para a produção de vitaminas do complexo B (De Filippis et al., 2019; Yoshii et al., 2019).

O gênero *Prevotella* também tem sido associado à produção de menaquinona (MK) ou vitamina K2, descrito por alguns autores como um dos táxons mais significativos na definição de menaquinótipos, produzindo MKs 11, 12 e 13 (Cooke et al., 2006). Da mesma forma, bactérias da espécie *Escherichia coli* têm sido associadas à produção de MKs (Camelo-Castillo et al., 2021). A abundância dessa bactéria também foi ligeiramente aumentada no grupo H2.

O gênero *Blautia* também apresentou altas taxas de abundância relativa na dieta com baixo teor de frutas nos grupos H1 e H3 (19,9% a 22,9%) e alta abundância no grupo H1 com a dieta inicial. Esse gênero de bactérias foi observado com maior frequência em amostras fecais de saguis saudáveis em comparação com animais com SEP (Richards-Rios et al., 2021). Esses gêneros são de particular interesse, pois já foi demonstrado que têm um efeito anti-inflamatório no trato gastrointestinal de humanos e outras espécies, associado à sua capacidade de

produzir AGCC a partir do metabolismo de carboidratos complexos (Rehman et al., 2016; Hosomi et al., 2022).

As mudanças mencionadas no microbioma intestinal dos indivíduos estudados favoreceram a capacidade de aproveitamento de fibras pela microbiota intestinal, refletidas principalmente no aumento da produção potencial de AGCC provenientes da fermentação de fibras. Um estudo semelhante, realizado com cinco espécies de primatas, nos quais houve uma redução de frutas e açúcares e aumento de fibras na dieta, mostrou mudanças em diferentes táxons, especialmente nos gêneros *Phascolarctobacterium*, *Megasphaera* e *Sharpea*, associados à função potencial de degradação de fibras (Bornbush et al., 2023; Tang et al., 2024). Essa tendência é semelhante à observada em nossos resultados, que indicam um aumento no potencial de aproveitamento de fibras alimentares.

## CONCLUSÕES

A implementação de uma dieta com menor quantidade de açúcares e maior teor de fibra dietética resultou em mudanças na abundância relativa das diferentes espécies de bactérias identificadas no microbioma intestinal dos animais, evidenciando uma maior capacidade para o aproveitamento de fibras e para a produção potencial de metabólitos benéficos como ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), vitaminas do complexo B e vitamina K. Além disso, este estudo permitiu identificar os filos e gêneros bacterianos de maior prevalência, destacando-se alguns que poderiam ser considerados potenciais probióticos para o *Saguinus*, como as bactérias dos gêneros *Bifidobacterium* e *Blautia*.

A inclusão de gomas, amido resistente e alimentos ricos em FDN também se mostrou promissora como fontes prebióticas ideais, com potencial para aplicação na modulação intestinal de indivíduos mantidos em condições ex situ.

## REFERENCIAS

1. Amato, K., & Righini, N. (2015) The Howler Monkey as a Model for Exploring Host-Gut Microbiota Interactions in Primates. Em Kowalewski M. et al. (eds.), Howler Monkeys, Developments in Primatology: Progress and Prospects. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1957-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1957-4_9)
2. Archie, E. A., & Tung, J. (2015). Social behavior and the microbiome. *Current opinion in behavioral sciences*, 6, 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.07.008>
3. Banfi, D., Moro, E., Bosi, A., Bistoletti, M., Cerantola, S., Crema, F., ... & Baj, A. (2021). Impact of microbial metabolites on microbiota–gut–brain axis in inflammatory bowel disease. *International journal of molecular sciences*, 22(4), 1623. <https://doi.org/10.3390/ijms22041623>
4. Bornbusch, S. L., Muletz-Wolz, C. R., Lopez-Bondarchuk, E., Maslanka, M. T., & Kendrick, E. L. (2023). Gut microbiomes of captive primates show phylosymbiosis, respond to dietary sugar reduction, and select for host-specific dietary microbes. *FEMS Microbiology Ecology*, 99(8). <https://doi.org/10.1093/femsec/fiad069>
5. Bornbusch, S. L., Muletz-Wolz, C. R., Lopez-Bondarchuk, E., Maslanka, M. T., & Kendrick, E. L. (2023). Gut microbiomes of captive primates show phylosymbiosis, respond to dietary sugar reduction, and select for host-specific dietary microbes. *FEMS Microbiology Ecology*, 99(8). <https://doi.org/10.1093/femsec/fiad069>
6. Cabana, F., & Plowman, A. (2014). Pygmy slow loris *Nycticebus pygmaeus*-natural diet replication in captivity. *Endangered Species Research*, 23(3), 197-204. <https://doi.org/10.3354/esr00575>
7. Camelo-Castillo, A., Rivera-Caravaca, J. M., Orenes-Piñero, E., Ramírez-Macías, I., Roldán, V., Lip, G. Y., & Marín, F. (2021). Gut microbiota and the quality of oral anticoagulation in vitamin k antagonists users: a review of potential implications. *Journal of Clinical Medicine*, 10(4), 715. <https://doi.org/10.3390/jcm10040715>

