



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

ÍNDICE DE RESISTIVIDADE DA ARTÉRIA INTERLOBAR EM GATOS: EVIDÊNCIA DOPPLER DE ALTERAÇÕES HEMODINÂMICAS NA DOENÇA RENAL CRÓNICA

Dissertação apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de mestre em
Medicina Veterinária, orientada por Professora Doutora Sabrina Almeida Moreira Legatti

VITÓRIA DA SILVA MARQUES

2026

www.ulusofona.pt

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

ÍNDICE DE RESISTIVIDADE DA ARTÉRIA INTERLOBAR EM GATOS: EVIDÊNCIA DOPPLER DE ALTERAÇÕES HEMODINÂMICAS NA DOENÇA RENAL CRÓNICA

Vitória da Silva Marques

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida por Vitória da Silva Marques em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa no dia 15/01 de 2026, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação nº: 748/ 2025 de 30 de dezembro, com a seguinte composição:

Presidente: Professor Doutor Rui Pedro Brás Martins Faísca (Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa)

Arguente: Professor Doutor André Marcelo Conceição Meneses (Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa)

Orientadora: Professora Doutora Sabrina Almeida Moreira Legatti

VITÓRIA DA SILVA MARQUES

2026

Agradecimentos

À Queen Mary University of London, instituição na qual tive a honra de completar o *BSc Zoology*, agradeço profundamente pela base científica que me permitiu seguir com a minha formação médico-veterinária com mais confiança. À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, expresso o meu sincero agradecimento por me proporcionar conhecimento, recursos e oportunidades para que eu concluísse o Mestrado Integrado em Medicina Veterinária e me tornasse uma profissional exemplar.

Ao Hospital Veterinário da Bicuda, em especial Dr Marcus Falcão e Dr^a Simone Falcão, agradeço por me acolherem, acreditarem em mim e serem fundamentais na minha formação profissional e crescimento pessoal. Agradeço a toda a equipa médico-veterinária, em especial ao Dr César Souza por toda orientação, paciência e confiança, e à Dr^a Juliana Fragoso, por toda a disponibilidade, incentivo e ajuda no desenvolvimento deste trabalho. Vocês são um exemplo de profissionalismo, dedicação e uma inspiração dentro e fora do hospital.

Aos meus professores, pela dedicação, disponibilidade e confiança transmitida ao longo destes anos. Um agradecimento especial ao Professor Bruno Tavares, cujo apoio e confiança foram essenciais no meu desenvolvimento académico. De igual forma, agradeço ao Professor André Meneses, pelo conhecimento partilhado, pela dedicação exemplar aos seus alunos e pacientes (em especial ao Pinguinho), e por ter despertado em mim o interesse pela área de Nefrologia e Urologia Veterinária. À minha orientadora, Professora Sabrina Moreira, o meu eterno agradecimento pelo apoio, paciência e orientação durante esta etapa final do curso e na elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, José Marques e Viviane Santos, ao meu irmão, Vitor Marques, e aos meus tios, Valdecir Ferreira e Meire Ferreira, deixo o meu eterno agradecimento. Foram desde o início os meus maiores pilares, investiram no meu futuro, acreditaram no meu potencial e nunca mediram esforços para que o meu sonho se tornasse realidade.

Ao meu namorado, Hugo Rodrigues, agradeço por ser tantas vezes a força que me sustentou nos momentos mais difíceis do curso, pelas inúmeras ajudas nos trabalhos, pelo apoio emocional, paciência e por acreditar em mim quando eu mesma não acreditava.

Às minhas amigas “Doutoras”, agradeço por terem partilhado sorrisos, lágrimas, risadas, surtos de stress, noites sem dormir, trabalhos intermináveis, mas acima de tudo amor, amizade e cumplicidade. Esta conquista também é de vocês.

Aos meus amores, Chucky, Masha, Pingo, Kiara, Caju e Boston. Vocês me inspiram todos os dias a exercer esta profissão com muito amor e dedicação.

Resumo

A doença renal crónica (DRC) é altamente prevalente em felinos geriátricos, caracteriza-se pela perda progressiva e irreversível da função renal. O diagnóstico, estadiamento e evolução clínica são realizadas de acordo com o sistema de classificação da *International Renal Interest Society* (IRIS), através de biomarcadores séricos, exame de urina e ultrassonografia abdominal. Considerando a aplicabilidade da ultrassonografia abdominal na DRC, assim como investigações anteriores, a dopplerfluxometria renal surge como uma ferramenta complementar de diagnóstico, permitindo avaliar parâmetros hemodinâmicos como o índice de resistividade renal (IRR) que pode refletir alterações vasculares associadas à progressão da doença.

O presente trabalho teve como objetivo comparar o IRR da artéria interlobar entre gatos saudáveis e gatos com DRC, e investigar a sua correlação com variáveis clínicas e laboratoriais.

O estudo prospetivo caso-controlo incluiu 22 felinos (controlo: $n = 10$; DRC: $n = 12$). O IRR foi medido de forma padronizada no rim esquerdo, através do Doppler colorido e pulsado, e foram recolhidos valores de creatinina sérica, ureia, hematócrito, proteínas totais, pressão arterial sistólica, grau de desidratação, assim como raça, sexo, idade, peso e uso de gabapentina.

Os resultados demonstraram que gatos com DRC apresentaram valores de IRR significativamente superior ao grupo controlo ($p = 0,0329$). Observou-se a correlação positiva do IRR com creatinina sérica ($p = 0,0015$) e ureia ($p = 0,0003$). Não se verificaram associações significativas com hematócrito, proteínas totais, pressão arterial, grau de desidratação, idade, peso, raça ou sexo. O uso pontual de gabapentina não demonstrou efeito consistente no IRR.

Em conclusão, o IRR da artéria interlobar encontra-se significativamente aumentado em gatos com DRC e correlaciona-se com biomarcadores de azotemia, apoiando a sua utilidade como ferramenta diagnóstica complementar e de monitorização. Os achados sugerem o potencial do IRR como biomarcador precoce de alterações hemodinâmicas intrarrenais e para seguimento da progressão da DRC felina.

Palavras-chave: felinos, ultrassonografia Doppler, rim, hemodinâmica intrarrenal, índice de resistividade renal.

Abstract

Chronic kidney disease (CKD) is highly prevalent among geriatric feline population and is characterized by the progressive and irreversible loss of renal function. Diagnosis, staging and clinical monitoring are conducted according to the *International Renal Interest Society* (IRIS) classification system using serum biomarkers, urinalysis and abdominal ultrasonography. Considering the applicability of abdominal ultrasound in CKD, as well as previous investigations, renal Doppler flowmetry has emerged as a complementary diagnostic tool, enabling the assessment of hemodynamic parameters such as the renal resistive index (RRI), which may reflect vascular changes associated with the disease progression.

The present study aimed to compare the RRI of the interlobar artery between healthy cats and cats with CKD, and to investigate its correlation with clinical and laboratory variables.

A prospective case-control study was conducted with 22 cats (control: $n = 10$; CKD: $n = 12$). The RRI assessment was standardized in the left kidney using colour and pulsed Doppler, and serum creatinine, urea, hematocrit, total protein, systolic blood pressure, and degree of dehydration were recorded, along with breed, sex, age, body weight and gabapentin use.

Results showed that cats with CKD had significantly higher RRI values compared to the control group ($p = 0,0329$). A positive correlation was observed between RRI and serum creatinine ($p = 0,0015$) as well as urea ($p = 0,0003$). No significant associations were found with hematocrit, total protein, blood pressure, degree of dehydration, age, weight, breed or sex. Occasional use of gabapentin did not show a consistent effect on RRI.

In conclusion, interlobar artery's RRI is significantly higher in cats with CKD and correlates with azotemia biomarkers, supporting its utility as a complementary diagnostic and monitoring tool. The findings suggest the potential of RRI as an early biomarker of intrarenal hemodynamic alterations and as a parameter for monitoring feline CKD progression.

Keywords: cats, doppler ultrasonography, kidney, intrarenal hemodynamics, renal resistive index.

Lista de abreviaturas

ADH: Hormona antidiurética
BM: Banda Medular
BUN: Azoto Uréico Sérico
DP: Desvio padrão
DRC: Doença Renal Crónica
DRP: Doença Renal Poliquística
DU: Densidade urinária
ECA: Enzima de conversão da angiotensina
ECC: Escore de composição corporal
EMM: Escore de massa muscular
FC: Frequência cardíaca
FeMV: Morbilivirus Felino
FGF-23: Fator de crescimento fibroblástico 23
FIV: Vírus da imunodeficiência felina
FSR: Fluxo sanguíneo renal
IIQ: Intervalo interquartil
IR: Índice de resistividade
IRA: Injúria renal aguda
IRIS: *International Renal Interest Society*
IRR: Índice de resistividade renal
LOA: Lesão em órgão alvo
LRA: Lesão renal aguda
MIMV: Mestrado Integrado em Medicina Veterinária
NO: Óxido Nítrico
PA: Pressão arterial
PAS: Pressão arterial sistólica
PIF: Peritonite Infecciosa Felina
PTH: Paratormónio
PU/PD: Poliúria/Polidipsia
RPCU: Relação Proteína/Creatinina Urinária
SDMA: Dimetilarginina simétrica

SRAA: Sistema Renina Angiotensina Aldosterona

TFG: Taxa de filtração glomerular

VDF: Velocidade Diastólica Final

VSM: Velocidade Sistólica Máxima

Índice Geral

PARTE I: CASUÍSTICA E DESCRIÇÃO DO ESTÁGIO CURRICULAR	14
---	----

PARTE II: INTRODUÇÃO	21
----------------------------	----

1. DOENÇA RENAL CRÓNICA	21
1.1. Fisiopatologia	21
1.2. Sinais Clínicos	22
1.3. Diagnóstico	23
1.3.1. Análises sanguíneas	24
1.3.1.1. Biomarcadores	24
1.3.1.1.1. Creatinina	24
1.3.1.1.2. Dimetilarginina simétrica (SDMA)	25
1.3.2. Urinálise	26
1.3.2.1. Densidade urinária (DU)	26
1.3.2.2. Proteinúria	27
1.3.3. Ecografia abdominal focada nos rins	27
1.3.3.1. Alterações ecográficas da DRC	29
1.3.3.1.1. Dimensão renal	29
1.3.3.1.2. Definição e relação corticomedular	32
1.3.3.1.3. Ecogenicidade e ecotextura renal	33
1.3.3.1.4. Banda medular renal (BM)	34
1.3.3.1.5. Pielectasia	35
1.3.3.2. Índice de resistividade renal (IRR)	36
1.4. Estadiamento e Subestadiamento International Renal Interest Society (IRIS)	39
1.4.1. Estadio I e II	41
1.4.2. Estadio III	41
1.4.3. Estadio IV	42
1.5. Hipertensão associada à DRC	42
1.6. Prognóstico	44
2. OBJETIVOS DO ESTUDO	44

PARTE III: MATERIAIS E MÉTODOS	46
--------------------------------------	----

1. AMOSTRAGEM DO ESTUDO	46
1.1. Critérios de inclusão e exclusão do estudo	46
2. OBTENÇÃO DE DADOS	48
2.1. Aferição da pressão arterial	48
2.2. Hemograma e Bioquímicas séricas	48
2.3. Ecografia abdominal	49
2.4. Grau de desidratação	51
3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	51

PARTE IV: RESULTADOS	53
1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	53
2. PARÂMETROS CLÍNICOS E LABORATORIAIS	53
3. CORRELAÇÕES DO IRR	55
4. VARIÁVEIS CATEGÓRICAS.....	56
5. IRR E ESTADIAMENTO IRIS.....	58
PARTE V: DISCUSSÃO.....	59
1. CORRELAÇÃO ENTRE A DRC E PARÂMETROS CLÍNICOS E LABORATORIAIS	59
2. UTILIZAÇÃO DO IRR PARA DIFERENCIAR ENTRE FELINOS SAUDÁVEIS E FELINOS COM DRC	60
3. CORRELAÇÃO ENTRE O IRR E OS MARCADORES DE AZOTEMIA	61
4. CORRELAÇÃO ENTRE O IRR E A PRESSÃO ARTERIAL	62
5. CORRELAÇÃO ENTRE O IRR E A IDADE E O PESO CORPORAL	63
6. CORRELAÇÃO ENTRE O IRR E O GRAU DE DESIDRATAÇÃO	64
7. CORRELAÇÃO ENTRE O IRR, O SEXO E A RAÇA	65
8. INFLUÊNCIA DA GABAPENTINA NA PRESSÃO ARTERIAL E NO IRR.....	66
9. ESTADIAMENTO IRIS.....	68
10. LIMITAÇÕES DO ESTUDO	68
11. IMPLICAÇÕES CLÍNICAS	69
12. RECOMENDAÇÕES DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS.....	70
PARTE VI: CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICE A.....	I
APÊNDICE B.....	II

Índice de tabelas

TABELA 1: DISTRIBUIÇÃO DA CASUÍSTICA POR ESPECIALIDADE DO ESTÁGIO CURRICULAR EM FREQUÊNCIA ABSOLUTA (N) E RELATIVA (%).....	16
TABELA 2: SISTEMA DE ESTADIAMENTO DA DRC FELINA, BASEADO NA CREATININA SÉRICA (MG/DL) E NO SDMA (μL/DL)	40
TABELA 3: SISTEMA DE SUBESTADIAMENTO DA DRC FELINA, BASEADO NO RÁCIO PROTEÍNA-CREATININA URINÁRIA E NA PRESSÃO ARTERIAL SISTÊMICA (MMHg)	41
TABELA 4: CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO HIPERTENSIVO EM FUNÇÃO DO RISCO DE DESENVOLVIMENTO DE LESÃO EM ÓRGÃO ALVO	43
TABELA 5: COMPOSIÇÃO DOS GRUPOS ANALISADOS PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO.	46
TABELA 6: CRITÉRIOS DE INCLUSÃO APLICADOS NOS GRUPOS ANALISADOS.	47
TABELA 7: CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO APLICADOS NOS GRUPOS ANALISADOS.	47
TABELA 8: DESIDRATAÇÃO INTERSTICIAL ESTIMADA (%) COM BASE NAS ALTERAÇÕES ENCONTRADAS NO EXAME FÍSICO	51
TABELA 9: ESTATÍSTICA DESCRITIVA (MÉDIA ± DESVIO PADRÃO, MEDIANA COM INTERVALO INTERQUARTIL E VALORES MÍNIMO-MÁXIMO) DAS VARIÁVEIS CONTÍNUAS AVALIADAS EM GATOS SAUDÁVEIS (N = 10) E GATOS COM DOENÇA RENAL CRÔNICA (DRC; N = 12), INCLUINDO IDADE, PESO, CREATININA, UREIA, ÍNDICE DE RESISTIVIDADE RENAL (IRR), PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA, HEMATÓCRITO E PROTEÍNAS TOTAIS.	53
TABELA 10: COMPARAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS CONTÍNUAS ENTRE GATOS SAUDÁVEIS (N = 10) E GATOS COM DOENÇA RENAL CRÔNICA (DRC; N=12), INDICANDO O TESTE ESTATÍSTICO UTILIZADO, ESTATÍSTICA DO TESTE E P-VALOR (NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA P < 0,05).	55
TABELA 11: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (R) ENTRE O ÍNDICE DE RESISTIVIDADE RENAL (IR) E VARIÁVEIS CLÍNICAS E LABORATORIAIS EM GATOS SAUDÁVEIS (N = 10) E GATOS COM DOENÇA RENAL CRÔNICA (DRC; N = 12), COM INDICAÇÃO DO TESTE ESTATÍSTICO UTILIZADO E DO VALOR DE P (NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA P < 0,05).	56
TABELA 12: ANÁLISE DO ÍNDICE DE RESISTIVIDADE RENAL (IRR) EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS CATEGÓRICAS (SEXO, USO DE GABAPENTINA, GRAU DE DESIDRATAÇÃO E RAÇA) EM GATOS SAUDÁVEIS (N = 10) E GATOS COM DOENÇA RENAL CRÔNICA (DRC; N = 12), INDICANDO O TESTE ESTATÍSTICO UTILIZADO, ESTATÍSTICA DO TESTE E P-VALOR (NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA P < 0,05).....	57
TABELA 13: DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE RESISTIVIDADE RENAL (IRR) ENTRE OS DIFERENTES ESTÁDIOS IRIS EM GATOS COM DOENÇA RENAL CRÔNICA (N = 12), INCLUINDO MEDIANA, INTERVALO INTERQUARTIL (IIQ) E NÚMERO DE ANIMAIS EM CADA ESTÁGIO; TESTE KRUSKAL-WALLIS APLICADO (P = 0,523).	58

Índice de gráficos

GRÁFICO 1: DISTRIBUIÇÃO EM FREQUÊNCIA ABSOLUTA (<i>N</i>) E RELATIVA (%) DOS ATOS MÉDICOS REALIZADOS DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR.	15
GRÁFICO 2: DISTRIBUIÇÃO DA CASUÍSTICA POR ESPECIALIDADE DO ESTÁGIO CURRICULAR EM FREQUÊNCIA RELATIVA (%).	17
GRÁFICO 3: DISTRIBUIÇÃO EM FREQUÊNCIA ABSOLUTA (<i>N</i>) E RELATIVA (%) DAS ESPÉCIES ANIMAIS ACOMPANHADAS DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR.	17
GRÁFICO 4: DISTRIBUIÇÃO EM FREQUÊNCIA ABSOLUTA (<i>N</i>) E RELATIVA (%) DO GÊNERO DOS ANIMAIS ACOMPANHADOS DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR.	18
GRÁFICO 5: DISTRIBUIÇÃO EM FREQUÊNCIA ABSOLUTA (<i>N</i>) E RELATIVA (%) DOS PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS ACOMPANHADOS DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR.	18
GRÁFICO 6: DISTRIBUIÇÃO EM FREQUÊNCIA ABSOLUTA (<i>N</i>) E RELATIVA (%) DAS CIRURGIAS MINIMAMENTE INVASIVAS DOS ANIMAIS ACOMPANHADOS DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR.	19
GRÁFICO 7: DISTRIBUIÇÃO EM FREQUÊNCIA ABSOLUTA (<i>N</i>) E RELATIVA (%) DOS EXAMES IMAGIOLÓGICOS OBSERVADOS DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR.	20
GRÁFICO 8: DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES SÉRICOS DE CREATININA (MG/DL), UREIA (MG/DL) E DO ÍNDICE DE RESISTIVIDADE RENAL (IRR) EM GATOS SAUDÁVEIS (<i>N</i> = 10) E GATOS COM DOENÇA RENAL CRÓNICA (DRC; <i>N</i> = 12), DEMONSTRADOS EM BOXPLOTS COM MEDIANA, INTERVALO INTERQUARTIL E VALORES EXTREMOS; AS DIFERENÇAS ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE OS GRUPOS (<i>P</i> < 0,05) ESTÃO ASSINALADAS COM ASTERISCOS (*).	54
GRÁFICO 9: <i>HEATMAP</i> DAS CORRELAÇÕES ENTRE O ÍNDICE DE RESISTIVIDADE RENAL (IRR) E VARIÁVEIS CLÍNICAS E LABORATORIAIS EM GATOS SAUDÁVEIS (<i>N</i> = 10) E GATOS COM DOENÇA RENAL CRÓNICA (DRC; <i>N</i> = 12), UTILIZANDO COEFICIENTES DE SPEARMAN; TONS MAIS INTENSOS INDICAM MAIOR FORÇA DE CORRELAÇÃO (POSITIVA OU NEGATIVA).	56
GRÁFICO 10: ÍNDICE DE RESISTIVIDADE RENAL (IRR) EM FUNÇÃO DO GRAU DE DESIDRATAÇÃO EM GATOS SAUDÁVEIS (<i>N</i> = 10) E GATOS COM DOENÇA RENAL CRÓNICA (DRC; <i>N</i> = 12), REPRESENTADO EM BOXPLOT COM MEDIANA, INTERVALO INTERQUARTIL E VALORES INDIVIDUAIS (<i>SWARMPLOT</i>).	57

Índice de figuras

FIGURA 1: PARÂMETROS UTILIZADOS NA CONFIRMAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DA DRC FELINA .	24
FIGURA 2: IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DE UM RIM SAUDÁVEL DE DOIS FELINOS. (A) PLANO LONGITUDINAL (B) PLANO TRANSVERSAL, AMBOS DO RIM ESQUERDO. O CÓRTEX RENAL APRESENTA-SE HIPERECOGÊNICO EM RELAÇÃO A MEDULA RENAL. O SINUS RENAL APRESENTA-SE HIPERECOGÊNICO A VOLTA DA PELVE RENAL. AS PAREDES DAS ARTÉRIAS ARQUEADAS (TRIÂNGULO) PODEM SER OBSERVADAS COMO LINHAS HIPERECOGÊNICAS CURTAS LOCALIZADAS NA JUNÇÃO CORTICOMEDULAR.....	29
FIGURA 3: IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DO RIM DIREITO (EM PLANO DORSAL) DE UM FELINO DIAGNOSTICADO COM DRC. RIM COM DIMENSÕES ACENTUADAMENTE REDUZIDAS (0,98 cm), COM IMPORTANTE REDUÇÃO DA DEFINIÇÃO CORTICOMEDULAR (SETA) E ECOTEXTURA GROSSEIRA.....	30
FIGURA 4: IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DE UM RIM CANINO E AORTA ABDOMINAL EM PLANO SAGITAL ESTÁTICO. (A) MEDIÇÃO DA ESPESSURA CORTICAL RENAL EM TRÊS PONTOS DIFERENTES; (B) MEDIÇÃO DO DIÂMETRO DA AORTA ABDOMINAL NA SÍSTOLE IMEDIATAMENTE CAUDAL À ARTÉRIA RENAL ESQUERDA, REPRESENTADA PELO SÍMBOLO * ..	31
FIGURA 5: IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DO RIM ESQUERDO (EM PLANO DORSAL) DE UM FELINO DIAGNOSTICADO COM DRC. RIM COM DIMENSÕES NORMAIS (3,71 cm), MAS COM IMPORTANTE REDUÇÃO DA DEFINIÇÃO CORTICOMEDULAR (ESTRELAS) E ECOTEXTURA GROSSEIRA.	32
FIGURA 6: (A) IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DO RIM DIREITO DE UM FELINO DIAGNOSTICADO COM DRC EM CORTE LONGITUDINAL, COM AUMENTO DA HIPERECOGENICIDADE CORTICAL REPRESENTADO (ESTRELA) E CONTORNOS IRREGULARES REPRESENTADOS (SETAS) . (B) IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DE RIM (EM PLANO DORSAL) DE UM FELINO COM DRC, REPRESENTANDO A MEDIÇÃO DA ESPESSURA CORTICAL (SETAS CONTÍNUAS) E MEDULAR (SETAS TRACEJADAS) NO PLANO TRANSVERSO, EM QUE A MÉDIA É CALCULADA ATRAVÉS DOS PONTOS MAIS ESPESSOS E MAIS FINOS.	33
FIGURA 7: (A) IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DE RIM DIREITO (PLANO LONGITUDINAL) DE UM GATO DIAGNOSTICADO COM DRC, COM ÁREA DE MINERALIZAÇÃO REPRESENTADA PELA SETA. (B) IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA (PLANO DORSAL) DO RIM ESQUERDO DE UM GATO PERSA COM DRC POR DOENÇA RENAL POLIQUÍSTICA. OS QUISTOS ESTÃO REPRESENTADOS PELAS SETAS.....	34
FIGURA 8: IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DE RIM ESQUERDO (EM PLANO DORSAL) DE UM FELINO DIAGNOSTICADO COM DRC. RIM, NO PLANO LONGITUDINAL, COM ECOTEXTURA GROSSEIRA E COM A PRESENÇA DE BANDA MEDULAR.	35
FIGURA 9: (A) IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DE RIM ESQUERDO DE UM FELINO DIAGNOSTICADO COM DRC. RIM, NO PLANO TRANSVERSAL, COM DISCRETA DILATAÇÃO PÉLVICA POR CONTEÚDO ANECOGÊNICO E HOMOGÊNEO (SETA), COM ESPESSURA DE CERCA DE 0,34 cm . (B) IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DE RIM ESQUERDO DE UM FELINO DIAGNOSTICADO COM DRC. RIM EM PLANO TRANSVERSAL. COM DILATAÇÃO PÉLVICA IMPORTANTE POR CONTEÚDO ANECOGÊNICO E HOMOGÊNEO (SETA) COM ESPESSURA DE 0,48 cm	36
FIGURA 10: IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DE RIM ESQUERDO DE UM FELINO DIAGNOSTICADO COM DRC. RIM, NO PLANO LONGITUDINAL. MEDIÇÃO DO IRR ATRAVÉS DO DOPPLER COLORIDO E PULSADO.	39

FIGURA 11: (A) IMAGEM ULTRASSONOGRÁFICA DO RIM ESQUERDO DE UM FELINO DIAGNOSTICADO COM DRC.

MEDIÇÃO DO IRR ATRAVÉS DO USO DO DOPPLER COLORIDO E PULSADO, COM A SELEÇÃO DE UMA ONDA DENTRO DE NO MÍNIMO TRÊS SEMELHANTES E SUCESSIVAS. O IRR É CALCULADO PELO SOFTWARE DO ECÓGRAFO ATRAVÉS DA FÓRMULA MENCIONADA NA SECÇÃO 2.3 ; (B) ILUSTRAÇÃO DO RIM EM PLANO SAGITAL, ONDE É POSSÍVEL OBSERVAR A ARTÉRIA RENAL, ARTÉRIAS INTERLOBARES, ARQUEADAS E INTERLOBULARES. A ARTERÍOLA AFERENTE ESTENDE-SE ENTÃO ATÉ AOS VASOS GLOMERULARES. * REPRESENTA AS ARTÉRIAS INTERLOBARES ONDE O IRR FOI MEDIDO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PRESENTE ESTUDO. 50

Parte I: Casuística e Descrição do Estágio Curricular

No âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária (MIMV) da Universidade Lusófona – Centro Universitário de Lisboa, a autora realizou o estágio curricular com duração de 6 meses no Hospital Veterinário da Bicuda, uma unidade especializada no atendimento de animais de companhia e espécies exóticas. Sob a orientação do Professor Doutor César Souza, o período de estágio totalizou 960 horas de trabalho, sendo o início no dia 2 de Setembro de 2024 e o fim no dia 2 de Março de 2025.

