



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz



Vinícius Silva Belo

Dinâmica populacional de cães irrestritos: revisão sistemática da literatura e estudo de campo com capturas, marcações, esterilizações e recapturas

Rio de Janeiro

2016

Vinícius Silva Belo

Dinâmica populacional de cães irrestritos: revisão sistemática da literatura e estudo de campo com capturas, marcações, esterilizações e recapturas

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Epidemiologia em Saúde Pública, do Departamento de Endemias Samuel Pessoa, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciências. Área de concentração: Epidemiologia das Doenças Transmissíveis

Orientador: Claudio José Struchiner
Coorientadores: Guilherme Loureiro Werneck e Eduardo Sergio da Silva

Rio de Janeiro

2016

Catálogo na fonte
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
Biblioteca de Saúde Pública

B452d Belo, Vinícius Silva
 Dinâmica populacional de cães irrestritos: revisão sistemática
 da literatura e estudo de campo com capturas, marcações,
 esterilizações e recapturas. / Vinícius Silva Belo. -- 2016.
 104 f. : tab. ; mapas

 Orientador: Claudio José Struchiner
 Guilherme Loureiro Werneck

 Tese (Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio
 Arouca, Rio de Janeiro, 2016.

 1. Cães. 2. Esterilização Reprodutiva. 3. Zoonoses.
 4. Leishmaniose Visceral. 5. Raiva. 6. Dinâmica Populacional.
 7. Estratégias. 8. Controle da População. I. Título.

 CDD – 22.ed. – 616.959

Vinícius Silva Belo

Dinâmica populacional de cães irrestritos: revisão sistemática da literatura e estudo de campo com capturas, marcações, esterilizações e recapturas

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Epidemiologia em Saúde Pública, do Departamento de Endemias Samuel Pessoa, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciências. Área de concentração: Epidemiologia das Doenças Transmissíveis

Aprovada em: 11 de março de 2016

Banca Examinadora

Dr. Claudio José Struchiner. Fundação Oswaldo Cruz

Dr. Fabiano Borges Figueiredo. Fundação Oswaldo Cruz

Dr. Marco Aurélio Pereira Horta. Fundação Oswaldo Cruz

Dr. Daniel Antunes Maciel Vilela. Fundação Oswaldo Cruz

Dr. Leonardo Soares Bastos. Fundação Oswaldo Cruz

Rio de Janeiro

2016

AGRADECIMENTOS

- Ao Cláudio Struchiner e ao Guilherme Werneck, por seus ensinamentos valiosos e exemplos de competência, humildade e serenidade.
- Ao Eduardo, por todo o apoio desde a graduação e por tudo que fez por mim.
- A minha mãe, Maria e a meu pai, Geraldo, por serem a personificação da bondade e do amor.
- A meu irmão, Éder, por ser alguém em quem eu confio e poderei confiar no futuro.
- À Jacqueline, pelo amor compartilhado e pelos diversos bons momentos vividos durante os anos de doutorado.
- Aos meus amigos de Barbacena, do Rio e de Divinópolis, por continuarem sendo amigos verdadeiros, mesmo com tantos desencontros.
- Às pessoas especiais que conheci em Governador Valadares, agradeço por terem feito parte de momentos tão felizes e marcantes de minha vida, jamais os esquecerei...
- Aos meus alunos da UFJF e, agora, da UFSJ, por me ensinarem tanto.
- Aos professores que, gentilmente, aceitaram participar da banca.
- Aos profissionais do Crevisa (especialmente Acílio, Zé Márcio, Calazans, Alex e Clóvis), da UFSJ (especialmente ao Rafael e à Renata), aos bolsistas de apoio técnico do projeto (Izabel e Paulo), à profa. Claudia di Lorenzo Oliveira pelo pontapé inicial e a diversos professores e funcionários da Fiocruz, me desculpo por não os ter agradecido pessoalmente como deveria, e por não ter dito o quanto foram importantes para que tudo acontecesse da forma que aconteceu.
- A Deus, por continuar existindo em minha vida.
- À Fapemig, pelo financiamento do estudo.
- Aos cães de rua, os agradeço por serem tão legais e me desculpo por ser humano e fazer parte desta espécie. Vocês só existem devido à nossa incapacidade de sermos bons.

*“Eu me dei conta de que cada vez que um de meus cachorros parte, ele
leva um pedaço de meu coração. Cada vez que um novo cachorro
entra na minha vida, ele me abençoa com um pedaço do seu coração. Se
eu viver uma vida bem longa, com sorte, todas as partes do meu coração
serão de cachorro, então eu me tornarei tão generoso e cheio de amor
como eles”*

(AUTOR DESCONHECIDO)

RESUMO

O conhecimento sobre a estrutura das populações de cães errantes é essencial para o planejamento e monitoramento de diferentes estratégias de controle e de bem-estar animal. Na presente tese, por meio de uma revisão sistemática da literatura, analisamos os métodos já utilizados para se estimar a abundância de cães irrestritos e os padrões obtidos nos resultados. Vinte e seis estudos foram analisados. Sete das oito publicações que utilizaram contagens por meio de censos não consideraram as diferentes probabilidades de detecção dos animais; apenas um estudo utilizou métodos baseados em distâncias; doze executaram procedimentos de captura e recaptura com análises baseadas unicamente em modelos para populações fechadas e, em sua maioria, sem considerar heterogeneidades; e seis aplicaram métodos próprios com diferentes potencialidades e limitações. Susceptibilidades a vieses na condução dos estudos estiveram relacionados com a descrição ou execução inadequada dos procedimentos de captura ou visualização e com inadequações na identificação e registro dos cães. Assim, houve uma predominância de estimativas de abundância e de densidade de baixa validade. Os resultados estimados tiveram grande variabilidade e identificou-se um número maior de cães machos em todos os estudos. Além disso, executamos um estudo de campo que analisou a dinâmica populacional e a eficácia da esterilização de cães irrestritos no município de Divinópolis-MG. Para isto, utilizamos procedimentos de captura e recaptura, com métodos de análise baseados em populações abertas. Realizaram-se, a cada dois meses, durante 14 meses, capturas, marcações, liberações e recapturas de cães em duas regiões. Em uma destas, os animais foram também esterilizados. Estimou-se a presença de 148 fêmeas e 227 machos durante todo o período de estudo. A razão cão/homem média estimada foi de 1 cão para cada 42 e 51 seres humanos, nas áreas sem e com esterilização, respectivamente. Devido ao grande número de entradas de cães, atribuídas principalmente ao abandono, houve uma tendência de aumento do tamanho populacional em ambas as regiões. As taxas de sobrevivência foram baixas, porém, a mortalidade diminuiu com o decorrer do estudo. Houve maior entrada de machos na população, mas não se observaram diferenças na sobrevivência entre os gêneros. Nenhum dos parâmetros analisados apresentou diferença significativa entre as áreas, demonstrando que a esterilização não afetou a dinâmica populacional. Assim, foram produzidas informações relevantes e inéditas para o entendimento da dinâmica de populações caninas irrestritas e levantadas alternativas para o aprimoramento deste campo de estudos.

Palavras-chave: Cães; Dinâmica populacional; Zoonoses; Esterilização Reprodutiva;

ABSTRACT

The understanding of the structure of stray dogs' populations is of extreme importance for the planning and monitoring of populational control strategies and animal welfare. The methods used to estimate the abundance of this group of dogs are more complex than the ones used with domiciled dogs. In this systematic review, we analyze the techniques and the results obtained in studies that seek to estimate the size of stray dogs' populations. Twenty-six studies were reviewed. Seven of the eight publications that take a simple count of the animal population did not consider the different probabilities of animal detection; only one study used methods based on distances; twelve relied on capture-recapture models for closed populations without considering heterogeneities in capture probabilities; six studies applied their own methods with different potential and limitations. Potential sources of bias in the studies were related to the inadequate description or implementation of animal capturing or viewing procedures and to inadequacies in the identification and registration of dogs. Thus, there was a predominance of estimates with low validity. Abundance and density estimates carried high variability, and all studies identified a greater number of male dogs. In addition, we performed a field study analyzing the population dynamics and the effectiveness of the sterilization of unrestrained dogs in the city of Divinópolis-MG. For this, we used capture and recapture procedures with analytical methods based on open populations. The captures were performed in two regions, every two months, for 14 months. In one of these animals were also sterilized. We estimated the presence of 148 females and 227 males throughout the study period. The reason dog / human estimated an average of one dog for every 42 and 51 humans in areas with and without sterilization, respectively. Due to the large number of dogs entries, mainly attributed to the abandon, there was a trend of increase in the population size in both regions. Survival rates were low, however, mortality decreased during the study. There was a greater input of males in the population, but no difference in survival between the genders. None of the examined parameters showed a significant difference between the areas, demonstrating that sterilization did not affect population dynamics. Thus, our thesis produced relevant and unprecedented information for understanding the dynamics of unrestrained dog populations. Besides that, we raised alternatives to improve this field of study.

Keywords: Dogs; Population dynamics; Zoonosis; Reproductive sterilization

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. METODOLOGIA	12
2.1 Revisão sistemática sobre os métodos utilizados para se estimar o tamanho populacional de cães errantes.....	12
2.2 Estudo da dinâmica populacional de cães no município de Divinópolis-MG e análise da efetividade da esterilização.....	14
2.3 Apêndices: pareceres dos comitês de ética.....	18
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
4. ARTIGOS	26
4.1 Population estimation methods for free-ranging dogs: A systematic review.....	26
4.2 Abundância, sobrevivência e recrutamento de cães errantes acompanhados em um município brasileiro: um estudo de captura e recaptura.....	61
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	102

1. INTRODUÇÃO

Problemas diversos têm sido associados aos cães que circulam livremente pelas ruas, chamados, nesta tese, de irrestritos. Dentre estes, estão zoonoses relevantes em termos de Saúde Pública, como a leishmaniose visceral (LV) e a raiva. Neste contexto, uma melhor compreensão sobre a dinâmica populacional destes animais é essencial para que estratégias de controle populacional adequadas sejam geradas e avaliadas.

Na presente tese, por meio de uma revisão sistemática da literatura, analisamos os métodos já utilizados para se estimar a abundância de cães irrestritos e os padrões obtidos nos resultados dos estudos. Além disso, apresentamos os resultados de um estudo de campo que analisou a dinâmica populacional e a eficácia da esterilização de cães irrestritos no município de Divinópolis-MG. Em nosso estudo, pela primeira vez na literatura, foram utilizados procedimentos de captura e recaptura, com métodos de análise desenvolvidos para populações abertas.

O estudo executado fez parte do projeto: “Estimativa da prevalência de leishmaniose visceral em uma população canina errante e avaliação de uma proposta de intervenção e controle”, financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais. A tese, seguindo o regimento do programa de pós-graduação em Epidemiologia em Saúde Pública, é apresentada no formato de coletânea, composta por uma breve introdução, por uma seção de materiais e métodos, por dois artigos científicos e pelas considerações finais, que integram os resultados obtidos.

Na Leishmaniose visceral, cuja transmissão é feita por flebotomíneos do gênero *Lutzomyia* (Reithinger et al., 2009), o cão doméstico é o principal reservatório de *L. infatum*, o agente etiológico da LV. Raposas, marsupiais e outros animais selvagens exercem função na transmissão silvestre da doença (Romero e Boelaert, 2010). No Brasil, vinte e duas unidades federativas, além do distrito federal, já apresentaram casos autóctones de LV, sendo que a doença atinge todas as regiões e vem continuamente se expandindo para novas áreas (Brasil, 2010).

Tendo em vista seu relevante papel no ciclo de transmissão da LV, medidas de controle direcionadas aos reservatórios caninos são recomendadas pelo Ministério da Saúde. O programa brasileiro de controle da LV adota três medidas principais: diagnóstico e tratamento rápido dos casos, uso de inseticidas contra flebotomíneos e rastreamento imunológico com eliminação de cães soropositivos (Dantas Torres e Brandão Filho, 2006). Destas, a última medida pode ser considerada aquela com menor suporte técnico-científico (Costa e Vieira,

2001).

Embora o cão desempenhe um papel importante na transmissão da LV, pouca atenção tem sido dada ao cão irrestrito, que está mais exposto ao vetor e, devido à sua característica nômade, pode contribuir diretamente para a expansão geográfica da doença. Amusatogui et al. (2004) destacam que, pelo fato de estarem mais expostos às picadas de flebotomíneos, os cães errantes têm prevalências maiores de leishmaniose visceral. Miró et al. (2007), em estudo na Espanha, encontraram uma maior prevalência de infecções em cães de rua quando comparados aos cães domiciliados, descrevendo ainda que cães errantes podem atuar como sentinelas no monitoramento do progresso das leishmanioses em áreas endêmicas.

Já a raiva, causada por vírus do gênero *Lyssavirus*, é uma das doenças mais temidas da história humana, por ter a maior taxa de letalidade dentre todas as doenças transmissíveis (Hampson et al., 2009). A infecção, que além do ser humano, pode afetar cães, macacos, morcegos e outros animais, causa danos neurológicos devido à ocorrência de encefalite ou meningoencefalite (Vos et al., 2011). São registrados anualmente cerca de 55 mil casos anuais de raiva humana, com predominância em países dos continentes africano e asiático (Martins, 2015).

No Brasil, a incidência de raiva em humanos e animais foi elevada nas décadas de 1970 e 1980, porém, com a implementação dos programas de controle, o número de casos diminuiu e, desde 2013, são registrados casos humanos apenas no Maranhão, no Piauí e no Mato Grosso do Sul (Martins, 2015). Apesar do número reduzido de casos e da relevância da transmissão por meio de morcegos hematófagos (Oviedo-Pestana et al., 2015), o Ministério da Saúde do Brasil realiza anualmente campanhas de vacinação antirrábica em cães e monitora a ocorrência de casos novos nos animais, com o intuito de evitar a incidência de casos humanos (Martins, 2015).

Além de sua participação na epidemiologia da leishmaniose e da raiva, o cão doméstico participa ainda da transmissão de várias doenças virais, bacterianas e parasitárias, além de poder causar micoses, alergias e traumas, por meio de mordidas (Romero-Lopes et al., 2008). Sendo o carnívoro mais abundante do mundo, já foi reconhecido seu envolvimento em mais de 100 zoonoses (Acosta-Jammet et al., 2009). Apesar disso, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2006), os dados sobre a ecologia das populações dos cães de rua são limitados e precisam ser expandidos para áreas onde não existem.

Dados os problemas associados à população canina errante, medidas de controle têm sido adotadas visando à diminuição da população. A remoção de cães por meio da eutanásia, além do problema ético que carrega, não é considerada efetiva no controle populacional (Reichmann et al., 2000). A esterilização, por sua vez, pode ser mais efetiva e ter resultados

mais duradouros (Shimozako e Couto-Junior, 2010). No entanto, estudos sobre o efeito da esterilização em massa como método de controle da população canina ainda são escassos em nosso meio. Amaku et al. (2009) encontrou que são necessários 5 anos de programa ininterrupto para reduzir em 20% a densidade populacional dos cães domiciliados. Em nosso estudo, analisamos o efeito a curto prazo da esterilização de cães errantes e discutimos a efetividade desta medida para controle populacional, bem como de ações relacionadas com a posse animal responsável.

Para o estudo de cães domiciliados, registros veterinários e estudos amostrais realizados por meio da aplicação de questionários aos proprietários em suas residências podem fornecer informações a respeito de diversos parâmetros populacionais. No entanto, para os cães irrestritos, outros métodos mais complexos, baseados em técnicas para o estudo de populações de animais selvagens, devem ser utilizados, o que faz com que os dados a respeito deste tipo de cães sejam mais escassos (Reece et al., 2008). Métodos indiretos; inquéritos amostrais baseados em contagens, linhas, transeptos ou pontos; radiotelemetria e técnicas de captura e recaptura têm sido utilizadas para se estimar o tamanho de populações animais (Willians et al., 2002).

A utilização de técnicas de captura e recaptura baseadas em modelos de populações abertas, ou seja, aquelas em que durante as amostragens pode haver mortes, nascimentos migrações e emigrações dos animais (Fernandez, 1995) é necessária para o estudo de populações de cães errantes, por possuir premissas mais razoáveis. Tais métodos têm sido utilizados no estudo de populações de animais selvagens (Derocher e Stirling, 1995 e Buzzato et al., 2007) e permitem, além da estimativa de abundância, que se estime recrutamento (nascimentos e imigrações) e sobrevivência (mortes e emigrações) (Schwarz, 2001). Tal método tem ainda passado por um constante processo de aperfeiçoamento (Cormack, 2002 e Pledger et al., 2009).

Assim, por meio da parceria entre profissionais do campo da Saúde Pública e de instituições de ensino e pesquisa como a Universidade Federal de São João Del Rei e a Fundação Oswaldo Cruz, utilizando técnicas para o estudo de populações de animais selvagens e que ainda não foram utilizadas para o estudo de cães em áreas urbanas, desenvolvemos um estudo que contribuirá para que se elucidem diversos aspectos ainda desconhecidos na área da estimativa e controle de populações caninas irrestritas.

2. METODOLOGIA

2.1 Revisão sistemática sobre os métodos utilizados para se estimar o tamanho populacional de cães errantes

Durante o período de execução do trabalho de campo, realizamos uma revisão sistemática que analisou os procedimentos metodológicos e os resultados de estudos que estimaram a abundância de cães irrestritos. Tal estudo foi publicado no periódico PloS One com o título “Population estimation methods for free-ranging dogs: A systematic review” e será apresentado na seção 4. Os critérios de elegibilidade, os métodos de busca e de extração e as análises executadas são descritas a seguir.

