

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

**Avaliação eletrocardiográfica de macacos Uacari
(*Cacajao calvus ucayalii*) sob contenção química de
dexmedetomidina associada ao midazolam e cetamina**

Guilherme Carnevalli Antunes de Oliveira

**Botucatu - SP
Novembro de 2025**

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

**Avaliação eletrocardiográfica de macacos Uacari
(*Cacajao calvus ucayalii*) sob contenção química de
dexmedetomidina associada ao midazolam e cetamina**

Guilherme Carnevalli Antunes de Oliveira

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

Orientador: Prof. Dr. André Luís Filadelpho

O48a

Oliveira, Guilherme Carnevalli Antunes de

Avaliação eletrocardiográfica de macacos Uacari (*Cacajao calvus ucayalii*) sob contenção química de dexmedetomidina associada ao midazolam e cetamina / Guilherme Carnevalli Antunes de Oliveira. --
, 2025

28 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara,
Orientador: André Luis Filadelpho

1. Eletrocardiografia. 2. Animais silvestres. 3. Monitoramento cardíaco. 4. Agonistas alfa-2. 5. Primatas. I. Título.

Nome do autor: **Guilherme Carnevalli Antunes de Oliveira**

**TÍTULO: Avaliação eletrocardiográfica de macacos Uacari
(*Cacajao calvus ucayalii*) sob contenção química de
dexmedetomidina associada ao midazolam e cetamina**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. André Luís Filadelpho

Orientador

Departamento de Anatomia

Instituto de Biociências – UNESP – BOTUCATU

andre.filadelpho@unesp.br

Prof. Dra. Vania Maria de Vasconcelos Machado

Departamento de Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal

vania.mv.machado@unesp.br

Prof. Dr. Elton Luis Ritir Oliveira

Faculdade Galileu

Elton.ritir@unesp.br

Data da defesa: 13/11/2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante nesta caminhada, pela força nos dias difíceis e pela serenidade para seguir em frente.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Botucatu, e ao Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens, pela oportunidade de realizar este mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. André Luís Filadelpho, pela orientação, paciência e confiança.

Aos professores Endrigo, Isabel, Moacir, Cláudio Yudi e Renato, que acreditaram, incentivaram e plantaram em mim a semente do ensino e da pesquisa.

Aos colegas de aprimoramento do hospital veterinário de Uberaba e de pós-graduação, pelo companheirismo, pelas trocas de experiências e pelo apoio.

Ao Luis Baselly, Pedro e aos colaboradores que auxiliaram na contenção, coleta de dados e realização dos exames eletrocardiográficos dos macacos uacaris.

À Gudrun Sperrer, do Pilpintuwasi, pela acolhida e pela permissão essencial para a realização do projeto de pesquisa com os macacos uacaris.

À minha família, pelo amor, incentivo e exemplo de dedicação, e aos amigos e colegas que compreenderam as ausências e ofereceram apoio nos momentos difíceis.

Agradecimento especial à minha esposa Natália, por acreditar, apoiar e ser meu maior amparo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade.

LISTA DE FIGURA

- Figura 1.** Exemplos de *Cacajao calvus ucayalii* em ambiente natural. 09
- Figura 2.** Decúbito e posicionamento dos eletrodos 15

SUMÁRIO

RESUMO	07
ABSTRACT	08
1. INTRODUÇÃO	09
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 Local e animais do estudo	13
2.2 Protocolo de imobilização química	14
2.3 Avaliação eletrocardiográfica	14
3. RESULTADOS	16
3.1 Resultados descritivos	16
3.2 Comparação com a literatura	16
3.2.1 Intervalos e durações	17
3.2.2 Amplitudes e eixos	17
4. DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS	25
ANEXOS	27

RESUMO

O eletrocardiograma (ECG) é uma ferramenta essencial para a avaliação da atividade elétrica cardíaca, permitindo o diagnóstico de alterações de condução e repolarização, bem como o monitoramento anestésico em diferentes espécies. No entanto, não há registros prévios dos parâmetros eletrocardiográficos do macaco uacari (*Cacajao calvus ucayalii*), uma espécie neotropical amazônica de interesse para a conservação e a pesquisa biomédica. O objetivo deste estudo foi estabelecer, pela primeira vez, valores de referência eletrocardiográficos para o uacari, sob contenção química com dexmedetomidina (15 µg/kg), midazolam (0,3 mg/kg) e cetamina (3 mg/kg), administradas por via intramuscular. Foram avaliados sete animais clinicamente saudáveis, submetidos a registros eletrocardiográficos em decúbito dorsal. As variáveis mensuradas incluíram frequência cardíaca (FC), intervalos PR, QRS, QT e QTc, duração das ondas P e T, amplitudes das ondas P, Q, R, S e T, desnível do segmento ST e eixos elétricos médios do QRS e da onda P. Os resultados apresentaram distribuição normal em todas as variáveis, conforme o teste de Shapiro–Wilk, e consistência estatística com intervalos de confiança de 95% relativamente estreitos. A FC média foi de 133 bpm; o intervalo PR, de 90 ms; o QRS, de 53 ms; o QT, de 217 ms; e o QTc, de 227 ms. Em comparação com a literatura, esses valores mostraram-se semelhantes aos descritos para saguis (*Callithrix spp.*), macacos-de-cheiro (*Saimiri spp.*) e rhesus (*Macaca mulatta*), com pequenas particularidades na onda P e em algumas amplitudes. Conclui-se que este estudo fornece dados inéditos para o macaco uacari, representando um marco inicial na compreensão de sua fisiologia cardíaca. Os achados contribuem para a anestesiologia e a clínica de primatas, fornecendo subsídios para o monitoramento cardiovascular em programas de manejo, conservação e pesquisa biomédica.

Palavras-chave: Parâmetros eletrocardiográficos; monitorização cardíaca; primatas neotropicais; alfa-2 agonista; anestesia dissociativa; fisiologia cardíaca; animais selvagens; ECG.

ABSTRACT

The electrocardiogram (ECG) is an essential tool for assessing cardiac electrical activity, allowing the diagnosis of conduction and repolarization abnormalities, as well as anesthetic monitoring in different species. However, no previous records of electrocardiographic parameters exist for the uacari monkey (*Cacajao calvus ucayalii*), a Neotropical Amazonian species of interest for conservation and biomedical research. The aim of this study was to establish, for the first time, reference electrocardiographic values for the uacari under chemical restraint with dexmedetomidine (15 µg/kg), midazolam (0.3 mg/kg), and ketamine (3 mg/kg) administered intramuscularly. Seven clinically healthy animals were evaluated and subjected to electrocardiographic recordings in dorsal recumbency. Measured variables included heart rate (HR), PR, QRS, QT, and QTc intervals; P and T wave durations; amplitudes of P, Q, R, S, and T waves; ST-segment deviation; and mean electrical axes of the QRS and P waves. Results showed normal distribution for all variables according to the Shapiro–Wilk test, and statistical consistency with relatively narrow 95% confidence intervals. Mean HR was 133 bpm; PR interval, 90 ms; QRS, 53 ms; QT, 217 ms; and QTc, 227 ms. Compared with published data, these values were similar to those described for marmosets (*Callithrix spp.*), squirrel monkeys (*Saimiri spp.*), and rhesus macaques (*Macaca mulatta*), with minor specific differences in the P wave and some amplitudes. This study provides the first electrocardiographic data for the uacari monkey, representing an initial step toward understanding its cardiac physiology. The findings contribute to veterinary anesthesiology and primate clinical practice, offering valuable data for cardiovascular monitoring in management, conservation, and biomedical research programs.