Durante o estágio curricular, foi possível acompanhar e colaborar com o trabalho desenvolvido por auxiliares, enfermeiros e médicos veterinários em diferentes turnos, sendo as 40 horas semanais asseguradas como contato mínimo médico-veterinário. Em termos de funcionamento, o Hospital Veterinário da Bicuda conta com um corpo clínico de auxiliares e enfermeiros veterinários que realizam triagem, cuidados aos animais no internamento ou em regime de cuidados intensivos, assim como apoio às diversas consultas e procedimentos cirúrgicos. Para além disso, a equipa conta com médicos veterinários que realizam consultas de medicina interna, assim como de especialidade, procedimentos cirúrgicos incluindo de mínima invasão, exames complementares como por exemplo ecografias, ecocardiografias, radiografias, e análises laboratoriais (p.e. hemograma, bioquímicas séricas, coprologia, dentre outros). Mais ainda, o hospital está altamente capacitado para consultas sem marcação prévia e atendimentos emergenciais, com cirurgias sempre disponíveis em regime *on-call*.

Ao longo do estágio, a autora teve a oportunidade de acompanhar, participar e auxiliar em consultas de diversas especialidades, na área do internamento e cuidados intensivos, no bloco operatório, incluindo anestésias, cirurgia ortopédicas, de tecidos moles e de mínima invasão, como por exemplo, laparoscopias, artroscopias, endoscopias, laringoscopias, rinoscopias e broncoscopias. Para além disso, desempenhou um papel importante na realização de exames imagiológicos e laboratoriais, sendo estes ocorridos com grande frequência na prática clínica diária do hospital.

Com o objetivo de desenvolver e aprofundar os conhecimentos adquiridos durante o MIMV, a autora contribuiu diariamente e ativamente na área de internamento e cuidados intensivos através da realização de exames clínicos gerais e direcionados; monitorização da alimentação dos pacientes internados; realização de exames complementares de diagnóstico tanto laboratoriais como esfregaços sanguíneos, citologias, coprologia, hemograma e bioquímicas séricas, como na condução de exames radiológicos, e auxílio em ecografias e ecocardiografias. Para além disso, a autora teve a oportunidade de realizar cálculos de

fluidoterapia, transfusão sanguínea, *continuous rate infusion* (CRI), insulinoaterapia, protocolos de reintrodução alimentar e adaptar protocolos medicamentosos individualizados para cada paciente. Adicionalmente, fez parte da prática clínica da autora a cateterização venosa, algaliação, aferição da pressão arterial, medição do lactato sérico e glicemia, colocação de tubo esofágico, entubação endotraqueal em registo pré-cirúrgico e/ou emergencial, reanimação cardiopulmonar e oxigenoterapia quando necessário.

Durante o acompanhamento das consultas de diversas especialidades, a autora teve a oportunidade de elaborar uma anamnese completa, realizar exames de estado geral e/ou direcionado à especialidade, assim como aprimorar o seu raciocínio clínico através da discussão dos casos clínicos com o médico veterinário para o desenvolvimento de uma lista de diagnósticos diferenciais completa. Ainda no seguimento das consultas, a autora auxiliou em diversos exames complementares de diagnóstico com o objetivo de obter um diagnóstico definitivo e com isso definir um protocolo terapêutico individualizado e direcionado à patologia em questão. Por fim, a autora teve a oportunidade de auxiliar em prescrições médico-veterinárias e realizar altas médicas após a realização de procedimentos médicos e/ou cirúrgicos, e com isso desenvolver habilidades de comunicação com os tutores.

A distribuição dos atos médicos realizados nos diferentes meses de estágio curricular da autora, encontra-se discriminada na Gráfico 1, em frequência absoluta, isto é, o número total de animais observados (n), e frequência relativa, ou seja, a percentagem de cada área relativamente ao número total. É possível observar que os atos médico de maior prevalência foram os exames complementares (31,3%), as consultas (29,2%) e o internamento (21,3%). Em contrapartida, o ato médico de menor destaque foram as urgências (7,4%). Ao analisar o gráfico abaixo é importante considerar que no mesmo animal podem ter sido realizados diferentes atos médicos.

Distribuição da Frequência Absoluta (n) e Frequência Relativa (%) dos Atos médicos

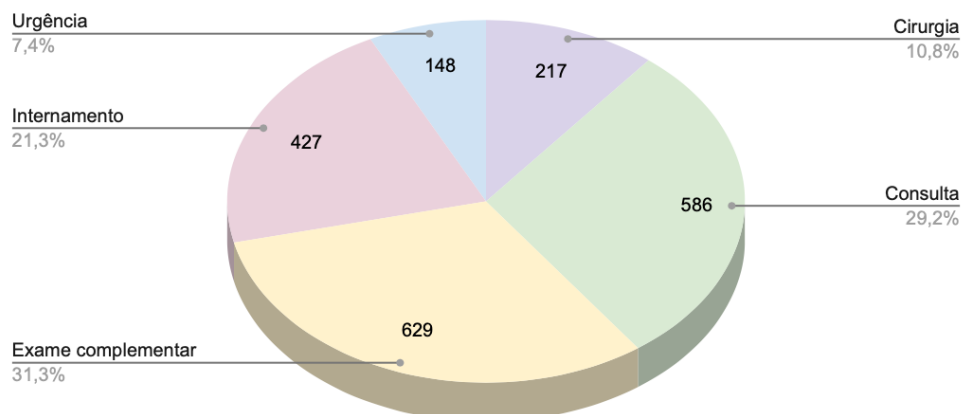


Gráfico 1: Distribuição em frequência absoluta (n) e relativa (%) dos atos médicos realizados durante o estágio curricular.

Na Tabela 1 encontra-se discriminada a casuística das diferentes especialidades abrangidas durante o período de estágio curricular, sendo esta representada através da frequência absoluta (n) e da frequência relativa (%). Adicionalmente, o Gráfico 2 representa, em frequência relativa a casuística total do estágio consoante as diferentes áreas.

Tabela 1: Distribuição da casuística por especialidade do estágio curricular em frequência absoluta (n) e relativa (%).

Especialidade/ Mês	Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		Janeiro		Fevereiro		Total	
	FA (n)	FR (%)	FA (n)	FR (%)	FA (n)	FR (%)	FA (n)	FR (%)	FA (n)	FR (%)	FA (n)	FR (%)	FA (n)	FR (%)
Imagiologia	41	24,70%	78	26,90%	63	22,91%	77	27,90%	50	19,84%	72	23,15%	381	24,27%
Cirurgia	21	12,65%	37	12,76%	36	13,09%	44	15,94%	45	17,86%	54	17,36%	237	15,10%
Cardiologia	10	6,02%	18	6,21%	11	4,00%	15	5,43%	23	9,13%	38	12,22%	115	7,32%
Gastroenterologia e Glândulas anexas	14	8,43%	20	6,90%	25	9,09%	27	9,78%	14	5,56%	13	4,18%	113	7,20%
Oncologia	8	4,82%	16	5,52%	11	4,00%	20	7,25%	11	4,37%	14	4,50%	80	5,10%
Medicina Preventiva	1	0,60%	20	6,90%	17	6,18%	6	2,17%	15	5,95%	20	6,43%	79	5,03%
Ortopedia	4	2,41%	13	4,48%	14	5,09%	17	6,16%	10	3,97%	11	3,54%	69	4,39%
Nefrologia e Urologia	15	9,04%	14	4,83%	12	4,36%	11	3,99%	7	2,78%	8	2,57%	67	4,27%
Odontologia	2	1,20%	8	2,76%	9	3,27%	12	4,35%	11	4,37%	17	5,47%	59	3,76%
Dermatologia	3	1,81%	14	4,83%	9	3,27%	7	2,54%	16	6,35%	9	2,89%	58	3,69%
Reprodução	7	4,22%	13	4,48%	13	4,73%	7	2,54%	9	3,57%	8	2,57%	57	3,63%
Infetologia e Parasitologia	11	6,63%	4	1,38%	14	5,09%	6	2,17%	5	1,98%	12	3,86%	52	3,31%
Traumatologia	7	4,22%	7	2,41%	8	2,91%	7	2,54%	4	1,59%	7	2,25%	40	2,55%
Endocrinologia	1	0,60%	7	2,41%	7	2,55%	5	1,81%	5	1,98%	8	2,57%	33	2,10%
Neurologia	8	4,82%	7	2,41%	5	1,82%	2	0,72%	5	1,98%	3	0,96%	30	1,91%
Pneumologia e Otorrinolaringologia	1	0,60%	6	2,07%	7	2,55%	3	1,09%	6	2,38%	7	2,25%	30	1,91%
Toxicologia	6	3,61%	1	0,34%	2	0,73%	3	1,09%	6	2,38%	5	1,61%	23	1,46%
Oftalmologia	2	1,20%	3	1,03%	6	2,18%	3	1,09%	2	0,79%	3	0,96%	19	1,21%
Geriatrica	3	1,81%	3	1,03%	3	1,09%	3	1,09%	3	1,19%	1	0,32%	16	1,02%
Acupuntura	1	0,60%	1	0,34%	1	0,36%	1	0,36%	4	1,59%	0	0,00%	8	0,51%
Alergologia	0	0,00%	0	0,00%	2	0,73%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,32%	3	0,19%
Nutrição	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,40%	0	0,00%	1	0,06%
Total	166	100,00%	290	100,00%	275	100,00%	276	100,00%	252	100,00%	311	100,00%	1570	100,00%

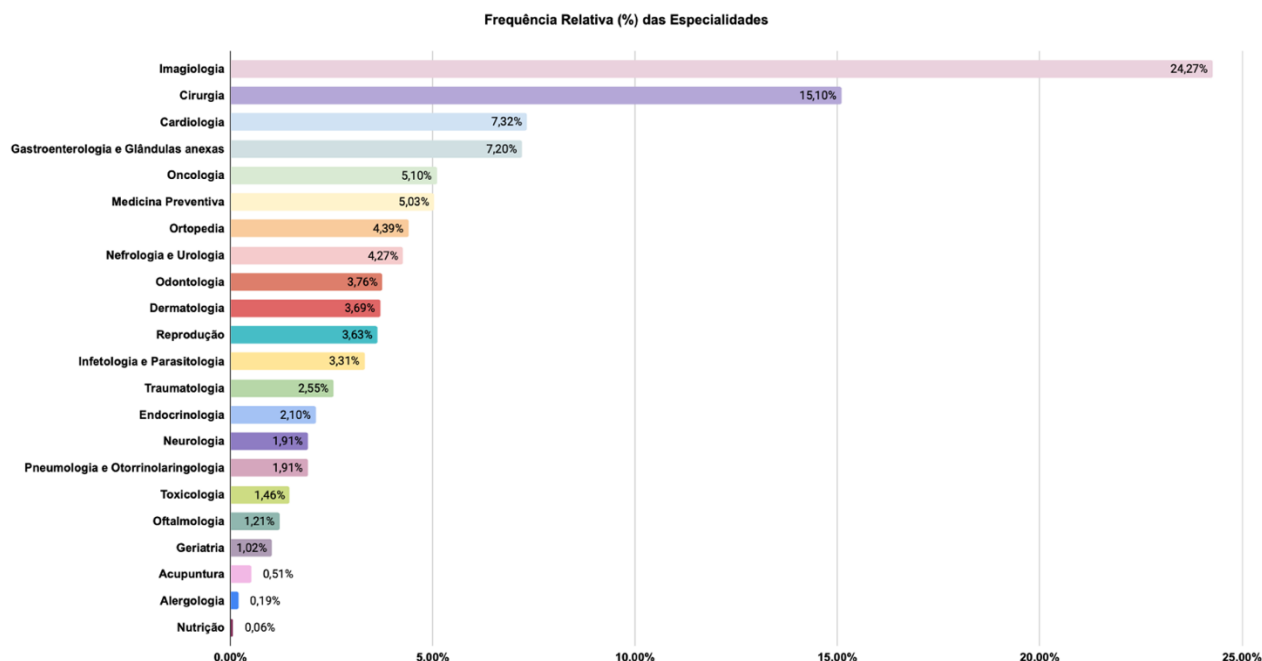


Gráfico 2: Distribuição da casuística por especialidade do estágio curricular em frequência relativa (%).

Como podemos observar na Tabela 1 e no Gráfico 2, as áreas acompanhadas de maior destaque incluem imagiologia com 381 (24,27%) casos, cirurgia com 237 (15,10%) casos e cardiologia com 115 (7,32%) casos. Em contrapartida, as áreas com menor casuística foram acupuntura com 8 (0,51%) casos, alergologia com 3 (0,19%) casos, e nutrição com 1 (0,06%) caso no decorrer dos 6 meses de estágio curricular. Ao analisar a tabela e o gráfico acima, é importante ressaltar que no mesmo animal podem ter sido realizados procedimentos de diferentes especialidades, tal resultará, em um número superior de entradas relativamente ao número total de animais.

No Gráfico 3 consta a distribuição da casuística em espécies animais. Neste constata que o número total de animais acompanhado ao longo do estágio curricular correspondeu a 804 animais, sendo destes 601 (74,8%) canídeos, 193 (24%) felídeos e 10 (1,2%) espécies exóticas.

Distribuição da Frequência Absoluta (n) e Frequência Relativa (%) da Espécie Animais

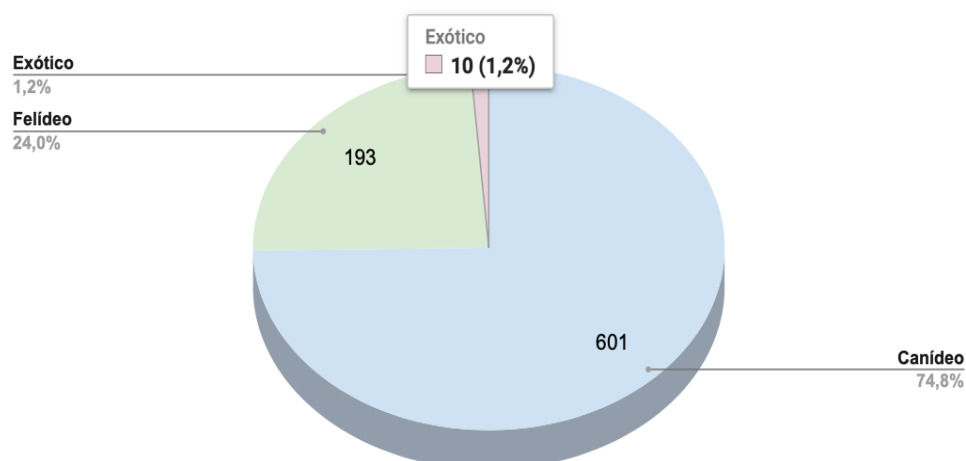


Gráfico 3: Distribuição em frequência absoluta (n) e relativa (%) das espécies animais acompanhadas durante o estágio curricular.

Como é possível observar no Gráfico 4, dos 804 animais acompanhados durante o período de estágio, 489 (60,8%) foram do gênero masculino e 315 (39,2%) do gênero feminino.

Distribuição da Frequência Absoluta (n) e Frequência Relativa (%) do gênero dos animais

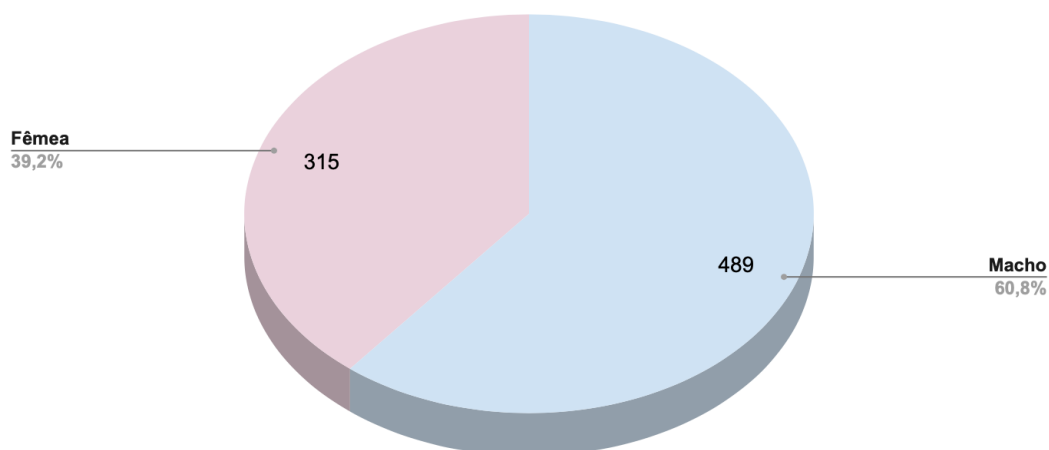


Gráfico 4 : Distribuição em frequência absoluta (n) e relativa (%) do gênero dos animais acompanhados durante o estágio curricular.

Como mencionado anteriormente, a autora teve a oportunidade de participar nos procedimentos cirúrgicos realizados no Hospital Veterinário da Bicuda durante os seus 6 meses de estágio curricular. Dentro do centro cirúrgico, a autora pode participar ativamente nas cirurgias na posição de cirurgião, assim como na posição de anestesista, circulante e instrumentista, adquirindo experiência nas diferentes posições necessárias na realização de procedimentos cirúrgicos. Para além disso, a autora teve um papel fundamental no pré-operatório do animal, tanto na realização de análises laboratoriais, como na elaboração de um protocolo anestésico. A autora também pôde auxiliar no pós-operatório, desde o recobro até a alta do animal. A distribuição da frequência relativa e absoluta dos procedimentos cirúrgicos observados encontra-se discriminada no gráfico abaixo (Gráfico 5).

Distribuição da Frequência Absoluta (n) e Frequência Relativa (%) dos Procedimentos Cirúrgicos

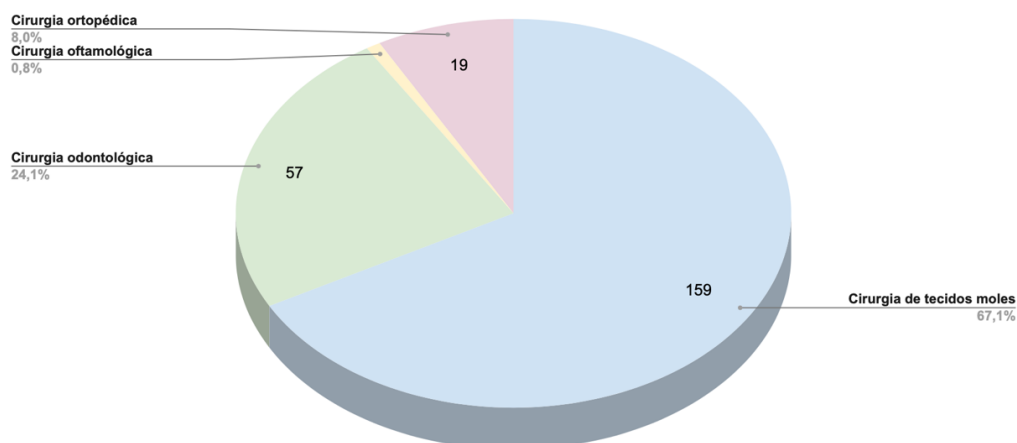


Gráfico 5: Distribuição em frequência absoluta (n) e relativa (%) dos procedimentos cirúrgicos acompanhados durante o estágio curricular.

Como é possível observar no Gráfico 5, os procedimentos cirúrgicos de maior predominância são os classificados como cirurgias de tecidos moles, representando 67,1%. De seguida, as cirurgias odontológicas e as cirurgias ortopédicas foram os procedimentos cirúrgicos de maior destaque, com 24,1% e 8% respetivamente. Os procedimentos cirúrgicos de oftalmologia apresentaram menor prevalência, com apenas 0,8%.

Dentro dos procedimentos cirúrgicos realizados, as cirurgias de mínima invasão representaram uma parte considerável da prática clínica cirúrgica da autora, deste modo, a distribuição dos mesmos em frequência absoluta e relativa estão discriminados no gráfico abaixo (Gráfico 6).

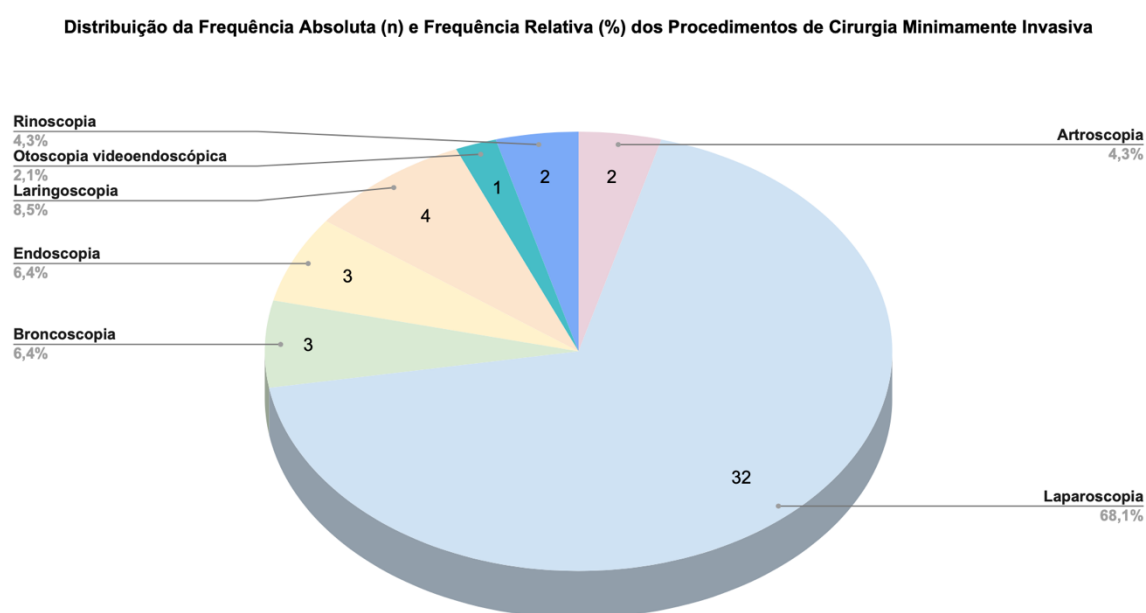


Gráfico 6: Distribuição em frequência absoluta (*n*) e relativa (%) das cirurgias minimamente invasivas dos animais acompanhados durante o estágio curricular.

No gráfico acima (Gráfico 6), é possível observar que as cirurgias por laparoscopia representaram 68,1% dos procedimentos cirúrgicos por mínima invasão. Nestes, estão incluídas ovariectomias, gastropexias e biópsias. Outros procedimentos cirúrgicos de mínima invasão observados por ordem de destaque incluem laringoscopia (8,5%), endoscopia (6,4%), broncoscopia (6,4%), rinoscopia (4,3%), artroscopia (4,3%) e otoscopia vídeo-endoscópica (2,1%).

A imagiologia apresentou a maior frequência absoluta e relativa na distribuição total (Tabela 1). Dentro desta área, a ecografia abdominal foi o exame imagiológico de maior prevalência representando 43,2% (Gráfico 7). Isto justifica-se devido ao estudo da dissertação da autora basear-se na ecografia abdominal em felinos. Outros exames imagiológicos em

destaque incluem a radiologia (27,9%) e a ecocardiografia (18,4%). O gráfico abaixo (Gráfico 7) representa a distribuição em frequência absoluta e relativa dos diferentes exames imagiológicos acompanhados durante o estágio curricular da autora.

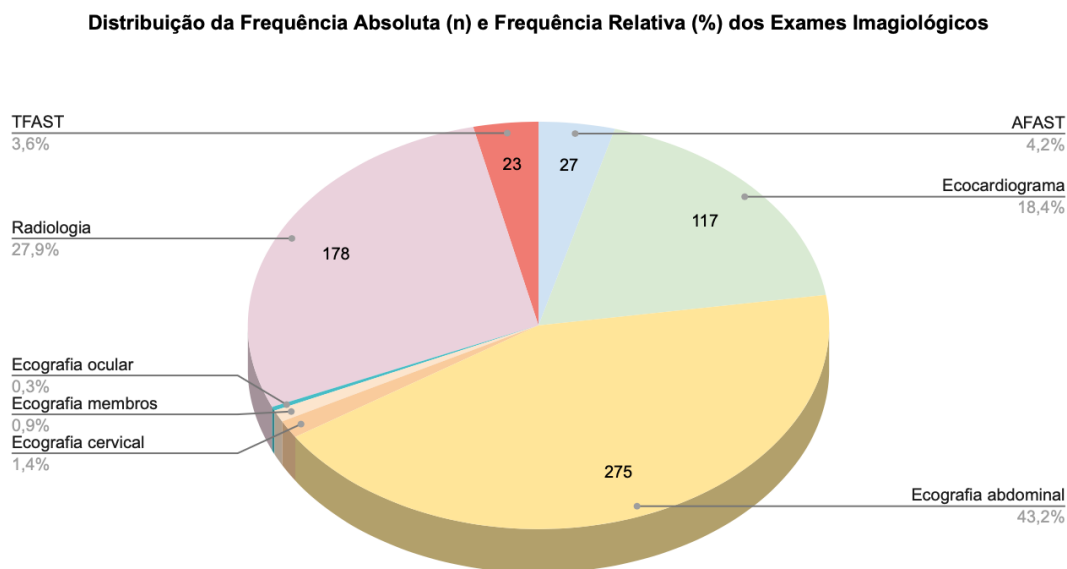


Gráfico 7: Distribuição em frequência absoluta (n) e relativa (%) dos exames imagiológicos observados durante o estágio curricular.

O estágio curricular da autora no Hospital Veterinário da Bicuda, com duração de seis meses, constituiu uma etapa fundamental na formação acadêmica e profissional enquanto estudante de Medicina Veterinária. A autora teve a oportunidade de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso em um contexto prático, dinâmico e exigente, da mesma forma que obteve um contato direto com a rotina clínica, cirúrgica e administrativa de um hospital veterinário de referência. Durante este período, a autora também pôde desenvolver a sua capacidade de trabalho em equipa e enriquecer as suas habilidades de comunicação dentro da equipa e perante os tutores. Em contrapartida, é importante ressaltar que o tempo disponível para a realização das consultas foi, por vezes, bastante reduzido, limitando a possibilidade de aprofundar os casos clínicos com a atenção e a calma desejada. Para além disso, a demanda de trabalho no internamento por muitas vezes não permitiu a autora acompanhar consultas e cirurgias de interesse. De qualquer forma, estas experiências contribuíram para o desenvolvimento pessoal e profissional da autora, que adquiriu competências essenciais para o seu futuro profissional.