Para ser incluído na revisão sistemática, cada um dos estudos analisados deveria ter obtido pelo menos uma estimativa original da abundância, ou da densidade ou da razão cão-homem de alguma população de cães irrestritos (*Canis familiaris*). A definição de cães irrestritos utilizada na revisão e na tese baseou-se em critérios da Organização Mundial da Saúde (WHO, 1990) e, foram assim considerados, tanto os cães de família (completamente dependentes, mas semi-restritos), quantos os de vizinhança ou comunitários (semi-dependentes e irrestritos ou semi-restritos) e os selvagens (independentes e irrestritos). Não foram feitas restrições para o idioma de publicação. Ferramentas de tradução (Google translator e Bing Translator) eram utilizadas para textos não publicados originalmente em inglês ou em português.

Foram excluídos estudos publicados antes de 1980, estudos de modelagem em que não tivessem sido obtidos dados brutos de abundância, revisões e estudos em que o método utilizado não tivesse sido descrito com detalhamento mínimo suficiente para que fosse possível o entendimento do processo de estimação.

As estratégias de buscas de publicações foram executadas durante o mês de novembro de 2013. Quatro diferentes bases de dados (Web of Science; Scopus; Ovid-Cab Abstracts e Proquest) e a ferramenta Google Scholar foram consultadas com a utilização dos seguintes termos ou seus derivados, dependendo dos “subject headings” de cada base: (Dog*) OR (canis) OR (canine) OR (canidae) AND ("estimates") OR ("size") OR ("population*") OR ("dynamics") OR ("abundance") OR ("stray") OR ("demography"). A busca foi executada considerando-se a ocorrência dos termos somente no título das publicações. De modo adicional, foram consultados especialistas no campo estudado e verificadas as listas de referências dos estudos incluídos na etapa final da revisão.

Primeiramente, foram analisados os títulos ou *abstracts* dos estudos identificados, excluindo-se aqueles considerados irrelevantes em relação aos critérios de inclusão propostos. Após a remissão das duplicidades, as publicações consideradas potencialmente relevantes tiveram seus textos completos analisados. Nessa fase, foram selecionados os estudos que compuseram a presente revisão.

Os textos completos de acesso restrito foram obtidos por meio do acesso da Fundação Oswaldo Cruz ao Portal de Periódicos Capes. Para artigos não disponíveis por este meio, foram realizadas tentativas de obtenção diretamente pela Harvard Library Resource Sharing - Countway Library. Finalmente, em caso de insucesso pelos dois meios anteriores, eram realizados contatos com os autores ou diretamente com a revista em que o estudo tivesse sido publicado.

No procedimento de extração das informações dos textos completos, para cada estudo, quando disponíveis, eram registradas as seguintes informações: ano; local de realização; definição de cão errante adotada; método utilizado para marcação e identificação do cão; método utilizado para observação e/ou procedimentos de captura dos cães; procedimento analítico utilizado para se obter o tamanho populacional; tamanho populacional calculado; densidade; relação macho-fêmea; número de cães por habitantes da área; idades e raças dos animais.

Descreveu-se a quantidade de publicações analisadas por continentes e países. Na sequência, os estudos foram divididos em quatro grupos, considerando-se o método utilizado para obtenção da estimativa: i. Censos ou contagens; ii. Transeptos e/ou métodos baseados em distância; iii. Técnicas de captura e recaptura; iv. Métodos próprios desenvolvidos no estudo.

Tendo em vista a inexistência na literatura de ferramentas para a análise da qualidade de estudos para estimação da abundância de populações animais, bem como a variedade de técnicas adotadas nas publicações, optou-se pela realização de uma análise teórica das limitações e das susceptibilidades a vieses dos estudos revistos. Foram analisados aspectos gerais da condução e do método adotado, sem a construção de um escore final de qualidade (Sanderson et al., 2007). Analisou-se se os métodos executados seriam apropriados para a geração de estimativas válidas de abundância ou de densidade da população de cães errantes estudada, bem como a forma de condução dos estudos. Verificou-se a adequação da descrição das informações, da utilização do método para estimação, da forma de obtenção dos dados nos trabalhos de campo e da forma de identificação e de registro dos cães, bem como outras susceptibilidades a vieses específicas de cada estudo. Todas as análises de qualidade foram executadas a partir de conceitos discutidos por Willians et al., (2002), Amstrup et al. (2006) e

Brochers et al. (2012).

Foram, por fim, analisadas as estimativas de abundância e de densidade obtidas nos estudos e possíveis padrões dos resultados em relação às variáveis coletadas no momento da extração.

2.2 Estudo da dinâmica populacional de cães no município de Divinópolis-MG e análise da efetividade da esterilização

O trabalho de campo, cuja metodologia é descrita a seguir, foi executado entre os anos de 2012 e 2013. Analisamos a dinâmica populacional de cães irrestritos de duas áreas do município de Divinópolis-MG. Em uma destas, os cães eram esterilizados. Os animais eram capturados, marcados e liberados e recebiam diagnóstico sorológico para LVC. Os resultados deste estudo são apresentados na seção 5, sob forma de artigo científico a ser submetido a periódico indexado, com o título “Abundância, sobrevivência e recrutamento de cães irrestritos acompanhados em um município brasileiro: um estudo de captura e recaptura”.

O município de Divinópolis está localizado na zona metalúrgica, microrregião do Vale do Itapeçerica: -20,13889 (latitude Sul) -44,88389 (longitude Oeste); macrorregião do Alto São Francisco, margem direita. Seus limites são: ao Norte, com Nova Serrana; a Noroeste, com Perdígão; a Oeste, com Santo Antônio do Monte; a Sudoeste, com São Sebastião do Oeste; ao Sul, com Cláudio; a Leste, com Carmo do Cajuru e São Gonçalo do Pará. O clima é quente e semiúmido, com ventos dominando de Sudeste e Nordeste, fracos e moderados: umidade relativa do ar, em média, nos 72%. Índice pluviométrico variando de 1.200 mm a 1.700 mm anuais. Temperatura média de inverno: 18,5°C, no verão: 29°C, e nas outras estações 23,8°C.

A população estimada gira em torno de 229 mil habitantes (IBGE, 2014). Apresenta um quadro social com alta taxa de alfabetização (94,7%) e taxa de Crescimento populacional da ordem de 4,2% ao ano (aproximadamente 7.300 pessoas em média dos últimos 10 anos).

Para o desenvolvimento do estudo foram selecionadas e georreferenciadas duas regiões, englobando alguns bairros do município (figura 1):

Região A (controle). Nesta foram realizados procedimentos de captura, marcação e liberação dos animais, juntamente com a realização de diagnósticos de LV e com a divulgação de materiais sobre posse animal responsável. Tal região englobou os bairros: Serra Verde; Nossa Senhora da Conceição; Anchieta e Nova Fortaleza. De acordo com estimativas da prefeitura municipal de Divinópolis, a área selecionada tem em torno de 3670 moradores.

Região B (intervenção-esterilização): Nesta, além dos procedimentos da região A, os animais

foram também esterilizados. Tal região englobou os bairros: Jardim Candelária; Jardim das Oliveiras; Dom Cristiano e Prolongamento do Bom Pastor. Sua população estimada gira em torno de 3900 moradores.

As atividades de captura de cães foram executadas durante o período de um ano e quatro meses, sendo realizada uma coleta a cada dois meses em ambas as regiões (A e B), totalizando oito coletas em cada área.

Adotou-se um sistema de varredura, no qual veículos adaptados percorreram todas as ruas dos bairros das Macrorregiões de estudo. Na região A, as atividades ocorriam na primeira semana do mês de coletas, enquanto que, na região B, ocorriam na segunda semana do mesmo mês. As varreduras foram feitas sempre seguindo o mesmo trajeto e de modo a cobrir todas as ruas de cada região por, pelo menos uma vez.

Todos os procedimentos de coleta do material foram realizados de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA). Este projeto teve aprovação do CEPEA – Comissão de Ética em Pesquisa Envolvendo Animais, da UFSJ protocolado com o Número 24/2010 (apêndice 2.1).

Após a captura, os animais foram levados ao Centro de Referência de Vigilância em Saúde (CREVISA) e avaliados por médico veterinário em busca de sinais clínicos da leishmaniose visceral (perda de peso, dermatites, perda de pelos, úlceras cutâneas ou muco cutâneas, nódulos linfáticos protuberantes e conjuntivite). Eram preenchidas fichas clínico-epidemiológicas em que se registravam também as informações relativas a gênero, raça, idade, tipo de pelo, estado nutricional e peso do animal.

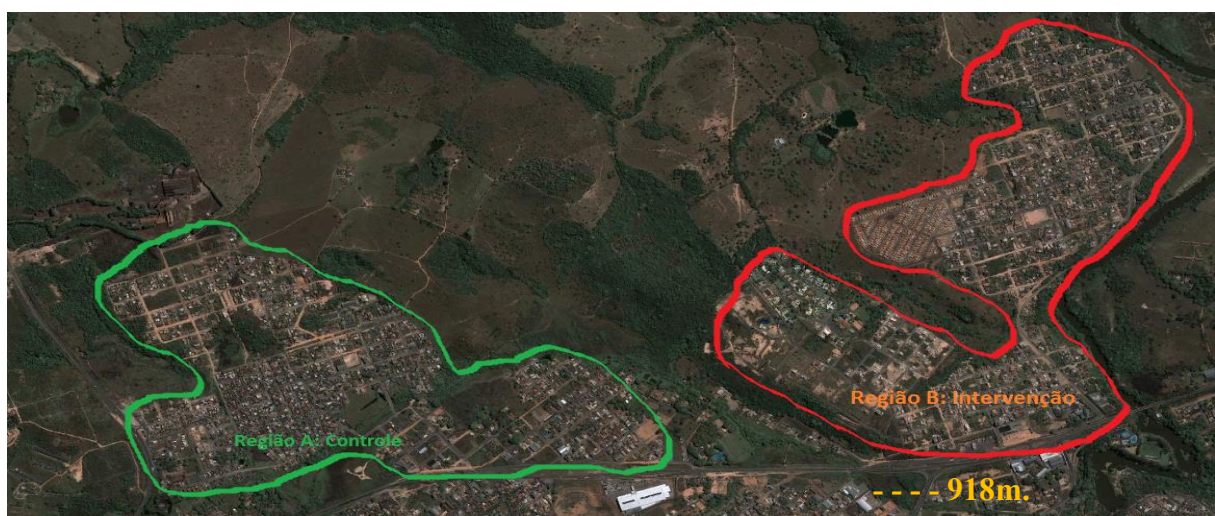


Figura 1. Regiões de estudo

Foram realizadas coletas de amostras de sangue em tubos contendo anticoagulante (EDTA) para a realização de exames sorológicos. A análise das amostras foi realizada no Laboratório de Imunologia e Parasitologia da Universidade Federal de São João Del Rei - Campus Centro-Oeste (UFSJ-CCO), licenciado junto à Fundação Ezequiel Dias, como laboratório de referência no diagnóstico da LVC. Foram utilizadas as técnicas sorológicas de Elisa (EIE leishmaniose visceral canina Bio-Manguinhos) para triagem das amostras e de Rifi (IFI leishmaniose visceral canina Bio-Manguinhos) para aquelas positivas e indeterminadas no teste inicial, sendo as amostras de soro diluídas até a concentração de 1:640. Animais reagentes nas duas técnicas eram considerados positivos

Os animais positivos foram eutanasiados. Em cães com diagnóstico negativo, era colocada identificação eletrônica (MICROCHIP), para que o animal pudesse ser identificado corretamente nas possíveis recapturas. Estes animais foram ainda vermifugados, vacinados contra raiva e receberam a vacina Octopla canina. Além disso, animais da área B (sob intervenção) passaram pelo procedimento de esterilização. Profissionais do CREVISA e médicos veterinários bolsistas de apoio técnico do projeto foram responsáveis pelas cirurgias e pelo acompanhamento para recuperação dos animais.

Logo após a liberação dos resultados dos exames sorológicos para diagnóstico da LV, e após completa reabilitação do procedimento cirúrgico (cães da área B), desde que o esforço de captura daquela semana tivesse sido encerrado, os animais eram devolvidos para as ruas, no mesmo lugar onde foram apreendidos.

Animais recapturados eram reexaminados, repetindo-se os procedimentos de exame clínico e sorológico e de registros nos bancos de dados. Caso o animal se mantivesse negativo, era novamente liberado. Caso fosse positivo, era eutanasiado, conforme o protocolo.

Após o encerramento de todos os esforços de captura, foram utilizados materiais informativos visando à conscientização da população. Estes abordaram informações sobre a pesquisa, sobre a leishmaniose visceral e sobre a posse animal responsável.

Foi conduzido, no mês de maio de 2012, um estudo piloto para a definição das áreas de estudo e para a correção de possíveis falhas na execução dos procedimentos. Neste, buscou-se aperfeiçoar os métodos do trabalho de campo, visando à dinamização do trabalho e à potencialização do alcance dos objetivos propostos. Tal estudo foi desenvolvido durante quatro dias, sendo, em cada um, percorrido um bairro do município. Cada bairro pertencia a uma de quatro áreas potencialmente candidatas a serem definidas como áreas de estudo. A escolha das duas regiões finais baseou-se na semelhança das mesmas em termos de: tamanho, cobertura vegetal, número de residências e condição socioeconômica. Tal padronização se deu para que

se seja avaliar o papel específico da intervenção (esterilização) na dinâmica das populações, minimizando-se o papel de possíveis variáveis intervenientes.

As histórias individuais de captura e recaptura de cada animal foram registradas em bancos de dados montados no programa Microsoft Excel, utilizando a formatação padrão de “história de encontros” para animais capturados e marcados vivos. Para os animais que foram eutanasiados, utilizou-se o registo do encontro com valor negativo para aquela captura, considerando-os, para análise, como “perdas de captura”. Todos os cães, mesmo aqueles em que não era possível a captura, eram fotografados para posterior identificação e inclusão no banco de dados da análise da dinâmica populacional.

Para a análise dos dados da dinâmica populacional canina foi utilizada a técnica de Joly Seber (Jolly, 1965; Seber, 1965), por meio da formulação de POPAN (Schwarz e Arnason, 1996). Esta formulação permite a estimativa do tamanho e do crescimento populacional, bem como da probabilidade de sobrevivência (mortalidade e emigração) e recrutamento (nascimentos e imigração), por meio da obtenção de três parâmetros.

Os detalhes de todo o procedimento analítico adotado são apresentados na seção 5 da tese.

2.3 Apêndices: Pareceres dos comitês de ética



Comissão de Ética em Pesquisa Envolvendo Animais da UFSJ - CEPEA

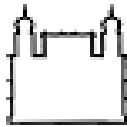
CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo para uso de animais em experimentação nº 24/2010, sobre o projeto intitulado “Estudo da dinâmica populacional de cães errantes através da técnica de captura e recaptura e avaliação de uma proposta de intervenção e controle de leishmaniose visceral canina”, sob a responsabilidade do Prof. Eduardo Sergio da Silva, está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal dispostos na Lei Federal nº 11.794, de 08.10.2008, e foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa Envolvendo Animais da UFSJ - CEPEA em reunião no dia 13 de agosto de 2010.

São João del-Rei, 23 de agosto de 2010.

A handwritten signature in blue ink, reading 'Leila de Genova Gaya', is positioned above the typed name. The signature is written in a cursive, flowing style.

Prof^ª Dr^ª Leila de Genova Gaya
Presidente da CEPEA



Ministério da Saúde

Fiocruz
Fundação Oswaldo Cruz

Vice-presidência de Pesquisa e
Laboratórios de Referência



Comissão de Ética
no Uso de Animais

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a qualificação de doutorado intitulada **"Dinâmica populacional e prevalência de infecções por *Leishmania infantum* em cães errantes submetidos ou não a uma estratégia de controle da população"**, do aluno Vinicius Silva Belo não necessita ser submetido à Comissão de Ética no Uso de Animais da Fiocruz, considerando que nenhum pesquisador e/ou funcionário da Fiocruz manipulará animais.

Informo que o projeto deve ser submetido à CEPEA – Comissão de Ética em Pesquisa Envolvendo Animais da UFSJ – local onde está sendo feito o estudo.

Rio de Janeiro, 16 de junho de 2014.

Octavio Augusto França Presgrave
Coordenador da CEUA/Fiocruz

Octavio A. F. Presgrave
Coordenador
CEUA/FIOCRUZ
SIAPE 04226050

Comissão de Ética no Uso de Animais
Vice-presidência de Pesquisa e Laboratórios de Referência - Fundação Oswaldo Cruz
Av. Brasil, 4006 - Prédio da Expansão - sala 200 - Mangueiras - Rio de Janeiro / RJ
Telefone: (21) 3882.9121 e-mail: ceua@fiocruz.br

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Jamett, R G., Cleaveland, S., Cunningham, A.A. & Bronsvoort, B.M. (2009) Demography of domestic dogs in rural and urban areas of the Coquimbo region of Chile and implications for disease transmission. *Preventive Veterinary Medicine* 94, 272-281.
- Amaku, M., Dias, R.A., Ferreira, F. (2009) Dinâmica populacional canina: potenciais efeitos de campanhas de esterilização. *Rev. Panam Salud Publica.* 25(4), 300-304
- Amstrup, S.C., McDonald, T.L., Manly, B.F.J. Handbook of Capture-Recapture Analysis. New Jersey Princeton University Press, 2005.
- Amusatogui, I., Sainz, A., Aguirre, E. & Tesouro, M.A. (2004) Seroprevalence of *Leishmania infantum* in northwestern Spain, an area traditionally considered free of leishmaniasis. *Annals of New York Academy of Sciences* 1026, 154–157.
- Andrade, A.M., Queiroz, L.H., Perri, S.H.V. & Nunes, C.M. (2008) Estudo descritivo da estrutura populacional canina da área urbana de Araçatuba, São Paulo, Brasil, no período de 1994 a 2004. *Cadernos de Saúde Pública* 24, 927-932.
- Bern C, Maguire JH, Alvar J. (2008) Complexities of Assessing the Disease Burden Attributable to Leishmaniasis. *PLoS Negl Trop Dis.*; 2(10):e 313.
- Brochers, D. (2010) A non-technical overview of spatially explicit capture–recapture models. *J Ornithol*; 152, 435–444.
- Buzatto, B.A., Requena, G.S., Martins, E.G. & Machado, G. (2007) Effects of maternal care on the lifetime reproductive success of females in a neotropical harvestman. *The journal of animal ecology* 76, 937-945.
- Chao, A., Tsay, P.K., Lin, S.H., Shau, W.Y. & Chao, D.Y. (1998) The applications of capture-recapture models to epidemiological data. *Statistics on medicine* 30, 3123-57.
- Cormack, R. (2002) Population Size Estimation and Capture–Recapture Methods. *International*

Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. 11809-11813.