Keywords: Electrocardiographic parameters; cardiac monitoring; neotropical primates; alpha-2 agonist; dissociative anesthesia; cardiac physiology; wild animals; ECG.

1. Introdução

O macaco Uacari (*Cacajao calvus ucayalii*) é um primata neotropical singular, nativo da Amazônia peruano-brasileira ocidental. Caracteriza-se por sua pelagem vermelho-alaranjada, cabeça calva e rosto avermelhado sem pelos, além de uma dentição altamente especializada. Em termos de dimensões corporais, os machos medem em média 45,6 cm de comprimento e pesam 4,1 kg, enquanto as fêmeas apresentam 44 cm e 3,5 kg, respectivamente (HESHKOVITZ, 1987).



Figura. 1. Exemplos de *Cacajao calvus ucayalii* em ambiente natural.

Imagens de arquivo pessoal do autor.

A imobilização química é um procedimento essencial para o manejo de primatas em diagnósticos e cirurgias. A busca por fármacos ideais foca em rápida latência, boa margem de segurança e a capacidade de reversão para emergências cardiorrespiratórias (FAHLMAN, 2008). Dada a ausência de um único agente completo, a associação de diferentes fármacos é fundamental para otimizar os efeitos e reduzir

reações adversas. Nesse contexto, a combinação de midazolam e cetamina é amplamente utilizada por sua eficácia e miorelaxamento (VALADÃO, 2009). Adicionalmente, a dexmedetomidina, um agonista $\alpha 2$ -adrenérgico, é valiosa por sua sedação, antinocicepção e a possibilidade de reversão específica com atipamezole (RANKIN, 2017; FERRARO et al., 2017).

O sistema de condução cardíaco é uma rede especializada de células miocárdicas responsável pela geração e propagação do impulso elétrico, essencial para a contração coordenada das câmaras cardíacas e o bombeamento eficiente do sangue (BUSSADORI, 2015). Sua integridade é vital para a manutenção do ritmo cardíaco regular e da homeostase cardiovascular, sendo que distúrbios nesse sistema podem resultar em arritmias, como bradicardias, taquicardias, extrassístoles e bloqueios de condução, comprometendo a função cardíaca geral (BUSSADORI, 2015).

A complexa fisiologia cardíaca inicia-se com a atividade elétrica, originada no nó sinoatrial (SA), que se propaga sequencialmente através dos átrios até o nó atrioventricular (AV), e daí para o feixe de His e as fibras de Purkinje, culminando na despolarização ventricular (SANTILLI et al., 2020). Essa propagação elétrica organizada precede e desencadeia a contração muscular (atividade mecânica), garantindo o bombeamento eficiente do sangue. A interrupção ou alteração em qualquer ponto dessa via de condução impacta diretamente a sincronia eletromecânica e pode induzir o remodelamento cardíaco (Santilli et al., 2020). Tal fenômeno é evidenciado em modelos de bloqueio atrioventricular crônico, onde a condução elétrica anormal, originada de focos ventriculares como as fibras de Purkinje, leva a alterações eletrofisiológicas (alargamento do QRS, prolongamento do QT) e subsequentes adaptações estruturais patológicas no miocárdio (Nakaseko et al., 2023).

Nesse contexto, o eletrocardiograma (ECG) surge como uma ferramenta diagnóstica não invasiva e de baixo custo, fundamental para a avaliação da atividade

elétrica cardíaca. O ECG registra as correntes elétricas geradas pelo miocárdio, permitindo a análise do ritmo, da frequência cardíaca e da morfologia das ondas e intervalos que representam as diferentes fases do ciclo cardíaco (SAMESIMA, 2022). O exame é indicado para identificar anormalidades do ritmo, distúrbios de condução, sinais de isquemia ou infarto do miocárdio, hipertrofias cardíacas e efeitos de drogas ou distúrbios eletrolíticos (Santilli et al., 2020).

O eixo elétrico médio (EEM) representa a direção predominante da despolarização cardíaca no plano frontal, sendo expresso em graus a partir das derivações do triângulo de Einthoven. O eixo da onda P reflete o vetor resultante da despolarização atrial, normalmente orientado entre $+45^\circ$ e $+75^\circ$, enquanto o eixo do complexo QRS corresponde à propagação ventricular, situando-se, em cães, entre $+40^\circ$ e $+100^\circ$, o que evidencia o predomínio da massa ventricular esquerda sobre a direita. Alterações nesses ângulos podem indicar sobrecarga de câmaras, bloqueios de condução ou variações anatômicas cardíacas. A análise comparada dos eixos de P e QRS fornece, portanto, informações relevantes sobre a condução elétrica e a integridade funcional do miocárdio (OLIVEIRA, 2022).

Estudos eletrocardiográficos prévios em primatas neotropicais demonstram semelhanças gerais na morfologia das ondas e intervalos, embora com variações interespecies associadas ao porte corporal e protocolos anestésicos. Em *Callithrix penicillata*, a frequência cardíaca média foi de 264 bpm, com eixo elétrico médio entre -90° e $+60^\circ$ e intervalos PR e QRS de 56 ms e 35 ms, respectivamente (GIANNICO et al., 2013). Em *Aotus azarae infulatus*, diferentes protocolos de contenção, incluindo associações de cetamina, midazolam e isoflurano, não promoveram alterações significativas nos parâmetros eletrocardiográficos, embora a contenção física tenha induzido mais artefatos e distúrbios do traçado (CHAVES et al., 2017). De forma semelhante, *Saimiri* spp. apresentaram valores compatíveis com ritmo sinusal estável

sob cetamina (15 mg/kg), reforçando o uso seguro da contenção química para avaliação cardíaca (HUSS et al., 2015). Contudo, até o presente, não havia registros eletrocardiográficos descritos para o macaco-uacari (*Cacajao calvus ucayalii*).

O eletrocardiógrafo funciona como um galvanômetro capaz de registrar os eventos elétricos gerados ritmicamente pelo dipolo cardíaco. Esses sinais são captados por eletrodos posicionados na superfície corporal, e as diferenças de potencial elétrico mensuradas entre eles são convertidas em ondas eletrocardiográficas (SANTILLI, 2020; OLIVEIRA, 2022).