Parte II: Introdução

1. Doença Renal Crónica

A doença renal crónica (DRC) é definida pela presença de anormalidades funcionais e/ou estruturais em um ou ambos os rins por um período maior ou igual a três meses (Brown, 2016; Finch & Heiene, 2017; Groves, 2020; Lawson & Jepson, 2021; Quimby, 2024). É considerada a doença metabólica de maior prevalência nos gatos, sendo uma causa comum de morbilidade e mortalidade nos mesmos (Brown, 2016).

Embora a DRC possa ocorrer em gatos com menos de 3 anos de idade, através de uma condição congénita, a prevalência desta patologia aumenta com a progressão da idade (Brown, 2016). Estima-se que a DRC afeta cerca de 30 a 40% dos gatos geriátricos (<10 anos) e é a causa de morte de cerca de 13% dos felinos domésticos no geral (Brown, 2016; Groves, 2020; Kongtasai et al., 2022).

1.1. Fisiopatologia

Na DRC, há uma redução acentuada no funcionamento dos nefrónios, e consequentemente um aumento na demanda da taxa de filtração glomerular (TFG) dos nefrónios residuais. A “teoria da hiperfiltração” remete a associação do aumento da TFG de um único nefrónio, à hipertensão glomerular, hipertrofia e esclerose. Esta resposta inicial compensatória pode parecer benéfica, no entanto, a longo prazo, pode contribuir para a progressão intrínseca da doença (DiBartola & Westropp, 2020a; Finch & Heiene, 2017; Syme & Jepson, 2024).

A etiologia da DRC permanece em constante discussão. Em felinos, na maioria dos casos, é diagnosticada em fases mais tardias no curso da doença. Na histopatologia os rins apresentam uma diminuição de tamanho devido a reposição dos nefrónios lesionados por tecido cicatricial e de inflamação crónica, que não fornece muita orientação relativamente a origem etiológica da doença (Lawson & Jepson, 2021; Quimby, 2024). Deste modo, um diagnóstico mais precoce da DRC através de novos biomarcadores, torna-se necessário para estabelecer causas primárias responsáveis pelo seu desenvolvimento (Syme & Jepson, 2024).

A DRC felina é provavelmente resultante de uma combinação de fatores que variam consoante o indivíduo. Etiologias descritas em gatos incluem: nefrite crónica intersticial, pielonefrite crónica, glomerulonefrite crónica, amiloidose (comum em Abissínios), doença renal poliquística (DRP) (comum em Persas), injúria renal aguda (IRA), neoplasia (p.e. linfoma renal) e por fim, nefrite piogranulomatosa causada por peritonite infecciosa felina (PIF)

(DiBartola & Westropp, 2020a; Quimby, 2024). As glomerulopatias foram associadas à processos neoplásicos, metabólicos, infecciosos e inflamatórios (Quimby, 2024).

Sugere-se que em alguns gatos, a DRC é um mecanismo adaptativo associado ao processo fisiológico de envelhecimento, visto que alterações precoces nos túbulos intersticiais ocorrem em gatos jovens-adultos como mecanismo de defesa. O envelhecimento renal promove uma maior suscetibilidade a lesões. Alterações nos rins como a senescência e a perda do comprimento dos telômeros foram documentadas na DRC felina, estas alterações proporcionam uma recuperação e reparação de lesões menos eficazes (Quimby, 2024).

Apesar de poucos felinos com DRC apresentarem-se positivos para o vírus da imunodeficiência felina (FIV), a doença renal foi associada a esta doença infetocontagiosa. Para além disso, o Morbilivirus felino (FeMV) está associado a lesões nos túbulos intersticiais (Quimby, 2024).

Por fim, fatores de risco para DRC felina incluem: idades mais avançadas, predisposição racial, tratamentos com fármacos nefrotóxicos e histórico de IRA (Finch & Heiene, 2017).

1.2.Sinais Clínicos

Apesar da DRC refletir danos estruturais e funcionais dos rins, a apresentação clínica normalmente reflete a extensão da redução da função renal ao invés de alterações estruturais existentes (Syme & Jepson, 2024). Sinais clínicos comuns na DRC são normalmente inespecíficos, sendo a poliúria e polidipsia (PU/PD) os sinais mais frequentemente reportados pelos tutores. A poliúria é caracterizada por uma produção urinária superior a 50 ml/kg/24h, enquanto a polidipsia refere-se a um consumo de água superior a 100 ml/kg/24h (Finch & Heiene, 2017). A polidipsia, apesar de ser um dos sinais mais comuns observados não está presente até o estadio II da doença (Groves, 2020).

Apesar da polidipsia compensatória à poliúria, muitos gatos com DRC apresentam-se desidratados, deste modo, a avaliação do grau de hidratação durante o exame físico é de extrema importância. Para além disso, a palidez das mucosas é um achado comum nestes pacientes, devido à anemia não regenerativa, normocítica e normocrômica frequentemente encontrada (Syme & Jepson, 2024). Para além disso, sinais de miopatia, como por exemplo, a ventroflexão do pescoço e postura plantígrada são sinais clínicos comuns em gatos que desenvolvem hipocalémica secundária a DRC (Quimby, 2024).

Alterações gastrointestinais em consequência à uremia associada a doença, manifestam-se como perda de peso, náusea, anorexia, vômitos, halitose, úlceras orais, diarreia,

hematoquezia, melena e necrose da língua em quadros mais graves (Brown, 2016; Finch & Heiene, 2017; Geddes & Aguiar, 2022; Groves, 2020). Ainda mais, gatos com DRC podem apresentar uma baixa condição corporal. Animais jovens ainda em crescimento, embora pouco frequente, podem apresentar deformidades na maxila e/ou na mandíbula em resultado à osteodistrofia fibrosa. De igual forma, animais em idades mais avançadas, podem apresentar fraturas patológicas devido à distúrbios minerais e ósseos (Syme & Jepson, 2024).

A palpação renal deve ser realizada aquando do exame físico, preferencialmente com o animal em estação. Os rins são palpáveis no abdómen médio-dorsal, caudal às costelas, sendo o rim direito normalmente mais cranial que o esquerdo. A palpação renal pode ser útil no diagnóstico presuntivo de uma doença renal, sendo alterações de tamanho, morfologia e dor renal identificadas (Finch & Heiene, 2017; Groves, 2020; Syme & Jepson, 2024).

Sinais clínicos oculares como hifema, midríase e cegueira são mais comumente encontrados nos gatos comparativamente aos cães, sendo estes normalmente associados à hipertensão (ver secção 1.5) (Finch & Heiene, 2017; Syme & Jepson, 2024).

1.3. Diagnóstico

A *International Renal Interest Society* (IRIS) é uma organização internacional composta por especialistas em nefrologia veterinária que apresenta como principal objetivo estabelecer diretrizes padronizadas para o diagnóstico, estadiamento e monitorização da DRC em cães e gatos. De acordo com as suas recomendações, o diagnóstico da DRC felina baseia-se na avaliação integrada de parâmetros clínicos, laboratoriais e imagiológicos, obtidos em pacientes estáveis e sem causas pré-renais ou pós-renais evidentes (Figura 1) (Brown, 2016; IRIS, 2023a). Segundo as diretrizes, a confirmação do diagnóstico da DRC requer a persistência de alterações compatíveis com disfunção renal, nomeadamente o aumento sustentado das concentrações séricas de creatinina e/ou dimetilarginina simétrica (SDMA), a diminuição da densidade urinária e a presença de proteinúria de origem renal (IRIS, 2023a). Ademais, a avaliação ultrassonográfica constitui uma ferramenta complementar essencial na avaliação estrutural e hemodinâmica dos rins, permitindo identificar alterações compatíveis com cronicidade, como a perda ou redução da definição e relação corticomedular, alterações de ecogenicidade e ecotextura renal e alteração da dimensão renal (Evangelista et al., 2022; Penninck et al., 2025; Syme & Jepson, 2024).



Figura 1: Parâmetros utilizados na confirmação do diagnóstico da DRC felina (Adaptado de IRIS, 2023a).

1.3.1. Análises sanguíneas

1.3.1.1. Biomarcadores

Os biomarcadores são normalmente utilizados para a identificação precoce de condições patológicas. Para o trato urinário, os biomarcadores endógenos para a avaliação da TFG, incluem a creatinina sérica, o azoto uréico sérico (BUN), e a SDMA (Groves, 2020; Kongtasai et al., 2022; Syme & Jepson, 2024). As características ideais de um biomarcador renal incluem uma taxa de produção constante, pouca variabilidade biológica, filtração exclusivamente por filtração glomerular, ausência de ligação à proteínas, ausência de secreção ou reabsorção tubular, ausência de metabolismo extrarrenal, mensurabilidade e custo-benefício acessível (Syme & Jepson, 2024). Apesar de nenhum dos biomarcadores renais acima mencionados cumprirem com estas regras, continuam a ter uma aplicação clínica significativa. No entanto é imperativo conhecer as origens e limitações de cada biomarcador para compreender a sua aplicabilidade na prática clínica (Groves, 2020; Kongtasai et al., 2022; Syme & Jepson, 2024).

1.3.1.1.1. Creatinina

A creatinina é livremente filtrada no glomérulo e não advém da reabsorção tubular. Desta forma, a concentração de creatinina sérica ou plasmática torna-se o biomarcador mais utilizado para avaliar a função renal e é utilizada no diagnóstico e estadiamento da DRC através do sistema da IRIS (Finch & Heiene, 2017; IRIS, 2023a; Syme & Jepson, 2024).

Em contrapartida, a relação entre a creatinina e a TFG é de natureza exponencial, isto é, em estádios iniciais da DRC, pode haver alterações consideráveis na TFG e apenas pequenas alterações na concentração de creatinina sérica (Finch & Heiene, 2017; Groves, 2020; Syme & Jepson, 2024). Deste modo, a creatinina sérica, apesar na sua aplicabilidade na prática clínica, é considerada um biomarcador insensível da TFG até que ocorra uma redução substancial da função renal, sendo esta cerca de 75% (Brown, 2016; DiBartola & Westropp, 2020b; Kongtasai et al., 2022; Syme & Jepson, 2024). Por isso, a utilidade da creatinina no diagnóstico de DRC em estádios iniciais é considerada maior quando associada a concentração de BUN e à densidade urinária (DU) (Finch & Heiene, 2017).

Para além disso, a concentração de creatinina sérica é influenciada por fatores extra-renais, nomeadamente a massa muscular, nutrição e desidratação (Finch & Heiene, 2017; Kongtasai et al., 2022; Syme & Jepson, 2024). Ademais, existe uma variabilidade racial, sendo os gatos da raça Sagrado da Birmânia conhecidos por apresentarem uma concentração de creatinina sérica maior comparativamente a outras raças (DiBartola & Westropp, 2020a; IRIS, 2023b).

1.3.1.1.2. Dimetilarginina simétrica (SDMA)

O SDMA é uma molécula endógena sintetizada por todas as células nucleadas, através da metilação protéica intranuclear (Loane et al., 2022; Syme & Jepson, 2024). Mais de 90% do SDMA produzido é excretado por via renal através da filtração glomerular, com ausência de reabsorção tubular significativa, deste modo é considerado um biomarcador precoce para alterações renais (Grelová et al., 2022; Loane et al., 2022; Syme & Jepson, 2024).

Diferentemente da creatinina sérica, a sua concentração aumenta com uma redução de cerca de 40% da TFG (Grelová et al., 2022; Kongtasai et al., 2022; Loane et al., 2022; Peterson et al., 2018; Syme & Jepson, 2024). Para além disso, não é afetado pela massa muscular e/ou dieta, apresentando uma menor variabilidade interindividual (Kongtasai et al., 2022; Peterson et al., 2018; Sparkes et al., 2016; Syme & Jepson, 2024). Em contrapartida, estudos demonstraram que o SDMA é afetado por alguns fatores extra-renais, nomeadamente, regurgitação mitral, pancreatite, hipertiroidismo, diabetes mellitus, idade, sexo e raça (p.e. Sagrado da Birmânia) (Syme & Jepson, 2024).

Embora não seja recomendado a utilização do SDMA como um teste de rastreio único para a DRC felina, a sua concentração sérica foi incorporada nas diretrizes para o estadiamento da DRC da IRIS, sendo um aumento persistente da concentração de SDMA indicativo de DRC precoce (estadio I) (Figura 1) (Kongtasai et al., 2022; Sparkes et al., 2016). A sua medição

também pode ser útil para apoiar um diagnóstico de DRC em pacientes que apresentem uma concentração de creatinina sérica normal e/ou no estadiamento de pacientes com baixa massa muscular nos estádios II e III (DiBartola & Westropp, 2020b; Sparkes et al., 2016).

1.3.2. Urianálise

A análise de urina é importante para avaliar a função renal, particularmente em termos de capacidade de concentrar urina, da função glomerular e tubular, e identificar a presença de infecção. A urianálise nos gatos com doença renal conhecida ou suspeita deve incluir, uma avaliação bioquímica (*dipstick*), densidade urinária (DU) e urocultura. Ao menos que estes exames revelem evidência de inflamação, hemorragia e/ou infecção do trato urinário, devem ser realizados testes específicos para a avaliação do rácio proteína-creatinina urinária (RPCU) (Brown, 2016; Syme & Jepson, 2024).

1.3.2.1.Densidade urinária (DU)

Dentro dos parâmetros avaliados na urianálise, a densidade urinária (DU) deve ser utilizada para determinar a causa da azotemia, podendo esta ser de origem pré-renal, renal ou pós-renal. A DU reflete a capacidade dos túbulos renais concentrarem urina em relação à concentração plasmática, e em resposta à estimulação da hormona antidiurética (ADH), sendo a sua classificação atribuída em três categorias consoante o seu valor relativo: hipostenúria ($< 1,008$), isostenúria ($1,008-1,012$) e hiperstenúria ($\geq 1,035$) (Alleman & Wamsley, 2017; Syme & Jepson, 2024).

O significado clínico do valor da DU deve ser determinado consoante a idade do paciente, o estado de hidratação, à presença de doenças concomitantes, às concentrações séricas de BUN e creatinina, às concentrações de glicose, à presença de proteinúria, e à administração recente de agentes terapêuticos como fluidoterapia, glicose e diuréticos (Alleman & Wamsley, 2017; Groves, 2020; Syme & Jepson, 2024).

Em gatos com DRC, normalmente, observa-se uma DU persistentemente reduzida ($<1,035$), sendo um meio de diagnóstico importante principalmente em fases iniciais da doença, uma vez que a DU normalmente sofre uma redução antes da azotemia ser mensurável (Groves, 2020). Para além disso, de acordo com as diretrizes da IRIS, uma DU persistentemente reduzida sem uma causa extrarrenal identificável, é compatível com o estadio I da DRC, mesmo que o paciente apresente uma concentração sérica de creatinina e de SDMA dentro dos valores de referência (Figura 1) (Mortier et al., 2023). Ainda mais, apesar de alguns gatos em estádios I e II da doença manterem a capacidade de concentração da urina, com a progressão da mesma é comum desenvolverem um quadro de isostenúria (Groves, 2020; Syme & Jepson, 2024).

Em casos de hipostenúria, existe uma diluição ativa nos túbulos renais, sendo necessário a investigação de causas extra-renais de PU/PD, como hiperadrenocorticismo, hipercalcemia, hepatopatias, piometra, diabetes insípida (central ou nefrogénica), e administração de diuréticos, fluidos e/ou glucocorticoides (Alleman & Wamsley, 2017; Syme & Jepson, 2024). Em contrapartida, alguns gatos podem fisiologicamente apresentar hiperstenúria, sendo mais comum em animais jovens (Alleman & Wamsley, 2017).

1.3.2.2. Proteinúria

A proteinúria é considerada uma característica clinicopatológica da DRC, sendo esta diretamente relacionada com o grau de gravidade da mesma. Para além da sua utilidade de diagnóstico, a proteinúria é importante como indicador de prognóstico e alvo terapêutico (Brown, 2016; Roura et al., 2017). Deste modo, a proteinúria deve ser avaliada em todos os gatos com DRC como parte do protocolo de subestadiamento da IRIS (ver secção 1.4) (IRIS, 2023b; Syme & Jepson, 2024).

A proteinúria pode ser avaliada através de um teste de urina colorimétrico com reagente bioquímico (*dipstick*), no entanto, apesar da sua alta sensibilidade (>80%), este teste apresenta baixa especificidade. Deste modo, em caso de suspeita de proteinúria justifica-se a avaliação do rácio proteína-creatinina urinária (RPCU) (IRIS, 2023b; Pérez-Accino et al., 2020; Syme & Jepson, 2024). Para além disso, gatos com proteinúria renal identificada, devem repetir o teste dentro de duas semanas de forma a determinar se a proteinúria é transitória ou persistente (IRIS, 2023b). No caso de persistência, a proteinúria serve de indicativo de dano patológico e funcional dos glomérulos e/ou túbulos renais, suportando o diagnóstico de DRC (Figura 1) (Brown, 2016; Kongtasai et al., 2022; Roura et al., 2017).

As consequências fisiopatológicas da proteinúria persistente incluem a diminuição da pressão oncótica plasmática, hipercolesterolemia, hipertensão sistémica, hipercoagulabilidade, perda muscular e perda de peso (Roura et al., 2017). Deste modo, recomenda-se o tratamento da mesma (Brown, 2016).

1.3.3. Ecografia abdominal focada nos rins

A avaliação ultrassonográfica renal permite a visualização da morfologia renal, assim como a avaliação do tamanho, forma e arquitetura interna, incluindo o córtex e medula renal, hilo renal, vasos sanguíneos e o sistema coletor (Evangelista et al., 2022; Penninck et al., 2025; Pollard & Phillips, 2017; Syme & Jepson, 2024). Os rins dos gatos estão localizados superficialmente e podem ser abordados com o animal em decúbito lateral ou dorsal. Para uma melhor avaliação ecográfica, recomenda-se a utilização de transdutores de alta frequência (7,5

a 10MHz) que para além de serem mais indicados para rins superficiais, proporcionam uma melhor resolução ultrassonográfica (Evangelista et al., 2022; Ostrowska et al., 2016; Penninck et al., 2025).

Os rins devem ser avaliados de cranial para caudal e de lateral para medial, no plano transversal, longitudinal e dorsal. O rim esquerdo pode ser avaliado próximo ao baço, o que permite a comparação com a sua ecogenicidade. Em contrapartida, o rim direito localiza-se mais cranialmente e dorsalmente, estando geralmente em contato ou proximidade com o parênquima hepático do lobo caudado. Ambos os rins devem ser simétricos em tamanho e forma, e devem apresentar um formato oval nos gatos (Penninck et al., 2025).

O comprimento renal é um dos parâmetros a ser avaliados durante o exame ultrassonográfico. Valores entre 3,0 a 4,5 cm são descritos em gatos saudáveis, podendo haver influência da raça e do estado sexual (ver secção 1.3.3.1.1) (Penninck et al., 2025; Pollard & Phillips, 2017).

O córtex renal, em situações fisiológicas, apresenta-se hipo ou isoecogénico comparativamente ao fígado, e hipoecogénico em relação ao baço (Penninck et al., 2025; Syme & Jepson, 2024). No entanto, em gatos sem evidência de patologias renais, o córtex renal pode apresentar-se ligeiramente hiperecogénico em relação ao fígado devido ao acúmulo de vacúolos de gordura no mesmo, que pode contribuir para a sua hiperecogenicidade. O ângulo de insonização também pode influenciar a ecogenicidade do córtex renal devido a diferença na angulação dos túbulos renais (Penninck et al., 2025).

A medula renal apresenta-se separada em segmentos lobulados pela presença das bordas dos vasos interlobulares e divertículos, representadas por linhas hiperecogénicas. Comparativamente ao córtex renal, a medula aparece hipoecogénica, podendo apresentar-se em alguns animais quase anecogénica, sendo importante, nestes casos, a sua diferenciação de dilatação da pelve renal (Penninck et al., 2025; Pollard & Phillips, 2017). A medula externa, localizada paralelamente ao córtex e abaixo das artérias arqueadas, pode apresentar-se isoecogénica ou hiperecogénica em relação ao córtex, podendo dar uma impressão de espessura cortical, ou formar uma banda hiperecogénica perto das artérias arqueadas. O prolongamento da medula renal que apresenta-se em contato com a pelve renal é referida como crista renal (Figura 2) (Penninck et al., 2025).

As paredes das artérias arqueadas podem ser observadas como linhas hiperecogénicas curtas e localizadas na junção corticomedular, podendo por vezes gerar uma sombra acústica fraca que deve ser diferenciada de mineralizações (Penninck et al., 2025; Pollard & Phillips,

2017). As artérias arqueadas, assim como os vasos renais e interlobares de maior calibre, podem ser avaliados com Doppler colorido ou Doppler pulsado. Para além disso, as artérias e veias renais podem ser avaliadas desde o hilo renal até a aorta e veia cava caudal respetivamente, devendo ser diferenciados de ureteres dilatados (Penninck et al., 2025).

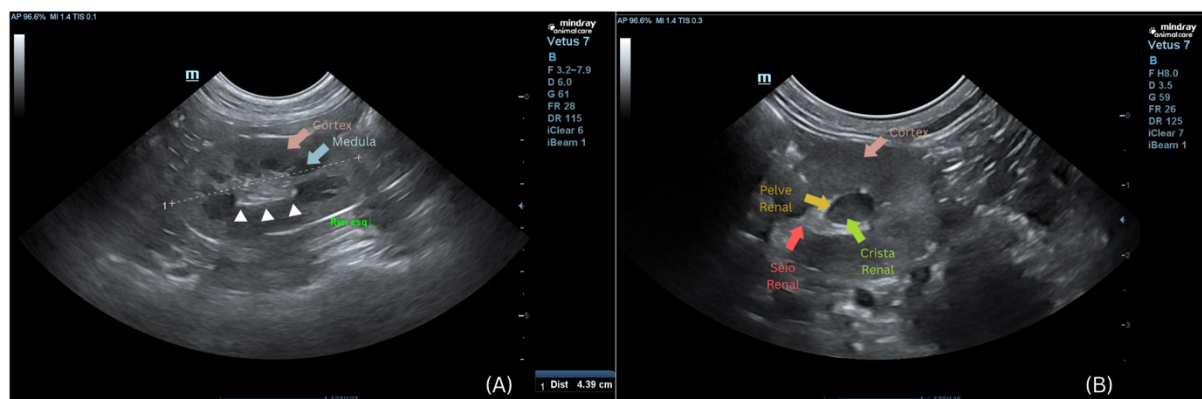


Figura 2: Imagem ultrassonográfica de um rim saudável de dois felinos. (A) Plano longitudinal (B) Plano transversal, ambos do rim esquerdo. O córtex renal apresenta-se hiperecogénico em relação a medula renal. O sinus renal apresenta-se hiperecogénico a volta da pelve renal. As paredes das artérias arqueadas (triângulo) podem ser observadas como linhas hiperecogénicas curtas localizadas na junção corticomedular. (Imagens cedidas pela Dr^a Juliana Fragoso, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado).

1.3.3.1. Alterações ecográficas da DRC

Muitos achados ecográficos associados a DRC são inespecíficos, sendo também relatados em patologias infecciosas, inflamatórias e neoplásicas. No entanto, a ecografia abdominal desempenha um papel importante no diagnóstico, estadiamento e acompanhamento da progressão da DRC felina (Huguet et al., 2023; Jaturanratsamee et al., 2023; Pollard & Phillips, 2017).

Achados ecográficos frequentemente encontrados em gatos acometidos incluem a diminuição do comprimento e volume renal; irregularidade do contorno renal; aumento da ecogenicidade do parênquima renal com perda ou redução da definição corticomedular; presença de mineralização, quistos e/ou zonas de enfartes renais, pielectasia e diminuição do espessamento cortical renal e da relação corticomedular (Bragato et al., 2017; Cordella et al., 2020; Ferreira et al., 2020; Jaturanratsamee et al., 2023; Penninck et al., 2025; Yan et al., 2020).

1.3.3.1.1. Dimensão renal

O comprimento renal normal em gatos, quando medido no plano dorsal, varia entre 3,0 a 4,5 cm, podendo atingir até 5,3 cm nos Maine Coons (Huguet et al., 2023; Huynh & Berry,

2017; Syme & Jepson, 2024). Felinos das raças Ragdoll, British Shorthair e Sphinx apresentam valores de comprimento renal de $3,87 \pm 0,41$; $3,77 \pm 0,43$; e $4,09 \pm 0,33$ respectivamente (Penninck et al., 2025). Na DRC, devido a deposição de fibrose, os rins apresentam frequentemente um comprimento reduzido (Figura 3) (Huguet et al., 2023; Jaturanratsamee et al., 2023). No entanto, em estadios iniciais da doença o tamanho renal pode não estar diretamente relacionado ao grau de fibrose instalado devido a hiperplasia compensatória (Huguet et al., 2023). Ainda mais, o volume renal também pode ser utilizado como forma de estimar o tamanho renal, através da técnica do elipsoide prolato, o volume renal é calculado a partir do *comprimento x largura x altura x 0,523*, sendo o valor de referência entre 11,9 a $17,7 \text{ cm}^3$ (Widmer et al., 2021). A redução do volume renal é uma das principais alterações da DRC, sendo esta associada a estadios mais avançados da doença. A redução no volume renal bilateral foi relatada em cerca 75% dos gatos nos estadios III e IV da DRC. Em contrapartida, alguns gatos podem apresentar um aumento no volume renal, devido a presença de DRP, amiloidose, neoplasias, pielonefrite e obstrução urinária concomitante à DRC (Bragato et al., 2017; Penninck et al., 2025).