Costa, C.H.N. & Vieira, J.B.F. (2001) Mudanças no controle de leishmaniose visceral no Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 34, 223-8.

Dantas-Torres, F. (2009) Canine leishmaniosis in South America. *Parasite & Vectors* 26;2 Suppl 1:S1.

Dantas-Torres, F. & Brandão-Filho, S.P. (2006) Visceral leishmaniasis in Brazil: revisiting paradigms of epidemiology and control. *Revista do Instituto de Medicina tropical de S. Paulo*. 48, 151-156.

Deroher, A. E. & Stirling, I. (1995). Estimation of polar bear population size and survival in western Hudson Bay. *Journal of Wildlife Management* 59, 215-21

Dietze, R., Barros, G.B., Teixeira, L. Harris, J., Michelson, K., Falqueto, A. & Corey, R. (1997) Effect of eliminating seropositive canines on the transmission of visceral leishmaniasis in Brazil. *Clinical Infectious Diseases* 25, 1240–1242.

Dye, C., Barlow, N.D., Begon, M., Bowers, R.G., Bolker, B.M., Briggs, C.G., Dobson, A.P., Elkington, J., Gascoyne, S., Godfray, H.C.G., Hails, R.S., Hall, A.J. et al. (1995) Microparasite group report: persistence of microparasites in natural populations. In: Grenfell, B.T., Dobson, A.P. (Eds.), *Ecology of Infectious Diseases in Natural Populations*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 123–143

Fernandez, F.A.S. (1995) Métodos para estimativas de parâmetros populacionais por captura, marcação e recaptura. *Oecologia Brasiliensis* 2, 01-26.

Gontijo, C.M.F. & Melo, M.N. (2004) Leishmaniose visceral no Brasil: quadro atual, desafios e perspectivas. *Revista brasileira de epidemiologia* 7, 338-349.

Hampson, K., Dushoff, J., Cleaveland, S., Haydon, D.T., Kaare, M., Packer, C., Dobson, A. (2009) Transmission dynamics and prospects for the elimination of canine rabies. *PLoS Biology*. 7, e53.

Jolly, G. M. (1965). Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration Stochastic model. *Biometrika* 52, 225-247.

Martins, C.M. (2015) Avaliação e proposta de reestruturação do sistema de vigilância da raiva humana, canina e felina no estado de São Paulo. *Tese de doutorado, Universidade de São Paulo* São 86p.

Miró, G., Montoya, A., Mateo, M., Alonso, A., García, S., García, A., Caballero, M.J. & Molina R. (2007) A leishmaniosis surveillance system among stray dogs in the region of Madrid: ten years of serodiagnosis (1996-2006). *Parasitology Research* 101, 253-7.

Ministério da Saúde (2010) Aspectos clínicos e laboratoriais da leishmaniose visceral http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar_texto.cfm?idtxt=31937 Acesso em 22-04-2010.

Ministério da Saúde (2006) Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral 1ª ed. Brasília. 122p.

Moreira, E.D. Jr., de Souza, V.M., Sreenivasan, M., Lopes, N.L., Barreto, R.B. & de Carvalho, L.P. (2003) Peridomestic risk factors for canine leishmaniasis in urban dwellings: new findings from a prospective study in Brazil. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 69, 393-397.

Neves, D.P., Melo, A.L., Linardi, P.M., Vitor, R.W.A. *Parasitologia Humana*. 11st ed. São Paulo: Atheneu; 2005.

Oliveira, C.D., Morais, M.H. & Machado-Coelho, G.L. (2008) Visceral leishmaniasis in large Brazilian cities: challenges for control. *Cadernos de Saúde Pública* 24, 2953-2958

Orsini, O. (1940) Leishmaniose em Minas Gerais. *Brasil Médico* 54, 1-766

Oviedo-Pastrana, M.E., Oliveira, C.S.F., Capanema, R.O., Nicolino, R.R., Oviedo-Socarras T.J., Haddad, J.P.A. (2015) Trends in Animal Rabies Surveillance in the Endemic State of Minas Gerais, *Brazil*. *PLoS Negl Trop Dis* 9, e0003591.

Palatnik-de-Sousa, C.B., dos Santos, W.R., França-Silva, J.C., da Costa, R.T., Reis, A.B., Palatnik, M., Mayrink, W. & Genaro, O. (2001) Impact of canine control on the epidemiology of canine and human visceral leishmaniasis in Brazil. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 65, 510-517.

Pledger, S., Pollock, K.H. & Norris, J.L. (2009) Open Capture-Recapture Models with Heterogeneity: II. Jolly-Seber Model. *Biometrics* nov 23.

Pollock, K.H., Nichols, J.D., Brownie, C. & Hines, J.E. (1990) Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs* 107p. 107

Reece, J.F., Chawla, S.K., Hiby, E.F. & Hiby, L.R. (2008) Fecundity and longevity of roaming dogs in Jaipur, India. *BMC Veterinary Research*, 31, 4-6.

Reichman, M.A.B, Figueiredo, A.C.C., Pinto, H.B.F. & Nunes, V.F.P. (2000) Controle de populações de animais de estimação. *Manual técnico do Instituto Pasteur* 6. São Paulo

Reithinger, R., Brooker, S. & Kolaczinski, J.H. (2009) Visceral leishmaniasis: time to better use existing resources. *Lancet* 17, 1330.

Reithinger, R. & Davies, C.R. (1999) Is the domestic dog (*Canis familiaris*) a reservoir host of American cutaneous leishmaniasis? A critical review of the current evidence. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 61, 530-541.

Rey L. Parasitologia. 4rd. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008.

Romero, G.A. & Boelaert, M. (2010) Control of visceral leishmaniasis in Latin America-A systematic review. *Plos Neglected Tropical Diseases* 19, e 584.

Romero-Lopez, J.A., Jaramillo-Arango, C.A, Martinez-Maya, J.J., alvarez Peralta, E. & Robert Terrones, C. (2008) Study of the Population Structure of Dogs in a Political District in Mexico City. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 7, 1352-1357.

Ross, R. (1903). Notes on the bodies recently described by *Leishmania donovani* Br. *Med. J.*

11, 1261-1262.

Sanderson, S., Tatt, I.D., Higgins, J.P. (2007) Tools for assessing quality and susceptibility to bias in observational studies in epidemiology: a systematic review and annotated bibliography. *International Journal of Epidemiology*, 36: 666–676.

Schwarz, C. J. ,& A. N. Arnason. (1996). A general methodology for the analysis of capture-recapture experiments in open populations. *Biometrics* 52, 860-873.

Schwarz, C.J. (2001) The Jolly-seber model: More than just abundance. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 6, 195-205.

Shimozako, H.J. & Couto-Júnior, E.B. (2010) Photografic capture-recapture for estimation of stray dog population. *VDM Verlag* 1, Saarbruken.

Silva, E.S., van der Meide, W.F., Schoone, G.J., Gontijo, C.M., Schallig, H.D. & Brazil, R.P. (2006) Diagnosis of canine leishmaniasis in the endemic area of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil by parasite, antibody and DNA detection assays. *Veterinary Research Communications* 30, 634 – 643.

Seber, G.A.F. (1965). A note on the multiple recapture census. *Biometrika* 52, 249-259.

Shlomain, J. (1994) The assembly of kinetoplast DNA. *Parasitology Today* 10, 341-346.

Soto, F.R.M. et al. (2006) Dinâmica populacional canina no Município de Ibiúna-SP: estudo retrospectivo. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci., São Paulo* 43, 178-185.

Srivastava, P., Dayama, A., Mehrotra, S., Sundar, S. (2011) Diagnosis of visceral leishmaniasis. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 105(1):1-6.

Vos, A., Nunan, C., Bolles, D., Müller, T., Fooks, A.R. et al. (2011) Historical Review. The occurrence of rabies in pre-Columbian Central America: an historical search. *Epidemiology & Infection.* 10, 1445–1452.

Willians, B.K., Nichols, J.D., Conroy, M.J. Analysis and Management of Animal Populations. San Diego: Academic Press, 2002.

World Health Organization (1990) Guidelines for dog population management. 1^a ed. Geneva. 120p.

World Health Organization (2006) http://www.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB118/B_118_4-en.pdf. Acesso em 29/01/2016

4. ARTIGOS

4.1 Population estimation methods for free-ranging dogs: A systematic review

Publicado no Periódico PloS One: DOI: 10.1371/journal.pone.0144830

Vinícius Silva Belo^{1,3}, Guilherme Loureiro Werneck², Eduardo Sérgio da Silva³, David Soeiro Barbosa¹, Claudio José Struchiner¹

1 Departamento de Endemias Samuel Pessoa, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

2 Departamento de Epidemiologia - Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

3 Campus Centro-Oeste Dona Lindu, Universidade Federal de São João del Rei, Divinópolis, Minas Gerais, Brasil

Abstract

The understanding of the structure of free-roaming dog populations is of extreme importance for the planning and monitoring of populational control strategies and animal welfare. The methods used to estimate the abundance of this group of dogs are more complex than the ones used with domiciled owned dogs. In this systematic review, we analyze the techniques and the results obtained in studies that seek to estimate the size of free-ranging dog populations. Twenty-six studies were reviewed regarding the quality of execution and their capacity to generate valid estimates. Seven of the eight publications that take a simple count of the animal population did not consider the different probabilities of animal detection; only one study used methods based on distances; twelve relied on capture-recapture models for closed populations without considering heterogeneities in capture probabilities; six studies applied their own methods with different potential and limitations. Potential sources of bias in the studies were related to the inadequate description or implementation of animal capturing or viewing procedures and to inadequacies in the identification and registration of dogs. Thus, there was a predominance of estimates with low validity. Abundance and density estimates carried high variability, and all studies identified a greater number of male dogs. We point to enhancements necessary for the implementation of future studies and to potential updates and revisions to the recommendations of the World Health Organization with respect to the estimation of free-ranging dog populations.

Introduction

In Ecology, the term “population” defines a group of organisms of one species that interbreed and live in the same place at the same time [1]. Plenty of estimates of abundance have been obtained, especially for populations of wild animals, for example, elephants [2], frogs [3], birds [4], wales [5], insects [6] and foxes [7]. In relation to dogs, although a great percentage of them are domiciliary and restricted animals, there is still a great percentage of animals continuously circulating on the street [8] forming specific population groups which are named free-roaming, stray, wandering, not domiciled or unrestricted. Even though publications with free roaming dogs were less frequent than with domiciliary dogs [9], non-restricted dogs also had their population size estimated in different studies [10].

Stray dogs can be considered the primary victims of irresponsible owners who reject their pets into the streets [10, 11]. The abandonment of dogs might be related to irresponsible breeding and religious, cultural and socioeconomic factors. The existence of free-roaming dogs is considered an important problem, not only for the animal welfare but also for Public Health [12, 13].

Issues related to non-domiciliary dogs refer to incidents such as bites, transmission of diseases to humans, damage to wildlife populations, accidents and pollution [14 – 17].

Adequate estimates of the size and of the characteristics of the population of free-roaming dogs are essential in planning and monitoring the effectiveness of strategies adopted for the control and for the welfare of the population [18, 19], for the management of risks associated with their presence [20] and to quantify the prevalence of zoonosis and other diseases present in these animals.

The methods used to estimate the abundance of domiciliary dogs, such as the assessment of veterinary records or sampling based on questionnaires applied to owners, are not useful to estimate the abundance of free-ranging dogs [21]. On the contrary, it is more appropriate to rely on the same methods developed for the estimation of abundance of the population of wild animals [9]. Nowadays, a wide variety of techniques can be applied, including indirect methods, sample surveys based on counts, lines, transects or points; radio telemetry and plenty of other different forms of capture and recapture [22, 23]. The development of such techniques continues to grow [24], but despite all the recent methodological advances, the WHO [25] and the World Animal Protection [26] recommend only four techniques to be used in the estimation of the abundance of unrestricted dogs: total or indirect counts, regression method, estimates of recaptures and the Beck method. Even though such methods have the advantage of being easier to understand and apply [19], in many cases, their premises [27] cannot be met in the studies of

the dynamics of the population of free-roaming dogs, when the application of more appropriate techniques is required. Besides, it is necessary that the methods used be up to date with the advances made in this field of study [23, 28, 29].

A recent systematic review of methods used to estimate the size of restricted domiciliary dogs showed that these were, in general, considered questionable [30]. This limitation was due to a large number of biases and constraints found in most publications and highlighted the importance of a critical evaluation of the knowledge produced and used in the field of veterinary medicine [30]. Given the additional complexities involved in the estimation of the abundance of free-roaming dogs, and the need to choose the appropriate procedures, with known statistical properties and assumptions [22], we systematically review the literature on the estimation of the size of this population. In particular, we assess the methodological framework under which these estimates were carried out as well as the patterns obtained in the estimates in terms of gender, age, breed and socioeconomic factors.

Materials and Methods

Eligibility requirements

To be included in the systematic review, each of the studies must report at least one original assessment of the abundance, or of the density or of the ratio of humans by dogs of a free-ranging dog population. The definition of free-roaming dogs used was based on the criteria of the World Health Organization [25] as follows: i. family dogs (completely dependent, but semi-restricted); ii. neighborhood or community dogs (semi-dependent and unrestricted or semi-restricted); and iii. feral dogs (independent and unrestricted). There were no restrictions about the language of the publication.

We excluded studies published before 1980, modeling studies that did not report abundance estimates, reviews and studies in which the method used was not described in enough details to make it possible to understand the estimation process.

Searches, selection and extraction of information from the publications

Searching strategies of publications were implemented during the month of November of 2013. Four different databases (Web of Science, Scopus, Ovid Cab Abstracts and ProQuest) and Google Scholar tool were used with the following search terms or their derivatives, depending on the "subject headings" of each base: (Dog*) OR (kennels) OR (canine) OR (canidae) AND ("Estimates") OR ("size") OR ("population*") OR ("dynamics") OR

("abundance") OR ("stray") OR ("demography"). The search was performed considering the occurrence of the terms only on the title of the publications. In addition, we asked for the contribution of experts on the topic.

Based on the titles and abstracts of the identified studies, we excluded those considered irrelevant given the inclusion criteria. After remission of duplicates, we analyzed the full texts of potentially relevant publications. In this phase, we selected the studies included in the present review.

The texts of publications with restricted access were obtained through the Oswaldo Cruz Foundation - Capes Portal. The articles not available via the portal were accessed through the Harvard Library Resource Sharing-Countway Library. Finally, in case of failure of the two previous strategies, we directly contacted the authors or the journal in which the study was published.

The extraction of information from complete texts was done by one of the review authors (VSB) and verified by the others. For each study, when available, the following information was recorded: year; place of execution; definition of free-roaming dog; method used for marking and identification of the dog; method used for observation and/or dog capture procedures; analytical procedure used to obtain the population size; calculated population size; density; male-female ratio; number of dogs by inhabitants of the area; age and breed.

Organization and analysis of the quality of the collected information

We describe the number of publications analyzed by continents and countries. The studies were then divided into four groups considering the type of method used to obtain the estimate: i. Censuses or counts; ii. Transects and/or distance-based methods; iii. Capture-recapture techniques; iv. Own methods developed in the study.

Considering the lack of tools for analyzing the quality of studies of the abundance of animal populations in the literature, as well as the variety of techniques used in publications, we carry out a theoretical analysis of the limitations and susceptibilities to bias in the studies reviewed. We focused on general aspects regarding the study design and execution, and the choice of an analytical methodology without building a final quality score [31]. We analyzed whether the methods utilized were appropriate for the generation of valid estimates of abundance or density of the population of dogs studied. We also analyzed the adequacy of the description of the information, the methods of estimation, the data collection procedures during field work and the form of identification and registration of dogs as well as other specific biases or limitations identified in each study. All quality analysis were performed based on concepts

discussed by Williams et al. [22], Amstrup et al. [24] and Brochures [32].

As the last step in our analysis, we focused on estimates of abundance and density reported in the studies and possible patterns of results.

Results

Geographical distribution of the studies included in the analysis

We analyzed the full text of 44 publications as the direct outcome of our searching strategy applied to the specified databases, one publication indicated by a specialist, and one recovered by the analysis of references therein. Twenty of these publications were excluded for various reasons. Thus, 26 studies were included in the final review [10, 20, 33-56] (S1 Table). Figure 1 describes the flow chart with the outcome of our searching strategy and the justifications for the exclusions performed.

Brazil was the country with the largest number of analyzed studies (n=6), followed by India (n=5) and Nigeria (n=2). United States of America and other thirteen countries had only one study each. The continent with the highest number of publications was the Asian (n=11), followed by the Americas (n=8), Africa (n=4) and Europe (n=3). There were no studies performed in Oceania.