Os equipamentos digitais, que oferecem gravação direta, pós-processamento de dados e aquisição simultânea de múltiplas derivações com filtros eficazes, representam um avanço significativo para a obtenção de dados confiáveis (SANTILLI et al., 2020).

Contudo, a precisão do ECG para a avaliação estrutural direta do coração é limitada. Rajendra et al. (2010), ao investigar macacos-coruja (*Aotus sp.*) com cardiomiopatia diagnosticada por ecocardiografia, não encontraram diferenças eletrocardiográficas significativas em comparação com animais saudáveis, ressaltando que o ecocardiograma é crucial para a avaliação estrutural e hemodinâmica, complementando o ECG para uma análise cardíaca completa.

Apesar disso, o ECG pode sugerir alterações morfológicas em certas patologias; por exemplo, PUNG et al. (1988) observaram em macacos-de-cheiro (*Saimiri sciureus*) infectados por *Trypanosoma cruzi* desvio do eixo QRS para a esquerda e prolongamento dos intervalos QRS, indicando defeitos de condução ou hipertrofia como marcadores indiretos de remodelamento cardíaco.

Adicionalmente, o ECG é uma ferramenta indispensável no diagnóstico de eventos isquêmicos agudos, como o infarto do miocárdio, onde, mesmo em modelos primatas, a ligadura da artéria coronária resulta em rápida elevação do segmento ST e

desenvolvimento de ondas Q patológicas, refletindo diretamente a necrose (LAPIN et al., 1975).

A utilização do ECG em animais, como os macacos Uacari (*Cacajao calvus ucayalii*), é essencial na clínica e em projetos de conservação para a avaliação da saúde cardiovascular e o monitoramento fisiológico durante procedimentos como a contenção química, que pode influenciar parâmetros cardiovasculares (SANTILLI et al., 2020).

No entanto, a escassez de dados na literatura sobre protocolos anestésicos e medidas eletrocardiográficas em macacos Uacari (*Cacajao calvus ucayalii*) ressalta uma importante lacuna no conhecimento. Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar uma combinação de fármacos para a realização de sedação segura e fornecer dados sobre as medidas eletrocardiográficas nessa espécie, contribuindo significativamente para a literatura especializada.

2. Material e Métodos

2.1 Local e animais do estudo

O estudo foi realizado no centro de resgate Pilpintuwasi, em Padre Cocha, Iquitos, Peru. A metodologia empregada foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP-Botucatu, sob o número de protocolo 000.230.

Foram utilizados sete macacos-uacari (*Cacajao calvus ucayalii*) (um macho e seis fêmeas), primatas neotropicais da família Pitheciidae, mantidos em regime de semicativeiro. Os animais foram separados para um jejum prévio de 12 horas e submetidos a uma avaliação física para seleção dos indivíduos clinicamente saudáveis. Esta seleção foi baseada no histórico fornecido pelos tratadores, na coloração da cabeça (predominantemente avermelhada em indivíduos saudáveis), no apetite e no

nível de atividade. A idade média dos animais foi de $4,72 \pm 2,0$ anos e o peso médio de $3,14 \pm 0,74$ Kg.

2.2 Protocolo de Imobilização Química

A contenção física dos animais foi realizada utilizando redes de captura e luvas de couro. A sedação foi induzida pela combinação de dexmedetomidina (15 µg/kg - Dexdomitor®; Zoetis, Finlândia), midazolam (0,3 mg/kg - Midanex®; AC Pharma, Peru) e cetamina (3 mg/kg - Ket-A-100®; Agrovvet Market, Peru). Os fármacos foram administrados simultaneamente na mesma seringa, pela via intramuscular. Após a administração, os animais apresentaram perda do nível de consciência e tônus mandibular em aproximadamente 10 minutos.

O eletrocardiograma (ECG) foi realizado com os animais sob sedação moderada. Para padronização e minimização de interferências, os olhos foram vendados para reduzir estímulos visuais durante o registro (20 minutos). Após a conclusão do procedimento, os animais foram conduzidos para um ambiente tranquilo, climatizado e escuro, com a presença de tratadores para atenuar o estresse. Sinais de superficialização da sedação foram observados aproximadamente 10 minutos após o término do procedimento, e os animais já apresentavam estação em 20 minutos.

2.3 Avaliação eletrocardiográfica

Durante o período de sedação, o exame eletrocardiográfico foi realizado utilizando o equipamento InCardio® (InPulse Animal Health). Os dados obtidos foram armazenados e posteriormente analisados no software InCardio Duo. Foram utilizados eletrodos do tipo jacaré, com os animais posicionados em decúbito dorsal (posição supina), conforme ilustrado na Fig. 1. Os eletrodos craniais foram colocados na altura da articulação escápulo-umeral e os caudais dispostos na região da prega cutânea inguinal, próximos aos membros pélvicos. Seguiu-se o padrão de conexão: eletrodo

amarelo no membro torácico esquerdo, eletrodo vermelho no membro torácico direito, eletrodo verde no membro pélvico esquerdo e eletrodo preto no membro pélvico direito.

Para a determinação das derivações precordiais, os eletrodos foram posicionados da seguinte forma: V1 no 5° espaço intercostal (EIC) direito, próximo ao esterno; V2 no 6° EIC esquerdo, adjacente à região esternal; V4 no 6° EIC, linha axilar média; e V6 no 6° EIC, linha axilar posterior. As seis derivações precordiais completas não foram utilizadas devido ao tamanho reduzido da caixa torácica dos animais.

Foram realizados vinte minutos de traçado eletrocardiográfico por animal, totalizando nove derivações (I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V4 e V6). A análise das medidas eletrocardiográficas foi conduzida na derivação DII, com velocidade de 50 mm/s e amplitude de 10 mm/mV. As medidas foram realizadas pelo software InCardio Duo e incluíram o ritmo cardíaco, a frequência cardíaca (FC), o Eixo Elétrico Médio (EEM) de QRS e da onda P, a duração da onda P, do complexo QRS e dos intervalos PR e QT (expressos em milissegundos), e a amplitude das ondas P, R e T (expressas em mV), bem como a do segmento ST.