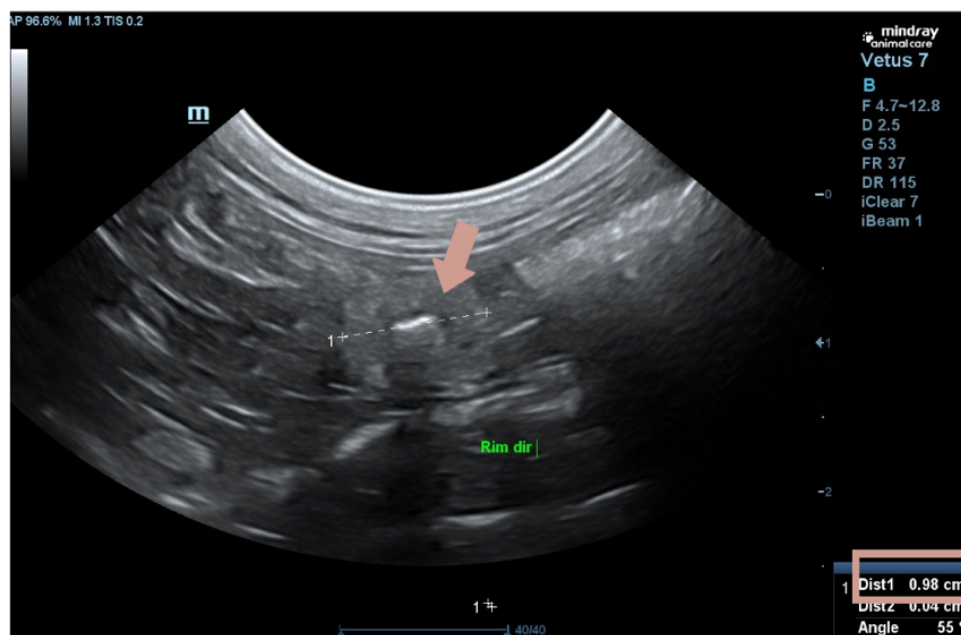


Figura 3: Imagem ultrassonográfica do rim direito (em plano dorsal) de um felino diagnosticado com DRC. Rim com dimensões acentuadamente reduzidas (0,98 cm), com importante redução da definição corticomedular (seta) e ecotextura grosseira (Imagem cedida pela Dr^a Juliana Fragoso, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado).

Sugere-se que a relação do comprimento renal com o diâmetro da aorta abdominal é um parâmetro mais fidedigno e promissor para a avaliação do tamanho renal em gatos, visto

que o mesmo não é afetado pela idade, peso corporal ou sexo (Jaturanratsamee et al., 2023). Os autores do estudo Jaturanratsamee et al., (2023) demonstraram uma média do rácio ecográfico entre o comprimento renal e o diâmetro aorta abdominal de $9,80 \pm 1,17$ cm em felinos com DRC, comparativamente ao valor de referência em felinos saudáveis de $10,71$ cm. Este valor apresentou uma especificidade e sensibilidade de 80% para a deteção de gatos com a doença. Em contrapartida, o rácio demonstra ter uma correlação negativa com as concentrações séricas de creatinina, BUN e SDMA.

Adicionalmente, os autores do estudo Sposito et al., (2025), demonstraram que gatos com DRC ou lesão renal aguda (LRA) apresentam um aumento significativo da espessura cortical renal ($0,58 \pm 0,16$ cm) em comparação com gatos saudáveis ($0,38 \pm 0,07$ cm). Para além disso, observaram uma redução do diâmetro da aorta abdominal em felinos com DRC ou LRA ($0,30 \pm 0,09$ cm) comparativamente a felinos saudáveis ($0,37 \pm 0,08$ cm), refletindo alterações hemodinâmicas e cardiovasculares associadas à ativação do sistema renina angiotensina aldosterona (SRAA). Adicionalmente, o rácio entre a espessura cortical e o diâmetro da aorta abdominal apresentou valores médios de $1,04 \pm 0,32$ cm no grupo controlo, $1,90 \pm 0,77$ cm no grupo com DRC e $1,97 \pm 0,85$ cm no grupo com LRA, sendo estas diferenças estatisticamente significativas. Com uma sensibilidade de 81,8% e especificidade de 86%, foi demonstrado que o ponto de corte de $\geq 1,4$ cm do rácio espessura cortical/aorta abdominal pode ser utilizado para distinguir ultrassonograficamente entre felinos saudáveis e felinos com doença renal (Figura 4). Deste modo, a avaliação quantitativa do córtex renal e do rácio córtex renal/aorta abdominal, pode ser utilizada como uma ferramenta não invasiva e sensível para o diagnóstico e monitorização da DRC felina.

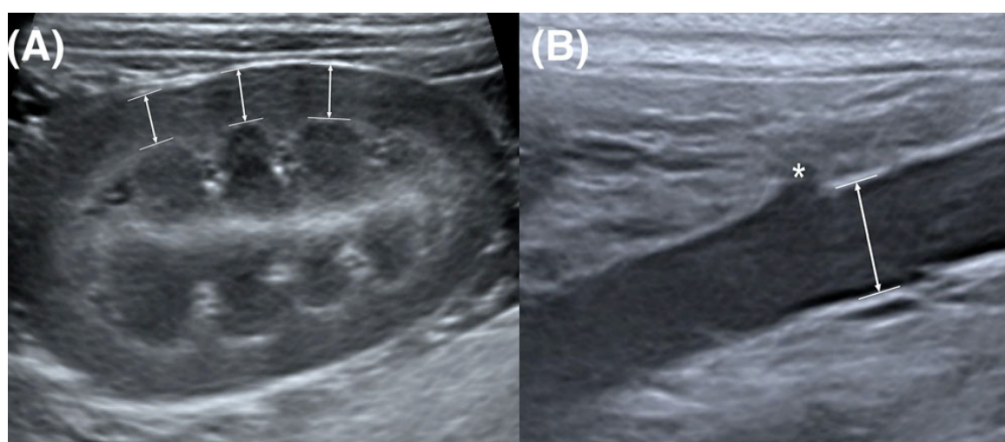


Figura 4: Imagem ultrassonográfica de um rim canino e aorta abdominal em plano sagital estático. (A) Medição da espessura cortical renal em três pontos diferentes; (B) Medição do diâmetro da aorta abdominal na sístole imediatamente caudal à artéria renal esquerda, representada pelo símbolo * (Choo et al., 2023). As imagens representam as medições que foram realizadas no estudo Sposito et al., (2025).

1.3.3.1.2. Definição e relação corticomedular

Em situações fisiológicas existe uma ecogenicidade distinguível entre o córtex e a medula renal, devido a maior densidade celular no córtex e a maior quantidade de fluido na medula. Com o avanço da DRC, há substituição do tecido funcional renal por fibrose com ou sem mineralização, desta forma a ecogenicidade medular e cortical aumenta de forma difusa e progressiva (Figura 6a), levando a redução ou perda da definição corticomedular (Figura 3 e 5) (Bragato et al., 2017; D'Anjou & Penninck, 2015; Griffin, 2020b; Hudson, 2020; Huguet et al., 2023; Syme & Jepson, 2024). Estima-se que alterações leves na definição corticomedular ocorrem em cerca de 25% dos gatos com DRC em estádios I, 41,2% no estádio II, e alterações mais acentuadas podem ser observadas em cerca de 75% dos gatos nos estádios III e IV (Bragato et al., 2017).

Embora o comprimento renal seja utilizado para avaliar a atrofia renal e a gravidade da DRC, estudos demonstram que a medição da espessura do córtex renal e da relação corticomedular no plano transversal, podem servir de melhores indicadores de DRC e facilitar a detecção de alterações precoces na função renal (Figura 6b) (Syme & Jepson, 2024; Yan et al., 2020). As variáveis em questão permitem avaliar e monitorizar a progressão da DRC de forma quantitativa, sem a influência da idade, género e peso corporal. Para além disso, a espessura cortical renal apresentam uma relação estatisticamente significativa com a perda da função renal (Yan et al., 2020).

Os autores do estudo Yan et al., (2020), propuseram valores de referência para a espessura cortical direita e esquerda de 4,5mm e 4,7mm, respetivamente. Os valores demonstrados apresentam uma sensibilidade de 83,3% e 90%, e especificidade de 94,7% para ambas (Yan et al., 2020). Em contrapartida, os valores de referência para a relação corticomedular são considerados $0,88 \pm 0,29$ (Widmer et al., 2021).



Figura 5: Imagem ultrassonográfica do rim esquerdo (em plano dorsal) de um felino diagnosticado com DRC. Rim com dimensões normais (3,71 cm), mas com importante redução da definição corticomedular (estrelas) e ecotextura grosseira (Imagem cedida pela Dr^a Juliana Fragoso, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado).

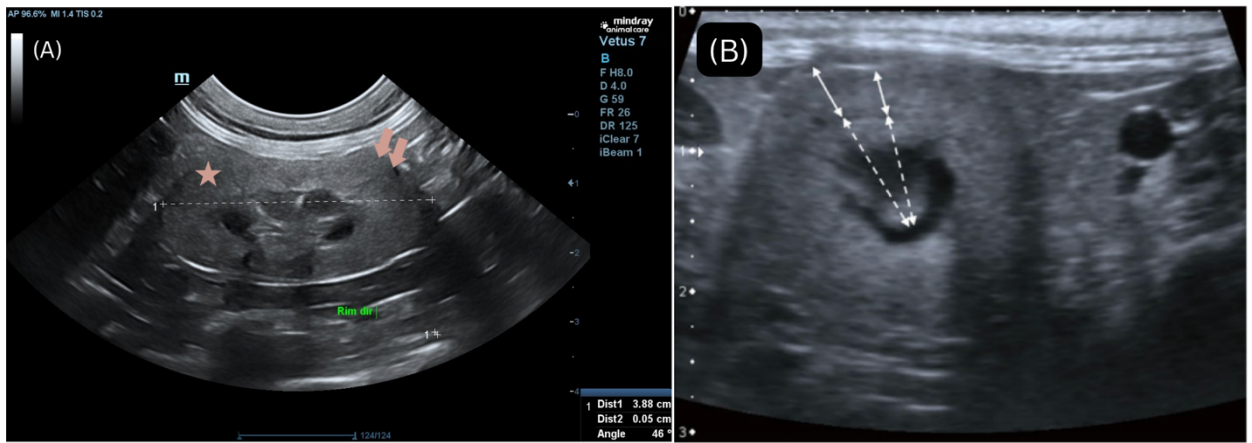


Figura 6: (A) Imagem ultrassonográfica do rim direito de um felino diagnosticado com DRC em corte longitudinal, com aumento da hiperecogenicidade cortical representado (estrela) e contornos irregulares representados (setas) (Imagem cedida pela Dr^a Juliana Fragoso, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado). (B) Imagem ultrassonográfica de rim (em plano dorsal) de um felino com DRC, representando a medição da espessura cortical (setas contínuas) e medular (setas tracejadas) no plano transversal, em que a média é calculada através dos pontos mais espessos e mais finos (Yan et al., 2020).

1.3.3.1.3. *Ecogenicidade e ecotextura renal*

A mineralização renal ocorre devido a deposição mineral distrófica nos nefrônios e no interstício, resultante das lesões renais com a progressão da DRC. Na ecografia é representada por focos hiperecogénicos pontuais ou lineares no córtex renal, podendo muitas vezes não apresentar sombra acústica (Figura 7a) (Huguet et al., 2023; Penninck et al., 2025). Em estádios mais tardios da doença, podem estar presentes na medula renal. Embora a mineralização renal sirva de indicativo de DRC, também pode estar presente em endocrinopatias subjacentes ou em outros distúrbios metabólicos (Huguet et al., 2023).

A ecogenicidade e forma dos enfartes renais variam consoante a cronicidade da doença (Huguet et al., 2023). Os enfartes renais agudos apresentam-se ecograficamente como lesões focais hipoeecogénicas, em contrapartida, os enfartes renais crónicos apresentam-se como lesões focais hipereecogénicas com forma triangular, com a região mais larga localizada na superfície cortical e a região mais estreita em direção à junção corticomedular (Penninck et al., 2025; Widmer et al., 2021). Para além de estarem associados a DRC, os enfartes renais também podem estar relacionados com coagulopatias subjacentes, cardiomiopatias, sépsis ou neoplasias (Huguet et al., 2023; Penninck et al., 2025).

Quistos renais podem ser adquiridos ou congénitos, e são frequentemente encontrados em gatos persas ou raças relacionadas (Huguet et al., 2023; Penninck et al., 2025; Syme & Jepson, 2024). Quistos adquiridos podem originarem-se de nefropatias crónicas, sendo comuns em quadros de displasia renal, glomerulonefrite e em fases terminais da DRC (Bragato et al.,

2017; Syme & Jepson, 2024). A doença renal poliquística autossômica dominante é uma doença congênita, progressiva que pode resultar em insuficiência renal irreversível devido à compressão do parênquima renal e a fibrose intersticial (Bragato et al., 2017). Ecograficamente, os quistos apresentam-se arredondados, anecogênicos, bem delimitados com paredes finas, e com reforço acústico posterior (Figura 7b). Apesar de poderem estar localizados na medula renal, encontram-se frequentemente no córtex renal ou na junção corticomedular (Huynh & Berry, 2017; Penninck et al., 2025). Aquando na presença de lesões quísticas com paredes irregulares, espessadas, com septos internos ou conteúdo hipoecogénico, patologias como hematoma, abscesso ou tumor devem ser consideradas (Syme & Jepson, 2024).

A presença de fibrose, esclerose, atrofia, quistos e/ou zonas de enfarte renal, promove a irregularidade da margem renal (Figura 6a). Esta é frequentemente observada em estádios mais avançados da DRC e pode ser vir como um fator de prognóstico negativo (Bragato et al., 2017; Huguet et al., 2023).

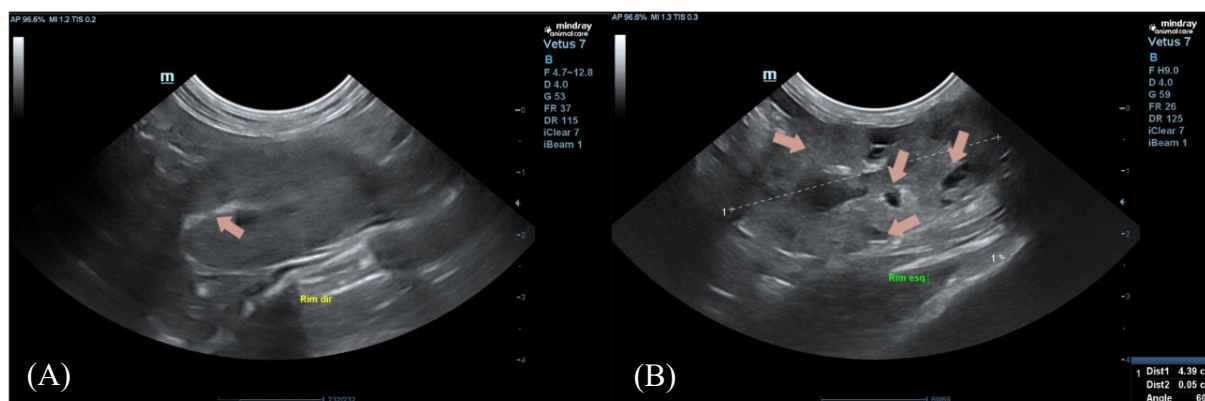


Figura 7: (A) Imagem ultrassonográfica de rim direito (plano longitudinal) de um gato diagnosticado com DRC, com área de mineralização representada pela seta (Imagem cedida pela Dr^a Juliana Fragoso, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado). (B) Imagem ultrassonográfica (plano dorsal) do rim esquerdo de um gato persa com DRC por Doença Renal Poliquística. Os quistos estão representados pelas setas (Imagem cedida pela Dr^a Juliana Fragoso, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado).

1.3.3.1.4. Banda medular renal (BM)

A banda medular (BM) é, por vezes, um achado fisiológico comum na ecografia abdominal dos felinos (Cordella et al., 2020; Ferreira et al., 2020; Syme & Jepson, 2024). É definida como uma zona hiperecogénica distinta na medula renal externa, paralela a junção corticomedular, com forma de uma linha curvilínea, sendo bem definida, bilateral, simétrica e sem a projeção de sombra acústica (Figura 8) (Cordella et al., 2020; Ferreira et al., 2020).

Apesar de estar presente em situações fisiológicas, a BM em gatos foi associada à PIF, nefrite intersticial crônica, nefrocalcinose, e à necrose tubular aguda secundária à intoxicação com etilenoglicol (Cordella et al., 2020; Ferreira et al., 2020; Penninck et al., 2025).

Segundo o estudo Ferreira et al., (2020), a BM pode ser classificada de acordo com a sua espessura, sendo considerada fina quando inferior a 2,5mm e espessa quando apresenta pelo menos 2,5mm. Segundo os autores, na presença de uma BM fina, não deve ser associada à doença renal azotêmica, por ser um achado ecográfico inespecífico e possivelmente acidental em gatos. Em contrapartida, sugerem que a presença de uma BM espessa está significativamente associada à doença renal azotêmica.

Apesar da associação acima descrita, a presença da BM não deve ser avaliada isoladamente (Ferreira et al., 2020). A presença da BM juntamente com uma redução da definição corticomedular, contornos irregulares, pielectasia, serve de indicativo da presença de DRC felina (Cordella et al., 2020).

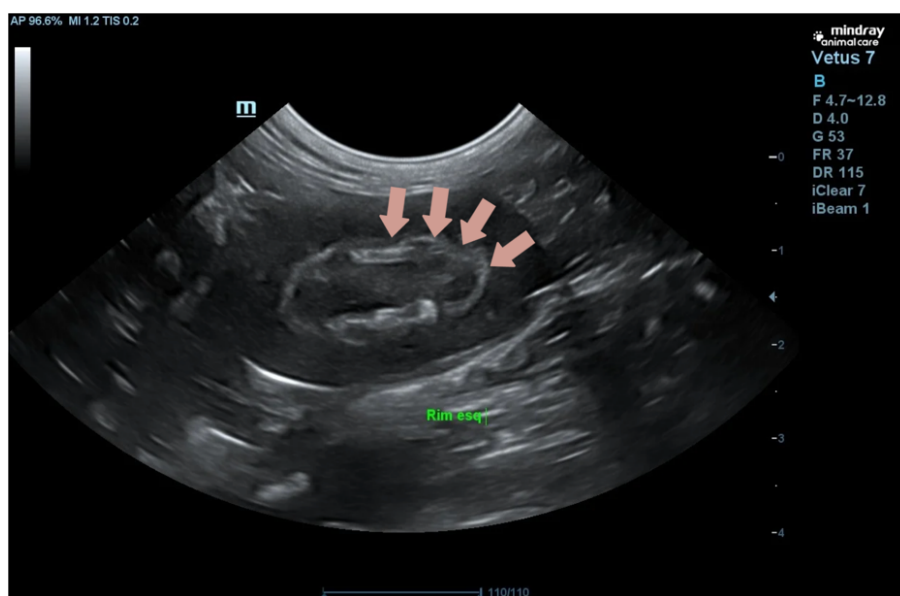


Figura 8: Imagem ultrassonográfica de rim esquerdo (em plano dorsal) de um felino diagnosticado com DRC. Rim, no plano longitudinal, com ecotextura grosseira e com a presença de banda medular (Imagem cedida pela Dr^a Juliana Fragoso, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado).

1.3.3.1.5. Pielectasia

A pielectasia corresponde a dilatação leve ou moderada não obstrutiva da pelve renal (Griffin, 2020a; Huguet et al., 2023; Syme & Jepson, 2024). É frequentemente simétrica e bilateral, no entanto, pode apresentar-se unilateralmente e afetar assimetricamente ambos os rins (Huguet et al., 2023). No exame ecográfico, a pielectasia é mais facilmente avaliada e

mensurada no plano transverso ao nível do hilo renal (Penninck et al., 2025). Quando observada, apresenta-se como uma região anecogénica, que varia o seu formato consoante o grau de distensão e o plano pelo qual a pelve renal é observada (Figura 9) (Griffin, 2020a).

Felinos com função renal clinicamente normal ou submetidos a diurese, podem apresentar pielectasia de até 3,5mm de diâmetro. Dilatações superiores a este valor devem ser consideradas anormais e investigadas (Griffin, 2020a). Condições associadas a presença de pielectasia incluem doenças renais poliúricas, lesões obstrutivas, pielonefrite, ureterite, ureter ectópico, repleção vesical, malformação congénita e administração intravenosa de fluidos (Huguet et al., 2023; Penninck et al., 2025; Syme & Jepson, 2024).

Apesar de representar uma alteração ecográfica sugestiva de DRC, o grau de dilatação da pelve renal não apresenta correlação com os níveis séricos de creatinina ou com os diferentes estadios da doença atribuídos pela IRIS. Recomenda-se que a medição da pelve renal basal seja determinada no momento do diagnóstico inicial, de forma a diferenciar pielectasias associadas a crises urémicas, pielonefrite ou obstrução urinária (Griffin, 2020a).

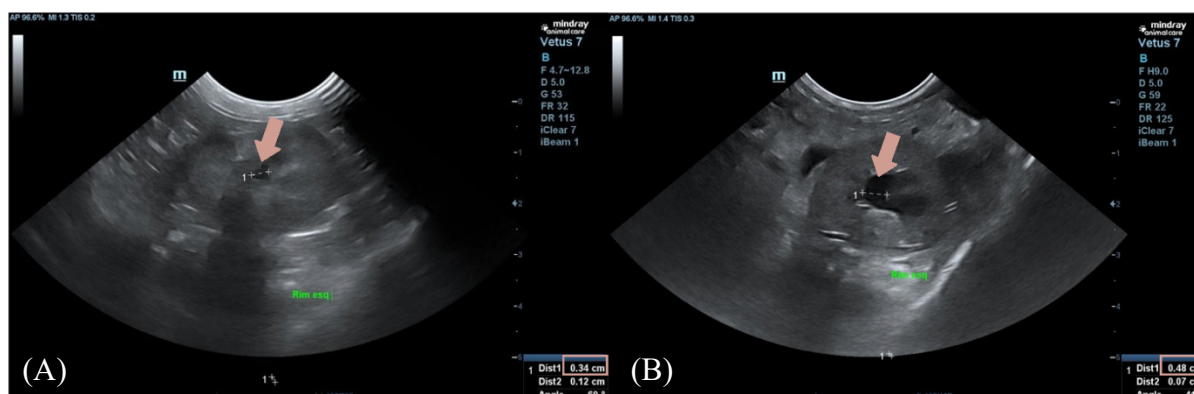


Figura 9: (A) Imagem ultrassonográfica de rim esquerdo de um felino diagnosticado com DRC. Rim, no plano transversal, com discreta dilatação pélvica por conteúdo anecogénico e homogéneo (seta), com espessura de cerca de 0,34 cm (Imagem cedida por Dr^a Juliana Frago, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado). (B) Imagem ultrassonográfica de rim esquerdo de um felino diagnosticado com DRC. Rim em plano transversal. Com dilatação pélvica importante por conteúdo anecogénico e homogéneo (seta) com espessura de 0,48 cm (Imagem cedida por Dr^a Juliana Frago, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado).

1.3.3.2. Índice de resistividade renal (IRR)

Na DRC, os danos e a remodelação do parênquima renal em combinação com a perda funcional concomitante, induzem alterações na vasculatura renal e, conseqüentemente, no seu padrão hemodinâmico (Evangelista et al., 2022, 2023; Maher et al., 2024; Matos et al., 2018). Por conseguinte, o grau de dano intrarrenal e a função renal subsequente podem ser

determinados através da avaliação da resistência vascular. Em condições fisiológicas, o fluxo renal apresenta baixa resistência, no entanto, em condições patológicas há um aumento da resistência vascular juntamente com uma redução do fluxo sanguíneo diastólico em maior proporção comparativamente ao fluxo sanguíneo sistólico (Evangelista et al., 2022). Desta forma, o uso do doppler associado à ecografia convencional torna-se importante, pois, para além de ser um procedimento diagnóstico semi-quantitativo e não invasivo, fornece informações adicionais e auxilia na avaliação hemodinâmica vascular (Evangelista et al., 2022, 2023; Maher et al., 2024; Matos et al., 2018).

O índice de resistividade renal (IRR) é um parâmetro analisado através do Doppler pulsado que avalia a resistência e a complacência vascular. Para além de indicar a presença de lesão renal, pode ser utilizado para a monitorização da progressão ou regressão da doença renal previamente diagnosticada (Evangelista et al., 2022; Pollard & Phillips, 2017). A medição do IRR é obtida em proximidade ao hilo renal, de forma a avaliar as artérias segmentares ou interlobares, ou na junção corticomedular para avaliar as artérias arqueadas (Huguet et al., 2023; Maher et al., 2024). Durante o fluxo sanguíneo sistólico e diastólico, a mudança de prevalência é utilizada para fornecer uma medição proporcional da velocidade (Maher et al., 2024). O IRR é calculado automaticamente pelo *software* do ecógrafo através do rácio entre a velocidade sistólica máxima (VSM) e a velocidade diastólica final (VDF), utilizando a fórmula:

$$\text{índice de resistividade} = \frac{(\text{velocidade sistólica máxima} - \text{velocidade diastólica final})}{\text{velocidade sistólica máxima}} \quad (\text{Figura 10})$$

(Evangelista et al., 2022; Huguet et al., 2023; Tipisca et al., 2016).

Atualmente não existe um consenso sobre os valores normais de IRR para a doença renal felina, sendo os seguintes valores sugeridos como limite normal superior: 0,64, 0,68 a 0,72. No entanto, de forma geral, o valor de referência normal de IRR mais utilizado para ambos os rins é de 0,70 (Evangelista et al., 2022; Huguet et al., 2023; Tipisca et al., 2016). Por outro lado foram relatados valores baixos de IRR em gatos com DRC em fase terminal e em casos graves de hidronefrose. Estes registros foram atribuídos à redução da pressão de filtração sendo uma característica destas doenças. Ademais, estudos demonstram que os valores de IRR variam consoante o vaso renal utilizado para a medição, diminuindo gradualmente nas artérias de menor calibre e localizadas mais na periferia (Ostrowska et al., 2016). Para além disso, é importante considerar que os processos patológicos produzem maiores alterações na resistência vascular nos ramos renais mais distais, sendo as artérias arqueadas de maior relevância clínica, no entanto, o IRR medido nas artérias interlobares demonstram ter resultados semelhantes.

Portanto, a artéria renal, interlobar e arqueada são vasos de referência para a medição do IRR com resultados satisfatórios (Evangelista et al., 2022).

Os autores do estudo Evangelista et al., (2022) reportaram a ausência de uma diferença significativa entre os valores do IRR entre os rins direito e esquerdo, assim, em pacientes que apresentem falta de cooperação ao exame ultrassonográfico ou com alterações graves na arquitetura renal associada a evolução da doença renal, a medição de um único valor médio torna-se uma vantagem. No entanto, é importante considerar que alterações renais focais, como a presença de quistos, granulomas, abscessos, hematomas e enfartes podem aumentar significativamente as pressões capilares locais. Nestas situações, recomenda-se a medição e avaliação do IRR em ambos os rins devido as possíveis diferenças entre os mesmos (Evangelista et al., 2022).