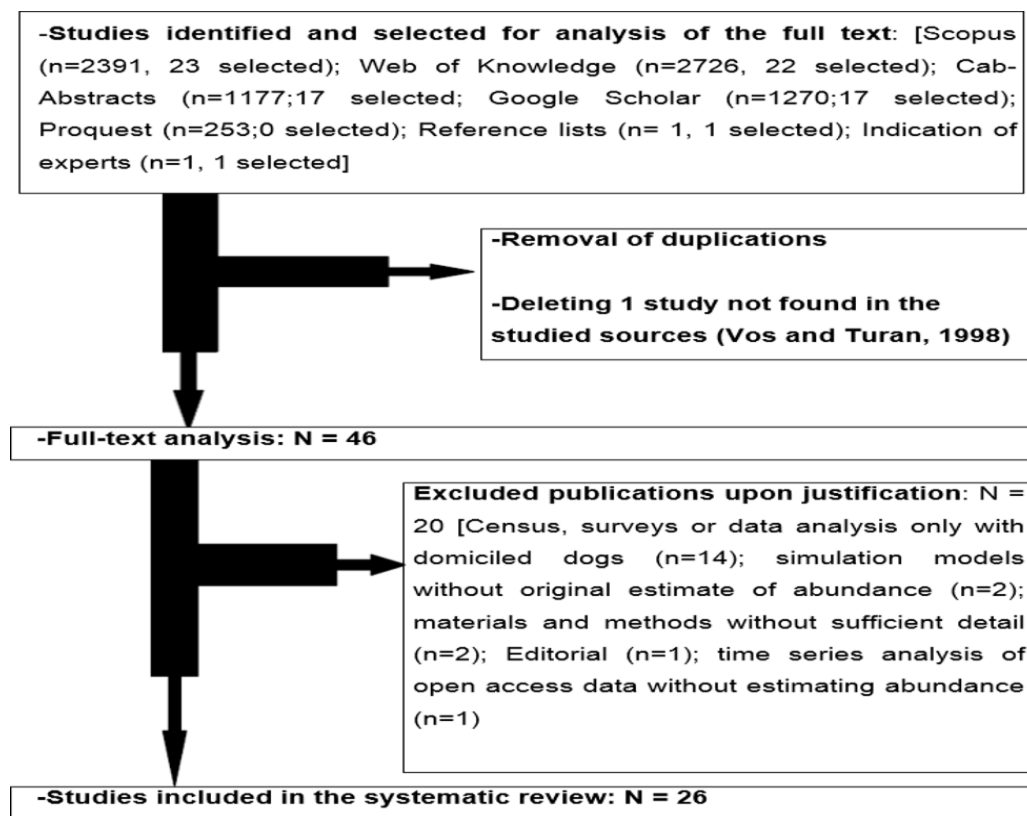


Figure 1 Flow chart of the selection process of the studies reviewed

Analysis of methods for the estimation of abundance and identification of the limitations in the implementation of studies

Seven publications reported abundance estimates based on counts; one used a method based on distances, 12 performed capture-recapture techniques and 6 used their own methods. No studies relied on statistical models to report the association of covariates of interest to abundance estimates. Table 1 describes the sources of susceptibility to bias arising from the estimation methods used in the study groups. Our analysis is stratified by those categories. S1 Table presents the details of the procedures, results and limitations of each of the studies analyzed.

Studies using methods based on counts

Seven [33, 36, 44-46, 51, 53] of the eight studies analyzed in this group used census surveys to estimate the size of the free-ranging dog populations. These studies reported the simple counting of the dogs viewed or photographed during a given period of time, and this value was computed as the population abundance. This approach does not take into account the possibility of heterogeneous probabilities of animal detection and can only generate indicators of canine abundance instead of estimates of population parameters of abundance [22].

Animal population censuses assume closed populations along the counting period [22], which leads to the condition that the data be collected for short time periods. This latter requirement was not fulfilled in the reviewed studies where the capture period was described [33, 36, 44, 45].

Kalati [47] reported a census of the animal population in 137 blocks of the city of Kathmandu, Nepal. The count obtained at this stage was corrected by the probability of capture estimated for 16 blocks in which capture and recapture procedures had been performed over five consecutive days. While this approach might seem plausible to correct for the likelihood of animal detection in a census, it can be criticized for representing a specific subset of the 137 blocks originally sampled. Instead, a random sample of those 137 blocks would provide an unbiased estimate of the correction factor.

The studies in this group reported animal abundance estimates with statistical properties that can be regarded as questionable. Similar concerns apply to density estimates since they are simple ratios of the (inaccurately) estimated number of animals and the geographical area stipulated by authors.

Table 1 Main susceptibility to bias due to the methods used to estimate the abundance of the populations of free-ranging dogs

Technique	Studies	Main potential sources of bias affecting the reported estimates*
Census surveys without corrections for different probabilities of animal detection	Aiyedun and Olugasa [33]; Berman and Dunbar [36]; Hossain et al. [44]; Ibarra et al. [45]; Ivanter and Sedova [46]; Pal [51]; Torres et al. [53]	The method does not account for possible differences in animal detection; Populations should be closed, and some studies had long execution times; Method indicated only for restricted and small populations.
Census surveys with corrections for different probabilities of animal detection	Kalati [47]	Long duration, violates the premise of closure; Method indicated only for restricted and small populations; A constant value for the probability of capture was used to correct the count. Such value was not estimated from a random sample of blocks.
Line transects	Childs et al. [37]	Measurement of the distances between the lines and the dogs may not have been adequate; Transects were not arranged randomly in the area surveyed
Lincoln-Petersen estimator	Artois et al. [34]; Shimozako and Junio [10]; Dias et al. [20]	Method does not account for potential differences in animal detection
Schumacher method	Totton et al. [54]	The method is not appropriate to estimate stray dogs; Premises required for the proper use of this approach has proven to be difficult to verify.
Method of Beck	Belsare et al. [35]; Daniels and Bekoff [38]; Faleke [39]; Font [40]; Guilloux [42]; Kato et al. [48]; Shimozako and Junio [10]	Aside from Belsare et al. (2013), studies did not account for potential heterogeneity in capture probabilities; Populations should be closed, and some studies have long execution times. Method does not account for possible differences in animal detection
Mark- resight	Punjabi et al. [52]	Possible heterogeneities were not accounted for; It was not possible to know the exact number of marked animals present in the area - premise necessary for the implementation of the adopted model (logit-normal); Monochrome dogs were considered not marked in the initial stage.

Time series analysis	Vial et al. [56]	The data collection along different years was complex and not uniform; Transects selected non-randomly; estimation by mean of counts (census) that did not account for possible differences of animal detection; possible violation of premise of closed population.
Binomial model and Bayesian analysis	Matter et al. [50]	Method dependent on the choice of the prior information.
Bayesian analysis to identify the proportion of stray dogs	Gsell et al. [41]	Method applicable only if all domiciled dogs dwell visible areas (gardens, terraces, etc.) for those who make external observations.
Extrapolation	Tung et al. [55]	Selection of points to identify dogs should be random and representative of the national geographic space, which cannot be verified; estimation by mean of counts that did not account for possible differences in animal detection
Information on dogs previously sterilized to estimate the population of strays	Hiby et al. [43]	Use of a unique survival probability value to represent the entire population; possible violation of the premise of a closed population.
Pasteur technique	Matos et al. [49]	Overlapping areas where animal counting takes place, thus dogs could have been counted more than once; study area open to immigration; Estimation based on animal counting that did not account for possible differences in animal detection; valid estimates require that all free-ranging dogs be on the streets and be identified in the short period of observations; potential information bias (see S1 Table)

*** Other limitations that may render the estimates invalid such as inaccuracies in the identification of dogs and in the procedures leading to their capture or visualization have been identified in different studies and are described in S1 Tab.**

The studies reviewed in this group provide incomplete descriptions of the animal capture procedures used regarding the actual path followed, the location and time of the day when the captures/observations took place, and the method used. Only studies of Torres and Prado [53] and Hossain et al. [44] described, albeit not in detail, the use of photographs for the identification of spotted dogs. Pal [51] did not describe the procedure for identification of dogs, albeit the study having been carried out between March 1994 and February 1998, with four annual capture efforts. The remaining studies recorded the physical characteristics of animals, which may be a source of inaccuracies related to the counts reported, especially in those studies [33, 36, 45] in which the number of animals was significantly high.

Study using methods based on distances

Childs et al. [37] estimated the density of the free-ranging dog population using a distance based method where the individuals were observed around transects located in the region of interest. Details of Childs et al. [37] study are given in S1 Table. While this technique yields a more suitable density estimate than techniques based on counts [32], it still partly relies on ad hoc methods of estimation. Childs et al. [37] adequately described the methods they used, including the animal observation technique and choice of the analytical model. However, the authors did not rely either on photos nor more sensitive ways of identifying dogs. They provided insufficient details about the way they measured the distances between the animals and the transects. Also, the transects were not randomly allocated, which violates one of the assumptions of the technique used. For logistical reasons, the transects were placed mainly on roads and highways and dogs from other areas were not represented in the sample. Although these limitations may be relevant, their prevention is difficult in these types of studies. As the authors pointed out, unrestricted dogs that do not live in any way associated with humans were extremely uncommon in the study area, which could have reduced the negative influence that the infringement of such a premise could cause.

Capture-recapture studies

The twelve studies using captures and recaptures assumed a closed population as a premise required by the analytical methods employed (Table 1).

Three studies [10, 20, 34] used the Lincoln Petersen estimator to infer the canine population size. This approach was used by Laplace (1786) to estimate the size of the human population in France and by Lincoln (1930) to estimate the number of waterfalls in North

America [22]. It is the starting point to understand all estimators based on capture-recapture [22] and takes only two waves of capture procedures. If executed at short intervals, without incurring in losses of animal markers, and assuming homogeneous probabilities of capture [24] can produce unbiased estimates of the size of animal populations. However, the suitability of such premises cannot be directly verified, which constitutes the major limitation of the approach [57] leading to the need to increase the capture efforts [22]. The description of the procedure developed by Artois et al. [34] lacks in detail since even the interval between captures was not reported. This prevented a better assessment of their study. In the study by Shimozako and Junio [10] and Dias et al. [20], captures were performed in the morning and recaptures in the afternoon on a weekly basis in the first study and on a three months period in the second. The implementation of capture efforts and recapture on the same day limits the possibility of violation of the closure assumption of the population.

Another study that used a simple estimator based on only two efforts was Totton et al. [54], in this case, the Schumacher method, developed in 1943. We did not find references to this methodology in the tools used to analyze the quality of the studies reviewed. However, by checking the original article first describing this technique [58], we concluded that it is not appropriate to estimate populations such as dogs, since it was originally conceived for aquatic animals. Also, the premises required for the proper use of this approach has proven to be difficult to verify.

Seven studies [10, 35, 38, 39, 40, 42, 48] used the Beck method to estimate the size of the dog population. This technique, first described in 1973 [59], has the same premises as the Lincoln-Petersen estimator and extends this latter approach to k number of closed population captures using photographs for animal identification. Further advances in modeling capture and recapture data from closed populations, allowing for different assumptions about the sources of variation in capture probabilities [22, 60], have not been described in the original method by Beck [59], nor in the WHO recommendations [25]. One of the studies reviewed [35] used, in addition to Beck's method, techniques for analyzing heterogeneity in the capture probabilities. By applying Beck's method, the authors estimated the size of the animal population as being less than the minimum number present in the population, a quantity known to them. The long duration of the study, which jeopardizes the premise of a closed population required by Beck's method, could explain the observed discrepancy between population size estimates. The authors then fitted a model that considered the individual capture probability, resolving this apparent discrepancy. The other publications in this review used the Beck method as recommended by the WHO and thus did not consider the possibility of bias originating from different animal

capture probabilities. Such studies were also subject to violation of the closed population assumption. In fact, in 25 out of the 26 studies reviewed, the violation of this premise was not verified with the use of currently existing methods [61].

Finally, the study by Punjabi et al. [52] used Mark-resight procedures [62] to estimate the free-ranging dog population. Mark-resight models result from a slight modification of the traditional procedure of capture and recapture. This modified approach benefits from the input of additional information available obtained by the visualization of animals not previously marked [63]. Different models, each specifically tailored to the way data is collected, can be used in the analysis [62]. Considering that the photographic method enables the individual identification of each dog, it is possible to model the capture probabilities, also known as visualization probabilities. Punjabi et al. [52] assessed the presence of heterogeneity among capture probabilities. However, due to convergence problems not specified, they fitted a simpler model that did not allow for parameters describing this heterogeneity. The actual model (logit-normal) fitted by the authors did not seem appropriate once the interval between the first capture and the last observation period, 6 days, casts doubts on the actual number of marked animals present in the area, a necessary premise in their approach. The tools necessary to monitor the animals, such as radio or GPS collars that emit mortality signals, were not available in the study [64]. In any case, this period was relatively short and such bias, if present, may have had little influence on the parameter estimates. However, potential sources of biases can arise when the authors considered as not marked (in the initial stage) the monochrome dogs or dogs without the so-called natural marker. These animals were in the area and detected by the investigators; therefore, it seems more appropriate to assign these animals as marked based on other alternative physical characteristics besides the animals' coat.

As well as in studies based on counting, the studies that performed captures and recaptures estimated density by simply dividing the estimated number of dogs by total area, which might not represent the true value of this parameter [32]. Additional limitations, often found in the studies, are the reporting of parameter estimates without the corresponding measures of uncertainty and the inadequate description of the routes, times and intervals between captures, as well as animal identification methods (S1 Table).

Studies that implemented their own methods

Vial et al. [56] analyzed the trend in population abundance of wandering dogs in Bale Mountains National Park, in Ethiopia, based on data collected from 1986. The data were collected at distinct time intervals throughout the different areas in the park with interruptions

due to logistics problems. Animal identification and counting took place from vehicles following non-random transects. Such efforts lacked in detail and were not standardized. Taken as a whole, these issues may have rendered the study susceptible to biases and interfered with the validity of the time series estimates. Regarding the estimation procedure, it was a simple count of the observed dogs and the rate of encounters (individuals/km²). As the study areas were not closed to animal migration and the encounter probability may have changed over the years, the validity of estimates of the population density is questionable.

Matter et al. [50] implemented their own procedure to estimate canine abundance. They studied dogs marked at the time of vaccination followed by home visits and monitoring of the animal tag in the target area. Their approach relies on a binomial model of probabilities to estimate the number of unmarked dogs, the specification of a priori distributions to estimate the probability of recapture, and the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) approach to yield the "posterior" distribution of all parameters of interest. Akin to all Bayesian approaches, their method is dependent on the choice of input prior distributions needed to run the Bayesian analysis. The authors do not offer much detail about the fieldwork leading to animal captures as well the reasons why the number of areas covered by vaccination does not overlap with the areas targeted by the household survey. Both issues represent important sources of concern.

Gsell et al. [41] tried to estimate the proportion of stray dogs also from a Bayesian perspective. Based on an innovative approach, they update estimates previously available to achieve more precise estimates of the actual population of stray dogs. In S1 Table, we offer additional details on the implementation of their work. It is noteworthy that the method developed is not robust against misclassification of the status of domestic dogs or under-reporting of wandering dogs.

In the study by Tung et al. [55], the identified dogs were counted in 56, 74 and 74 selected observation points in Taiwan respectively in 1999, 2004 and 2009. The authors estimated the national population of dogs using the following formula: [(TOTAL POPULATION OF TAIWAN – (POPULATION OF RESIDENTS IN THE AREA - TOTAL OF CAPTURED DOGS)]. We identified the following limitations in the study: due to the lack of explicit information on the selection strategy of the observation points, one cannot infer random allocation of the observation points and, therefore, a representative sample of the national geographic boundaries; the census approach presents the inadequacies described earlier in this work; there was no information on routes and the photographic procedure performed.

Hiby et al. [43] used information on the number of dogs previously sterilized by non-governmental as well as governmental organizations to estimate the population of free-ranging dogs in three cities in India. We offer additional details on how these estimates were obtained

in S1 table. The approach is advantageous over alternative techniques such as simple counts. However, we emphasize that it is dependent on the availability of reliable information on the number of sterilized dogs, on estimates of the survival of these animals, and on the identification of dogs. It is also assumed that the population is closed. Shorter studies might better fulfill this latter assumption, which was not true in the present study. Also, the animal identification procedures were not adequate as well as the survival of the population of dogs at different age groups that was considered constant.

Finally, Matos et al. [49] developed what they called "Pasteur technique" to estimate the dog population in two urban areas of a Brazilian municipality. Additional details about the technique as well as important limitations that invalidate its application to estimate the size of the population of free ranging dogs are described on S1 Table.

Parameter estimates and results of reviewed studies

Canine density indicators varied considerably among the different studies. These estimates were high in some areas of the cities of Valencia [40], Katawa [51] and Kathmandu [48], respectively 1304 dogs/km², 1859 dogs/km² and 2930 dogs/km², reaching the ratio of 5.2 dogs per inhabitant in this latter city. On the other hand, in areas of the cities of São Paulo [42], Raipura [44], Mumbai [52], São Luiz do Paraitinga [53] and Jodhpur [54] density estimates were lower than 10 dogs per km². In the other six studies, as well as in certain areas of those studies already mentioned, the density estimates remained between the two extremes above and the ratio of dogs to inhabitants was always less than 1 (S1 Table). Only three studies describe the specific areas where dogs concentrate. Dias et al. [20] conducted their study on a college campus and showed that regions harboring higher amounts of organic material carried a larger number of animals. Font [40], in turn, described higher concentration of dogs in areas with low socioeconomic status in Valencia, Spain, and Ivanter and Sedova [46] showed that areas with higher densities of human population also display higher densities of stray dogs in Petrozavodsk, Russia.

Regarding the distribution of the populations by gender, there was a predominance of males in all studies where this information was available. Few studies provided information on age groups and only one described the breeds of dogs studied, all mongrel (S1 Table).