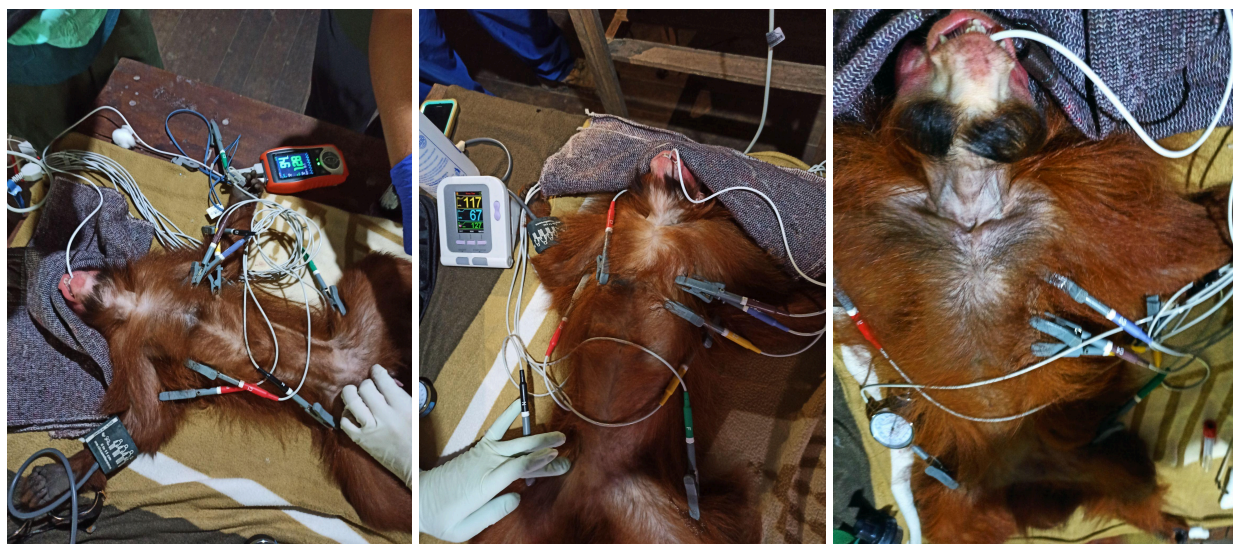


Figura. 2. Decúbito e posicionamento dos eletrodos do eletrocardiograma.

Imagens de arquivo pessoal do autor.

3. Resultados

3.1 Resultados descritivos

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos a partir da análise dos traçados eletrocardiográficos dos sete macacos-uacari (*Cacajao calvus ucayalii*) incluídos neste estudo.

Variável	Média	EP	DP	CV (%)	Mín.	Med.	Máx.	Shap. (p)	IC95%
Idade (anos)	7,57	1,23	3,26	43,04	4	7	14	0.184	[4.56 – 10.59]
Peso (kg)	3,929	0,213	0,565	14,38	3	4,2	4,7	0.645	[3.41 – 4.45]
FC média	133,43	5,96	15,77	11,82	114	130	164	0.204	[118.85 – 148.01]
Duração de P	46,57	1,56	4,12	8,84	38	48	50	0.034	[42.76 – 50.38]
Intervalo PR	90	7,25	19,18	21,31	74	80	124	0.096	[72.26 – 107.74]
Segmento PR	43,43	6,94	18,36	42,27	24	42	74	0,327	[26,54 – 60,32]
Duração de QRS	53,429	0,841	2,225	4,17	50	54	56	0.482	[51.37 – 55.49]
Intervalo QT	217,14	5,97	15,78	7,27	194	216	240	0.949	[202.54 – 231.74]
Intervalo QTc	227	4,85	12,83	5,65	210	224	245	0.716	[215.13 – 238.87]
Segmento ST	55,71	5,6	14,81	26,58	32	54	78	0.564	[42.02 – 69.41]
Duração de T	108	3,18	8,41	7,78	96	108	122	0.772	[100.23 – 115.77]
Amplitude de P	0,14	0,0133	0,0351	25,08	0,08	0,15	0,18	0.580	[0.11 – 0.17]
Amplitude de Q	-0,0486	0,0135	0,0358	-73,69	-0,12	-0,04	-0,01	0.211	[-0.08 – -0.02]
Amplitude de R	0,6543	0,0853	0,2257	34,49	0,28	0,66	0,9	0.534	[0.45 – 0.86]
Amplitude de S	0,0229	0,0152	0,0403	176,3	-0,02	0,03	0,08	0.327	[-0.01 – 0.06]
Amplitude de T	0,3471	0,055	0,1456	41,93	0,14	0,42	0,52	0.188	[0.21 – 0.48]
Desnível ST	0,0629	0,013	0,0345	54,89	0,02	0,05	0,11	0.555	[0.03 – 0.09]
Eixo Cardíaco QRS	64,29	8,24	21,79	33,9	22	72	90	0.316	[44.13 – 84.44]
Eixo Cardíaco P	63,14	2,62	6,94	10,99	54	64	74	0.933	[56.73 – 69.56]

Tabela 1. Estatísticas descritivas dos parâmetros eletrocardiográficos e teste de normalidade de Shapiro–Wilk em macacos uacari (*Cacajao calvus ucayalii*) sob contenção química (DEX 15 µg/kg + MID 0,3 mg/kg + CET 3 mg/kg IM).

Para cada variável foram calculadas: média (Méd.), erro-padrão da média (EP), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV%), valores mínimo (Mín.), mediano (Med.) e máximo (Máx.), p-valor do teste de normalidade de Shapiro–Wilk (p) e intervalo de confiança de 95% da média (IC95%).

3.2 Comparação com literatura

A seguir, são apresentadas comparações entre os parâmetros eletrocardiográficos obtidos no presente estudo para *Cacajao calvus ucayalii* e valores descritos para outras espécies de primatas, com o objetivo de contextualizar as médias

encontradas dentro da faixa fisiológica interespecies. Foram incluídos apenas estudos que relataram parâmetros compatíveis em unidades e condições anestésicas comparáveis.

3.2.1 Intervalos e Durações

A Tabela 2 apresenta a comparação dos intervalos e durações das ondas eletrocardiográficas do *Cacajao calvus ucayalii* em relação a outras espécies de primatas descritas na literatura. Observa-se que a frequência cardíaca média dos uacaris foi inferior à de espécies menores, como o sagui (*Callithrix penicillata*), e próxima à de primatas de porte semelhante, como o macaco rhesus (*Macaca mulatta*)

Espécie	Protocolo	n	FC (bpm)	PR (ms)	QRS (ms)	QT (ms)	QTc (ms)	P (ms)
Uacari	DMC	7	133 ± 15	90 ± 19	53 ± 2	217 ± 16	227 ± 13	46 ± 4
Sagui	XC	12	180 ± 20	88 ± 15	54 ± 6	210 ± 18	–	40 ± 5
Macaco-de-cheiro	ISO	10	140 ± 18	92 ± 12	52 ± 5	215 ± 20	225 ± 16	–
Macaco Rhesus	HAL	15	125 ± 22	100 ± 18	56 ± 5	230 ± 22	240 ± 18	–
Macaco-da-noite	CET	8		98 ± 10				

Tabela 2. Intervalos e durações eletrocardiográficas médios (média ± desvio-padrão) em *Cacajao calvus ucayalii* (macaco uacari) comparados com valores descritos para outras espécies de primatas. Foram incluídas apenas as variáveis relatadas em cada estudo.