O IRR é dependente da pressão arterial sistêmica, da TFG e do fluxo sanguíneo renal (FSR). Ademais, a complacência vascular e o tecido renal são os principais fatores que afetam o IRR. No entanto, algumas limitações na interpretação do índice deve ser consideradas, como por exemplo a frequência cardíaca (FC), a presença de obstrução urinária e alterações hepáticas que podem afetar os valores obtidos (Evangelista et al., 2022; Tipisca et al., 2016). Para além disso, a utilização de anestesia volátil, mais especificamente o isoflurano, afeta o índice devido ao aumento da resistência vascular intrarrenal e a diminuição do fluxo sanguíneo provocada (Tipisca et al., 2016). O stress também é um fator a ser considerado pois pode provocar quadros de hipertensão situacional e consequentemente interferir nos valores finais obtidos (Evangelista et al., 2022). Em contrapartida, não existe evidência científica de uma correlação significativa entre o IRR com a idade, sexo, peso corporal, níveis plasmáticos de BUN e potássio, e a DU (Matos et al., 2018; Ostrowska et al., 2016; Tipisca et al., 2016). De igual forma, a correlação entre o IRR e a creatinina sérica ainda deve ser investigada (Huguet et al., 2023; Maher et al., 2024).

Ao avaliar o IRR é importante considerar que apesar de ser um indicador específico de doença renal, apresenta uma baixa sensibilidade perante a presença da mesma (Pollard & Phillips, 2017). Ademais, sugere-se que anormalização do IRR em gatos com doença renal não obstrutiva e obstrutiva possa ser atingida após um tratamento eficaz (Evangelista et al., 2022).

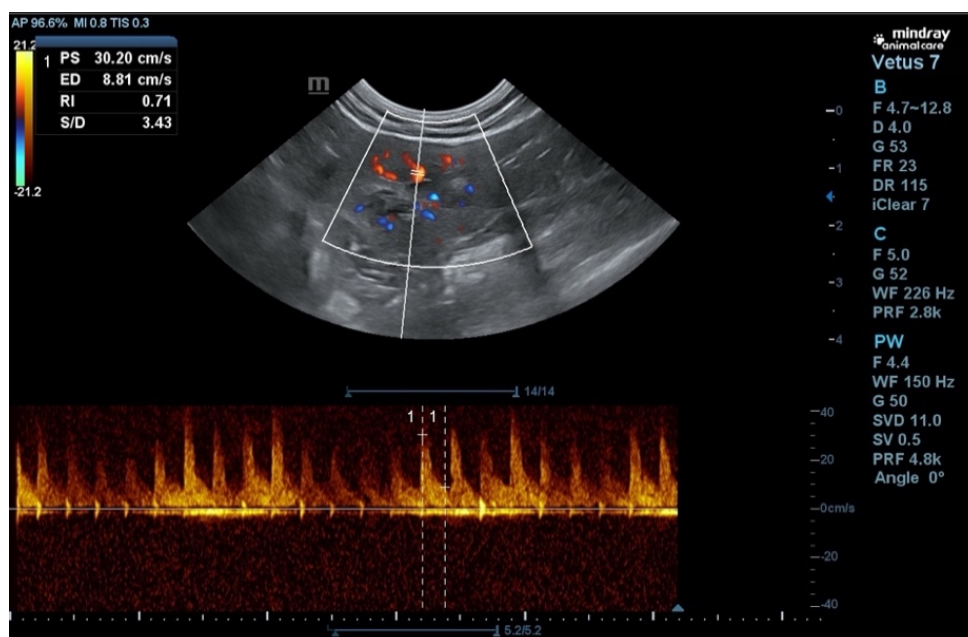


Figura 10: Imagem ultrassonográfica de rim esquerdo de um felino diagnosticado com DRC. Rim, no plano longitudinal. Medição do IRR através do Doppler colorido e pulsado (Imagem cedida por Dr^a Juliana Frago, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado).

1.4. Estadiamento e Subestadiamento *International Renal Interest Society (IRIS)*

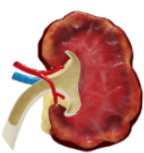
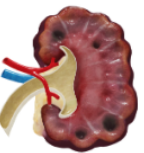
Uma vez confirmado o diagnóstico de DRC, os pacientes devem ser estadiados e subestadiados de acordo com a IRIS (IRIS, 2023b; J. M. Quimby, 2024). O sistema de estadiamento da IRIS é uma ferramenta médico-veterinária que para além de proporcionar uma especificidade relativamente a extensão da disfunção renal e reconhecimento da dimensão funcional e estrutural da DRC, promove a standardização do plano terapêutico e prognóstico da doença (Brown, 2016; Elliott & Cowgill, 2017; Quimby, 2024).

O sistema de estadiamento é baseado nas concentrações de creatinina sérica, no entanto, uma vez que a creatinina apresenta especificidade e sensibilidade limitada (ver sessão 1.3.1.1.1), o estadiamento deve basear-se num mínimo de duas medições obtidas em jejum, com o paciente normohidratado e com um intervalo de algumas semanas (IRIS, 2023b; Quimby, 2024). Para além disso, o estado clínico do paciente deve ser considerado na interpretação dos resultados, sendo resultados estáveis ao longo das medições representativo de um padrão característico de DRC (Quimby, 2024).

A concentração sanguínea de SDMA também foi incorporado no sistema de estadiamento (Groves, 2020). A recomendação da IRIS é apoiada por estudos recentes de que a medição do SDMA e da creatinina sérica quando em simultâneo, identificam mais animais com diminuição da TFG comparativamente a análise individual de cada um deles.

Adicionalmente, os valores do SDMA são utilizados para corrigir e ajustar o estadiamento do paciente (Tabela 2) (IRIS, 2023a; Quimby, 2024).

Tabela 2: Sistema de estadiamento da DRC Felina, baseado na creatinina sérica (mg/dL) e no SDMA (μL/dL) (Adaptado de IRIS, 2023a).

Sistema de estadiamento da DRC Felina				
				
	Estadio I	Estadio II	Estadio III	Estadio IV
	Sem azotemia Creatinina normal	Azotemia ligeira Creatinina normal ou alterada	Azotemia moderada	Azotemia grave
Creatinina (mg/dL)	Menor que 1.6 (140 μmol/L)	1.6-2.8 (140 - 250 μmol/L)	2.9-5.0 (251-440 μmol/L)	Maior que 5.0 (440 μmol/L)
SDMA (μl/dL)	Menor que 18	18-25	26-38	Maior que 38

Em sequência, devido a sua utilidade terapêutica e prognóstica, os pacientes devem ser subestadiados de acordo com a magnitude da proteinúria (RPCU) e da pressão arterial sistêmica (Tabela 3). É importante ressaltar, que antes da determinação do RPCU, devem ser realizadas urianálise e urocultura de forma a excluir quadros de infecções urinárias, hemorragias e/ou inflamação, e o sedimento da urina deve ser determinado como inativo (ver secção 1.3.2). Em casos de alteração do RPCU, recomenda-se que a medição do mesmo seja repetida duas a três vezes com um intervalo de duas semanas entre medições, e posteriormente, a média das análises deve ser utilizada para classificar o animal como não proteinúrico, proteinúrico limítrofe ou proteinúrico. O RPCU de animais com proteinúria limítrofe deve ser reavaliado após 2 meses, visto que o valor pode ser alterado com a progressão da doença ou em resposta à terapia implementada (IRIS, 2023b; Quimby, 2024).

De igual forma, a pressão arterial deve ser aferida diversas vezes ao longo de semanas de modo a classificar o paciente como normotenso, pré-hipertenso, hipertenso ou gravemente hipertenso (ver sessão 1.5) (IRIS, 2023b; Quimby, 2024).

Tabela 3: Sistema de subestadiamento da DRC felina, baseado no rácio proteína-creatinina urinária e na pressão arterial sistémica (mmHg) (Adaptado de IRIS, 2023a).

Sistema de subestadiamento da DRC Felina

	Não proteinúrico	Proteinúrico Limítrofe	Proteinúrico
Rácio Proteína: Creatinina Urinária	< 0.2	0.2 - 0.4	>0.4

	Normotenso	Pré-hipertenso	Hipertenso	Hipertensão grave
Pressão Arterial Sistémica (mmHg)	< 140	140-159	160-179	Maior ou igual a 180

1.4.1. Estadio I e II

O estadio I inclui gatos com DRC não azotémicos, mas com um aumento normal ou ligeiro do SDMA (Tabela 2). Existe alguma alteração renal presente, como por exemplo, uma diminuição da capacidade de concentração de urina sem causas extra-renais identificadas, e pode haver achados anormais em exames imagiológicos (IRIS, 2023b).

Em contrapartida, gatos no estadio II da doença apresentam azotemia renal ligeira associado à um ligeiro aumento do SDMA (18-25 µg/dL). Assim como no estadio I, os gatos podem apresentar sinais clínicos ligeiros, normalmente PU/PD, no entanto, no estadio II podem ainda apresentar um apetite seletivo acompanhado ou não de perda de peso (Elliott & Cowgill, 2017; IRIS, 2023b; Quimby, 2024).

Em ambos os estadios, em pacientes não proteinúricos e não hipertensos, a função renal é frequentemente estável ou progressivamente perdida durante um período prolongado. No entanto, pacientes subclassificados como proteinúricos e/ou com hipertensão arterial sistémica, podem apresentar sinais clínicos relacionados a estas alterações, sendo necessário a implementação de um plano terapêutico individualizado (Quimby, 2024).

1.4.2. Estadio III

O estadio III inclui gatos com DRC com azotemia renal moderada (Tabela 2), podendo apresentar sinais clínicos relacionados à disfunção renal e à uremia. Sinais clínicos extra-renais também podem estar presentes, sendo a extensão e gravidade dos mesmos variáveis. Os pacientes aquando na ausência de sinais clínicos são classificados em fase inicial do estadio III,

enquanto pacientes que apresentem sinais clínicos sistêmicos acentuados, são classificados em estadio III mas em uma fase mais tardia (Elliott & Cowgill, 2017; IRIS, 2023b).

Neste estadio a DRC é tipicamente progressiva, sendo necessário a implementação de um protocolo terapêutico de forma a controlar fatores que contribuem para a sua progressão (IRIS, 2023b; Scherk & Quimby, 2025).

1.4.3. Estadio IV

O estadio IV inclui gatos com DRC com azotemia grave, apresentando creatinina sérica acima de 5,0 mg/gL e sinais clínicos associados ao quadro urémico (IRIS, 2023b; Scherk & Quimby, 2025). O protocolo terapêutico nesta fase é o mesmo que no estadio III, no entanto recomenda-se a inclusão de sondas de alimentação quando necessário de forma a evitar a subnutrição protéica e desidratação. Para além disso, em casos de suspeita de hemorragias gastrointestinais, recomenda-se a inclusão do omeprazol (IRIS, 2023c).

1.5. Hipertensão associada à DRC

A DRC é uma das causas subjacentes mais comuns de hipertensão arterial sistêmica em felinos. Gatos normotensos diagnosticados com DRC são significativamente mais propensos em desenvolver hipertensão, comparativamente a gatos com função renal normal. O SRAA é o sistema responsável pelo qual os rins detetam, alteram e regulam a pressão arterial sistêmica. Em situações fisiológicas, a ativação do SRAA ocorre quando o FSR diminui. A libertação de renina através das células juxtaglomerulares localizadas na parede da arteríola aferente é o primeiro passo na ativação deste sistema. Em resposta à renina, ocorre a clivagem do angiotensinogénio, que por sua vez promove a sintetização da angiotensina I. A enzima convertora de angiotensina (ECA) é responsável pela conversão de angiotensina I em angiotensina II. A angiotensina II para além de promover a retenção de sódio diretamente através do túbulo proximal renal, promove a secreção de aldosterona por parte da adrenal medula, que por sua vez atua sob o túbulo distal. A retenção de sódio aumenta o volume de fluido circulante, eleva a resistência periférica total e aumenta o retorno venoso, aumentando assim a pressão arterial sistêmica (Lawson & Jepson, 2021).

Em felinos com DRC, existe uma desregulação dos mecanismos acima descritos, favorecendo o desenvolvimento ou exarcebação da hipertensão arterial sistêmica. A natureza exata destes distúrbios é multifatorial, mas acredita-se que a perda progressiva de nefrónios durante a DRC promove um aumento da ativação do SRAA, resultando em proteinúria e potencialmente o desenvolvimento de hipertensão. Para além disso, a disfunção do nervo

aferente renal promove um aumento na atividade simpática que por sua vez contribui para o desenvolvimento do quadro hipertensivo. Ademais, a disfunção endotelial dos vasos sanguíneos causada pela estimulação excessiva e crônica da vasculatura por mediadores como a angiotensina II e a aldosterona, prejudica a secreção de substâncias vasodilatadoras como o óxido nítrico (NO), que atua no contrabalanço das substâncias vasoconstritoras (Lawson & Jepson, 2021).

O aumento significativo da pressão arterial (PA) a longo prazo, pode resultar em consequências clínicas graves (Ware & Ward, 2020). O termo lesão em órgão alvo (LOA) é utilizado para danos que resultem de um estado hipertensivo prolongado (Acierno et al., 2018). Os órgãos particularmente vulneráveis são os olhos, os rins, o coração e o cérebro. Com a perda de nefrônios funcionais na DRC, ocorre a vasodilatação da arteríola eferente, expondo assim os capilares glomerulares ao aumento da pressão arterial sistêmica. A hipertensão glomerular renal resultante, pode levar a glomeruloesclerose, degeneração tubular renal e fibrose, contribuindo para a deterioração da função renal e o aumento da resistência vascular. A proteinúria é uma consequência da hipertensão glomerular, sendo associada à gravidade da hipertensão (Lawson & Jepson, 2021; Ware & Ward, 2020). Na DRC felina, a proteinúria está associada a uma maior probabilidade de progressão da doença e menor expectativa de vida (Lawson & Jepson, 2021). Deste modo, a redução da proteinúria sugere um melhor prognóstico (Acierno et al., 2018).

Devido a maior predisposição ao desenvolvimento de patologias que possam levar à hipertensão secundária, recomenda-se a aferição da PA regularmente em gatos adultos a geriátricos. Na prática clínica, os dispositivos doppler e oscilométricos são mais comumente utilizados. Devido aos diversos fatores que contribuem para a variação da PA, a IRIS recomenda a padronização da técnica de aferição de forma a obter valores fidedignos (Acierno et al., 2018; IRIS, 2023b) . A classificação da hipertensão em gatos é baseada no risco de lesões em órgãos alvo e pode ser observada na tabela 4 (Acierno et al., 2018). No entanto, em animais saudáveis, de forma a assegurar que os órgãos vitais apresentem perfusão adequada, refere-se que a pressão arterial sistólica (PAS) deve ser inferior a 140mmHg (Lawson & Jepson, 2021).

Tabela 4: Classificação do estado hipertensivo em função do risco de desenvolvimento de lesão em órgão alvo (Adaptado de Acierno et al., 2018).

Classificação	PAS (mmHg)	Risco de lesões em órgãos-alvo
Normotenso	< 140 mmHg	Mínimo
Pré-hipertenso	140-159 mmHg	Baixo
Hipertenso	160-179 mmHg	Moderado
Gravemente hipertenso	> 180 mmHg	Alto

1.6. Prognóstico

O prognóstico da DRC felina está altamente associado ao estadiamento da IRIS. De forma geral a esperança média de vida de gatos nos estadios II, III e IV são de 1.151, 679 e 35 dias, respetivamente, sendo estes valores apresentados com um valor de confiança de 95% (Brown, 2016; Quimby, 2024). Outros fatores que predisõem um pior prognóstico incluem hiperfosfatémia, aumento da concentração sérica de fator de crescimento fibroblástico (FGF-23), proteinúria renal persistente, hipertensão sistémica, anemia, baixo peso corporal e toxinas urémicas. (Brown, 2016; Nassar et al., 2025; Quimby, 2024).

O FGF-23 é responsável por manter os níveis de fosfato sérico dentro dos limites de referência através do aumento da excreção renal, da redução da absorção intestinal de fosfato, e da diminuição da síntese e da degradação do calcitriol (DiBartola & Westropp, 2020b, 2020a; Grelová et al., 2022; Kongtasai et al., 2022; Lin et al., 2021). Níveis elevados de FGF-23 predisõem o desenvolvimento da azotemia em gatos geriátricos, para além de estar diretamente relacionado com o paratormônio (PTH) e os níveis de fósforo sérico, e inversamente correlacionado com o hematócrito (Brown, 2016). Da mesma forma, a hipertensão afeta a severidade da proteinúria, que por sua vez, mostra-se ser um fator de grande contribuição para a esperança de vida média dos felinos (Quimby, 2024).

A diminuição de reticulócitos está diretamente associada a diminuição da produção de eritropoetina em resposta à perda de massa funcional renal. Existe uma correlação significativa entre a progressão da DRC e o desenvolvimento de anemia não regenerativa em felinos, sendo que a medida que a doença progride, a anemia torna-se mais grave, contribuindo para sinais clínicos debilitantes e reduzindo a taxa de sobrevivência (Khalil et al., 2024; Reu & Codreanu, 2024). Ainda mais, a acumulação de toxinas urémicas circulantes resulta em alterações gastrointestinais e contribuem para a anemia através da hemólise causada (Khalil et al., 2024).

2. Objetivos do estudo

A DRC, para além de apresentar uma natureza irreversível e progressiva, representa a segunda maior causa de mortalidade em gatos. Deste modo, um diagnóstico e tratamento precoce podem retardar a progressão da doença, prevenir complicações metabólicas secundárias e ter um impacto significativo na longevidade e na qualidade de vida dos gatos acometidos. O índice de resistividade renal (IRR), obtido através do Doppler ultrassonográfico, tem sido proposto como um marcador hemodinâmico, não invasivo, e com potencial de identificar alterações renais funcionais e estruturais. Neste contexto, o presente estudo tem

como objetivo investigar a aplicabilidade clínica do IRR em gatos saudáveis e com DRC, procurando estabelecer correlações com variáveis clínicas e laboratoriais relevantes, como forma de contribuir para as ferramentas diagnósticas disponíveis na nefrologia veterinária.

Com isso, os objetivos específicos do estudo incluem:

- a) Comparar o IRR entre gatos saudáveis e gatos com DRC;
- b) Correlacionar o IRR com as concentrações de creatinina sérica e ureia;
- c) Avaliar a relação entre o IRR e a pressão arterial sistêmica em gatos saudáveis e em gatos com DRC;
- d) Avaliar a relação entre a desidratação e o IRR;
- e) Avaliar a relação do IRR com a raça, peso, idade e sexo;
- f) Avaliar a influência da gabapentina na pressão arterial sistêmica e no IRR em gatos saudáveis e em gatos DRC;
- g) Avaliar se existe uma variação significativa do IRR entre os diferentes estádios da DRC, conforme a classificação IRIS baseada nos valores de creatinina sérica.

Parte III: Materiais e Métodos

O estudo desenvolvido pode ser classificado com um estudo epidemiológico, quantitativo, analítico, caso-controle e prospectivo. Para a sua realização, foi necessária a recolha de dados de um grupo controle e um grupo de estudo, ambos provenientes do Hospital Veterinário da Bicuda.

1. Amostragem do estudo

O presente estudo contou com a participação de 22 pacientes da espécie *Felis catus*, divididos em dois grupos distintos, grupo controle e grupo de estudo (Tabela 5).

Tabela 5: Composição dos grupos analisados para a realização do estudo.

Grupo	Característica	<i>n</i>
Grupo controle	Felinos domésticos considerados saudáveis	10
Grupo de estudo (DRC)	Felinos domésticos com diagnóstico de DRC	12

O grupo controle, constituído por 10 felinos domésticos ($n = 10$), foi composto por gatos com ausência de evidências clínicas sugestivas de patologia renal tanto no histórico clínico e no exame físico, como nas análises laboratoriais ou na ecografia abdominal, e que encontravam-se no hospital para a realização de consultas ou para a realização de procedimentos cirúrgicos. Em contrapartida, o grupo de estudo, constituído por 12 felinos domésticos ($n = 12$), foi composto por gatos com evidências de alterações renais no histórico clínico, exame físico, análises laboratoriais e/ou na ecografia abdominal, estando presentes no hospital em regime de internamento, ou para consultas. Os dados adicionais dos felinos que compuseram o presente estudo podem ser consultados na tabela A1 e B1 presentes no apêndice A e B, respetivamente.

1.1. Critérios de inclusão e exclusão do estudo

Os critérios de inclusão e exclusão considerados para o delineamento do estudo realizado, são apresentados nas tabelas 6 e 7, respetivamente.

Tabela 6: Critérios de inclusão aplicados nos grupos analisados.

Grupo de estudo	Critérios de inclusão
Grupo controle	1. Ausência de alterações renais no histórico clínico; 2. Ausência de alterações significativas no exame físico; 3. Apresentar valores de creatinina sérica, ureia, hematócrito e proteína total; 4. Ausência de alterações significativas na ecografia abdominal, como rins com dimensão normal, preservação da relação e/ou definição corticomedular, ecogenicidade e ecotextura renal normais; 5. Gatos que permitam a aferição da pressão arterial e a realização dos exames complementares de diagnóstico sem a necessidade de sedação ou anestesia geral; 6. Gatos em que administração de gabapentina (10 mg/kg), 1 a 2 horas antes do exame, foi necessária; 7. Jejum de 6-8 horas.
Grupo de estudo (DRC)	1. Possuir diagnóstico clínico de DRC; 2. Apresentar valores de creatinina sérica, ureia, hematócrito e proteína total; 3. Alterações ecográficas compatíveis com DRC, como alteração da dimensão renal, alteração na relação ou definição corticomedular, alteração na ecogenicidade e/ou ecotextura; 4. Gatos que permitam a aferição da pressão arterial e a realização dos exames complementares de diagnóstico sem a necessidade de sedação ou anestesia geral; 5. Gatos em que a administração de gabapentina (10 mg/kg), 1 a 2 horas antes do exame, foi necessária; 6. Jejum de 6-8 horas.

Tabela 7: Critérios de exclusão aplicados nos grupos analisados.

Grupo de estudo	Critérios de exclusão
Grupo controle	1. Presença de alterações significativas renais na análise sanguíneas ou na ecografia abdominal 2. Tempo superior a 24 horas entre as análises sanguíneas, aferição da pressão arterial e a ecografia abdominal; 3. Suspeita ou diagnóstico de patologias cardíacas ou outras patologias que afetem Índice de Resistividade (IR) renal; 4. Suspeita ou diagnóstico confirmado de neoplasia renal devido a alterações morfológicas causadas; 5. Suspeita ou diagnóstico de insuficiência renal aguda (IRA), obstrução ureteral, infecção no trato urinário ou cistite idiopática felina; 6. Ausência de valores de creatinina sérica, ureia, hematócrito ou proteína total; 7. Gatos com necessidade de sedação ou anestesia geral para a realização dos exames complementares de diagnóstico, incluindo a aferição da pressão arterial. 8. Ausência de jejum de 6-8 horas.
Grupo de estudo (DRC)	Critérios de 2. a 8. aplicados ao grupo controle

2. Obtenção de dados

2.1. Aferição da pressão arterial

A aferição da pressão arterial foi efetuada antes do exame físico, colheita de sangue e do exame ultrasonográfico, para evitar quadros de hipertensão situacional. Esta foi realizada através do método Doppler, com o aparelho Doppler Vascular Medmega modelo DV 610V, sendo efetuada sempre pelo mesmo clínico e seguindo o protocolo previamente estabelecido pelo *ACVIM consensus statement: Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats* de 2018.

O exame foi realizado sempre no internamento dos gatos, sendo este um ambiente calmo, isolado e afastado de outros animais. Antes da medição, os gatos foram permitidos ambientar-se com a sala durante 10 minutos, promovendo o mínimo de manipulação durante este período. O *cuff* escolhido apresentava cerca de 30 a 40% da circunferência do local onde a medição foi realizada, sendo este colocado no antebraço do membro anterior esquerdo, ou na base da cauda em animais mais assustados. Durante a aferição, o animal foi mantido em posição fisiológica e o transdutor de 10MHz foi colocado sobre a artéria radial ou sobre a artéria coccígea para a deteção do pulso, com o auxílio de gel de ultrassom. Em todos os doentes foram realizadas seis medições, sendo a primeira descartada. O valor da pressão arterial sistólica considerada foi a média das restantes cinco medições, sendo estas consecutivas e consistentes.

A classificação do animal em normotenso, pré-hipertenso, hipertenso ou gravemente hipertenso foi realizada de acordo com a tabela de classificação da hipertensão arterial sistémica e risco de LOA (Tabela 4).

2.2. Hemograma e Bioquímicas séricas

A colheita de sangue para a realização do hemograma e das bioquímicas séricas foi realizada na veia jugular ou na veia safena medial. O hemograma foi realizado no Analizador Hematológico *ProCyt One (IDEXX)*, através da amostra obtida e armazenada em um tubo de colheita contendo EDTA. A medição do hematócrito foi importante para a identificação de um possível quadro de anemia, comum na DRC felina, e para identificar aquando na presença de desidratação. Os valores de referência do equipamento para o hematócrito foram de 30,3 a 52,3%.

Para a determinação do diagnóstico clínico de DRC, para além da presença de alterações renais identificadas na ecografia abdominal, foi necessária a medição da creatinina sérica. Por conseguinte, visto que a medição do SDMA para fins de estudo não foi possível, o

estadiamento da DRC de acordo com a IRIS foi realizado através do valor da creatinina sérica. Em termos de equipamento, as análises dos biomarcadores séricos foram realizadas no Analizador de Química *Catalyst One (IDEXX)*, através de sangue total armazenado em um tubo com heparina de lítio. Os valores de referência do equipamento para a creatinina sérica foram de 0,8 a 2,4 mg/dL, e para a ureia foram de 16 a 36 mg/dL. Apesar do limite superior da creatinina sérica ser considerado 2,4 pela IDEXX, o valor limite considerado para a realização deste estudo foi de 1,6, como estabelecido pelas diretrizes da IRIS (Tabela 2).

2.3. Ecografia abdominal

Para apoiar ou excluir o diagnóstico de DRC, e para a obtenção do IRR, foi realizada ecografia abdominal dos animais que compreenderam o grupo controlo e o grupo de estudo (DRC). Para tal, os gatos foram posicionados em decúbito dorsal em uma almofada de posicionamento, com a contenção mecânica dos membros. A tricotomia da região ventrolateral do abdómen foi realizada, juntamente com a limpeza e posterior aplicação de gel ecográfico para melhor condução das ondas ultrassonográficas. De forma a limitar o viés do presente estudo, o exame ultrassonográfico foi realizado sempre pelo mesmo clínico e no ecógrafo da marca *Mindray* modelo estacionário Vetus 7, com uma sonda linear de (L12-4S) 3 a 13 MHz e uma sonda microconvexa (C11-3S) de 3 a 11 MHz.