Discussion

This review analyzed the methods and results of twenty-six studies that estimated the

abundance, density or the ratio of human to dogs of the free-ranging dog populations. It is difficult to indicate ideal methods to estimate the size of animal populations. The choice of an optimum strategy depends on the circumstances and the resources available in each area as well as the susceptibility to bias of each technique. The papers reviewed in this work used methods that have well-known limitations and did not incorporate alternative strategies that could lead to improved estimates of animal abundance.

Dogs are territorial animals, tend to concentrate in areas with increased availability of food and have varying patterns of behavior towards people, so their individual probabilities of being captured differ. Thus, the use of counts by mean of census would only apply if one could look at the same moment the dogs in all areas of the territory [19]. In opposition to this latter recommendation, eight studies used census to estimate abundance. On the other hand, methods based on counting individuals belonging to sampling units representing the study area, and where all dogs can be counted or the sampling fraction can be estimated, are widely described in the literature [10, 57, 65, 66] but have been used only in one study reviewed [37]. Assuming that censuses were used more often because they are faster and less costly, they do not outperform sampling methods. The latter approach is capable of generating better information, and its implementation is as complex as the census, just requiring prior planning to choose the most appropriate model [65]. Also, sampling methods are cheaper when large areas need to be covered. Therefore, such methods ought to be considered in future research and, even, in regular surveillance activities requiring estimates of the abundance and density of dogs. On the other hand, counts by mean of censuses should be carried out only in rare instances when no other alternative becomes available, for a short period and, preferably, implemented along with calibration procedures and statistical tests for the presence of heterogeneities of detection probabilities [22, 66].

Regarding the twelve studies using capture-recapture techniques, only one [35] addressed the presence of heterogeneities in the analysis. None of the studies reviewed considered the populations sampled as open, although this approach were feasible and could have provided relevant information regarding the estimates of parameters such as survival and recruitment in populations of free-roaming dogs [57, 67]. It is advisable that future capture-recapture studies take advantage of the various methods available for the analysis of open populations [22, 68]. The same advice applies to the methods of analyses of closed populations that take into account heterogeneous probabilities of animal capture [60]. In this context, we call the readers' attention to Pollock's Robust Design, whose methodology is described in different publications [22, 69, 70], and which incorporates the advantages of both approaches

developed for open and closed populations. Although being more difficult to implement due to its complexity, this technique deserves the attention of future academic research in this field.

The vast majority of the studies followed WHO recommendations, first published in 1990 [25] and the most recent document by the World Animal Protection [26]. These publications suggested the use of census, of Lincoln Petersen estimator and of Beck's method. Both documents highlight the assumptions and limitations of these techniques but do not refer to the alternative approaches recommended otherwise. These approaches would be useful, when the assumptions are not tenable, and when the limitations are present, and could lead to adequate estimates of the size of populations of free-roaming dogs. Parameters related to the canine population dynamics, such as abundance, can have a major impact on animal welfare, animal disease control and the monitoring of the effectiveness of population control measures [18, 19]. The importance of having access to proper estimates of these parameters should be overlooked. It is, therefore, essential that WHO updates its recommendations by describing sampling techniques based on distances or count, and methods that allow for the analysis of capture probabilities of dogs in models applicable to closed populations. Such methods do not add complexity to the fieldwork data collection process and generate more valid and reliable information. Previous training on the development of the study protocol and analysis is all that is required for their implementation. Equally important is the need to raise the awareness about methods based on open populations and their role in the estimation of survival and abundance.

More expensive or complex methods, in turn, might be difficult to implement in a more general context but are certainly useful in a research context. A short list of such methods include: spatially explicit capture-recapture [32], known-fate models with individuals carrying radio markers [71, 72], Pollock's Robust Design and Mark-resight that make use of tools to know exactly the number of marked dogs, as well as methods developed and/or used more recently to sample animal populations other than dogs [73 – 76]. Methods introduced in the studies by Matter et al. [50] and Hiby et al. [43] deserve further evaluation since they can prove to be useful tools for estimating the canine abundance.

In addition to the limitations introduced by the choice of the analytical methods, a second source of concerns that might affect the studies reviewed in this work is their susceptibility to biases due to the study implementation. The approaches used may experience failure to identify the dogs due to the use of inappropriate markers or lack of photographs [77]. Different markers and the photographic method can be used with canine populations [25]. Photos in adequate numbers and in different positions for the same dog may have high sensitivity and specificity [10; 78] without the need for physical contact between the researcher

and the animal. Future studies should expand the description of the photographic method to better assess their suitability and reproducibility. On the other hand, biases and limitations arising from the study implementation or the description of the capturing procedures or animal visualization can benefit from tools analogous to those developed to improve the description of the results of epidemiological studies [79]. These latter guidelines have yet to be adapted to the context of studies aimed at estimating animal populations. Once available they might help in conceiving proper studies with a transparent and standardized description of the results.

Density estimates reported in the studies reviewed in this work displayed a large variation. This statement is true even in studies performed in the same country, as it is the case of India [35, 51]. As discussed by Shimozako and Junio [10], this variability prevents that a single value of the ratio of human to dogs be extrapolated to estimate the populations of different areas. Observed differences in population abundance can be considered normal, and even expected, given that the density of dogs is strongly influenced by social, economic, demographic, environmental and cultural factors [9]. We noted, however, that the modeling procedures in all the studies reviewed did not account for additional factors possibly related to the parameters describing the dynamics of the canine population [80]. Only a few of those studies provided additional descriptive information. Such analyzes should also be implemented in future research since these factors might play a key role in understanding the canine population dynamics [22].

Male animals outnumber female animals in the population of free-roaming dogs. This statement derives from the descriptive data presented in the studies. This pattern is also observed among restricted dogs [81], and may be explained by the use of male animals as guard dogs [44] and by a higher mortality among female animals due to pregnancy and childbirth [82].

The present review is also limited in various aspects. Given the geographic diversity of the studies analyzed, our search strategy did not cover all sources of information, and differential selection of studies should be reminded. We searched different bases as well as Google Scholar to minimize this source of bias. However, studies that took place in non-academic environments may have been lost. The diagnosis of susceptibility to biases in reviews requires specific tools that are not available yet in the field of animal population dynamics. Therefore, our review should be seen as a “quality review” of a theoretical nature instead of a quantitative review aiming at more precise parameter estimates by pooling together the data published by the various studies. The successful experience in using the various tools of this type in the medical field [31] should serve as an example and guidance leading to similar

initiatives in the field of Ecology.

Our review examined different studies that report estimates on the abundance or density of the population of free-ranging dogs. The validity of the estimates reported is the subject of concerns due to the limitations identified in our work. Valid estimates of abundance and density are the only way to achieve a proper understanding of the canine population dynamics, a prerequisite for the planning, execution and evaluation of control actions preserving animal welfare.

References

1. Krebs CJ. Ecology. New York Harper and How; 1972.
2. Little SC, Bradshaw CJA, McMahon CR, Hindell MA. Complex interplay between intrinsic and extrinsic drivers of long-term survival trends in southern elephant seals. *BMC Ecol.* 2007; 7:3.
3. Bullock, JA. Population estimation in the Torrent frog, *Amolops lamtensis* (*Anura: Ranidae*). *Journal of Zoology.* 1969; 159: 167–180.
4. Manning JA, Goldberg CS. Estimating population size using capture–recapture encounter histories created from point-coordinate locations of animals. *Methods Ecol Evol.* 2010; 1: 389–397.
5. Ashe E, Wray J, Picard CR, Williams R. Abundance and Survival of Pacific Humpback Whales in a Proposed Critical Habitat Area. *PLoS ONE.* 2013; 8: e75228.
6. Kirkeby C, Bødker R, Stockmarr A, Lind P, Heegaard PMH. Quantifying Dispersal of European *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) Vectors between Farms Using a Novel Mark-Release-Recapture Technique. *PLoS One.* 2013; 8: e61269.
7. Gütthlin D, Storch I, Küchenhoff H. Toward Reliable Estimates of Abundance: Comparing Index Methods to Assess the Abundance of a Mammalian Predator. *PLoS One.* 2014; 9: e94537.

8. Massei G, Miller LA. Nonsurgical fertility control for managing free-roaming dog populations: a review of products and criteria for field applications. *Theriogenology*. 2013; 80: 829-838.
9. Reece JF, Chawla SK, Hiby EF, Hiby LR. Fecundity and longevity of roaming dogs in Jaipur, India. *BMC Vet Res*. 2008; 31: 4-6.
10. Shimozako AJ, Cout-Junior EB. Photographic capture-recapture for estimation of stray dog population. Saarbrücken Verlag; 2008.
11. Alves AJS, Guiloux AGA, Zetun CB, Polo G, Braga GB, Panachão LI, et al. Abandonment of dogs in Latin America: review of literature. *Continuous Education Journal in Veterinary Medicine and Zootechny of CRMV-SP*. 2013; 11: 32 – 39.
12. Amaku M, Dias RA, Ferreira F. Dynamics and Control of Stray Dog Populations. *Math Popul Stud*. 2010; 17: 69–78.
13. Garcia RCM, Calderón N, Ferreira F. Consolidation of international guidelines for management of canine populations in urban areas and proposed indicators for their management. *Rev Panam Salud Publica*. 2012; 32: 140-144.
14. Ugbomoiko US, Ariza L, Heukelbach J. Parasites of importance for human health in Nigerian dogs: high prevalence and limited knowledge of pet owners. *BMC Vet Res*. 2008; 9:4:49.
15. Tenzin DNK, Gyeltshen T, Firestone S, Zangmo C, Dema C, Rawang G, et al. Dog Bites in Humans and Estimating Human Rabies are Mortality in Rabies Endemic Areas of Bhutan. *PLoS Negl Trop Dis*. 2011; 5: e1391.
16. Lunney M, Jones A, Stiles E, Waltner-Toews D. Assessing human-dog conflicts in Todos Santos, Guatemala: bite incidences and public perception. *Prev Vet Med*. 2011; 102: 315-320.
17. Høgåsen HR, Er C, Di Nardo A, Dalla-Villa P. Free-roaming dog populations: a cost-benefit model for different management options, applied to Abruzzo, Italy. *Prev Vet Med*. 2013; 112:

401-413.

18. Dalla Villa P, Kahn S, Stuardo L, Iannetti L, Di Nardo A, Serpell JA. Free-roaming dog control among OIE countries which are members. *Prev Vet Med.* 2010; 97: 58-63.

19. Fei SY, Chiang JT, Fei CY, Chou CH, Tung MC. Estimating stray dog populations with the regression method versus Beck's method: a comparison. *Environ Ecol Stat.* 2012; 19: 485-498.

20. Dias RA, Guilloux AGA, Borba MR, Guarnieri MCL, Prist R, Ferreira F, et al. Size and spatial distribution of stray dog population in the University of São Paulo campus, Brazil. *Prev Vet Med.* 2013; 110: 263-273.

21. Serafini CA, Rosa GA, Guimaraes AM, De Moraes HA, Biondo AW. Survey of owned feline and canine populations in apartments from a neighbourhood in Curitiba, Brazil. *Zoonoses Public Health.* 2008, 55: 402–405.

22. Willians BK, Nichols JD, Conroy MJ. *Analysis and Management of Animal Populations.* San Diego Academic Press; 2002.

23. Schwarz CJ, Seber GAF. Estimating animal abundance: Review III. *Statistical Science.* 1999; 14: 427-456.

24. Amstrup SC, McDonald TL, Manly BFJ. *Handbook of Capture-Recapture Analysis.* 1 st ed. New Jersey Princeton University Press; 2005.

25. World Health Organization/ World Society for the Protection of Animals. *Guidelines for dog population management.* Geneva; 1990

26. World Organization for Animal Health (OIE). *Terrestrial Animal Health Code, Chapter 7.7, Stray dog population control.* Available on http://web.oie.int/eng/normes/mcode/en_chapitre_1.7.7.htm. 2010

27. Fernandez FAZ. Methods for estimating the population parameters by capture mark and recapture. *Brasiliensis Ecology.* 1995; 2: 01-26.

28. Cormack R. Population Size Estimation and Capture–Recapture Methods. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* 2002; 11809-11813.
29. Pledger S, Pollock KH, Norris JL. Open Capture-Recapture Models with Heterogeneity: II. Jolly-Seber Model. *Biometrics*. 2009; 59: 786-794.
30. Downes MJ, Dean RS, Stavisky JH, Adams VJ, Grindlay DJ, Brennan ML. Methods used to estimate the size of the owned cat and dog population: a systematic review. *BMC Vet Res*. 2013; 9:121.
31. Sanderson S, Tatt ID, Higgins JP. Tools for assessing quality and susceptibility to bias in observational studies in epidemiology: a systematic review and annotated bibliography. *Int J Epidemiol*. 2007; 36: 666–676.
32. Brochers, D. A non-technical overview of spatially explicit capture–recapture models. *J Ornithol*. 2010; 152 (Suppl 2): S435–S444.
33. Aiyedun JO, Olugasa BO. Use of aerial photograph to enhance dog population census in Ilorin, Nigeria. *Sokoto Journal of Veterinary Sciences*. 2012; 10: 22-27.
34. Artois M, Osman F, Kilani M, Wandeler A. New contribution to the knowledge of the ecology of stray dogs in Tunisia. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*. 1986; 9: 4-5.
35. Belsare AV, Gompper ME. Assessing demographic and epidemiologic parameters of rural dog populations in India during mass vaccination campaigns. *Prev Vet Med*. 2013; 111: 139-146.
36. Berman M, Dunbar I. The social behaviour of free-ranging suburban dogs. *Applied Animal Ethology*. 1983; 10: 5-17.
37. Childs JE, Robinson LE, Sadek R, Madden A, Miranda ME, Miranda NL. Density estimates of rural dog populations and an assessment of marking methods during a rabies vaccination campaign in the Philippines. *Prev Vet Med*. 1998; 33: 207-218.

38. Daniels TJ, Bekoff M. Population and social biology of free-ranging dogs, *Canis familiaris*. *J Mammal*. 1989; 70: 754-762.
39. Faleke O. Studies on dog population and its implication for rabies control. *Nigerian Journal of Animal Production*. 2003; 30: 242-245.
40. Font E. Spacing and social organization: Urban stray dogs revisited. *Applied Science of Animal Behavior*. 1987; 17: 319-328.
41. Gsell AS, Knobel DL, Kazwala RR, Vounatsou P, Zinsstag J. Domestic dog demographic structure and dynamics relevant to rabies control planning in urban areas in Africa: the case of Iringa, Tanzania. *BMC Vet Res*. 2012; 8: 1-10.
42. Guilloux AGA. Estimation of stray dog's population and its association with socioeconomics and environmental factors. M.Sc. Thesis, Faculdade de Medicina Veterinaria e Zootecnia, Universidade de Sao Paulo. 2011. Available: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde-07082012-181835/fr.php>
43. Hiby LR, Reece JF, Wright R, Jaisinghani R, Singh B, Hiby EF. A mark-resight survey method to estimate the roaming dog population in three cities in Rajasthan, India. *BMC Vet Res*. 2011; 7.
44. Hossain M, Ahmed K, Marma ASP, Hossain S, Ali MA, Shamsuzzaman AM, et al. A survey of the dog population in rural Bangladesh. *Prev Vet Med*. 2013; 111: 134-138.
45. Ibarra L, Fabian Espinola Q, Echeverria L. A survey to the population of existing dogs in the streets of Santiago, Chile. *Avances en Ciencias Veterinarias*. 2006; 21: 33-39.
46. Ivanter EV, Sedova NA. Ecological monitoring of urban groups of stray dogs: An example of the city of Petrozavodsk. *Russian Journal of Ecology*. 2008; 39: 105-110.
47. Kalati K. Street dog population survey, Kathmandu: Final Report to WSP; 2010
48. Kato M, Yamamoto H, Inukai Y, Kira S. Survey of the Stray Dog Population and the Health

Education Program on the Prevention of Dog Bites and Dog-Acquired Infections: A Comparative Study in Nepal and Okayama Prefecture, Japan. *Acta Med Okayama*. 2003; 57: 261-266.

49. Matos MR, Alves MCGP, Reichmann MLAB, Dominguez MHS. Sao Paulo Pasteur Institute technique for estimating a canine population. *Cad Saude Publica*. 2002; 18:1423-1428.

50. Matter HC, Wandeler AI, Neuenschwander BE, Harischandra L, Meslin FX. Study of the dog population and the rabies control activities in the Mirigama area of Sri Lanka. *Acta Trop*. 2000; 75: 95-108.

51. Pal SK. Population ecology of free-ranging urban dogs in West Bengal, India. *Acta Theriol (Warsz)*. 2001; 46: 69-78.

52. Punjabi GA, Vidya A, Linnell JDC. Using natural marks to estimate free-ranging dog *Canis familiaris* abundance in a MARK-RESIGHT framework in suburban Mumbai, India. *Trop Conserv Sci*. 2012; 5: 510-520.

53. Torres PC, Prado PI. Domestic dogs in a fragmented landscape in the Brazilian Atlantic Forest: Abundance, habitat use and caring by owners. *Braz J Biol*. 2010; 70: 987-994.

54. Totton SC, Wandeler AI, Zinsstag J, Bauch CT, Ribble CS, Rosatte RC, et al. Stray dog population demographics in Jodhpur, India following a population control/rabies vaccination program. *Prev Vet Med*. 2010; 97: 51-57.

55. Tung M, Fei C, Chiang J, Chou C, Yeh L, Liao C, et al. Surveys of dog populations in Taiwan from 1999 to 2009. *J. Chin Soc Anim Sci*. 2010; 39: 175-188.

56. Vial F, Sillero-Zubiri C, Marino J, Haydon DT, Macdonald DW. An analysis of long-term trends in the abundance of domestic livestock and free-roaming dogs in the Bale Mountains National Park, Ethiopia. *Afr J Ecol*. 2011; 49: 91-102.