Abreviações: FC = frequência cardíaca; PR = intervalo PR; QRS = duração do complexo QRS; QT = intervalo QT; QTc = intervalo QT corrigido; P = duração da onda P.

Protocolos anestésicos: DMC = dexmedetomidina, midazolam e cetamina; XC = xilazina e cetamina; ISO = isoflurano; HAL = halotano; CET = cetamina.

Espécies: Uacari = *Cacajao calvus ucayalii*; Sagui = *Callithrix penicillata*; Macaco-de-cheiro = *Saimiri* spp.; Rhesus = *Macaca mulatta*; Macaco-da-noite = *Aotus azarae*.

Fonte: dados do presente estudo e valores comparativos extraídos da literatura específica de cada espécie.

De modo geral, os intervalos PR, QRS e QT apresentaram valores próximos aos descritos em outros primatas, sugerindo semelhança eletrofisiológica entre espécies de porte corporal intermediário. As variações observadas entre protocolos anestésicos refletem diferenças farmacodinâmicas esperadas, especialmente o efeito bradicárdico da dexmedetomidina no protocolo DMC utilizado no presente estudo.

3.2.2 Amplitudes e Eixos

Em complemento à análise dos intervalos, a Tabela 3 apresenta as amplitudes das ondas principais e os eixos elétricos médios das ondas P e QRS comparados entre espécies.

Espécie	Protocolo	n	P (mV)	R (mV)	T (mV)	ST (mV)	EEM QRS (°)	EEM P (°)
Uacari	DMC	7	0,14 ± 0,03	0,65 ± 0,22	0,35 ± 0,14	0,06 ± 0,03	64 ± 22	63 ± 7
Sagui	XC	12	0,12 ± 0,02	0,70 ± 0,18	0,28 ± 0,10	-	60 ± 15	-
Macaco-de-cheiro	ISO	10	-	-	-	-	-	-
Macaco Rhesus	HAL	15	-	-	-	-	-	-
Macaco-da-noite	CET	8	0,10 ± 0,02	0,60 ± 0,15	-	-	58 ± 12	62 ± 8

Tabela 3. Amplitudes de ondas e eixos elétricos médios (média ± desvio-padrão) em *Cacajao calvus ucayalii* (macaco uacari) comparados com valores descritos para outras espécies de primatas. Foram incluídas apenas as variáveis relatadas em cada estudo.

Abreviações: P = amplitude da onda P; R = amplitude da onda R; T = amplitude da onda T; ST = segmento ST; EEM QRS = eixo elétrico médio do complexo QRS; EEM P = eixo elétrico médio da onda P.

Protocolos anestésicos: DMC = dexmedetomidina, midazolam e cetamina; XC = xilazina e cetamina; ISO = isoflurano; HAL = halotano; CET = cetamina.

Espécies: Uacari = *Cacajao calvus ucayalii*; Sagui = *Callithrix penicillata*; Macaco-de-cheiro = *Saimiri* spp.; Rhesus = *Macaca mulatta*; Macaco-da-noite = *Aotus azarae*.

Fonte: Dados do presente estudo e valores comparativos extraídos da literatura específica de cada espécie.

Na Tabela 3 observam-se as amplitudes médias das ondas e os eixos elétricos do *Cacajao calvus ucayalii* comparados a outras espécies de primatas. As amplitudes das ondas P e R e o eixo elétrico médio do QRS permaneceram dentro das faixas relatadas para primatas de porte semelhante, reforçando a consistência eletrofisiológica interespecies.

4. Discussão

O presente estudo estabeleceu, pela primeira vez, valores de referência eletrocardiográficos para o macaco uacari (*Cacajao calvus ucayalii*), sob contenção química com dexmedetomidina, midazolam e cetamina. Os resultados obtidos foram comparados com dados descritos em outras espécies de primatas neotropicais e catarininos, permitindo avaliar semelhanças e particularidades da espécie.

Estudos prévios em primatas neotropicais, como os macacos-de-cheiro (*Saimiri* spp.), demonstraram que os registros eletrocardiográficos obtidos sob sedação com cetamina (15 mg/kg) permitem caracterizar parâmetros fisiológicos de ritmo e condução cardíaca, fornecendo intervalos de referência úteis para comparação entre espécies (HUSS et al., 2015).

A frequência cardíaca média dos Uacaris (133 bpm; 114–164 bpm) mostrou-se semelhante à relatada em *Saimiri spp.* (140 bpm) e próxima à de *Macaca mulatta* (125 bpm), porém inferior à observada em saguis (*Callithrix penicillata*, 180 bpm). Essas diferenças podem refletir variações fisiológicas próprias de cada espécie, bem como a influência dos protocolos anestésicos empregados.

O intervalo PR (90 ms) apresentou valores comparáveis aos de saguis (88 ms) e discretamente inferiores aos de rhesus (100 ms), sugerindo que a condução atrioventricular no Uacari é compatível com o padrão observado em outras espécies de primatas.

A duração do complexo QRS (53 ms) foi praticamente idêntica à encontrada em saguis (54 ms) e muito próxima à de rhesus (56 ms), reforçando a uniformidade da condução intraventricular entre espécies.

Quanto à repolarização ventricular, os valores médios de QT e QTc (217 e 227 ms, respectivamente) foram praticamente idênticos aos descritos em *Saimiri spp.* (215 e 225 ms) e próximos aos de *Macaca mulatta* (230 e 240 ms). Esses achados sugerem forte semelhança nos padrões de repolarização ventricular entre os Uacaris e outros primatas.

A duração da onda P (46 ms) foi discretamente superior à observada em saguis (40 ms), o que pode indicar diferenças sutis na condução atrial. Já os eixos elétricos médios do QRS (64°) e da onda P (63°) permaneceram dentro da variação descrita para outras espécies, confirmando a normalidade da propagação elétrica global.

As amplitudes das ondas apresentaram médias compatíveis com as observadas em primatas neotropicais, embora haja variações entre espécies e protocolos anestésicos. Esses achados reforçam a importância de se conhecer os valores de cada espécie especificamente, evitando extrapolações inadequadas.

Apesar do número reduzido de indivíduos avaliados (n=7), os dados apresentaram distribuição normal em todas as variáveis, confirmada pelo teste de Shapiro–Wilk, e intervalos de confiança de 95% relativamente estreitos, o que confere robustez aos resultados.