Inicialmente, a ecografia em Modo B, com ambos os transdutores, foi utilizada para realizar um exame ultrassonográfico completo da cavidade abdominal, de forma a excluir outras condições patológicas que influenciem a avaliação do IRR. Para a avaliação dos rins, foram registados o comprimento renal, a ecogenicidade do córtex renal em relação ao baço, a ecogenicidade da medula renal em relação ao córtex renal, alterações na definição e relação corticomedular e na ecotextura renal, a presença de pielectasia, banda medular e/ou líquido retroperitoneal. Após a avaliação dos aspectos morfológicos, a arquitetura vascular foi observada. Com a sonda microconvexa (3 a 11 MHz), o Doppler colorido foi utilizado em conjunto com a imagem em modo B como forma de detetar vasos intrarenais. Com o rim em plano dorsal e após a deteção da artéria interlobar eleita para a medição do IRR, o Doppler pulsado foi ativado (Figura 11b). O volume da amostra foi ajustado para 0,5 mm e posicionado sobre o vaso em questão. O ângulo do Doppler não excedeu 60°, o filtro de parede foi definido para 150Hz, o ganho ajustado para 50% e a frequência de repetição do pulso foi mantida o mais baixa possível, entre 2.3k e 4.8k, para evitar *aliasing*. O critério de seleção para o espectro Doppler foi um mínimo de três formas de ondas sucessivas e semelhantes, com a onda intermédia utilizada para determinar o valor do IRR (Figura 11a). O índice foi calculado pelo

software do ecógrafo através da seguinte fórmula: $\text{índice de resistividade} = \frac{(\text{velocidade sistólica máxima} - \text{velocidade diastólica final})}{\text{velocidade sistólica máxima}}$. O valor de corte do IRR foi de 0,70, sendo este descrito como valor de referência em estudos recentes como Evangelista et al., (2022) e Huguet et al., (2023).

É importante ressaltar que todos os exames ultrassonográficos recorram sem a sedação dos animais, de forma a não influenciar os valores do IRR obtidos. Segundo os autores do estudo Evangelista et al., (2022), não existe uma diferença significativa entre os valores do índice de resistividade (IR) do rim esquerdo e direito, apenas quando existe alterações focais que possam aumentar significativamente as pressões capilares locais. Neste contexto, e de forma a padronizar o protocolo do estudo, permitir a realização do exame ultrassonográfico em gatos menos cooperantes, e para a facilidade do clínico, apenas o rim esquerdo foi utilizado para a medição do IRR.

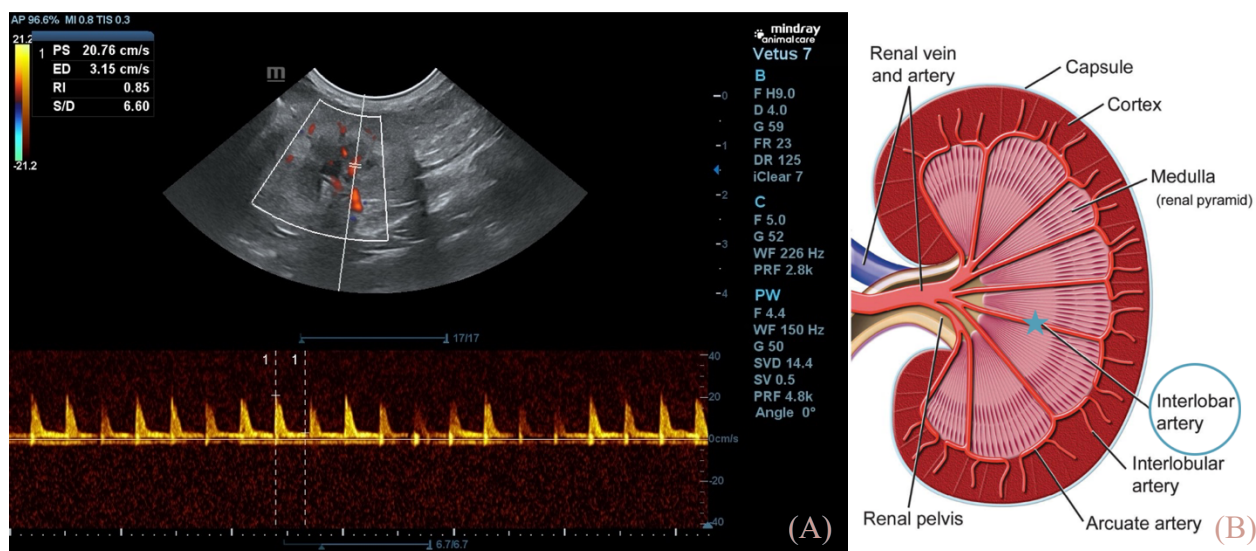


Figura 11: (A) Imagem ultrassonográfica do rim esquerdo de um felino diagnosticado com DRC. Medição do IRR através do uso do Doppler colorido e pulsado, com a seleção de uma onda dentro de no mínimo três semelhantes e sucessivas. O IRR é calculado pelo software do ecógrafo através da fórmula mencionada na secção 2.3 (Imagem cedida pela Dr^a Juliana Fragoso, Hospital Veterinário da Bicuda, uso autorizado); (B) Ilustração do rim em plano sagital, onde é possível observar a artéria renal, artérias interlobares, arqueadas e interlobulares. A arteríola aferente estende-se então até aos vasos glomerulares. * representa as artérias interlobares onde o IRR foi medido para o desenvolvimento do presente estudo (Chew & Schenck, 2023).

2.4. Grau de desidratação

No equipamento utilizado para as bioquímicas séricas, foi possível realizar a medição das proteínas totais, como forma de avaliar o grau de desidratação do paciente juntamente com o hematócrito e o exame físico (avaliação da coloração das mucosas, tempo de perfusão capilar, afundamento do globo ocular e turgor cutâneo). O valor de referência das proteínas totais considerado pelo equipamento foi de 5,7 a 8,9 g/dL. A classificação do grau de desidratação através das alterações presentes no exame físico foi baseada no *2024 AAHA Fluid Therapy Guidelines for Dogs and Cats* (Tabela 8).

Tabela 8: Desidratação intersticial estimada (%) com base nas alterações encontradas no exame físico (Adaptado de Pardo et al., 2024).

% Estimada de desidratação	Alterações encontradas no exame físico
<5%	Sem alterações
5-6%	Alguma alteração no turgor cutâneo
6-8%	Ligeira redução no turgor cutâneo Membranas mucosas secas
8-10%	Redução no turgor cutâneo Retração do globo ocular
10-12%	Pele flácida devido a perda total de elasticidade Córneas opacas; Com ou sem retração do globo ocular Xerostomia pode estar presente em pacientes com DRC sem desidratação Evidência de hipovolêmia
>12%	Choque hipovolêmico Morte

3. Análises estatísticas

Os dados recolhidos foram inicialmente organizados em planilhas do Microsoft Excel® (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EUA) e posteriormente exportados para o software IBM SPSS Statistics®, versão 29.0 (IBM Corp, Armonk, NY, EUA) e para o GraphPad Prism®, versão 10.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA) para tratamento estatístico e construção dos gráficos.

A análise iniciou-se com estatística descritiva, calculando-se a média, mediana, desvio padrão (DP), valores mínimo e máximo e intervalo interquartil (IIQ) para variáveis contínuas (idade, peso, creatinina, ureia, índice de resistividade renal (IRR), pressão arterial sistólica, hematócrito e proteínas totais). Para variáveis categóricas (sexo, raça, presença de doença renal crónica (DRC), uso de gabapentina, grau de desidratação) foram determinadas frequências

absolutas (n) e relativas (%). A normalidade da distribuição dos dados contínuos foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. De acordo com o resultado, foram aplicados testes paramétricos (quando $p > 0,05$) ou não paramétrico ($p \leq 0,05$).

Para a comparação entre os grupos (gatos saudáveis vs. gatos com DRC), utilizaram-se o teste t de Student para amostras independentes (paramétrico) ou o teste de Mann-Whitney (não paramétrico) para variáveis contínuas, e os testes de Qui-quadrado ou Exato de Fisher para variáveis categóricas. Nos gatos com DRC, quando aplicável, as diferenças entre os estádios IRIS foram avaliadas por ANOVA unidirecional (dados paramétricos) com teste post-hoc de Tukey ou pelo teste Kruskal-Wallis (dados não paramétricos) com comparação múltipla de Dunn. As correlações entre o IR e variáveis contínuas (creatinina, ureia, pressão arterial, idade, peso, hematócrito e proteínas totais) foram avaliadas pelos testes de correlação de Pearson (distribuição normal) ou Spearman (não normal). O nível de significância adotado em todas as análises foi de 5% ($p < 0,05$).

Parte IV: Resultados

1. Caracterização da amostra

Foram incluídos 22 gatos no estudo, sendo 10 no grupo controlo e 12 no grupo com DRC. A idade média dos gatos foi de $11,4 \pm 5,0$ anos (0,5–19 anos), com peso médio de $3,83 \pm 1,24$ kg. Os valores séricos de creatinina apresentaram ampla variação, de 0,6 a 23,2 mg/dL (média: $16 \pm 5,45$ mg/dL), enquanto a ureia oscilou entre 15 e 130 mg/dL (média: $56,5 \pm 44,7$ mg/dL). O IRR apresentou média de $0,70 \pm 0,11$, com valores variando de 0,52 a 0,89. A pressão arterial sistólica média foi de $138,5 \pm 34,0$ mmHg (70–220 mmHg). O hematócrito apresentou média de $38,5 \pm 11,8\%$, enquanto a proteína total sérica apresentou média de $8,03 \pm 1,62$ g/dL.

2. Parâmetros clínicos e laboratoriais

A tabela 9 resume os resultados descritivos e o gráfico 8 apresenta boxplots ilustrando a distribuição dos valores de creatinina, ureia e IR entre gatos saudáveis e gatos com DRC.

Tabela 9: Estatística descritiva (média $\pm$ desvio padrão, mediana com intervalo interquartil e valores mínimo-máximo) das variáveis contínuas avaliadas em gatos saudáveis ($n = 10$) e gatos com Doença Renal Crónica (DRC; $n = 12$), incluindo idade, peso, creatinina, ureia, índice de resistividade renal (IRR), pressão arterial sistólica, hematócrito e proteínas totais.

Variável	Média $\pm$ DP	Mediana (IIQ)	Mínimo – Máximo
Idade (anos)	$11,38 \pm 5,00$	11,5 (9,25–15,0)	0,5 – 19,0
Peso (kg)	$3,83 \pm 1,24$	3,6 (3,04–4,52)	1,75 – 6,50
Creatinina (mg/dL)	$4,16 \pm 5,45$	1,9 (1,12–4,52)	0,6 – 23,2
Ureia (mg/dL)	$56,55 \pm 44,68$	29,5 (26,25–87,0)	15 – 130
IRR	$0,70 \pm 0,11$	0,68 (0,63–0,76)	0,52 – 0,89
PAS (mmHg)	$138,55 \pm 34,04$	137,5 (115,0–148,8)	70 – 220
Hematócrito (%)	$38,46 \pm 11,78$	39,5 (31,6–43,2)	17,1 – 72,3
Proteínas totais	$8,03 \pm 1,62$	7,75 (6,7–8,5)	6,2 – 12,0

IRR - Índice de Resistividade Renal; PAS - Pressão arterial sistólica; DP – Desvio padrão; IIQ – Intervalo interquartil.

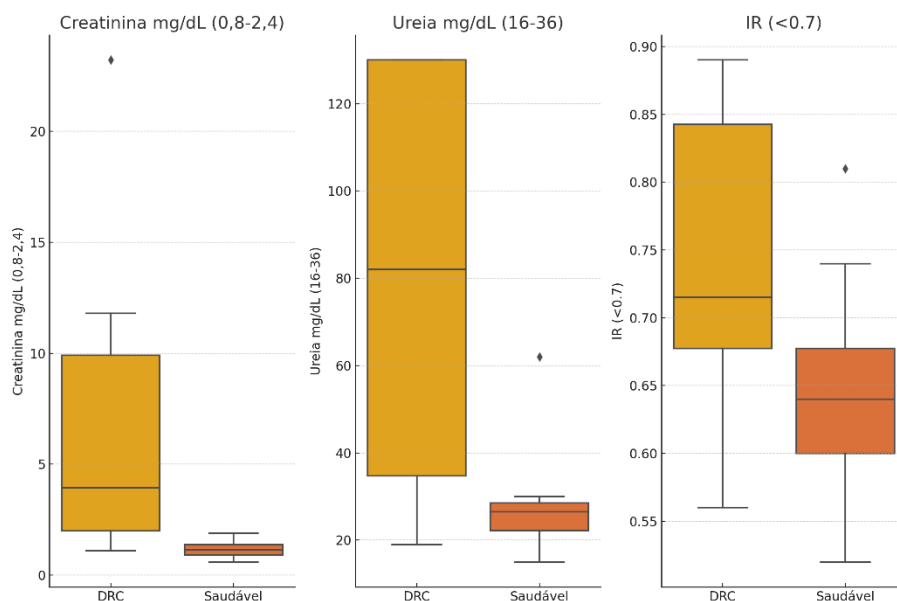


Gráfico 8: Distribuição dos valores séricos de creatinina (mg/dL), ureia (mg/dL) e do índice de resistividade renal (IRR) em gatos saudáveis ($n = 10$) e gatos com Doença Renal Crônica (DRC; $n = 12$), demonstrados em boxplots com mediana, intervalo interquartil e valores extremos; as diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p < 0,05$) estão assinaladas com asteriscos (*) (Original da autora).

Os boxplots mostram a mediana (linha central), os quartis (caixa) e os valores extremos (pontos fora do limite) (Gráfico 8). Nota-se maior dispersão e valores significativamente mais elevados de creatinina no grupo DRC. O IRR apresenta sobreposição entre os grupos, mas com tendência a valores superiores nos gatos com DRC. Diferenças estatisticamente significativas estão indicadas com asteriscos.

Antes da realização dos testes inferenciais, a normalidade das variáveis contínuas foi avaliada através do teste de Shapiro-Wilk. As variáveis idade, peso, IRR, pressão arterial sistólica e hematócrito apresentaram distribuição normal ($p > 0,05$). Em contrapartida, as variáveis creatinina, ureia e proteínas totais apresentaram distribuição não normal ($p < 0,05$). Esses achados determinaram a escolha dos testes estatísticos subsequentes: testes paramétricos foram aplicados para variáveis com distribuição normal, enquanto testes não paramétricos foram utilizados para as variáveis não normalmente distribuídas.

As comparações estatísticas entre os gatos saudáveis e os gatos com DRC estão apresentadas na tabela 10. Foram aplicados testes paramétricos (t-test) para variáveis com distribuição normal e testes não paramétricos (Mann-Whitney) para variáveis não normalmente distribuídas. Observou-se que os gatos com DRC eram significativamente mais velhos ($p = 0,0068$) e apresentaram valores significativamente mais elevados de creatinina

($p = 0,0004$), ureia ($p = 0,0048$) e do índice de resistividade renal (IRR; $p = 0,0329$) em relação aos gatos saudáveis. Peso, hematócrito e proteínas totais não diferiram entre os grupos, enquanto a pressão arterial sistólica apresentou uma tendência de elevação nos gatos com DRC ($p = 0,0636$), mas sem significância estatística.

Tabela 10: Comparação dos valores médios das variáveis contínuas entre gatos saudáveis ($n = 10$) e gatos com Doença Renal Crônica (DRC; $n = 12$), indicando o teste estatístico utilizado, estatística do teste e p-valor (nível de significância $p < 0,05$).

Variável	Teste utilizado	Estatística	p-valor
Idade (anos)	t-test	-3,129	0,0068
Peso (kg)	t-test	0,701	0,492
Creatinina (mg/dL)	Mann-Whitney	6,000	0,0004
Ureia (mg/dL)	Mann-Whitney	17,000	0,0048
IRR	t-test	-2,292	0,0329
PAS (mmHg)	t-test	-2,016	0,0636
Hematócrito (%)	t-test	-0,858	0,4038

IRR - Índice de Resistividade Renal; PAS - Pressão arterial sistólica.

3. Correlações do IRR

As correlações entre o IRR e os parâmetros clínicos e laboratoriais estão apresentados na tabela 11. Observou-se correlação positiva e significativa do IRR com os valores séricos de creatinina ($r = 0,634$; $p = 0,0015$) e ureia ($r = 0,694$; $p = 0,0003$). Não foram identificadas correlações significativas com pressão arterial sistólica, idade, peso, hematócrito e proteínas totais ($p > 0,05$). A gráfico 9 apresenta um *heatmap* ilustrativo das correlações entre o IR e as demais variáveis, destacando visualmente a força das associações, onde tons mais intensos representam maior correlação. Observa-se correlação positiva marcante de IR com creatinina e ureia, enquanto as demais variáveis apresentaram correlações fracas ou ausentes.

Tabela 11: Coeficientes de correlação (r) entre o índice de resistividade renal (IRR) e variáveis clínicas e laboratoriais em gatos saudáveis ($n = 10$) e gatos com Doença Renal Crônica (DRC; $n = 12$), com indicação do teste estatístico utilizado e do valor de p (nível de significância $p < 0,05$).

Variável	Teste utilizado	r	p-valor
Creatinina (mg/dL)	Spearman	0,634	0,0015
Ureia (mg/dL)	Spearman	0,694	0,0003
PAS (mmHg)	Pearson	0,135	0,5504
Idade (anos)	Pearson	0,371	0,0893
Peso (kg)	Pearson	-0,169	0,4519
Hematócrito (%)	Pearson	0,176	0,4332
Proteínas totais (g/dL)	Spearman	0,353	0,107

PAS - Pressão arterial sistólica.

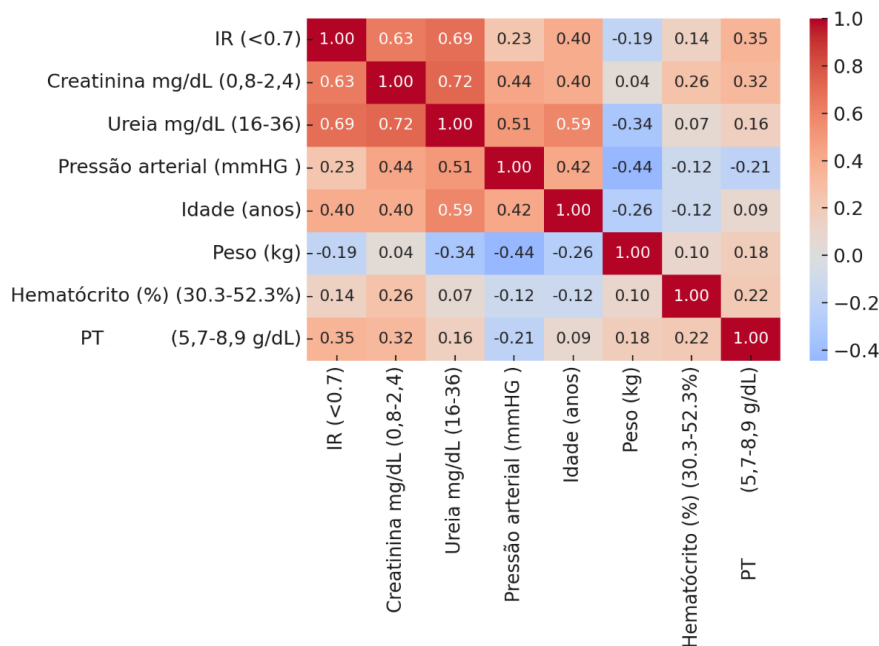


Gráfico 9: Heatmap das correlações entre o índice de resistividade renal (IRR) e variáveis clínicas e laboratoriais em gatos saudáveis ($n = 10$) e gatos com Doença Renal Crônica (DRC; $n = 12$), utilizando coeficientes de Spearman; tons mais intensos indicam maior força de correlação (positiva ou negativa) (Original da autora).

4. Variáveis categóricas

A relação do índice de resistividade renal (IRR) com variáveis categóricas está resumida na tabela 12. Não foram observadas diferenças estaticamente significativas nos valores de IR entre machos e fêmeas ($p = 0,9672$), entre os gatos que receberam ou não

gabapentina ($p = 0,966$), nem entre as diferentes raças ($p = 0,5973$). A desidratação demonstrou tendência de associação com IR ($p = 0,0894$), mas sem alcançar significância estatística.

Tabela 12: Análise do índice de resistividade renal (IRR) em função de variáveis categóricas (sexo, uso de gabapentina, grau de desidratação e raça) em gatos saudáveis ($n = 10$) e gatos com Doença Renal Crônica (DRC; $n = 12$), indicando o teste estatístico utilizado, estatística do teste e p-valor (nível de significância $p < 0,05$).

Variável categórica	Teste utilizado	Grupos comparados	Estatística	p-valor
Sexo	Kruskal-Wallis	Fêmea, Macho	0,261	0,9672
Gabapentina	Mann-Whitney	Sim, Não	35,000	0,966
Desidratação (%)	Kruskal-Wallis	menor que 5, 5-6, 6-8, 8-10	6,508	0,0894
Raça	Kruskal-Wallis	Bengal, Europeu Comum, Persa, Ragdoll, Sagrado da Birmânia, Scottish Fold	3,674	0,5973

A distribuição do índice de resistividade renal (IRR) em função do grau de desidratação está representada na gráfico 10. Observa-se uma tendência de aumento do IRR em gatos com graus mais elevados de desidratação, embora sem alcançar significância estatística ($p = 0,0894$).

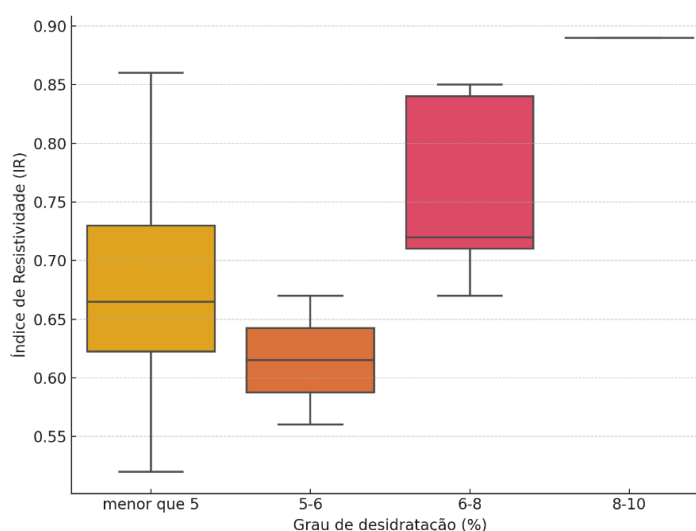


Gráfico 10: Índice de resistividade renal (IRR) em função do grau de desidratação em gatos saudáveis ($n = 10$) e gatos com Doença Renal Crônica (DRC; $n = 12$), representado em boxplot com mediana, intervalo interquartil e valores individuais (*swarmplot*) (Original da autora).

Os boxplots mostram a mediana e o intervalo interquartil de IRR para cada categoria de desidratação. Pontos individuais representam valores de cada animal. Nota-se tendência de elevação do IR em graus mais altos de desidratação.

A comparação entre os gatos que receberam gabapentina ($n = 2$ gatos com DRC e $n = 2$ gatos saudáveis) e os que não receberam ($n = 10$ gatos com DRC e $n = 8$ gatos saudáveis) não demonstrou diferenças significativas nos valores do IRR ($p = 0,966$) nem da PAS ($p = 0,521$). Portanto, a gabapentina não alterou de forma significativa o IRR ou a pressão arterial nos gatos avaliados.

5. IRR e estadiamento IRIS

A análise do IRR de acordo com os estádios IRIS está representada na tabela 13. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos valores de IRR entre os estádios IRIS I, II e IV ($p = 0,523$). É importante destacar que nenhum gato foi classificado como IRIS III e apenas um gato foi classificado como IRIS I, o que limita a robustez da análise.

Tabela 13: Distribuição do índice de resistividade renal (IRR) entre os diferentes estádios IRIS em gatos com Doença Renal Crônica ($n = 12$), incluindo mediana, intervalo interquartil (IIQ) e número de animais em cada estágio; teste Kruskal-Wallis aplicado ($p = 0,523$).

Estádio IRIS	n	Mediana IR (IIQ)
IRIS I	1	0,710 (único valor)
IRIS II	5	0,700 (0,68 – 0,72)
IRIS IV	6	0,845 (0,71 – 0,86)

Parte V: Discussão

A doença renal crônica (DRC) é uma das patologias mais frequentemente encontradas em felinos adultos a geriátricos, apresentando uma taxa de mortalidade de cerca de 13% (Groves, 2020). Para além dos biomarcadores renais já utilizados, como a creatinina, a ureia e o SDMA, a dopplerfluxometria renal surge como uma ferramenta complementar de diagnóstico e prognóstico permitindo avaliar parâmetros hemodinâmicos intrarrenais. O presente estudo avaliou o índice de resistividade renal (IRR) em gatos saudáveis e em gatos com DRC, correlacionando este parâmetro com marcadores clínicos e laboratoriais e analisando possíveis fatores de influência.

1. Correlação entre a DRC e parâmetros clínicos e laboratoriais

A prevalência da DRC aumenta exponencialmente com a progressão da idade. Estima-se que cerca de 30 a 40% dos gatos com mais de 10 anos de idade são afetados pela doença (Brown, 2016). Na comparação entre os grupos de estudo, observou-se que os gatos com DRC apresentavam uma idade média significativamente superior ($p = 0,0068$) em relação aos gatos saudáveis, reforçando a associação conhecida entre o envelhecimento e o desenvolvimento da doença renal (Tabela 10). Apesar de condições como doenças infecciosas, congénitas e neoplásicas serem descritas como possíveis etiologias da DRC, o envelhecimento renal promove uma maior suscetibilidade a lesões (Quimby, 2024). Os autores do estudo Quimby et al., (2021), descrevem o aumento da senescência renal, o encurtamento dos telómeros e o estresse nitrosativo como alterações relacionadas ao desenvolvimento da DRC felina.