57. Sutherland WJ. *Ecological Census Techniques a handbook*. New York Cambridge University Press; 2006.

58. Schumacher FX, Eschmeyer RW. The estimate of fish population in lakes or ponds. *J Tenn Acad Sci.* 1942; 17: 228–249.
59. Beck AM. *The Ecology of Stray Dogs: A Study of Free-Ranging Urban Animals.* Baltimore York Press; 1973.
60. Pledger S. Unified maximum likelihood estimates for closed capture-recapture models using mixtures. *Biometrics.* 2000; 56: 434-442.
61. Stanley TR, Burnham KP. A closure test for time specific capture-recapture data. *Environ Ecol Stat.* 1999; 6: 197-209.
62. McClintock BT, White GC. A less field-intensive robust design for estimating demographic parameters with mark-resight data. *Ecology.* 2009; 90: 313-320.
63. White GC; Shenk TM. Population estimation with radio-marked animals. In *Radio Tracking and Animal Populations.* San Diego Academic Press; 2009.
64. McClintock BT, White GC, Burnham KP, Pryde MA. A generalized mixed effects model of abundance for mark-resight data when sampling is without replacement. In *Modeling Demographic Processes in Marked Populations.* New York Springer; 2009.
65. Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL. *Distance sampling: Estimation of Biological Populations.* New York Chapman and Hall; 1993.
66. Nichols JD, Hines JE, Sauer JR, Fallon FW, Fallon JE, Heglund PJ. A double observer approach for estimating detection probability and abundance from point counts. *Auk.* 2000; 117: 393-408.
67. Cowen LL, Schwarz CJ. The Jolly-Seber model with tag-loss. *Biometrics.* 2006; 62: 699-705.
68. Schwarz C J. The Jolly-Seber Model: More Than Just Abundance. *J Agric Biol Environ*

Stat. 2001; 6: 195-205.

69. Pollock KH. A capture - recapture designed to robust to unequal probability of capture. *Journal of Wildlife Management*. 1982; 46:757-760.

70. Kendall WL, Nichols JD. Estimating state-transition probabilities for unobservable states using capture-recapture/resighting data. *Ecology*. 2002; 83: 3276-3284.

71. Johnson HE, Mills LS, Wehausen JD, Stephenson T R. Combining ground count, telemetry, and mark-resight data to infer population dynamics in an endangered species. *J Appl Ecol*. 2010; 47: 1083–1093.

72. Mills LS. *Conservation of Wildlife Populations: Demography, Genetics, and Management*. Hoboken Wiley-Blackwell; 2012.

73. Huggins R. On the use of linear models in the estimation of the size of a population using capture-recapture data. *Stat Probab Lett*. 2007; 77: 649–653.

74. Royle JA, Nichols JD, Karanth KU, Gopalaswamy AM. A hierarchical model for estimating density in camera-trap studies. *J Appl Ecol*. 2009; 46: 118-127.

75. Kery M, Schaub M. *Bayesian Population Analysis using WinBUGS: A hierarchical perspective*. San Diego Academic Press; 2011.

76. Sawaya MA, Stetz JB, Clevenger AP, Gibeau ML, Kalinowski ST. Estimating Grizzly and Black Bear Population Abundance and Trend in Banff National Park Using Noninvasive Genetic Sampling. *PLoS One*. 2012; 7: e34777.

77. McDonald TL, Amstrup SC, Manly BFJ. Tag loss can bias Jolly-Seber capture-recapture estimates. *Wildlife Society Bulletin*. 2003; 31: 814–822.

78. Skrzypczak U. *Wildlife photography: on safari with your DSLR: equipment, techniques, workflow*. Santa Barbara Rockynook; 2010.

79. Vandenbroucke JP, von Elm E, Altman DG, Gotzsche PC, Mulrow CD, Pocock SJ, et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *PLoS Med.* 2007; 4:e297.
80. Burnham K, Anderson D. *Model Selection and Multi-Model Inference*. New York Springer-Verlag; 2002.
81. Margawani KR, Robertson ID. A survey of urban pet ownership in Bali. *Veterinary Records.* 1995; 137: 486–488.
82. Belo VS, Struchiner CJ, Werneck GL, Barbosa DS, Oliveira RB, Neto RGT, da Silva ES. A systematic review and meta-analysis of the factors associated with *Leishmania infantum* infection in dogs in Brazil. *Vet Parasitology.* 2013; 195: 1-1

Supporting Information

S1 Table. Methods, results and limitations of the studies included in the systematic review.

Study / Place of execution	Definition of free-roaming dogs	Form of identification of dogs	Methods of capture or observation	Method to estimate the population size	Abundance and/or density	Population characteristics	Limitations
Aiyedun and Olugasa 2012 [33] Ilorin, Nigeria	Counting of all dogs in the area. Classification in categories domiciled or stray from interviews with residents	Visualization and identification of physical characteristics	Census - Five researchers roamed county areas during four months - the procedure was repeated 3 times in 1 year.	Each dog found inside or outside the household was counted	First census: 3004; Second: 2800; third, 2704.	X	- Identification by inspection –Censuses by observing only one point in time on every street. - Three Separate periods of observation and the analysis was done independently. The questionnaire method was not detailed - Period of captures not described
Artois et al., 1986 [34] Zaghouan, Tunisia	Inaccurate definition, all dogs assumed as stray animals.	Nylon collars	Dogs marked in a canine rabies vaccination campaign, tracked in a second time	Lincoln Petersen	1 dog for every 6.8 inhabitants of the area	2.75 males for each female; 0.24 young dogs for each adult	-No details of the methods of capture and marking -First marking in a vaccination campaign, thus, not random – density estimate is subject to uncertainty

Belsare et al., 2013 [35] 6 villages in Nannaj, Maharashtra, India	Dogs circulating in the areas traveled by vehicles	Photographic identification	Captures between 7am - 9 am and 5pm - 7 pm. In every six villages, 5 independent captures were made. It is also recorded the number of dogs vaccinated in previous campaigns	3 methods: i. with data obtained in vaccination campaigns, the minimum number of dogs present in the area was registered; ii. Beck method; iii. Mh model with the Jackknife estimator.	Estimates by the Beck method were negatively biased, and less than the known number of animals in the area. Therefore, only the results of the model Mh were described. Median of 134 dogs in the six villages (90-188); Density of 719 dogs per km ² ; 1 dog to 34 (30-47) people.	X	It is said that the visualizations were daily and that 5 were made, but in another passage it is stated that some areas were covered in 3 days – Density estimated is subject to uncertainty
Berman and Dunbar, 1983 [36] Residential area of Berkeley, California, United States	Dogs seen circulating in the study areas or seen in private homes without restriction	Not described	The observation area was covered 105 times by a vehicle between April and October 1977.	Counting of identified dogs	1243 dogs	X	Long periods of counts without detailing the methodology; Procedure for identification of dogs is not described - long time and possible violation of closed population assumption
Childs et al., 1997 [37] 30 villages of Sorsogon Province, Philippines	Dogs seen circulating in the study areas	Visualization and identification of physical characteristics of dogs	55 transects were mainly placed around public roads or highways. Perpendicular distances to the dog measured with a nylon tape. Transects were covered on foot or with vehicles.	Models fitted with the software DISTANCE. The hazard rate model with the distribution of distances truncated in 38,7m in 11 sample intervals was the best model. 1034 observations of dogs or groups.	468.4 dogs per km ² (95% I.c 358.9-611.2).	X	There may have been biases in the measurement of distances; Transects not randomly arranged leading to less than optimal representation of the population

<p>Daniels and Bekoff, 1999 [38] Juarez in Mexico (two regions of an urban area) and Navajo reserve</p>	<p>Dogs circulating in the capture area</p>	<p>Sightings, notes, and photos</p>	<p>Same route traveled by automotive vehicles for five consecutive mornings</p>	<p>Modified Beck method (Schnabel, 1938)</p>	<p>376 (+ - 53) dogs in site 1 Juarez and 556 (+ - 70) at Site 2; 228 (+ - 29), and 431 (+ - 56) in areas classified as rural; 534 dogs by km² in site 1 Juarez and 936 per km² in site 2. For the rural areas the densities are not reported</p>	<p>1.6 and 2 males for each female, respectively in the two urban sites; 4 and 3 males for each female in the rural sites I; puppies and juveniles corresponded between 7 and 9% of the population in urban sites 1 and 2, densities are not reported for the remaining sites</p>	<p>- Beck Method that does not account for possible differences in animal detection – Density estimated is only an indicator; No details about the capturing procedures</p>
<p>Dias et al., 2012 [20] São Paulo University campus, Brazil</p>	<p>Dogs circulating on campus</p>	<p>Sightings, notes, and photos</p>	<p>Five capture efforts with three-month intervals - except for the two months of vacation. Circulation by car or on foot, held in the morning and afternoon of each day</p>	<p>Five estimates were made (one for each capture effort, considering dogs seen in the morning and reviewed in the afternoon). Lincoln Petersen estimator</p>	<p>Population size in the five captures and recaptures varied between 36 and 52</p>	<p>Around 1.5 male for each female considering all captures; areas with organic matter concentration such as restaurants in the University had a bigger number of dogs</p>	<p>Individual abundance estimates were calculated using a simple estimator. The complete history was not analyzed to identify possible heterogeneities.</p>
<p>Faleke, 2003 [39] 4 areas in Agbowo, suburban area of Ibadan, Nigeria</p>	<p>Dogs circulation in the selected capture areas</p>	<p>Sighting</p>	<p>Captures in streets of the 4 areas. Procedure repeated daily during 20 days in each area between 6am and 7am</p>	<p>Modified Beck method (Okoh, 1988)</p>	<p>69, 108, 86 and 75 dogs in each one of the areas, 1 dog for 11 people</p>	<p>X</p>	<p>No details of the capture procedure – Identification by sighting – estimated density is only an indicator – long time and possible violation of the assumption of closed population – Beck method without considering possible heterogeneities</p>

<p>Font, 1987 [40] Seven areas of Valencia, Spain</p>	<p>Dogs circulation in the selected capture areas</p>	<p>Photos</p>	<p>Each area (called transect) was covered by 9 consecutive days using a motorcycle</p>	<p>Beck method</p>	<p>Between 127 and 1304 dogs/km² in the seven areas</p>	<p>Two males for each female; Bigger densities in areas with worse socioeconomic conditions</p>	<p>- Beck Method without considering possible heterogeneities - Estimated density is only an indicator; No details about the capture procedures</p>
<p>Gesell et al., 2012 [41] Four regions of the Iringa county, Tanzania</p>	<p>The study tried to identify the proportion of actual stray dogs in a population. This population consisted of domiciled and semi domiciled dogs. Those without any supervision were considered stray</p>	<p>Visualization of collars applied in the first stage of the study - a vaccination campaign with the subsequent active search for animals in residences of the study area.</p>	<p>Study stages: 1- Census covering all houses to count the dogs; 2- Collection of a sample with application of a detailed questionnaire, checking, among other information, the confinement of the animals; 3- Marking of vaccinated dogs and active search; 4- Recaptures: circulation of cars for two days in two periods in three transects that covered 5% of the area. Notes were taken on the degree of restriction</p>	<p>In procedure 4, some of the visualized animals had a collar (i.e. they were domiciled, vaccinated and marked) and others did not (they could be domiciled, but non-vaccinated, or they might have lost the collar or were in fact stray dogs). Thus, in stage 2 there was information about the confinement of the animals. Through Bayesian remodeling, the proportion of dogs that were, in fact, stray in the population was estimated</p>	<p>In the census, 2498 dogs were identified. Less than 1% of the population was considered wandering</p>	<p>58% of dogs were male</p>	<p>Premise that domiciled dogs were visible in step 4 is not possible in most circumstances, which may impair the application of the method</p>
<p>Guilloux, 2011 [42] 6 areas in São Paulo city, Brazil</p>	<p>Dogs circulating in the selected capture areas</p>	<p>View, photographs, and notes</p>	<p>Two days of catches with two captures each day - in the morning and in the afternoon. Route by car or on foot.</p>	<p>Among the six areas, only two had dogs: Garden Cybele = 96 dogs & Assumption = 12 dogs; Density of 3.37 (Assumption) and 40.68 per km of streets</p>	<p>Beck method</p>	<p>X</p>	<p>Beck method without considering possible heterogeneities</p>

<p>Hiby et al., 2011 [43] 3 cities (Jaipur, Jodhpur, and Jaisalmer) in the state of Rajasthan, India</p>	<p>Dogs circulating in the study area</p>	<p>The information about the dogs previously sterilized by organizations and public authorities was used. All dogs received a cut on the ear during sterilization and were easily identifiable</p>	<p>Procedures were guided by observing the number of dogs that were marked and the number of dogs that were not. Locomotion by vehicles or on foot in a pre-defined route. In each of the three cities, there were slight differences in the procedure.</p>	<p>A Mt model was used for estimating the number of dogs using the data of the sterilized ones. The following calculation was performed: total number of dogs = R; number of surviving dogs sterilized at that point of time = r; p was the percentage of dogs in a random sample and equal to $100r / R$. The survival of marked dogs was estimated using data from previous studies (0.70 per year).</p>	<p>36,580 dogs in Jaipur (6,562 to 46,597). 24,853 in Jodhpur (18,364 to 31,341). 2,962 in Jaisalmer (1,721 to 4,202)</p>	<p>X</p>	<p>Dog survival information is scarce in the literature, and the model needs accurate survival estimates to be valid. Only one value of survival may not accurately reflect the population structure - Possible failure to identify dogs / Different dogs sighting probabilities</p>
<p>Hossain et al., 2013 [44] Six regions in the Narsingti county, Raitura, Bangladesh</p>	<p>Dogs seen in the study area</p>	<p>Photographic method</p>	<p>From October to December 2010 volunteers and researchers traveled around the streets of the studied areas</p>	<p>Counting the number of dogs seen</p>	<p>461 dogs; 14 (3.7 - 24.) dogs/km²; 1 dog for 120 people</p>	<p>570 males, 290 (25%) females and 283 with undetermined genre</p>	<p>Few details about the methodology; Density estimated is only an approximation; Census was executed by many volunteers that may have affected the validity</p>
<p>Ibarra et al., 2006 [45] 25 randomly selected blocks in 34 communities belonging to the province of Santiago, Chile</p>	<p>Dogs seen circulating the study area</p>	<p>Sighting</p>	<p>Observation held for an hour on every street</p>	<p>Counting of the number of sighted dogs</p>	<p>5666 dogs</p>	<p>70,1% male 21,6% female and 8,3% with undetermined gender</p>	<p>- Large number of dogs and Identification by viewing - Census with only one observation on each street.</p>

<p>Ivanter and Sedova, 2003 [46] 11 areas in the city of Petrozavodsk, Russia</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area</p>	<p>Photographic method</p>	<p>Annual data collections from 2002 to 2007 - three times every season</p>	<p>Counting of the number of sighted dogs</p>	<p>In average, 1271 dogs per year; 36,8/km²</p>	<p>56% male and 46% female. Areas with a bigger population density had more dogs</p>	<p>Few details about the methodology. It was not informed if the teams were the same, if they had been trained and if there were standardization; Estimated density is only an approximation; Census without considering possible heterogeneities. A single capture probability value was used (average in blocks) to correct the counts of areas and dogs with different characteristics. - The modeling process for selecting the Mh model in capture-recapture estimation was not described / Density is only an approximation; Census without considering possible heterogeneities</p>
<p>Kalati, 2010 [47] 137 blocks selected randomly in Kathmandu, Nepal (in 16 were executed capture-recapture procedures)</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area</p>	<p>Photographic method</p>	<p>Initially a census for counting the dogs in all blocks. To estimate capture probabilities, capture-recapture: 5 efforts (on consecutive days)</p>	<p>Estimated capture probability was used to correct the counts of 137 blocks</p>	<p>22,555 ± 2561 dogs; 5.245 ± 0.595 dogs/hectare</p>	<p>1.31 male for each female</p>	<p>Beck method without considering possible heterogeneities – Estimated density is only an approximation</p>
<p>Kato et al., 2003 [48] Two delimited areas in two cities: Kathmandu in Nepal & Shimotsui, in Japan</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area</p>	<p>Photographic method</p>	<p>Four capture efforts. Walking routes between 5:30 am 6:30 a.m.</p>	<p>Beck method</p>	<p>17.4 dogs in Kathmandu and 1.4 dogs in Shimotsui; 2930 dogs per Km² in Kathmandu and 225 per Km² in Shimotsui; 1.47 for each person in Kathmandu and 1: 5.2 in Shimotsui</p>	<p>X</p>	<p>Beck method without considering possible heterogeneities – Estimated density is only an approximation</p>