Além da comparação direta entre espécies, a literatura também descreve alterações eletrocardiográficas em diferentes modelos experimentais e condições patológicas em primatas. Esses estudos, embora não relacionados diretamente ao Uacari, fornecem subsídios importantes para contextualizar nossos resultados. Além disso, reforçam a necessidade de parâmetros de referência específicos para cada espécie

No modelo de infarto miocárdico em macacos Rhesus, estudos de Sun et al. (2013) e Yang et al. (2011) revelaram alterações eletrocardiográficas que progridem com a evolução da isquemia. Sun et al. (2013) detalharam essa progressão, identificando a diminuição da amplitude da onda R e mudanças iniciais no intervalo QT como preditores precoces do tamanho do infarto, seguidas por alterações tardias que incluem depressão da onda R e prolongamento do QT. Esses achados corroboram e aprofundam as características gerais de QRS e ST-T descritas por Yang et al. (2011) nesse mesmo modelo, que também apontaram a persistência de certas alterações. A concordância entre ambos os estudos sublinha a relevância de um ECG pré-isquemia para comparações precisas e o diagnóstico presuntivo de infarto do miocárdio. Embora tais alterações não tenham sido observadas em nossa amostra, a comparação ressalta a importância de dispor de valores basais de referência em Uacaris, permitindo no futuro distinguir padrões fisiológicos de modificações decorrentes de processos isquêmicos

A padronização do decúbito para a realização de exames eletrocardiográficos é fundamental, pois, embora alguns intervalos sejam estáveis, a posição do animal pode

influenciar significativamente a amplitude de ondas (P, R) e a elevação/depressão de segmentos (ST), conforme demonstrado em primatas não-humanos (Taylor et al., 2010). Manter um posicionamento consistente garante a comparabilidade dos traçados entre diferentes exames ou indivíduos, essencial para uma interpretação acurada e para a validação dos estudos. Esse aspecto metodológico reforça a validade dos valores aqui apresentados para Uacaris, uma vez que a padronização do posicionamento durante os registros foi cuidadosamente mantida

No contexto da miocardiopatia chagásica aguda, as anormalidades de repolarização ventricular são achados eletrocardiográficos característicos (Tapias et al., 2012). Estas incluem, notavelmente, alterações nas ondas T e segmentos ST, presentes tanto em pacientes humanos quanto em modelos animais, indicando um impacto direto da doença na repolarização cardíaca. Esses achados evidenciam como doenças infecciosas podem impactar a repolarização ventricular, destacando a relevância de estabelecer previamente os padrões normais em Uacaris para comparações futuras em situações clínicas ou experimentais

Serrano et al. (2023) desenvolveram um sistema não invasivo que utiliza luvas com eletrodos para coletar dados de ECG em primatas, dispensando sedação. Os benefícios incluem a redução do estresse animal e a obtenção de dados fisiológicos mais representativos. As limitações podem envolver a suscetibilidade a artefatos de movimento ou a necessidade de adequação na manipulação pelos cuidadores. Embora neste estudo tenha sido necessária a contenção química, métodos não invasivos representam uma perspectiva promissora para a obtenção de dados em Uacaris, permitindo estudos futuros com menor interferência farmacológica

A indução do ritmo idioventricular em modelos primatas, como empregado por Nakaseko et al. (2023), é crucial para simular condições cardíacas patológicas. No estudo, o ritmo foi estabelecido por meio da criação de um bloqueio atrioventricular

(BAV) crônico em macacos cinomolgos, especificamente pela ablação do nó AV utilizando energia de radiofrequência. Essa intervenção resultou numa série de alterações eletrocardiográficas e remodelamento patológico cardíaco. Observou-se um alargamento progressivo do QRS e um prolongamento dos intervalos QT e JT, que refletem a condução anômala dos impulsos elétricos originados dos ventrículos. Paralelamente, o coração sofreu dilatação das câmaras, hipertrofia ventricular e fibrose intersticial, culminando no desenvolvimento de arritmias ventriculares complexas, como Torsades de Pointes. Esses achados sublinham como a interrupção da condução normal impacta diretamente a função elétrica e estrutural do miocárdio. Ainda que nosso objetivo tenha sido descritivo em animais saudáveis, a caracterização de valores basais abre caminho para investigações comparativas em modelos de arritmias e distúrbios de condução em Uacaris.

Apesar de sua limitação para a avaliação estrutural geral do coração, o eletrocardiograma (ECG) permanece uma ferramenta indispensável no diagnóstico de eventos isquêmicos agudos, como o infarto do miocárdio. O estudo clássico de Lapin et al. (1975), utilizando um modelo de ligadura da artéria coronária em macacos, demonstrou a rápida manifestação de elevação do segmento ST e alterações da onda T, seguidas pelo desenvolvimento de ondas Q patológicas. Esses achados eletrocardiográficos refletem diretamente a progressão da lesão miocárdica isquêmica para a necrose, sublinhando a capacidade do ECG de detectar de forma precoce e direta as consequências elétricas de um dano estrutural agudo no coração. Esses estudos clássicos reforçam a aplicabilidade do ECG em primatas e justificam a importância de valores de referência, como os aqui descritos para Uacaris, para que futuras investigações possam distinguir entre achados fisiológicos e patológicos.

Em síntese, os resultados obtidos no presente estudo reforçam a importância de estabelecer parâmetros eletrocardiográficos específicos para o macaco uacari,

permitindo comparações confiáveis com outras espécies e subsidiando futuras investigações clínicas e experimentais. A análise estatística demonstrou consistência dos dados, mesmo diante do tamanho amostral reduzido, e os achados se mostraram compatíveis com a literatura existente sobre primatas neotropicais e catarrinos. Dessa forma, os valores aqui apresentados constituem uma base inédita e essencial para a interpretação do eletrocardiograma na espécie, servindo como referência inicial para estudos futuros.

Assim, a caracterização eletrocardiográfica dos Uacaris contribui para preencher uma importante lacuna sobre primatas neotropicais, estabelecendo parâmetros de referência aplicáveis a futuras avaliações clínicas e experimentais.

5. Conclusão

O presente estudo estabeleceu, pela primeira vez, parâmetros eletrocardiográficos de referência para o macaco Uacari (*Cacajao calvus ucayalii*) submetido à contenção química com dexmedetomidina, midazolam e cetamina. As análises demonstraram que as principais variáveis eletrocardiográficas (frequência cardíaca, intervalos PR, QRS, QT e QTc) apresentaram distribuição normal e consistência estatística, com intervalos de confiança estreitos, mesmo considerando o número reduzido de indivíduos avaliados (n=7).

Os valores obtidos mostraram-se comparáveis aos descritos em outros primatas neotropicais, como saguis (*Callithrix* spp.) e macacos-de-cheiro (*Saimiri* spp.), e também próximos aos de primatas catarrinos, como o rhesus (*Macaca mulatta*), reforçando a proximidade fisiológica entre espécies e sugerindo padrões de condução e repolarização semelhantes. Entretanto, algumas particularidades foram observadas, especialmente no intervalo PR e na amplitude de ondas, ressaltando a importância de se conhecer as especificidades da espécie.