A ampla variação nos valores de creatinina e ureia, especialmente no grupo de gatos com DRC, reflete diferentes graus de comprometimento renal entre os indivíduos avaliados (Gráfico 8). No entanto, a interpretação destes biomarcadores deve ser realizada de forma a considerar as influências extrarrenais que cada um apresenta e que possa comprometer a sua precisão diagnóstica. A creatinina, embora seja utilizada no estadiamento da DRC e constitua um dos principais biomarcadores para a avaliação da TFG, apresenta-se sujeita a influência de fatores extrarrenais, como a massa muscular, a nutrição e o estado de hidratação, podendo subestimar a gravidade da disfunção renal em animais com perda acentuada de massa muscular, condição frequentemente observada em estadios mais avançados da doença (Kongtasai et al., 2022). Por outro lado, um aumento da creatinina sérica ocorre apenas quando há uma redução da função renal em cerca de 75%, desde modo, quando presente, pode servir de indicativo de uma redução substancial da função renal (ver secção 1.3.1.1.1) (DiBartola & Westropp, 2020b).

De forma semelhante, a ureia, apesar de ser considerada um biomarcador para identificar alterações na TFG e avaliar toxinas urémicas, sofre influência da ingestão protéica, condições catabólicas, hemorragia gastrointestinal e grau de hidratação (Syme & Jepson, 2024). Deste modo, a dispersão dos valores encontrada neste grupo, não deve ser atribuída exclusivamente como reflexo da progressão da doença renal, mas também como manifestação das condições clínicas, metabólicas e nutricionais individuais de cada animal.

Na comparação entre os grupos avaliados, os gatos com DRC apresentaram concentrações significativamente mais elevadas de creatinina ($p = 0,0004$) e ureia ($p = 0,0048$) comparativamente ao grupo controlo (Gráfico 8). Este achado é compatível com o esperado em função da redução progressiva da TFG que caracteriza a doença (Kongtasai et al., 2022). Para além disso, ressalta a importância e utilidade clínica da creatinina sérica e ureia na diferenciação entre felinos saudáveis e doentes renais.

A hipertensão arterial sistémica é uma condição comum em felinos geriátricos, frequentemente secundária à DRC (ver secção 1.5) (Flora et al., 2025). A perda progressiva de nefrónios durante a progressão da doença promove um aumento na ativação do SRAA, resultando em proteinúria e potencialmente ao desenvolvimento de hipertensão (Lawson & Jepson, 2021). Na comparação entre os grupos avaliados, a pressão arterial demonstrou tendência de elevação nos felinos com DRC, mas sem alcançar significância estatística, o que sugere que a hipertensão pode estar presente em alguns indivíduos, embora sem uniformidade na amostra. Esses resultados corroboram com estudos recentes que descrevem prevalências variáveis de hipertensão arterial sistémica em felinos com DRC, com valores que podem ultrapassar 40% dependendo do estadio da doença e da população estudada (Sparkes et al., 2016). A ausência de significância estatística entre os grupos analisados pode estar relacionada tanto com tamanho amostral do estudo, quanto com a heterogenicidade clínica dos pacientes. Ainda assim, a tendência observada é clinicamente relevante, justificando a recomendação de monitorizações regulares da pressão arterial em gatos com DRC (Freitas et al., 2025; Sparkes et al., 2016).

2. Utilização do IRR para diferenciar entre felinos saudáveis e felinos com DRC

Na análise descritiva do estudo, o IRR apresentou média próxima ao limite de referência, sugerindo que mesmo gatos com valores laboratoriais discretamente alterados podem apresentar modificações hemodinâmicas detetáveis pela dopplerfluxometria. Esse achado é coerente com estudos recentes que demonstram que a resistência vascular intrarrenal tende a aumentar em pacientes com DRC, refletindo alterações estruturais como fibrose

intersticial, esclerose glomerular, remodelação arteriolar, redução da complacência vascular e diminuição do fluxo diastólico renal, sendo estas características da doença (Matos et al., 2018; Tipisca et al., 2016). Dessa forma, o IRR pode ser utilizado como marcador precoce de distúrbios funcionais e vasculares não detetáveis pelos biomarcadores séricos comumente utilizados, como a creatinina sérica e a BUN.

Na comparação entre os grupos, os gatos com DRC apresentaram valores significativamente mais elevados de IRR ($p = 0,0329$), comparativamente a gatos saudáveis (Tabela 10). Estes resultados reforçam o IRR como um potencial marcador da presença de DRC. Valores médios de IRR próximos de 0,70 em gatos azotêmicos estão em linha com relatos de Evangelista et al., (2022), que descrevem um limiar patológico entre 0,70 e 0,72. Considerando os resultados do presente estudo e os resultados da literatura, o IRR pode ser uma ferramenta útil no diagnóstico e monitorização da progressão da DRC em felinos.

3. Correlação entre o IRR e os marcadores de azotemia

As análises de correlação demonstraram que o IRR da artéria interlobar apresentou associação significativamente positiva com marcadores de azotemia, creatinina ($p = 0,0015$) e ureia ($p = 0,0003$), achado que sugere uma relação entre o aumento da resistência vascular intrarrenal e a presença de azotemia (Tabela 11; Gráfico 9).

O resultado encontrado corrobora parcialmente com os autores do estudo Evangelista et al., (2022), em que relataram uma correlação positiva entre o IRR e a ureia. Resultados semelhantes foram relatados por Evangelista et al., (2023), que avaliaram o IRR de artérias arqueadas ou interlobares de 29 felinos, sendo estes subdivididos em grupo controlo ($n = 10$), grupo de felinos com doença obstrutiva do trato urinário inferior ($n = 11$) e grupo de felinos com doença não obstrutiva do trato urinário inferior ($n = 8$). Os autores deste estudo observaram uma elevação significativa do índice em gatos com doença obstrutiva e não obstrutiva do trato urinário inferior. Esses achados indicam que alterações hemodinâmicas intrarrenais acompanham a progressão de distúrbios que comprometem a perfusão e a função renal. No entanto, os autores também ressaltaram que os valores de IRR, embora aumentados nos grupos de felinos doentes, não apresentou correlação estatisticamente significativa com a creatinina sérica e a ureia. Apesar da ausência de significância estatística estes resultados reforçam que o IRR embora acompanhe o agravamento da função renal, deve ser interpretado como um marcador hemodinâmico complementar, sensível a alterações precoces estruturais e funcionais renais, mas não necessariamente proporcional à gravidade da disfunção renal bioquímica.

Conclui-se que embora exista evidência científica da correlação entre o IRR e a creatinina sérica e a ureia entre os estudos, a evidência científica é inconsistente.

4. Correlação entre o IRR e a pressão arterial

Com base nas análises de correlação do presente estudo não foram identificadas correlações significativas entre o IRR e parâmetros clínicos ou hematológicos, como a pressão arterial, a idade, o peso corporal, o hematócrito ou proteínas totais (Tabela 11).

Apesar do achado acima descrito, seria expectável que um aumento da pressão arterial sistêmica promovesse uma elevação proporcional do IRR, uma vez que a hipertensão induz vasoconstrição arteriolar, e consequentemente, maior resistência no FSR. Contudo, investigações prévias sugerem que em felinos, esta relação não se manifesta de forma consistente, sendo o IRR indicativo predominantemente de alterações intrarrenais, sem influência de variações significativa hemodinâmicas sistêmicas (Matos et al., 2018; Souza et al., 2022). Deste modo, sugere-se a existência de mecanismos autorreguladores eficazes na manutenção da perfusão renal. Em humanos, a autorregulação renal, mediada por fatores miogénicos e metabólicos locais, promove a estabilização do fluxo sanguíneo renal, limitando a influência direta de variações sistêmicas sobre o IRR (Carlström et al., 2015).

Estudos prévios corroboram com a ausência de correlação entre o IRR e a pressão arterial. Os autores do estudo Matos et al., (2018), avaliaram a relação entre o IRR em gatos com DRC e parâmetros clínicos e laboratoriais, como a PAS, a idade e o peso corporal. Para além disso, avaliaram o potencial uso do IRR como ferramenta diagnóstica preliminar em gatos com DRC. É importante ressaltar que diferentemente do presente estudo, a pressão arterial dos gatos avaliados foi aferida através do método oscilométrico com o aparelho Contec 08A. O IRR não apresentou correlação significativa com a PAS, sugerindo que o mesmo não é afetado com valores pressóricos elevados ou reduzidos. De forma semelhante, Souza et al., (2022), ao compararem felinos obesos e não obesos, não encontraram correlação positiva entre o IRR e a pressão arterial.

A ausência de correlação significativa entre o IRR e a pressão arterial sistólica reforça a utilidade do índice como um marcador com capacidade de refletir a resistência vascular e a integridade estrutural do parênquima renal de forma independente de fatores sistêmicos. Deste modo, o IRR apresenta um potencial valor diagnóstico em fases iniciais da doença renal, nas quais alterações pressóricas ainda não são evidentes, permitindo a deteção precoce de distúrbios hemodinâmicos renais subclínicos.

Em contrapartida, a ausência de correlação observada pode estar relacionada ao tamanho amostral reduzido e ao predomínio de pacientes normo ou pré-hipertensos. Deste modo, embora os resultados reforcem a ausência da influência da pressão arterial sobre o IRR, investigações futuras com amostras maiores e avaliações longitudinais são necessárias de forma a determinar o papel da pressão arterial sistêmica sobre o IRR em felinos.

5. Correlação entre o IRR e a idade e o peso corporal

Alterações estruturais e funcionais associadas ao envelhecimento renal foram descritas associadas à progressão da DRC (Quimby et al., 2021). Um aumento progressivo do IRR, em consequência das alterações degenerativas na microcirculação renal e da diminuição da complacência vascular era expectável, no entanto, tal associação não se confirma de forma consistente na literatura. No presente estudo, não foram observadas correlações significativas entre o IRR e a idade (Tabela 11). Os autores do estudo Tipisca et al., (2016), avaliaram 116 gatos subdivididos em gatos saudáveis ($n = 24$) e gatos com patologias renais ($n = 92$), com o objetivo de determinar o IRR em ambos os grupos de estudo, e avaliar o efeito da idade no mesmo. Como no presente estudo, apesar do IRR ser significativamente superior em gatos com doenças renais comparativamente a gatos saudáveis, não observaram uma correlação significativa entre o índice e a idade. De igual forma, os autores do estudo Matos et al., (2018), previamente mencionado (ver secção 4), também não identificaram uma relação significativa entre o IRR e a idade nas populações de felinos estudados. Contudo, em outras espécies, a influência da idade sobre o IRR é mais evidente. Em cães, assim como em humanos, o IRR é significativamente mais elevado nas primeiras semanas de vida, devido ao aumento da atividade da renina plasmática, e reduz com a progressão da idade (Evangelista et al., 2022; Ostrowska et al., 2016).

Relativamente ao peso corporal, no presente estudo não foi identificado uma correlação significativa entre o IRR e esta variável, sugerindo que o mesmo reflete primariamente alterações intrarrenais, independentemente a fatores como a idade e o peso corporal. No entanto, este resultado difere de investigações recentes descritas na literatura. Os autores do estudo Souza et al., (2022), utilizaram o IRR de forma a comparar a função renal entre felinos obesos e felinos não obesos, e encontraram uma correlação positiva significativa ($p = 0,04$) entre o IRR e o peso corporal. Em contraste, Matos et al., (2018), reportaram uma correlação negativa significativa entre o IRR e o peso, observando que felinos com menor peso corporal apresentavam valores mais elevados do índice, frequentemente associados a sinais

clínicos de caquexia, desidratação grave, alterações gastrointestinais e elevação da creatinina sérica.

A diferença entre os resultados dos estudos mencionados acima pode ser atribuída a diversos fatores metodológicos e amostrais. O estudo Matos et al., (2018), incluiu gatos com DRC de estádios variados, sendo alguns frequentemente associados a desidratação, perda de peso e redução da perfusão renal. Nestes casos, valores mais baixos de peso corporal podem refletir estádios mais avançados da doença renal, nos quais a resistência vascular intrarrenal tende a aumentar, explicando a correlação negativa observada. Deste modo, a relação entre o peso e o IRR identificada por estes autores, pode traduzir em parte o impacto secundário da gravidade da DRC sobre ambos os parâmetros avaliados, e não uma influência direta do peso corporal sobre a resistência vascular renal.

Por outro lado, o estudo Souza et al., (2022) focou na obesidade como variável primária. Na população avaliada por eles, o aumento do peso corporal pode estar associado a alterações hemodinâmicas sistêmicas, como a resistência vascular periférica, justificando a correlação positiva entre o IRR e o peso corporal. Em contrapartida, no presente estudo, a ausência de correlação significativa poderá ser justificada pela homogeneidade da amostra, composta por felinos sem extremos em peso corporal. A variabilidade reduzida da amostra diminui o poder estatístico do estudo. Por fim, o peso corporal isolado não é um indicador totalmente fiável da composição corporal. A utilização exclusiva do peso como variável pode limitar a interpretação da influência da composição corporal sobre o IRR, sendo recomendado associar este parâmetro com variáveis como o escore de composição corporal (ECC) e o escore de massa muscular (EMM).

6. Correlação entre o IRR e o grau de desidratação

No presente estudo, o grau de desidratação dos animais foi avaliado através do hematócrito, das proteínas totais e do exame físico, com a avaliação da coloração das mucosas, tempo de repleção capilar, afundamento do globo ocular e turgor cutâneo (ver secção 2.4). As análises de correlação não demonstraram associações estatisticamente significativas entre o IRR, o hematócrito ou proteínas totais (Tabela 11). No entanto, na análise das variáveis categóricas, foi possível observar uma tendência de aumento do IRR em gatos mais desidratados (Gráfico 10). Embora essa tendência não tenha alcançado significância estatística, sugere que alterações de volume intravascular podem impactar a perfusão renal. O estudo experimental conduzido por Lee et al., (2014) avaliou os efeitos da sobre-hidratação induzida em 10 cães saudáveis da raça Beagle sobre o IRR. Para tal, os animais receberam solução salina a uma taxa

de manutenção (2,5 mL/kg/h) e a uma taxa três vezes maior (7,5 mL/kg/h). Enquanto a administração de fluídos em taxa de manutenção não alterou o IRR, a sobrecarga hídrica provocou reduções significativas do mesmo antes de manifestação clínica de sinais associados à sobre-hidratação. Desta forma, os autores concluíram que o IRR é um método não invasivo e sensível para a detecção precoce de alterações volêmicas. Para além disso, embora realizado em animais saudáveis, o estudo reforça a influência da variação do volume intravascular na hemodinâmica renal e consequentemente no IRR.

Em felinos, investigações recentes como Tipisca et al., (2016), Matos et al., (2018) e Evangelista et al., (2022) têm destacado a utilidade do IRR na diferenciação entre felinos saudáveis e felinos com doença renal, no entanto ainda não existem estudos específicos que avaliem a influência direta da desidratação sobre o índice.

A ausência de significância da correlação do IRR da artéria interlobar com desidratação pode ser explicada pela rápida avaliação em grande parte de animais normohidratados na admissão hospitalar. Apesar disso, a tendência observada no presente estudo reforça a hipótese que alterações de volume intravascular podem impactar a perfusão renal em gatos, indicando a necessidade de investigações mais aprofundadas em estudos futuros.

7. Correlação entre o IRR, o sexo e a raça

A análise das variáveis categóricas do presente estudo, revelou que o IRR não variou significativamente em função do sexo, em ambos os grupos avaliados. Este achado está em concordância com o resultado obtido por Tipisca et al., (2016) que ao avaliarem 116 gatos, sendo destes 68 machos e 48 fêmeas, observaram que o sexo não apresentou um efeito significativo no valor de IRR. De igual forma, no estudo piloto realizado por Matos et al., (2018), onde foram incluídos 24 gatos, saudáveis ($n = 6$) e doentes renais crónicos ($n = 18$), não foram identificados correlações significativas entre o IRR e o sexo dos animais avaliados.

No presente estudo, a raça também não apresentou correlação significativa com o IRR. As raças avaliadas foram Europeu Comum ($n = 16$), Ragdoll ($n = 2$), Sagrado da Birmânia ($n = 1$), Bengal ($n = 1$), Persa ($n = 1$) e Scottish Fold ($n = 1$). A literatura disponível sobre esta correlação permanece limitada, sendo possível encontrar apenas estudos raça-específicos. O estudo Tipisca et al., (2016) avaliou felinos de diferentes raças, como Europeu Comum, Persas, Siamês, Chartreux e Sagrado da Birmânia, mas não forneceu comparações diretas do IRR entre elas. De igual forma, os autores do estudo Evangelista et al., (2022), avaliaram trabalhos com variadas raças, no entanto não realizaram análises comparativas entre IRR e esta variável. Em

contrapartida, o estudo de Shemirani et al., (2025) avaliou 50 gatos persas, subdivididos em felinos saudáveis ($n = 25$) e felinos com DRP ($n = 25$), com o objetivo de avaliar o efeito da progressão da DRP no IRR, na atividade da renina plasmática, angiotensina II, níveis de aldosterona e PAS. Os autores relataram que os gatos persas com DRP apresentaram valores de IRR significativamente mais elevados do que gatos persas saudáveis, além de descreverem uma correlação positiva entre o aumento do índice e a percentagem de parênquima renal ocupado por quistos. Para além disso, observaram um aumento significativo na atividade do SRAA em gatos com a doença. No entanto, os valores de referências para o IRR estabelecidos foram semelhantes aos descritos na literatura para outras raças.

A ausência de influência desses fatores reforça a especificidade do IRR como parâmetro fisiopatológico renal. Contudo, é importante destacar que os estudos disponíveis, incluindo os mencionados acima, não apresentaram como objetivo primário investigar a influência de ambas as variáveis categóricas no IRR, limitando a robustez das conclusões. Deste modo, investigações com amostras maiores e com delineamento específicos são necessárias para confirmar a ausência de tais influências.

8. Influência da gabapentina na pressão arterial e no IRR

Apesar da aplicabilidade do IRR, os índices hemodinâmicos renais podem ser difíceis de aferição devido à mobilidade renal e das artérias intrarrenais. A movimentação é frequentemente decorrente de pouca colaboração do paciente, estresse, movimentos involuntários, vocalizações e altas frequências respiratórias, que interferem na obtenção de ondas espectrais adequadas para avaliação (Martín, 2015). Estes comportamentos podem ser diminuídos através da contenção química dos animais, no entanto agentes anestésicos podem provocar alterações sistêmicas e aumentar significativamente o IRR (Tipisca et al., 2016). Neste contexto, a gabapentina surge com potencial de diminuir sinais de estresse e melhorar a cooperação dos paciente frente a avaliação do IRR desde que não apresente uma influência significativa sobre o mesmo (van Haaften et al., 2017).

A utilização da gabapentina no presente estudo não revelou diferenças estatisticamente significativas nos valores de IRR ou na pressão arterial entre os gatos que receberam e os que não receberam a medicação (Tabela 12). Esses resultados indicam que a gabapentina utilizada para facilitar a manipulação e os exames imagiológicos, não interferiu de forma significativa nas mensurações do IRR, o que é um dado relevante para a padronização de protocolos clínicos.

Relativamente ao efeito da gabapentina sobre a pressão arterial em gatos, a literatura recente apresenta resultados inconsistentes. No estudo de De Lombaert et al., (2023), realizado

em gatos jovens e saudáveis, a administração de uma dose fixa de 100 mg por gato (13,8 a 22,6 mg/kg) não provocou alterações significativas na pressão arterial sistólica, tanto no ambiente domiciliar quanto em ambiente clínico. No entanto, a dimensão reduzida da amostra e a elevada variabilidade dos dados aumentam a probabilidade de um erro tipo II neste estudo.

Por outro lado, o estudo de Quimby et al., (2024), teve por objetivo avaliar o efeito da gabapentina na dose de 10 mg/kg em gatos saudáveis e gatos com DRC. Os autores observaram uma redução significativa da PAS medida por Doppler aproximadamente 3 horas após a administração de gabapentina, com uma mediana de 12 mmHg em ambos os grupos. Para além disso, reportaram que em gatos com DRC a sedação foi mais evidente, sugerindo que alterações farmacocinéticas e farmacodinâmicas inerentes à disfunção renal possam intensificar os efeitos sistêmicos da gabapentina. Ademais, os autores do estudo Quimby et al., (2022), avaliaram as concentrações séricas de gabapentina em gatos saudáveis e com DRC, e observaram que gatos em estádios IRIS II e III apresentaram concentrações séricas de gabapentina significativamente superior do que gatos saudáveis. É importante ressaltar que neste estudo, os gatos saudáveis receberam a dose de 20 mg/kg comparativamente aos gatos com DRC que receberam a dose de 10 mg/kg. Para além disso, as concentrações séricas apresentaram correlação positiva significativa com a creatinina sérica e o SDMA, reforçando que a gravidade da disfunção renal influencia a exposição sistêmica ao fármaco. Adicionalmente, os autores do estudo De Santis et al., (2022), reforçam que fármacos eliminados predominantemente por via renal, como a gabapentina, apresentam maior risco de acumulação e toxicidade em pacientes com nefropatias. Deste modo, sugere-se ajustes da dosagem em pacientes nefropatas de forma a prevenir efeitos adversos.

Por fim, embora existam evidências do efeito da gabapentina sobre a pressão arterial, sobretudo em gatos com DRC devido a sua menor depuração e maior exposição sistêmica, os resultados do presente estudo corroboram com literatura recente que descrevem a ausência de correlação significativa entre o IRR e a pressão arterial. Para além disso este achado reforça o papel do IRR como marcador predominantemente de alterações hemodinâmicas intrarrenais. No entanto, neste estudo foi administrado gabapentina em apenas quatro gatos, podendo limitar a interpretação dos resultados devido o tamanho amostral reduzido. Deste modo, recomenda-se a realização de estudos longitudinais com dimensões amostrais maiores de forma a confirmar estas evidências.

9. Estadiamento IRIS

A utilização do IRR em gatos com DRC tem sido explorada como uma possível ferramenta complementar de diagnóstico e monitorização da doença, no entanto, a literatura disponível quanto a sua utilidade no estadiamento segundo as diretrizes da IRIS, reportam resultados inconsistentes.

No presente estudo, a avaliação do IRR de acordo com os estadios IRIS não identificou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (Tabela 13). No entanto, os gatos em estadio IRIS IV apresentaram valores medianos de IRR mais elevados, indicando uma possível relação progressiva que poderia ser confirmada com amostras maiores e mais equilibradas. Este achado está em consonância com os autores do estudo Matos et al., (2018), que apesar de observarem que gatos com DRC apresentavam valores de IRR significativamente mais elevados do que gatos saudáveis, não identificou diferenças significativas do IRR entre os estadios IRIS. No entanto, assim como no presente estudo, descrevem uma tendência de valores mais elevados nos gatos classificados como IRIS IV.

O IRR reflete alterações hemodinâmicas intrarrenais relacionadas à resistência vascular e à complacência vascular (Evangelista et al., 2022). Em fases iniciais da DRC, a remodelação estrutural e a fibrose intersticial ainda são discretas, o que pode justificar a ausência de diferenças significativas entre os estadios mais iniciais. Em contrapartida, em estadios mais avançados, a fibrose, a perda de nefrônios funcionais e o aumento da pressão intraglomerular contribuem para maior resistência vascular, refletindo em valores mais altos de IRR.

Em contrapartida, fatores metodológicos devem ser considerados ao analisar os resultados apresentados. No estudo Matos et al., (2018), a distribuição dos animais entre os estadios não foi uniforme, com apenas dois gatos IRIS II, oito gatos IRIS III e oito gatos IRIS IV, reduzindo o poder estatístico para detetar diferenças significativa entre os estadios. Da mesma forma, no presente estudo, a inexistência de diferença de IRR entre estadios IRIS deve ser interpretada com cautela, dadas as assimetrias amostrais, particularmente a ausência de felinos IRIS III e o único caso IRIS I. Estudos prospectivos longitudinais, com maior dimensão amostral, distribuição equilibrada entre os estadios IRIS e padronização metodológica são necessários para avaliar o gradiente de IRR ao longo da progressão da DRC.

10. Limitações do estudo

Entre as principais limitações do presente estudo, destaca-se o desenho transversal, que, embora adequado para a comparação entre grupos de forma pontual, impede a inferência

causal. Para além disso, o tamanho amostral reduzido, ainda que representativo da população estudada, pode não ser suficiente para abranger a variabilidade da população felina com DRC, limitando assim o poder estatístico das análises, e consequentemente, a deteção de diferenças significativa entre os subgrupos, especialmente nos diferentes estadios IRIS da doença.

Deste modo, as limitações relatadas reforçam a necessidade de investigações futuras com amostras mais amplas e delineamento longitudinal, que permitam acompanhar a progressão da DRC e identificar de forma mais precisa a interação entre parâmetros hemodinâmicos renais (IRR) e os biomarcadores séricos (ver secção 12).

11. Implicações clínicas

Apesar das limitações apresentadas (ver secção 10), os resultados obtidos no presente estudo reforçam a relevância do IRR como método complementar não invasivo na avaliação da DRC em felinos. Embora os biomarcadores laboratoriais, como a creatinina sérica, a ureia e o SDMA, permaneçam fundamentais para o diagnóstico, estadiamento e monitorização da função renal, a análise hemodinâmica através do IRR demonstrou ser uma ferramenta útil para detetar alterações estruturais e funcionais precoces, muitas vezes não detetáveis através dos biomarcadores séricos convencionais.

Através da comparação entre os grupos avaliados foi possível observar valores significativamente mais elevados de IRR em gatos com DRC em relação a gatos saudáveis, achado que está em consonância com a literatura atual e sustenta o potencial do IRR como marcador adicional de comprometimento renal. Para além disso, as correlações positivas entre o IRR e parâmetros bioquímicos, como a creatinina e a ureia, reforçam a associação entre alterações hemodinâmicas intrarrenais e a gravidade da disfunção renal. Adicionalmente, a ausência de correlação consistente com variáveis como a pressão arterial, idade, peso corporal, sexo e raça sugere que o IRR apresenta relativa independência em relação a fatores individuais ou sistémicos, destacando a sua utilidade como um marcador predominantemente intrarrenal.

A aplicabilidade do IRR no estadiamento da DRC felina constitui outro ponto relevante. Embora não tenha sido identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes estadios IRIS, a tendência observada de valores mais elevados em estadios avançados sugere que investigações longitudinais e com distribuições amostrais maiores e mais equilibradas, poderão confirmar o seu papel na monitorização da progressão da doença.