<p>Matos et al., 2002 [49] Two urban sectors of Serra Azul County, Brazil</p>	<p>The study used a method developed by the authors to estimate the dog population of the area, classifying dogs into 4 types: restricted; with owners but not restricted; neighborhood; wandering (without owners).</p>	<p>In home visits, restricted dogs and that with owners but not restricted received collars of different colors. Neighborhood dogs received another kind – collar put in place by the resident who claimed the dog. Stray dogs did not receive collars. Collars of a fourth color were given to residents of the surrounding area</p>	<p>Households in the area were visited to obtain information about the dogs and their habits (colored collars). The counting of stray dog was taken on the next day. For this, the researchers were positioned throughout the area (in non-overlapping regions), in locations that allowed the vision of collars. The counts were performed for one hour, repeating every 15 minutes</p>	<p>Counting of dogs in each category (survey data plus observations in the street). Among the various counts, the one with the largest number of dogs in each stratum was used.</p>	<p>103 dogs roaming the streets were observed. The dog population was estimated at 498 animals</p>	<p>X</p>	<p>Dogs may have been counted more than once, since the investigators did not have overlapping areas, but the dogs could move - Dogs from other areas may not have been given collars and have entered in the counting - Wrong information from owners (noted by authors with regard to the restriction) may invalidate the method – Design to estimate abundance is actually a simple count / The single premise of the technique is unlikely (all stray dogs must be on the streets at the time of capture)</p>
<p>Matter et al., 2000 [50] Two rural areas of Gampaha, Sri Lanka</p>	<p>Dogs that had free access to streets. Stratification in different categories</p>	<p>Sighting of the collars previously put in the animals</p>	<p>Initially in a vaccination campaign, the dogs led by owners were marked (collars of 12 different colors). Over the next four days, the household survey with owners to check the status of marking of dogs took place. In a last step, the study area was covered 3 times for the identification of the dogs marked in each category</p>	<p>The number of unmarked dogs was estimated by binomial probability model. Different prior values were assigned for estimating the probabilities of recapture for the different classes of dogs. Finally, the Markov chain by Monte Carlo was applied</p>	<p>The binomial model estimated a count of 632 (579, 694) dogs in area 1 and 478 (423, 543) in area 2 and 1109 for the area as a whole. Ownerless dogs represented 15.5% (8.3, 23.1%) of the animals in area 1, 24.3% (14.6, 34.2%) in area 2, and 19.3% (13.5, 25.4%) for the entire region. The subsequent estimates for the total number of stray dogs was 737 (66.4, 60.9, 71.6%)</p>	<p>60% male</p>	<p>-There were twelve areas of vaccination and eleven under investigation -No details of the capture procedures in step 3 - Dependence on the assumed premises and priors for Bayesian analysis.- Categories restricted dogs and dogs with owner had no plausibility</p>

<p>Pal, 2001 [51] Delimited area of Katawa, India</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area</p>	<p>No description</p>	<p>The study was developed between March 1994 and February 1998 with 4 annual efforts of capture. Fixed routes were traveled on foot or by bike</p>	<p>Counting of dogs in each effort</p>	<p>280 individual dogs registered in the 4 years. Variation between 150 and 200; 1859 +/- 19 per Km²</p>	<p>1.37 male for each female</p>	<p>- Long-term census without details on how it was performed, whether teams were the same and how they were trained – the procedures to identify the dogs were not described</p>
<p>Punjab et al., 2012 [52] Area in the suburb of Mumbai, India</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area. In the initial stage (regarded as marking), only marked dogs with physical characteristics that distinguish them were considered</p>	<p>Photographic method</p>	<p>Initially, the area was covered with a motorcycle. In an initial step (considered as marking), only marked dogs with physical characteristics that distinguished them (called natural markers) were considered marked. Two days later and for three consecutive days viewing procedures were performed. Dogs with no natural markers were considered unmarked.</p>	<p>Mark Resight. Estimation by logit model - normal (after selection procedures based on AIC criteria). Models considering individual heterogeneities were adjusted, but, according to the authors, there was no convergence in the estimation</p>	<p>680.64 ± 34.06 dogs (95% CI = 617.22 – 751.35)</p>	<p>X</p>	<p>Due to the analytical procedure, it was not possible to check for individual heterogeneity; The number of marked animals actually present in the area in viewing periods was not known. This information was a necessary precondition for the application of the adopted model (logit - normal); Monochrome dogs were considered not marked in the initial stage. Although this decision facilitates the logistics of the efforts, monochrome dogs were present in the area and should have been considered marked. With a photographic method, it would be possible to differentiate them by the observation of physical characteristics other than their coat</p>

<p>Shimozako and Junio, 2008 [10] A district of Ibiuna, Brazil</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area</p>	<p>Photographic method</p>	<p>Three days of captures, one per week (sequentially). Each day captures were performed in the morning and in the afternoon.</p>	<p>Estimates were obtained considering each capture shift as a single effort, or by grouping each day as a single effort. Methods used: Peterson, Chaperman, and Beck</p>	<p>Quantity was around 70 dogs in the different analysis</p>	<p>X</p>	<p>None of the methods considers possible heterogeneities in the capture probabilities</p>
<p>Torres and Prado, 2010 [53] Two rural areas of São Luiz do Paraitinga, Brazil</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area</p>	<p>Photographic method</p>	<p>A total of 42 km of roads (half of all areas) were covered in the morning for two days, twice. One effort each year (2004 and 2005).</p>	<p>Counting of photographed dogs</p>	<p>X</p>	<p>5.7 ind/km² (Area, 1) and 6.9 ind/km² (Area 2)</p>	<p>Few details about the paths - Only half of the area was covered; Density estimated is only an approximation; Census without considering possible heterogeneities in the capture probabilities</p>
<p>Totton et al., 2012 [54] Six different areas of Jodhpur, India</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area</p>	<p>Marking using colored sprays</p>	<p>Two periods: 2005 and 2007. In each of them, the capture methodology was the same. Captures for 5 days, between 8am and 10am.</p>	<p>Schumacher method (1943)</p>	<p>The conditions for the use of the estimator were violated in the area 1, so the estimates were given for areas 2-6 separately. In 2005, the area 1 had 463 dogs, the other ones ranged from 112 to 189. In 2007, the area 1 had 126, and the others ranged 68-113.</p>	<p>1.3 and 1.4 for each female in 2005 and 2007 respectively</p>	<p>Method developed for populations with different characteristics - There may have had lost markers - Confusing methodology for verifying model assumptions</p>

<p>Tung et al., 2010 [55] Respectively, 56, 74 and 74 points of observation selected randomly in the years 1999, 2004 and 2009 in Taiwan.</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area</p>	<p>Photographic method</p>	<p>In the three periods (years) of observation, the area was covered by bikes. The number of dogs photographed was registered</p>	<p>Given i. the number of photographed dogs; ii. The number of residents and; iii. the total population of Taiwan, the national dog population was calculated by the division: [(total population of Taiwan) / (population living in the areas / total captured dogs)]</p>	<p>In the first effort, 3756 dogs were identified, in the second 2137 and in the third 1429. Estimates of dogs, respectively in the three periods using the proposed quotient: 613.959 -120.476 - 86.244</p>	<p>X</p>	<p>- Points were not selected according to a standard practice in the three periods and were not representative of the national geographic space -Few details on the method. The standardization procedures were not described as well as whether the teams remained the same, and how they were trained – Census without considering possible heterogeneities in the capture probabilities</p>
<p>Vial et al., 2010 [56] Bale Mountains National Park, region of Oromia, Ethiopia</p>	<p>Dogs sighted circulating the study area</p>	<p>Photographic method</p>	<p>Data collected between 1986 and 2007 in the park by the Ethiopian Wolves Conservation Program. Captures in a partitioned transect in three areas. Counts were conducted in a vehicle for 2-4 observers. Each year, different amounts of effort were made; no activity between 1993 and 1995</p>	<p>Encounter rates (individuals/km) per year and habitat pondered by the station</p>	<p>Values varying in the periods and stations, with a minimum of zero and a maximum of four dogs/km</p>	<p>X</p>	<p>Few details on the methodology. The standardization procedures were not described as well as whether the teams remained the same, and how they were trained - Data collection activities subject to interruptions and different number of executions along the year- Census - without considering possible heterogeneities in the capture probabilities density estimated is just an approximation</p>

4.2 Abundância, sobrevivência e recrutamento de cães irrestritos acompanhados em um município brasileiro: um estudo de captura e recaptura

Resumo

A existência de cães irrestritos é considerada um problema de Saúde pública e de bem-estar animal. O entendimento adequado da ecologia destes animais é útil para a construção de modelos matemáticos com vistas ao aprimoramento das intervenções para o controle destas populações. O presente estudo, de modo inédito na literatura, analisa a dinâmica populacional e a eficácia da esterilização de cães irrestritos. Para isto, utilizamos procedimentos de captura e recaptura, com métodos de análise baseados em populações abertas. Realizaram-se, a cada dois meses, durante 14 meses, capturas, marcações, liberações e recapturas de cães em duas regiões, de um município da região Sudeste do Brasil. Em uma destas, os animais foram também esterilizados. Ambas as regiões tinham características sociais, ambientais e demográficas semelhantes. Estimou-se a presença de 148 fêmeas e 227 machos durante todo o período de estudo. A razão cão/homem média estimada foi de 1 cão para cada 42 e 51 seres humanos, nas áreas sem e com esterilização, respectivamente. Devido ao grande número de entradas de cães, atribuídas principalmente ao abandono de animais domiciliados, houve uma tendência de aumento do tamanho populacional em ambas as regiões. As taxas de sobrevivência foram baixas, porém, a mortalidade diminuiu com o decorrer do estudo. Houve maior entrada de machos na população, mas não se observaram diferenças na sobrevivência entre os gêneros. Nenhum dos parâmetros analisados apresentou diferença significativa entre as áreas, demonstrando que a esterilização não afetou a dinâmica populacional. Os resultados apresentados indicam que fatores não dependentes da densidade foram responsáveis pela dinâmica observada e que a esterilização pode não ser uma estratégia viável e efetiva em regiões com baixa disponibilidade de recursos e altas taxas de abandono. Além disso, o grande número de entradas e óbitos torna a população canina errante mais jovem e mais susceptível a infecções. Discutem-se estes e outros aspectos e chama-se a atenção para a necessidade de que estudos com metodologia adequada sejam desenvolvidos.

Introdução

A relação entre cão e homem remonta aos primórdios da civilização. Estima-se que os cães têm servido de companhia para o ser humano há cerca de 13.000 anos (Beck, 1973; Udell e Wyne, 2008). Desde a domesticação, tal relação tornou-se cada vez mais intensa e cães são ubíquos no contexto cultural de todas as sociedades, constituindo o animal carnívoro mais abundante do planeta (Vanak e Grompper, 2010).

Domesticados devido ao seu comportamento obediente e dócil e à sua utilidade como guardiões e caçadores (Driscoll et al., 2009), os cães passaram a desenvolver diferentes funções (Udell e Wyne, 2008) e têm sido associados a benefícios relacionados com o bem-estar e com a saúde de seus proprietários (McConnell et al., 2011; Hodgson e Darling, 2011).

Por outro lado, a existência de cães que circulam livremente pelas ruas não traz benefícios nem para os cães, nem para os seres humanos (Beck, 1973). O abandono e a criação de cães em ambientes não restritos têm sido atribuídos a fatores comportamentais, religiosos, culturais, ecológicos e socioeconômicos, constituindo importantes problemas em nível de Saúde Pública e de bem estar animal (Garcia e Calderon, 2012; Lambert et al., 2015). Cães irrestritos, em geral, têm sua saúde física e psicológica comprometidas, estão mais propensos a adquirirem doenças infecciosas e têm expectativa de vida menor que cães domiciliados (Stavisky et al., 2012; Belo et al., 2013). De modo prejudicial aos seres humanos, estão associados com a ocorrência de mordidas, transmissão de doenças, danos a populações de animais selvagens, acidentes e poluição (Ugbomoiko et al., 2008; Tenzin et al., 2011; Lunney et al., 2011; Høgåsen et al., 2013; Dantas-Torres e Otranto, 2014; Kachani e Heath, 2014).

Diferentes estratégias são utilizadas para o controle da população de cães irrestritos (Rinzin, 2007). A eliminação por meio de matanças, além de envolver um problema ético, não é considerada efetiva no controle populacional, uma vez que as perdas são compensadas pelo aumento das entradas e da sobrevivência dos remanescentes (Beran, 1991; Rinzin, 2007). Assim, ações de estímulo à posse animal responsável, de fortalecimento da legislação contra o abandono e de controle cirúrgico têm sido estabelecidas em diferentes países (Rinzin, 2007, Paula, 2010). Anualmente, milhares de cães irrestritos são esterilizados em ações do poder público, de médicos veterinários ou de organizações não governamentais. No entanto, a efetividade dessa medida, a longo prazo, tem sido pouco avaliada (Reece e Chawla, 2006; White et al., 2010).

Para que se avalie adequadamente o sucesso de ações que visem o controle da população canina não domiciliada, devem ser obtidas estimativas não enviesadas dos parâmetros da dinâmica populacional destes animais (Dalla Villa et al., 2010; Fei et al., 2013). Ainda que diversos estudos tenham buscado estimar o tamanho da população de cães irrestritos, a maioria destes utilizou métodos inadequados que invalidam as estimativas obtidas, conforme evidenciado em revisão sistemática recente (Belo et al., 2015). Além disso, não há na literatura registros do uso de procedimentos de captura e recaptura que considerem as populações caninas errantes como abertas. Deste modo, embora esta seja considerada a abordagem mais indicada (Williams et al., 2002), inexistem estimativas de sobrevivência e de recrutamento obtidas com tal

metodologia.

Assim, o presente estudo, por meio da execução de procedimentos de captura e recaptura com modelos de análise apropriados para populações abertas, estimou a abundância, as taxas de sobrevivência e de recrutamento e as probabilidades de captura de duas populações de cães irrestritos acompanhadas por um ano e quatro meses em um município localizado na região Sudeste do Brasil. Analisaram-se as variações temporais das estimativas no período e no que diz respeito ao gênero dos cães e à efetividade da esterilização cirúrgica.

Métodos

Área de estudo

O estudo foi conduzido no município de Divinópolis-MG, Brasil. Tal município é o maior da região Centro-Oeste do estado, com população de 228.643 habitantes (IBGE, 2014). Apresenta um quadro social com alta taxa de alfabetização (94,7%) e taxa de crescimento populacional da ordem de 4,2% ao ano (aproximadamente 7.300 pessoas em média dos últimos 10 anos).

As atividades direcionadas aos cães, executadas pelo poder público do município, eram a esterilização de animais domiciliados, a partir de solicitações dos proprietários, a captura e eutanásia de cães errantes considerados agressivos ou doentes e a captura de fêmeas com seus filhotes para possível adoção, mediante requisição de moradores. Cães não adotados eram devolvidos às ruas após o período de lactação. Também eram executadas parte das ações do programa brasileiro de controle da Leishmaniose Visceral (Brasil, 2006; Penaforte et al., 2013) e campanhas de vacinação contra a raiva (Brasil, 2011).

Para a execução do estudo foram selecionadas duas áreas, chamadas de A (controle) e B (intervenção). A área A, de acordo com estimativa da prefeitura municipal, tinha uma população de 3670 habitantes e a área B, uma população de 3900 habitantes. Ambas eram compostas por 4 bairros e possuíam perfis semelhantes em termos de tamanho, cobertura vegetal, número de residências e condição socioeconômica (figura 1).

Questões éticas

Todos os procedimentos de coleta e análise foram realizados de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA). Este projeto teve aprovação do CEPEA – Comissão de Ética em Pesquisa Envolvendo

Animais da UFSJ, protocolado com o Número 24/2010.

Estudo piloto

Previamente à execução dos métodos descritos na próxima seção, realizou-se um estudo piloto para a definição das áreas de estudo e para a correção de possíveis falhas na execução dos procedimentos. O estudo foi desenvolvido durante quatro dias, sendo, em cada um, percorrido um bairro do município. Cada bairro pertencia a uma de quatro áreas potencialmente candidatas a serem incluídas no estudo, sendo selecionadas aquelas com características semelhantes e com maior número bruto de animais capturados e liberados. Os dados obtidos nessa etapa não fizeram parte das estimativas geradas no presente estudo.

Procedimentos de capturas e recapturas, identificação e intervenções

Durante um ano e quatro meses, foram executados sete esforços de captura e recaptura (i), um a cada dois meses. Eram incluídos no estudo todos os cães encontrados circulando pelas ruas no período das capturas (desde que não estivessem acompanhados de um proprietário). Adotou-se um sistema de varredura, no qual veículos adaptados percorreram todas as ruas das áreas de estudo. Na região A, as atividades ocorriam na primeira semana do mês de coletas, enquanto que, na região B, ocorriam na segunda semana do mesmo mês. As varreduras foram feitas sempre seguindo o mesmo trajeto, de modo a cobrir todas as ruas de cada região ao menos uma vez.

Os cães capturados eram encaminhados ao Centro de Referência de Vigilância em Saúde do município (CREVISA), onde passavam por exames clínicos e para diagnóstico de leishmaniose visceral canina (LVC). Cães soropositivos eram eutanasiados, conforme recomendação do Ministério da Saúde do Brasil. Em cães com diagnóstico negativo, era colocada identificação eletrônica (MICROCHIP), para que o animal pudesse ser identificado corretamente nas possíveis recapturas. Estes animais foram ainda vermifugados, vacinados contra raiva e receberam a vacina *Octopla canina*. Os procedimentos de esterilização (apêndice 5.1), por sua vez, eram executados apenas em cães capturados na área B.

Após os resultados do diagnóstico da LVC, e completa reabilitação do procedimento cirúrgico (cães da área B), os animais eram devolvidos no mesmo lugar onde haviam sido apreendidos.

Animais recapturados eram reexaminados, repetindo-se os procedimentos de exame e de registros nos bancos de dados. Caso o animal se mantivesse negativo, era novamente liberado.

Caso fosse positivo, era eutanasiado. Todos os cães, mesmo aqueles em que não era possível a captura, eram fotografados para posterior identificação e inclusão no banco de dados da análise da dinâmica populacional realizada no presente estudo.