8. Clayton, J. B., Al-Ghalith, G. A., Long, H. T., Tuan, B. V., Cabana, F., Huang, H., ... & Johnson, T. J. (2018). Associations between nutrition, gut microbiome, and health in a novel nonhuman primate model. *Scientific reports*, 8(1), 11159. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29277-x>
9. Cooke, G., Behan, J., & Costello, M. (2006). Newly identified vitamin K-producing bacteria isolated from the neonatal faecal flora. *Microbial ecology in health and disease*, 18(3-4), 133-138. <https://doi.org/10.1080/08910600601048894>
10. David, L., Maurice, C., Carmody, R., Gootenberg, D., Button, J., Wolfe, B., Ling, A., Devlin, A., Varma, Y., Fischbach, M., Biddinger, S., Dutton, R. & Turnbaugh, P. (2014) Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*, 505:559–566. <https://doi.org/10.1038/nature12820>
11. De Filippis, F., Pasolli, E., Tett, A., Tarallo, S., Naccarati, A., De Angelis, M., ... & Ercolini, D. (2019). Distinct genetic and functional traits of human intestinal *Prevotella copri* strains are associated with different habitual diets. *Cell host & microbe*, 25(3), 444-453.
12. Duranti, S., Ruiz, L., Lugli, G. A., Tames, H., Milani, C., Mancabelli, L., ... & Turrone, F. (2020). *Bifidobacterium adolescentis* as a key member of the human gut microbiota in the production of GABA. *Scientific reports*, 10(1), 14112. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70986-z>
13. EAZA Prosimian Taxon Advisory Group. (2022). EAZA Best Practice Guidelines for Callitrichidae species.
14. Gomez-Arango, L. F., Barrett, H. L., Wilkinson, S. A., Callaway, L. K., McIntyre, H. D., Morrison, M., & Dekker Nitert, M. (2018). Low dietary fiber intake increases *Collinsella* abundance in the gut microbiota of overweight and obese pregnant women. *Gut microbes*, 9(3), 189-201. <https://doi.org/10.1080/19490976.2017.1406584>
15. Herring, C. M., Bazer, F. W., & Wu, G. (2021). Amino acid nutrition for optimum growth, development, reproduction, and health of zoo

animals. *Amino Acids in Nutrition and Health: Amino Acids in the Nutrition of Companion, Zoo and Farm Animals*, 233-253.

16. Herron, S., Price, E., & Wormell, D. (2001). Feeding gum arabic to New World monkeys: species differences and palatability. *Animal Welfare*, 10(3), 249-256. <https://doi.org/10.1017/S0962728600024027>
17. Hosomi, K., Saito, M., Park, J., Murakami, H., Shibata, N., Ando, M., ... & Kunisawa, J. (2022). Oral administration of *Blautia wexlerae* ameliorates obesity and type 2 diabetes via metabolic remodeling of the gut microbiota. *Nature communications*, 13(1), 4477. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32015-7>
18. LeBlanc, J. G., Chain, F., Martín, R., Bermúdez-Humarán, L. G., Courau, S., & Langella, P. (2017). Beneficial effects on host energy metabolism of short-chain fatty acids and vitamins produced by commensal and probiotic bacteria. *Microbial cell factories*, 16, 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0691-z>
19. Malukiewicz, J., Cartwright, R. A., Dergam, J. A., Igayara, C. S., Kessler, S. E., Moreira, S. B., ... & Grativol, A. D. (2022). The gut microbiome of exudivorous marmosets in the wild and captivity. *Scientific reports*, 12(1), 5049. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08797-7>
20. Orkin, J. D., Webb, S. E., & Melin, A. D. (2019). Small to modest impact of social group on the gut microbiome of wild Costa Rican capuchins in a seasonal forest. *American Journal of Primatology*, 81(10-11), e22985.
21. Plowman, A., & Cabana, F. (2019) Transforming the Nutrition of Zoo Primates (or How We Became Known as Loris Man and That Evil Banana Woman): Their Role in Conservation and Research. In: Kaufman A., Bashaw M. & Maple T. *Scientific Foundations of Zoos and Aquariums (Eds)*. Cambridge University Press, 274:303
22. Rehman, A., Rausch, P., Wang, J., Skieceviciene, J., Kiudelis, G., Bhagalia, K., ... & Ott, S. (2016). Geographical patterns of the standing and active human gut microbiome in health and IBD. *Gut*, 65(2), 238-248. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2014-308341>