No conjunto, os achados deste estudo reforçam o potencial do IRR como biomarcador complementar de fácil aquisição, minimamente invasivo e economicamente acessível, para avaliação da função renal em gatos, com boa correlação com marcadores laboratoriais clássicos

e relativa independência de fatores individuais ou farmacológicos. Deste modo, a integração do IRR na avaliação ultrassonográfica rotineira pode favorecer a detecção precoce de alterações vasculares, permitir monitorização terapêutica e, possivelmente, servir como critério adicional de estadiamento em conjunto com a IRIS.

12. Recomendações de investigações futuras

Com base nos resultados obtidos e nas limitações identificadas, recomenda-se o desenvolvimento de investigações com amostras mais amplas e estratificadas de acordo com os diferentes estadios IRIS, de modo a permitir uma caracterização mais detalhada da evolução do IRR ao longo da progressão da doença, confirmar o papel do IRR no estadiamento e na estratificação de risco de pacientes felinos com DRC e estabelecer valores de referências específicos para cada estadio da doença.

Propõe-se a realização de estudos longitudinais de forma a proporcionar o acompanhamento temporal das variações do IRR e a sua relação com o prognóstico e a resposta terapêutica. A avaliação sequencial do IRR poderá reforçar o seu valor como indicador precoce de alterações hemodinâmicas, estruturais e funcionais renais.

Para além disso, com o objetivo de minimizar fatores de confusão, confirmar a relativa independência do IRR em relação à fatores individuais e sistémicos e aumentar a aplicabilidade clínica do mesmo, sugere-se a calibração de pontos de corte em função de variáveis fisiológicas individuais.

Adicionalmente, recomenda-se a integração do IRR com marcadores emergentes de função renal, como FGF-23 e o SDMA, bem como com medidas de fluxo sanguíneo renal absoluto, de forma a construir modelos multimodais de diagnóstico e monitorização.

Para além disso, recomenda-se a inclusão do IRR como parâmetro hemodinâmico ao estudo Sposito et al., (2025), que demonstra a aplicabilidade do rácio entre a espessura cortical renal e o diâmetro da aorta abdominal como um marcador ultrassonográfico quantitativo para avaliação estrutural renal em felinos com DRC e com IRA. A inclusão do índice poderia possibilitar a identificação de uma correlação positiva entre o mesmo e o rácio espessura cortical/aorta abdominal nos diferentes grupos de estudo, sugerindo que alterações estruturais possam acompanhar modificações no fluxo sanguíneo intrarrenal.

Em conjunto, as recomendações acima descritas poderão contribuir para confirmar o papel do IRR como biomarcador complementar, no diagnóstico, monitorização e prognóstico da DRC felina.

Parte VI: Conclusão

O presente estudo evidencia que o IRR das artérias interlobares renais, obtido através ultrassonografia Doppler, é um biomarcador imagiológico promissor para a avaliação da função renal em gatos. Gatos com DRC apresentaram valores significativamente mais elevados de IRR comparativamente a gatos saudáveis, compatíveis com alterações hemodinâmicas intrarrenais da doença. Para além disso, observou-se forte correlação positiva do IRR com a creatinina e ureia, apoiando o seu uso como indicador complementar do estado e do comprometimento estrutural renal, sobretudo quando integrado a dados clínicos e laboratoriais.

O IRR mostrou-se estável frente a pressão arterial, idade, sexo, raça e uso de gabapentina, com apenas uma tendência de aumento em gatos com maior grau de desidratação. Adicionalmente, não houve diferenças significativas entre os estádios IRIS, possivelmente pela amostra limitada e distribuição desigual entre estádios.

As principais limitações de estudo incluem o tamanho amostral moderado e ausência de randomização completa de fatores hemodinâmicos no momento do exame. Estudos multicêntricos, com amostras maiores, avaliação longitudinal e definição de pontos de corte por estadio e faixa etária, além da análise de variabilidade intra/interobservador, são recomendados.

A mensuração ultrassonográfica do IRR das artérias interlobares demonstrou boa reprodutibilidade e aplicabilidade clínica, configurando-se como uma ferramenta não invasiva, acessível e útil para deteção precoce de alterações hemodinâmicas e acompanhamento da progressão da DRC.

Em conjunto, os achados reforçam a importância de uma abordagem diagnóstica multimodal relativamente à DRC, de forma a aprimorar a precisão diagnóstica e otimizar os resultados clínicos obtidos. Apesar das limitações, os resultados sustentam o potencial do IRR para estratificação de risco e monitorização da DRC em felinos, e sugerem que a sua adoção rotineira, aliada a protocolos de medição padronizados, poderá aprimorar a deteção precoce da doença, orientar decisões terapêuticas e impactar positivamente desfechos clínicos.

Referências Bibliográficas

1. Acierno, M. J., Brown, S., Coleman, A. E., Jepson, R. E., Papich, M., Stepien, R. L., & Syme, H. M. (2018). ACVIM consensus statement: Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(6), 1803–1822. <https://doi.org/10.1111/jvim.15331>.
2. Alleman, R., & Wamsley, H. (2017). Complete urinalysis. In J. Elliott, G. F. Grauer, & J. L. Westropp (Eds.), *BSAVA manual of canine and feline nephrology and urology* (3rd ed., pp. 60–83). British Small Animal Veterinary Association.
3. Bragato, N., Borges, N. C., & Fioravanti, M. C. S. (2017). B-mode and Doppler ultrasound of chronic kidney disease in dogs and cats. *Veterinary Research Communications*, 41(4), 307–315. <https://doi.org/10.1007/s11259-017-9694-9>
4. Brown, S. A. (2016). Chronic kidney disease: An update. In S. E. Little (Ed.), *August's consultation in feline internal medicine* (Vol. 7, pp. 457–466). Elsevier.
5. Carlström, M., Wilcox, C. S., & Arendshorst, W. J. (2015). Renal autoregulation in health and disease. *Physiological Reviews*, 95, 405–511. <https://doi.org/10.1152/physrev.00042.2012>
6. Chew, D. J., & Schenck, P. A. (2023). Renal anatomy, physiology, and evaluation of function. In D. J. Chew & P. A. Schenck (Eds.), *Urinalysis in the dog and cat* (pp. 1–36). John Wiley & Sons.
7. Choo, D., Kim, S. S., Kwon, D., Lee, K., & Yoon, H. (2023). Ultrasonographic quantitative evaluation of acute and chronic renal disease using the renal cortical thickness-to-aorta ratio in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 64(1), 140–148. <https://doi.org/10.1111/vru.13154>
8. Cordella, A., Pey, P., Dondi, F., Dunn, M., Caramazza, C., Cipone, M., & Diana, A. (2020). The ultrasonographic medullary “rim sign” versus medullary “band sign” in cats and their association with renal disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(5), 1932–1939. <https://doi.org/10.1111/jvim.15878>
9. D’Anjou, M.-A., & Penninck, D. (2015). Kidneys and ureters. In D. Penninck & M.-A. D’Anjou (Eds.), *Atlas of small animal ultrasonography* (2nd ed., pp. 331–362). John Wiley & Sons.
10. De Lombaert, M. C. M., Lourenço, B. N., Coleman, A. E., Arne, A. M., Berghaus, R. D., & Schmiedt, C. W. (2023). Effect of gabapentin on ambulatory, direct, systemic arterial

- blood pressure in apparently healthy cats in the at-home and in-clinic environments. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 25(8). <https://doi.org/10.1177/1098612X231188770>
11. De Santis, F., Boari, A., Dondi, F., & Crisi, P. E. (2022). Drug-dosing adjustment in dogs and cats with chronic kidney disease. *Animals*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/ani12030262>
 12. DiBartola, S. P., & Westropp, J. L. (2020a). Acute kidney injury and chronic kidney disease. In R. W. Nelson et al. (Eds.), *Small animal internal medicine* (6th ed., pp. 686–703). Elsevier.
 13. DiBartola, S. P., & Westropp, J. L. (2020b). Diagnostic tests for the urinary system. In R. W. Nelson et al. (Eds.), *Small animal internal medicine* (6th ed., pp. 658–674). Elsevier.
 14. Elliott, J., & Cowgill, L. D. (2017). Diagnostic algorithms for grading acute kidney injury and staging the chronic kidney disease patient. In J. Elliott, G. F. Grauer, & J. L. Westropp (Eds.), *BSAVA manual of canine and feline nephrology and urology* (3rd ed., pp. 151–160). British Small Animal Veterinary Association.
 15. Evangelista, G. C. L., Dornelas, L. R. S. M., Cintra, C. C. V., Valente, F. L., Favarato, E. S., da Fonseca, L. A., & Reis, E. C. C. (2023). Evaluating feline lower urinary tract disease: Doppler ultrasound of the kidneys. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 25(1). <https://doi.org/10.1177/1098612X221145477>
 16. Evangelista, G. C. L., Viana, A. G. de A., Neves, M. M., & Reis, E. C. C. (2022). Resistivity and pulsatility indexes in feline kidney disease: A systematic review. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 63(3), 306–318. <https://doi.org/10.1111/vru.13102>
 17. Ferreira, A., Marwood, R., Batchelor, D., Maddox, T., & Mortier, J. R. (2020). Prevalence and clinical significance of the medullary rim sign identified on ultrasound of feline kidneys. *Veterinary Record*. <https://doi.org/10.1136/vetrec-2019-105619>
 18. Finch, N., & Heiene, R. (2017). Early detection of chronic kidney disease. In J. Elliott, G. F. Grauer, & J. L. Westropp (Eds.), *BSAVA manual of canine and feline nephrology and urology* (3rd ed., pp. 130–142). British Small Animal Veterinary Association.
 19. Flora, Z., Tang, P. K., Smith, K., & Elliott, J. (2025). Cardiac pathology associated with hypertension and chronic kidney disease in aged cats. *Journal of Comparative Pathology*, 40–49.
 20. Freitas, M. N. de, Freitas, M. S., Silva, T. F. da, Lopes, J. M., Carvelo, J. A., Gonçalves, N., Mendonça, A. J., Bortoloni, J., Néspoli, P. E. B., Almeida, A. do B. P. F. de, & Sousa, V. R. F. (2025). Blood pressure and proteinuria in older cats and cats with chronic kidney disease. *Veterinary World*, 527–533.

21. Geddes, R., & Aguiar, J. (2022). Feline comorbidities: Balancing hyperthyroidism and concurrent chronic kidney disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 24(7), 641–650. <https://doi.org/10.1177/1098612X221090390>
22. Grelová, S., Karasová, M., Tóthová, C., Kisková, T., Baranová, D., Lukáč, B., Fialkovičová, M., Michál'ová, A., Kunay, L., & Svoboda, M. (2022). Relationship between FGF23, SDMA, urea, creatinine and phosphate in relation to feline chronic kidney disease. *Animals*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/ani12172247>
23. Griffin, S. (2020a). Feline abdominal ultrasonography: What's normal? What's abnormal? Renal pelvis, ureters and urinary bladder. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22(9), 847–865. <https://doi.org/10.1177/1098612X20941786>
24. Griffin, S. (2020b). Feline abdominal ultrasonography: What's normal? What's abnormal? The kidneys and perinephric space. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22(5), 409–427. <https://doi.org/10.1177/1098612X20917598>
25. Groves, E. (2020). Diagnosis of the cat with early chronic kidney disease. *Companion Animal*, 25(5), 118–124. <https://doi.org/10.12968/coan.2020.0013a>
26. Hudson, J. (2020). Urinary disease. In M. Holland & J. Hudson (Eds.), *Feline diagnostic imaging* (1st ed., pp. 455–486). John Wiley & Sons.
27. Huguet, E. E., Berry, C. R., & Cole, R. C. (2023). Ultrasonography for diagnosing chronic kidney disease in dogs and cats. *Today's Veterinary Practice*. <https://todaysveterinarypractice.com/radiology-imaging/ultrasonography-for-diagnosing-chronic-kidney-disease-in-dogs-and-cats/>
28. Huynh, E., & Berry, C. R. (2017). Ultrasonography of the urinary tract: Kidneys and ureters. *Today's Veterinary Practice*. <https://todaysveterinarypractice.com>
29. International Renal Interest Society (IRIS). (2023a). *IRIS pocket guide to chronic kidney disease (CKD) staging in dogs and cats*. <https://www.iris-kidney.com>
30. International Renal Interest Society (IRIS). (2023b). *Staging of CKD*. https://static1.squarespace.com/static/666b9ecb4064a156963b4162/t/66a6dbc90ca6986e1b5c06bd/1722211273243/2_IRIS_Staging_of_CKD_2023.pdf
31. International Renal Interest Society (IRIS). (2023c). *Treatment recommendations for CKD in cats*. https://static1.squarespace.com/static/666b9ecb4064a156963b4162/t/66a6dc1dbfaa20426da8e99b/1722211357641/IRIS_CAT_Treatment_Recommendations_2023.pdf

32. Jaturanratsamee, K., Choisunirachon, N., Soontornvipart, K., Darawiroj, D., Srisowanna, N., & Thanaboonipat, C. (2023). Ultrasonographic kidney length-to-abdominal aortic diameter for the diagnosis of feline chronic kidney disease: A preliminary study. *Veterinary World*, 16(5), 1114–1121. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1114-1121>
33. Khalil, G. M., Mahran, K. M. A., Ali, M. E., & Salem, S. I. (2024). Feline renal diseases: Novel versus traditional biomarkers. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2024.319153.2366>
34. Kongtasai, T., Paepe, D., Meyer, E., Mortier, F., Marynissen, S., Stammeleer, L., Defauw, P., & Daminet, S. (2022). Renal biomarkers in cats: A review of the current status in chronic kidney disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 36(2), 379–396. <https://doi.org/10.1111/jvim.16377>
35. Lawson, J. S., & Jepson, R. E. (2021). Feline comorbidities: The intermingled relationship between chronic kidney disease and hypertension. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 23(9), 812–822. <https://doi.org/10.1177/1098612X211037872>
36. Lee, S., Park, N., Kim, J., & Eom, K.-D. (2014). Doppler ultrasonographic evaluation of renal arterial resistive and pulsatility indices in overhydrated Beagles. *American Journal of Veterinary Research*, 75(4), 344–348.
37. Lin, J., Lin, L., Chen, S., Yu, L., Chen, S., & Xia, Z. (2021). Serum fibroblast growth factor 23 (FGF-23): Associations with hyperphosphatemia and clinical staging of feline chronic kidney disease. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 33(2), 288–293. <https://doi.org/10.1177/1040638720985563>
38. Loane, S. C., Thomson, J. M., Williams, T. L., & McCallum, K. E. (2022). Evaluation of symmetric dimethylarginine in cats with acute kidney injury and chronic kidney disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 36(5), 1669–1676. <https://doi.org/10.1111/jvim.16497>
39. Maher, M. A., Palacio, L., Henao, J. C., & Elsharkawy, S. H. (2024). Gross morphological and ultrasonographic dimensions of normal feline kidney with reference to resistive index. *Scientific Reports*, 14(1), 25662. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75341-0>
40. Martín, C. M. (2015). *Efeitos renais da administração intravenosa de meios de contraste iodado em cães submetidos à tomografia computadorizada: aspectos ultrassonográficos e laboratoriais* [Master's thesis, Universidade de São Paulo].
41. Matos, I., Azevedo, P., & Carreira, L. M. (2018). Pilot study to evaluate the potential use of the renal resistive index as a preliminary diagnostic tool for chronic kidney disease in

- cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 20(10), 940–947. <https://doi.org/10.1177/1098612X17736656>
42. Mortier, F., Daminet, S., Duchateau, L., Biscop, A., & Paepe, D. (2023). Biological variation of urinary protein: Creatinine ratio and urine specific gravity in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 37(6), 2261–2268. <https://doi.org/10.1111/jvim.16881>
 43. Nassar, G. E., Mahmoud, A. R. M., El Maghawry Mohamed, S., El Sheikh, A. K. R., & Bayoumi, Y. H. (2025). Chronic kidney disease in cats. *Egyptian Journal of Veterinary Science*, 56(13), 109–119. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2025.366943.2688>
 44. Ostrowska, J., Kielbowicz, Z., Zaleska-Dorobisz, U., Atamaniuk, W., Pietsch-Fulbiszewska, A., & Kinda, W. (2016). Resistive index obtained in renal interlobar arteries of normal dogs and cats by means of Doppler ultrasonography. *Pakistan Veterinary Journal*, 36(1), 45–48. http://www.pvj.com.pk/pdf-files/36_1/45-48.pdf
 45. Pardo, M., Odunayo, A., Rudloff, E., & Wolff, E. (2024). 2024 AAHA fluid therapy guidelines. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 60(4), 131–163. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-7444>
 46. Penninck, D., D’Anjou, M.-A., Sutherland-Smith, J., Butty, E., & Dunn, M. (2025). Urinary tract. In D. Penninck & M.-A. D’Anjou (Eds.), *Atlas of small animal ultrasonography* (3rd ed., pp. 397–462). John Wiley & Sons.
 47. Pérez-Accino, J., Feo Bernabe, L., Manzanilla, E. G., & Puig, J. (2020). The utility of combined urine dipstick analysis and specific gravity measurement to determine feline proteinuria. *Journal of Small Animal Practice*, 61(9), 541–546. <https://doi.org/10.1111/jsap.13184>
 48. Peterson, M. E., Varela, F. V., Rishniw, M., & Polzin, D. J. (2018). Evaluation of serum symmetric dimethylarginine concentration as a marker for masked chronic kidney disease in cats with hyperthyroidism. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(1), 295–304. <https://doi.org/10.1111/jvim.15036>
 49. Pollard, R. E., & Phillips, K. L. (2017). Diagnostic imaging of the urinary tract. In J. Elliott, G. F. Grauer, & J. L. Westropp (Eds.), *BSAVA manual of canine and feline nephrology and urology* (3rd ed., pp. 84–115). British Small Animal Veterinary Association.
 50. Quimby, J., Erickson, A., McLeland, S., Cianciolo, R., Maranon, D., Lunn, K., Elliott, J., Lawson, J., Hess, A., Paschall, R., & Bailey, S. (2021). Renal senescence, telomere shortening and nitrosative stress in feline chronic kidney disease. *Veterinary Sciences*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/vetsci8120314>

51. Quimby, J. M. (2024). Chronic kidney disease. In S. J. Ettinger, E. C. Feldman, & E. Côté (Eds.), *Ettinger's textbook of veterinary internal medicine* (9th ed., Vol. 1, pp. 2089–2106). Elsevier.
52. Quimby, J. M., Jones, S. E., Saffire, A., Brusach, K. K., Kurdziel, K., George, Z., Paschall, R. E., & Aarnes, T. K. (2024). Assessment of the effect of gabapentin on blood pressure in cats with and without chronic kidney disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 26(5). <https://doi.org/10.1177/1098612X241240326>
53. Quimby, J. M., Lorbach, S. K., Saffire, A., Kennedy, A., Wittenburg, L. A., Aarnes, T. K., Creighton, K. J., Jones, S. E., Paschall, R. E., King, E. M., Bruner, C. E., Wallinger, J. N., & van Haaften, K. A. (2022). Serum concentrations of gabapentin in cats with chronic kidney disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 24(12), 1260–1266. <https://doi.org/10.1177/1098612X221077017>
54. Reu, I.-N., & Codreanu, I. (2024). Correlations between the advanced stages of chronic kidney disease and non-regenerative anemia in felines. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca*. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn>
55. Roura, X., Elliott, J., & Grauer, G. F. (2017). Proteinuria. In J. Elliott, G. F. Grauer, & J. L. Westropp (Eds.), *BSAVA manual of canine and feline nephrology and urology* (3rd ed., pp. 50–59). British Small Animal Veterinary Association.
56. Scherk, M., & Quimby, J. M. (2025). The upper urinary tract. In S. E. Little et al. (Eds.), *The cat: Clinical medicine and management* (2nd ed., pp. 1124–1168). Elsevier.
57. Shemirani, M. G., Shirani, D., Jamshidi, S., Nassiri, S. M., Masoudifard, M., Banifazl, S., Mahdipour, M., Vali, Y., & Akbarein, H. (2025). Renal resistive index and activity of renin–angiotensin–aldosterone system components in Persian cats with polycystic kidney disease. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 19(3), 449–457. <https://doi.org/10.32598/ijvm.19.3.1005440>
58. Souza, F. B., Gonçalves, N. V., Bonatelli, S. P., Belotta, A. F., Gerales, S. S., Mamprim, M. J., Guimarães-Okamoto, P. T. C., Lourenço, M. L. G., Ramos, P. R. R., Rahal, S. C., & Melchert, A. (2022). Renal resistive index in obese and non-obese cats. *Veterinaria Italiana*, 58(3), 307–313. <https://doi.org/10.12834/VetIt.2294.15564.2>
59. Sparkes, A. H., Caney, S., Chalhoub, S., Elliott, J., Finch, N., Gajanayake, I., Langston, C., Lefebvre, H. P., White, J., & Quimby, J. (2016). ISFM consensus guidelines on the

- diagnosis and management of feline chronic kidney disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 18(3), 219–239. <https://doi.org/10.1177/1098612X16631234>
60. Sposito, I., Duarte, V., Fonseca, J., Legatti, S., Oliveira, J., Santana, A., Canejo-Teixeira, R., & Meneses, A. (2025). Quantitative ultrasonographic evaluation of chronic and acute renal disease in domestic cats: A new diagnostic marker. *German Journal of Veterinary Research*, 5(3), 31–41. <https://doi.org/10.51585/gjvr.2025.3.0146>
 61. Syme, H. M., & Jepson, R. (2024). Clinical approach and laboratory evaluation of renal disease. In S. J. Ettinger, E. C. Feldman, & E. Côté (Eds.), *Ettinger's textbook of veterinary internal medicine* (9th ed., Vol. 1, pp. 2057–2073). Elsevier.
 62. Tipisca, V., Murino, C., Cortese, L., Mennonna, G., Auletta, L., Vulpe, V., & Meomartino, L. (2016). Resistive index for kidney evaluation in normal and diseased cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 18(6), 471–475. <https://doi.org/10.1177/1098612X15587573>
 63. van Haaften, K. A., Forsythe, L. R. E., Stelow, E. A., & Bain, M. J. (2017). Effects of a single preappointment dose of gabapentin on signs of stress in cats during transportation and veterinary examination. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 251(10), 1175–1181.
 64. Ware, W. A., & Ward, J. L. (2020). Systemic arterial hypertension. In R. W. Nelson et al. (Eds.), *Small animal internal medicine* (6th ed., pp. 211–220). Elsevier.
 65. Widmer, W. R., Mattoon, J. S., & Vaden, S. L. (2021). Urinary tract. In J. S. Mattoon, R. K. Sellon, & C. R. Berry (Eds.), *Small animal diagnostic ultrasound* (4th ed., pp. 583–634). Elsevier.
 66. Yan, G. Y., Chen, K. Y., Wang, H. C., Ma, T. Y., & Chen, K. S. (2020). Relationship between ultrasonographically determined renal dimensions and International Renal Interest Society stages in cats with chronic kidney disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(4), 1464–1475. <https://doi.org/10.1111/jvim.15814>

Apêndice A

Dados adicionais relativos aos felinos que integraram o grupo controlo

Tabela A1: Dados completos dos felinos no grupo controlo.

	Raça	Idade (anos)	Sexo	Peso (kg)	Creatinina sérica (0,8 - 2,4 mg/dL)	Ureia (16 - 36 mg/dL)	IRR (< 0,7)	Hematócrito (30,3 - 52,3%)	Proteínas Totais (5,7- 8,9g/dL)	Grau de desidratação (%)	Gabapentina
Felino 1	Europeu Comum	0,9	F	3,26	1	15	0,63	43,50	8,50	<5	Não
Felino 2	Europeu Comum	11	F	5,64	1,1	26	0,59	37,70	9,10	<5	Não
Felino 3	Sagrado da Birmânia	8	M	4,05	1,5	27	0,74	28,50	7,70	<5	Não
Felino 4	Europeu Comum	14	F	3,5	1,9	62	0,81	43,60	7,30	<5	Não
Felino 5	Bengal	14	F	3,7	1,3	30	0,67	25,30	7,40	5-6	Não
Felino 6	Europeu Comum	8	M	6,5	1,2	18	0,52	41,40	6,50	<5	Sim
Felino 7	Europeu Comum	10	F	3,15	0,6	29	0,65	31,00	6,30	<5	Sim
Felino 8	Europeu Comum	12	M	4,8	0,7	27	0,63	38,50	8,10	<5	Não
Felino 9	Scottish Fold	0,5	F	1,75	0,9	23	0,54	39,30	6,30	<5	Não
Felino 10	Europeu Comum	4	F	4	1,4	22	0,68	33,50	7,80	<5	Não

Apêndice B

Dados adicionais relativos aos felinos que integraram o grupo de estudo (DRC)

Tabela B1: Dados completos dos felinos no grupo de estudo (DRC).

	Raça	Idade (anos)	Sexo	Peso (kg)	Creatinina sérica (0,8 - 2,4 mg/dL)	Ureia (16 - 36 mg/dL)	IRR (< 0,7)	Hematócrito (30,3 - 52,3%)	Proteínas Totais (5,7-8,9g/dL)	Grau de desidratação (%)	Gabapentina
Felino 1	Europeu Comum	17	F	3	2,2	72	0,77	42,30	7,30	<5	Sim
Felino 2	Europeu Comum	19	F	3,28	5,1	92	0,56	22,50	6,20	5-6	Não
Felino 3	Europeu Comum	11	M	3	9,9	130	0,84	72,30	7,50	6-8	Não
Felino 4	Europeu Comum	16	F	2	1,1	37	0,71	23,60	6,50	6-8	Não
Felino 5	Europeu Comum	12	M	4,66	2,8	27	0,7	42,10	6,30	<5	Não
Felino 6	Europeu Comum	11	M	5,57	9,9	130	0,86	35,60	8,40	<5	Sim
Felino 7	Europeu Comum	15	M	2,91	11,8	130	0,85	17,10	11,80	6-8	Não
Felino 8	Europeu Comum	15	F	4,08	23,2	130	0,89	47,70	12,00	8-10	Não
Felino 9	Persa	9	M	3,42	8,1	130	0,67	51,60	8,40	6-8	Não
Felino 10	Europeu Comum	18	F	2,42	1,9	40	0,72	39,70	10,00	6-8	Não
Felino 11	Ragdoll	15	F	3,77	2	28	0,68	49,60	8,80	<5	Não
Felino 12	Ragdoll	10	M	5,74	2	19	0,62	39,70	8,40	<5	Não