Do ponto de vista prático, este trabalho contribui para a anestesiologia e a clínica de primatas, fornecendo informações que podem auxiliar no monitoramento cardiovascular, na interpretação de traçados eletrocardiográficos e na segurança anestésica de Uacaris em contextos de pesquisa, manejo clínico e conservação.

Como limitações, destaca-se o tamanho amostral restrito, a utilização de um único protocolo anestésico e a ausência de avaliação de possíveis variáveis de sexo e idade. Recomenda-se que estudos futuros ampliem o número de indivíduos avaliados, empreguem diferentes protocolos de contenção e explorem técnicas não invasivas de monitorização, a fim de refinar os valores aqui estabelecidos e aprofundar o conhecimento da fisiologia cardíaca dos Uacaris.

Em síntese, este estudo fornece dados pioneiros e relevantes, representando um passo importante para a compreensão dos parâmetros eletrocardiográficos de uma espécie amazônica de grande interesse científico e conservacionista.

6. REFERÊNCIAS

- BUSSADORI, C. Tratado de Medicina Cardiovascular em Cães e Gatos. São Paulo: MedVet, 2024.
- CHAVES, R. H. F.; SOUZA, N. F.; MUNIZ, J. A. P. C.; IMBELONI, A. A.; NEVES, A. C. S.; TEIXEIRA, R. K. C. Influência de diferentes protocolos de contenção nos valores eletrocardiográficos de macacos-da-noite (*Aotus azarae infulatus*). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 37, n. 2, p. 156–159, 2017.
- FAHLMAN, A. Advances in wildlife immobilisation and anaesthesia clinical and physiological evaluation in selected species. 2008. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2008.
- GIANNICO, A. T.; SOMMA, A. T.; LANGE, R. R.; ANDRADE, J. N. B. M.; LIMA, L. M.; SOUZA, A. C.; MONTIANI-FERREIRA, F. Valores eletrocardiográficos em saguis-de-tufo-preto (*Callithrix penicillata*). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 33, n. 7, p. 937–941, 2013.
- HALL, J. E.; HALL, M. E. Guyton and Hall textbook of medical physiology. Philadelphia: Elsevier Health Sciences, 2016.
- HERSHKOVITZ, P. Uacaries, New world monkeys of the genus cacajao (Cebidae, Platyrrhini): A Preliminary Taxonomic Review Whith the Description of a New subspecies. *American Journal of Primatology*, v. 12, n. 1, p. 1-53, 1987.
- HUSS, M. K.; IKENO, F.; BUCKMASTER, C. L.; ALBERTELLI, M. A. Echocardiographic and electrocardiographic characteristics of male and female squirrel monkeys (*Saimiri* spp.). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, v. 54, n. 1, p. 25–28, 2015.
- NAKASEKO, H. I.; SAKAMOTO, K.; GOTO, A.; KAMBAYASHI, R.; MATSUMOTO, A.; TAKEI, Y.; TAKAHARA, A.; SUGIYAMA, A. Characterization of pathological remodeling in the chronic atrioventricular block cynomolgus monkey heart. *Frontiers in Pharmacology*, v. 14, e1055031, 2023.
- OLIVEIRA, A. L. Eletrocardiografia. In: VÁSQUEZ, D. M. P. (Ed.). *Cardiologia Clínica de Cães e Gatos*. São Paulo: MedVet, 2022. Cap. 6.
- PUNG, O. J.; HULSEBOS, L. H.; KUHN, R. E. Experimental American leishmaniasis and Chagas' disease in the Brazilian squirrel monkey: cross immunity and electrocardiographic studies of monkeys infected with *Leishmania braziliensis* and *Trypanosoma cruzi*. *International Journal for Parasitology*, v. 18, n. 8, p. 1053–1059, 1988.
- RANKIN, D. C. Sedativos e tranquilizantes. In: LUMB, P.; JONES, E. W. (Ed.). *Anestesiologia e Analgesia em veterinária*. 5. ed. Rio de Janeiro : ROCA, 2017. Cap. 10, p. 577-610.
- RAJENDRA, R. S.; BRADY, A. G.; PARKS, V. L.; MASSEY, C. V.; GIBSON, S. V.; ABEE, C. R. The normal and abnormal owl monkey (*Aotus* sp.) heart: looking at

cardiomyopathy changes with echocardiography and electrocardiography. *Journal of Medical Primatology*, v. 39, n. 2, p. 127–134, 2010.

SANTILLI, R. Anatomia e fisiologia do sistema de condução. In: SANTILLI, R. et al. (Ed.). *Eletrocardiografia de cães e gatos*. 2. ed. São Paulo: MedVet, 2020. Cap. 1, p. 01-20.

SANTILLI, R. Formação e interpretação das ondas eletrocardiográficas. In: SANTILLI, R. et al. (Ed.). *Eletrocardiografia de cães e gatos*. 2. ed. São Paulo: MedVet, 2020. Cap. 3, p. 35-70.

SERRANO, E.F.; HORNERO, G.; MAINAR, S.; LÓPEZ, F.; CRAILSHEIM, D.; FELIU, O.; CASAS, O. A non-invasive, concealed electrocardiogram and bioimpedance measurement system for captive primates. *Journal of Experimental Biology*, v. 226, e245783, 2023.

SUN, X.; CAI, J.; FAN, X.; HAN, P.; XIE, Y.; CHEN, J.; XIAO, Y.; KANG, Y. J. Decreases in electrocardiographic R-wave amplitude and QT interval predict myocardial ischemic infarction in rhesus monkeys with left anterior descending artery ligation. *PLOS ONE*, v. 8, n. 8, e71876, 2013.

TAPIAS, A. E.; PACHECO, R. M.; BONFANTE, C. R.; VELÁSQUEZ, G.; LOYO, J.; OVIEDO, M. G.; MOGOLLÓN, N.; AGUILAR, M. C. P.; RECCHIMUZZI, G.; ESPINOSA, R.; CARRASCO, H. J.; CONCEPCIÓN, J. L.; CABARCAS, R. A. B. Electrocardiography repolarization abnormalities are characteristic signs of acute chagasic cardiomyopathy. *Investigación Clínica*, v. 53, n. 4, p. 378–394, 2012.

TAYLOR, R. M.; MAULDIN, E. A.; FACTOR, J. K. Effect of body position on limb lead electrocardiographic findings in sedated cynomolgus macaques (*Macaca fascicularis*). *Journal of Medical Primatology*, v. 39, n. 3, p. 195-199, 2010.