23. Richards-Rios, P., Wigley, P., López, J., et al. (2021). Changes in the faecal microbiome of pied tamarins (*Saguinus bicolor*) associated with chronic, recurrent diarrhoea and weight loss. *Animal Microbiome*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s42523-020-00062-4>
24. Rodríguez, V., Link, A., Guzman-Caro, D., Defler, T.R., Palacios, E., Stevenson, P.R. & Mittermeier, R.A. 2021. *Saguinus oedipus* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T19823A192551067. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T19823A19255106.en>
25. Sandri, C., Modesto, M., Spiezio, C., Sciavilla, P., Morelli, L., Puglisi, E., & Mattarelli, P. (2018). Bifidobacterial occurrence in in cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus*) and emperor tamarin (*Saguinus imperator*). In *Wildlife health and conservation: expectations in a challenging era* (pp. 122-122). GRC.
26. Sheh, A. (2020). The gastrointestinal microbiota of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *ILAR journal*, 61(2-3), 188-198. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilaa025>
27. Sheh, A., Artim, S. C., Burns, M. A., Molina-Mora, J. A., Lee, M. A., Dzink-Fox, J., ... & Fox, J. G. (2022). Alterations in common marmoset gut microbiome associated with duodenal strictures. *Scientific Reports*, 12(1), 5277. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09268-9>
28. Tang-Wing, C., Mohanty, I., Bryant, M., Makowski, K., Melendez, D., Dorrestein, P. C., ... & Jenné, K. (2024). Impact of diet change on the gut microbiome of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Msystems*, 9(8), e00108-24. <https://doi.org/10.1128/msystems.00108-24>
29. Turrone, F., Milani, C., Duranti, S., Ferrario, C., Lugli, G. A., Mancabelli, L., ... & Ventura, M. (2018). Bifidobacteria and the infant gut: an example of co-evolution and natural selection. *Cellular and molecular life sciences*, 75, 103-118.
30. Wang, S., Ma, M., Liang, Z., Zhu, X., Yao, H., Wang, L., & Wu, Z. (2022). Pathogenic investigations of *Streptococcus pasteurianus*, an underreported

zoonotic pathogen, isolated from a diseased piglet with meningitis. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(5), 2609-2620.

31. Yoshii, K., Hosomi, K., Sawane, K., & Kunisawa, J. (2019). Metabolism of dietary and microbial vitamin B family in the regulation of host immunity. *Frontiers in nutrition*, 6, 48. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00048>
32. Yoshii, K., Hosomi, K., Sawane, K., & Kunisawa, J. (2019). Metabolism of dietary and microbial vitamin B family in the regulation of host immunity. *Frontiers in nutrition*, 6, 48. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00048>
33. Zeming, Z., Hongyu, Y., Nan, W., Lingling, Z., Yiru, G., Yu, W., ... & Dapeng, Z. H. (2023). Comparison of intestinal microbiota of golden-headed lion tamarins, golden-handed tamarins and cotton-headed tamarins under the same captive environment. *Acta Theriologica Sinica*, 43(5), 580.
34. Zhu, L., Yang, Q., Suhr Van Haute, M. J., Kok, C. R., Gomes-Neto, J. C., Pavlovikj, N., ... & Benson, A. K. (2021). Captive common marmosets (*Callithrix jacchus*) are colonized throughout their lives by a community of *Bifidobacterium* species with species-specific genomic content that can support adaptation to distinct metabolic niches. *MBio*, 12(4), 10-1128. <https://doi.org/10.1128/mbio.01153-21>

**Seção 5:** Livro para crianças – “Tito o sagui aventureiro”

Ana Camila Beltrán Urrego

**Documento Anexo.**