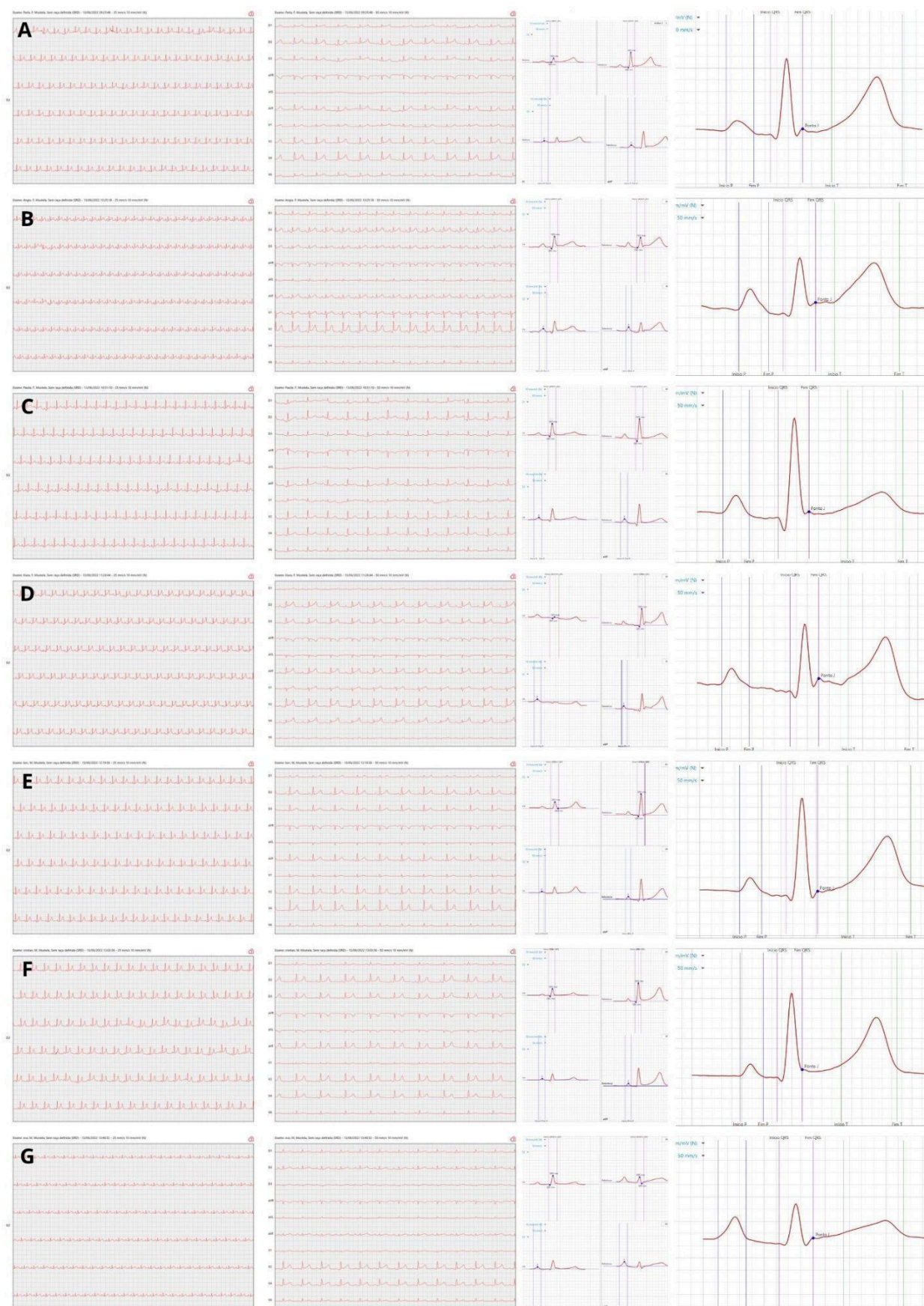
VALADÃO, C. A. A. Anestésicos dissociativos. In: FANTONI, D. T.; CORTOPASSI, S. R. G. (Ed.). *Anestesia em Cães e Gatos*. 2. ed. São Paulo: Roca, 2009. p. 237-245.

VÁZQUEZ, D. M. P.; GONZÁLEZ, A. J. S. *Cardiologia Clínica de Cães e Gatos*. São Paulo: MedVet, 2022.

YANG, P.; HAN, P.; HOU, J.; ZHANG, L.; SONG, H.; XIE, Y.; CHEN, Y.; XIE, H.; GAO, F.; KANG, Y. J. Electrocardiographic characterization of rhesus monkey model of ischemic myocardial infarction induced by left anterior descending artery ligation. *Cardiovascular Toxicology*, v. 11, p. 365–372, 2011.

ANEXO A - Derivações eletrocardiográficas dos macacos uacari (*Cacajao calvus ucayalii*).

Derivações de membros, precordiais, eixo elétrico médio de onda P e QRS e duração das ondas eletrocardiográficas dos macacos Uacari (*Cacajao calvus ucayalii*). Cada linha (A–G) representa um animal avaliado. As derivações foram registradas sob contenção química padronizada



ANEXO B – Parâmetros eletrocardiográficos individuais dos macacos uacari (*Cacajao calvus ucayalii*)

Tabela B1. Parâmetros eletrocardiográficos individuais de sete exemplares de *Cacajao calvus ucayalii* (macaco uacari) sob contenção química com dexmedetomidina (15 µg/kg), midazolam (0,3 mg/kg) e cetamina (3 mg/kg) por via intramuscular.

Animal	Idade	Peso (kg)	FC méd	Dur. P	Int. PR	Seg. PR	Dur. QRS	Int. QT	Int. QTc	Seg. ST	Dur. T	Amp. P	Amp. Q	Amp. R	Amp. S	Amp. T	Des ST	Eixo QRS	Eixo P
Perla	9	3	127	48	76	28	56	228	237	50	122	0,08	-0,04	0,66	-0,01	0,43	0,05	72°	59°
Angie	14	4,7	164	50	74	24	54	194	210	32	108	0,18	-0,02	0,46	0,06	0,33	0,1	54°	54°
Paulie	7	4,2	130	48	100	52	56	226	236	70	100	0,16	-0,12	0,9	0,03	0,16	0,05	62°	64°
Kiara	7	4,2	127	50	124	74	52	216	224	54	110	0,15	-0,06	0,61	0,04	0,43	0,11	90°	57°
Ken	4	3,5	130	38	80	42	54	214	223	52	108	0,12	-0,05	0,83	-0,02	0,42	0,03	75°	66°
Cristian	7	4,2	114	46	74	28	50	240	245	78	112	0,12	-0,04	0,84	0,08	0,52	0,08	75°	68°
Eva	5	3,7	142	46	102	56	52	202	214	54	96	0,17	-0,01	0,28	-0,02	0,14	0,02	22°	74°

Legenda: FC méd.: frequência cardíaca média; Dur. P: duração da onda P; Int. PR: intervalo PR; Seg. PR: segmento PR; Dur. QRS: duração do complexo QRS; Int. QT: intervalo QT; Int. QTc: intervalo QT corrigido; Seg. ST: segmento ST; Dur. T: duração da onda T; Amp.: amplitude; Des ST: desnível do segmento ST; Eixo QRS e Eixo P: ângulos médios em graus (°).