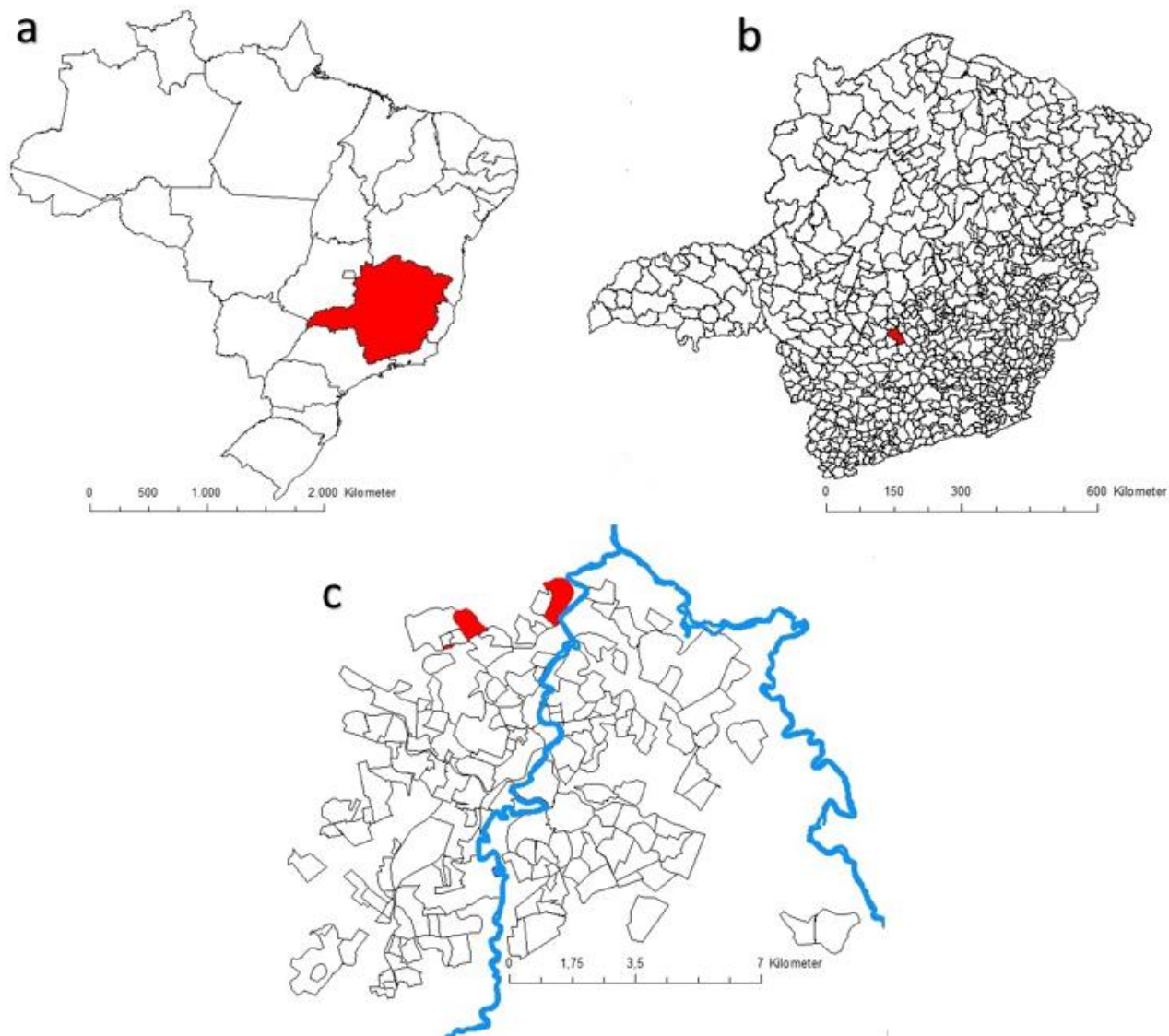


Figure 1. Área de estudo: a. Brasil, com destaque para o estado de Minas Gerais; b. Minas Gerais, com destaque para o município de Divinópolis; c. Divinópolis, com destaque para as duas regiões de captura.

Após o encerramento de todos os esforços de captura, foram utilizados materiais informativos visando à conscientização da população a respeito da posse animal responsável e da leishmaniose visceral (apêndice 5.2).

Registro dos dados

As histórias individuais de captura e recaptura de cada animal foram registradas em bancos de dados elaborados no programa Microsoft Excel (2013), utilizando a formatação padrão de “história de encontros” para animais capturados e marcados vivos. Para fins de análise, os animais eutanasiados foram registrados com sinal negativo, que indica a ocorrência de óbito durante os procedimentos de captura.

Análises

Procedimento geral

Para a análise dos dados foi utilizada a técnica de Joly Seber, conforme implementado no programa POPAN (Schwarz e Arnason, 1996). Através desta técnica são estimados três parâmetros:

ϕ_i (sobrevivência): Probabilidade de que um animal sobreviva (e não emigre) entre as capturas i e $i+1$.

p_i (probabilidade de captura): Probabilidade de que, dado que o animal esteja vivo e na área de captura, que ele seja, de fato, encontrado ou avistado em uma dada captura i .

b_i (probabilidade de entrada): Considerando a existência de uma superpopulação, constituída de todos os animais que estiveram presentes na população alvo durante todo o período de estudo, este parâmetro constitui a probabilidade de que um animal desta superpopulação hipotética dê entrada na população entre as ocasiões i e $i+1$.

As estimativas de recrutamento (B : número de animais que dão entrada na população entre dois esforços de captura) e do tamanho populacional (N), por sua vez, são obtidas de modo derivado a partir destes parâmetros.

Todos os procedimentos de análise foram executados no programa Mark, versão 6.2.

Análise da qualidade do ajuste dos modelos mais parametrizados

Previamente à execução das modelagens, foi avaliado o ajuste dos dados ao modelo mais parametrizado (Goodness of Fit – GOF) (Choquet et al., 2009). Para tal, foram executados os testes 2 e 3 da suíte Release e os procedimentos de Bootstrap GOF e de “median c hat”. Após a execução dos três procedimentos, considerou-se aquele que gerou o maior valor do fator de inflação da variância (C-hat).

Foi inicialmente analisado o modelo em que havia conjuntamente as variáveis preditoras sexo, área e tempo, bem como as interações entre estas. Tal modelo teve valor de C-hat estimado

em 2,52 e indicações de esparsidade em diferentes períodos de captura. Assim, foi feita a análise em separado do ajuste do modelo com sexo, tempo e interações e do modelo com área, tempo e interações. Os valores de C-hat estimados neste caso foram, respectivamente, de 1,17 e 1,25, e houve poucas indicações de dados esparsos.

Procedimentos de modelagem

Tendo em vista os resultados das análises de GOF, definiu-se que os procedimentos para análise dos fatores associados à variação das estimativas de sobrevivência, de probabilidade de captura e de probabilidade de entrada seriam executados separadamente para as variáveis sexo e área. Em ambos os casos, foram construídos modelos considerando a existência ou inexistência de variações temporais nas estimativas e a presença ou ausência de interações entre as variáveis sexo e tempo ou área e tempo. Também foram ajustados modelos aditivos, em que a variação dos parâmetros analisados é expressa como uma função de dois ou mais fatores, no caso, área e tempo ou sexo e tempo, sem a existência de interações. Assim, foram construídos e analisados 50 modelos em ambos os grupos (apêndice 5.3). Para a probabilidade de entrada, tendo em vista as características da variável, todos os modelos admitiam variações temporais.

Os modelos construídos foram comparados para que fosse selecionado o mais parcimonioso, ou seja, aquele modelo que apresentasse o melhor balanceamento entre a explicação da variabilidade e a precisão das estimativas. Os critérios utilizados para a seleção do melhor modelo e para ordenamento dos demais foram baseados no método de “AIC corrigido (AICc)”, uma vez que, por meio deste, faz-se um balanço entre o ajuste de cada modelo aos dados e o número de parâmetros necessários. Procedimentos de “data cloning” foram utilizados para identificar o número correto de parâmetros estimados (Lele et al., 2010). Tendo em vista a superdispersão dos dados, os valores de AICc foram corrigidos pelas estimativas de C-hat para obtenção das medidas de QAICc. Os modelos construídos foram organizados em ordem descendente de valores de QAICc, ou seja, foi considerado mais parcimonioso aquele que tinha o menor valor da medida (Burnham e Anderson, 2002).

Após o ordenamento, foram analisados os valores da força da evidência em favor de cada modelo (AIC weight – “w”). Tais valores são considerados as probabilidades de que um dado modelo seja o melhor do conjunto analisado. Assim, maiores valores de w indicam uma maior força de evidência para o modelo. Para a descrição dos resultados, foram desconsiderados os modelos em que o valor de w era menor que 0,01.

A importância de cada uma das variáveis foi ainda avaliada por meio do conjunto de todos

os modelos construídos, utilizando-se o procedimento indicado por Burnham e Anderson (2002). Neste, os pesos (w) dos modelos que contenham uma dada variável preditora específica são somados, sendo o procedimento repetido para todas as variáveis analisadas. A variável com o maior peso é considerada a mais importante e aquela com menor peso é considerada a de menor importância para explicação da variabilidade dos dados.

Estimação dos parâmetros

Para a estimação da sobrevivência, da probabilidade de captura, da probabilidade de entrada na população, da abundância e do recrutamento utilizou-se o método de “model averaging” (Stanley e Burnham, 1998). Esta técnica leva em conta todos os modelos analisados para que se obtenha o valor da estimativa do parâmetro, e não somente o valor estimado no melhor modelo. Seu funcionamento é semelhante ao cálculo de médias ponderadas, já que o valor final da estimativa é obtido através da ponderação das estimativas obtidas nos vários modelos pelo suporte relativo (w) que aquele modelo tem na explicação da variabilidade dos dados. Com esta técnica, pode-se acomodar tanto a variação condicional específica existente em cada um dos modelos, quanto a incerteza não condicional existente no processo de seleção dos modelos. Assim, obtém-se estimativas mais adequadas dos parâmetros e de seus intervalos de confiança.

Com o uso da formulação de POPAN, em modelos tempo-dependentes, nem todos os parâmetros podem ser identificados em todas as capturas (Willians et al., 2002). No presente estudo, foram descritas apenas as estimativas dos parâmetros cuja estimação é possível pela técnica, sem a ocorrência de confundimento. Assim, não foram estimadas as probabilidades de captura na primeira e na última capturas (p_1 e p_k), as probabilidades de entrada entre a primeira e a segunda capturas (b_1) e entre a penúltima e a última capturas (b_{k-1}) e a sobrevivência entre a penúltima e a última capturas (ϕ_{k-1}).

Para o cálculo da razão cão/homem, a estimativa média das abundâncias estimadas foi dividida pelo tamanho populacional em cada uma das áreas.

Resultados

Descrição geral

Durante o período de estudo, foram identificados individualmente 157 cães na região A e 171 na região B. Destes, 135 eram fêmeas e 193 eram machos. Cento e trinta e três animais (77 machos e 56 fêmeas) foram capturados em mais de um esforço. Vinte e quatro foram eutanasiados

devido à sorologia positiva para LVC. Sessenta e seis diferentes histórias individuais de capturas foram registradas e 38 delas incluíram animais não capturados no primeiro esforço. Não houve casos de cães encontrados inicialmente em uma área e reencontrados em outra. Observou-se que a maior parte dos cães irrestritos tinham um ou mais indivíduos responsáveis por seus cuidados e que recebiam suporte para sua alimentação. No Quadro 1, são apresentados dados sobre o número de cães liberados em cada captura e recapturados nos esforços subsequentes. As histórias individuais de capturas, estratificadas por sexo e área, são apresentadas no apêndice 5.4.

i^*	$R(i)$	$m(i,j)$						$r(i)$
		$j = 2$	3	4	5	6	7	
1	91	47	13	6	0	0	1	67
2	99		31	15	6	4	1	57
3	78			21	9	5	7	42
4	71				19	12	8	39
5	66					22	10	32
6	72						22	22

i =cada esforço de captura; R =número de animais liberados; r =total de animais liberados e recapturados pelo menos uma vez; m_{ij} = número de animais recapturados pela primeira vez em uma ocasião subsequente a um esforço específico

Quadro 1 Número de cães liberados em cada captura e recapturados nos esforços subsequentes

Seleção dos modelos e força das variáveis

Modelos com a variável “gênero”

Dos 50 modelos construídos no grupo que continha a variável gênero (apêndice 5.3), apenas cinco tiveram probabilidades (w) maiores que 1% de serem os mais parcimoniosos. Estes são apresentados na tabela 1, juntamente com seus valores de QAICc, Δ QAICc (diferença, em módulo, entre os valores de QAICc do melhor modelo e do modelo analisado) e “ w ”, além do valor do suporte relativo do melhor modelo em relação aos demais.

O modelo em que a sobrevivência, a probabilidade de captura e a probabilidade de entrada variaram com o tempo, mas não entre cães machos e fêmeas, foi considerado o mais parcimonioso, com uma probabilidade de 73,24%. O peso deste foi 6,48 vezes maior que o do

modelo em que as sobrevivências variavam aditivamente com o gênero e 8,37 vezes maior em relação ao modelo com variação das probabilidades de captura nos gêneros. Os demais modelos tiveram pesos menores que 5% e pouco suporte, quando comparados ao modelo mais parcimonioso.

Tabela 1 Modelos mais parcimoniosos nos procedimentos de modelagem com o gênero dos cães

Modelo (i) #	QAICc	Δ QAICc	Peso (w)	Suporte (w ₁ /w _i)
1. $\Phi_t p_t b_t$	1129.1074	0.0000	0.73242	X
2. $\Phi_{g+t} p_t b_t$	1132.8450	3.7376	0.11302	6.48
3. $\Phi_t p_{g+t} b_t$	1133.3565	4.2491	0.08751	8.37
4. $\Phi_{g+t} p_{g+t} b_t$	1134.7524	6.6450	0.04355	16.82
5. $\Phi_{g*t} p_t b_t$	1137.0836	7.9762	0.01358	53.93

#. Φ =sobrevivência; p =probabilidade de captura; b = probabilidade de entrada; t = valores do parâmetro variam nas diferentes capturas; $g+t$: modelo aditivo em que há variação nos valores do parâmetro no tempo e nos gêneros; $g*t$: interação entre gênero e tempo

Por meio do procedimento de Burnham e Anderson (2002), verificou-se o somatório do peso (w) de cada variável, considerando todos os modelos (quadro 2).

$\Phi_t = 0.819933$	$p_t = 0.85902$	$b_t = 0.99008$
$\Phi_{g+t} = 0.15657$	$p_{g+t} = 0.13106$	$b_{g*t} = 0$
$\Phi_{g*t} = 0.01358$	$p_{g*t} = 0$	
Φ .(sem variação) = 0	p . (sem variação) = 0	

Quadro 2 Peso das variáveis do conjunto de modelos avaliados segundo o gênero

As maiores forças de evidência (pesos) foram atribuídas às variáveis que indicavam apenas variações temporais nos parâmetros, embora tenha havido pequenas forças para as variáveis que indicavam que a sobrevivência e que as probabilidades de captura variavam entre os sexos. Já para a probabilidade de entrada, não houve evidências da existência de variação nos grupos.

Modelos com a variável “área”

Os resultados da modelagem com a variável “área” foram semelhantes aos da modelagem com a variável “gênero”. Na tabela 2 são apresentados os seis modelos que tiveram probabilidades maiores que 1% de serem os mais parcimoniosos. Os resultados de todos os modelos construídos são descritos no apêndice 5.3.

Tabela 2 Modelos mais parcimoniosos nos procedimentos de modelagem com a área de captura dos cães

Modelo (i) #	QAICc	Δ QAICc	Peso (w)	Suporte (w ₁ /w _i)
1. $\Phi_t p_t b_t$	1067.5657	0.0000	0.57923	X
2. $\Phi_{g+t} p_t b_t$	1069.8357	2.2700	0.18618	3.11
3. $\Phi_{g+t} p_{g+t} b_t$	1070.3336	2.7679	0.14515	3.99
4. $\Phi. p_{g+t} b_t$	1073.3713	5.8056	0.03178	18.22
5. $\Phi_t p_{g^*t} b_t$	1073.5471	9.9814	0.02911	19.90
6. $\Phi_{g^*t} p_t b_t$	1075.4533	7.8876	0.01122	51.62

#. Φ = sobrevivência; p= probabilidade de captura; b= probabilidade de entrada; t = valores do parâmetro variam nas diferentes capturas; g+t: modelo aditivo em que há variação nos valores do parâmetro no tempo e nas áreas; g*t: interação entre área e tempo

Embora com menor peso do que na modelagem com a variável gênero, o modelo em que os parâmetros variaram com o tempo, mas não entre as áreas, foi considerado o mais parcimonioso. Este teve 3,11 vezes mais suporte nos dados que o modelo em que havia variação na sobrevivência entre os gêneros e 3,99 mais suporte que o modelo em que havia também variações nas probabilidades de captura. As diferenças foram significativamente maiores nas comparações com os demais modelos, que tiveram baixos pesos.

Na análise do peso de cada uma das variáveis considerando todos os modelos analisados, também houve maiores pesos para as variáveis que indicavam apenas variações temporais das estimativas. Entretanto, os valores foram menores que aqueles observados na modelagem com a variável gênero. Houve um maior peso para as variáveis que indicavam existência de variações na sobrevivência e nas probabilidades de captura entre as áreas. As demais variáveis tiveram baixos pesos. Para as probabilidades de entrada, não houve evidência de variação nas regiões de estudo.

$\Phi_t = 0,60834$	$p_t = 0.77663$	$b_t = 0.98267$
$\Phi_{g+t} = 0.33133$	$p_{g+t} = 0.17693$	$b_{g^*t} = 0$
$\Phi. (sem\ variação) = 0.03178$	$p_{g^*t} = 0.02911$	
$\Phi_{g^*t} = 0.01122$	$p. = 0$	

Quadro 3 Peso das variáveis do conjunto de modelos avaliados segundo a área

Estimativas

Modelos com a variável gênero

Estimou-se a presença de 148 fêmeas e 227 machos na população alvo durante todo o

período de estudo. Os valores dos demais parâmetros estimados para cães machos e fêmeas, e seus respectivos intervalos de confiança são descritos na Tabela 3. Estes foram obtidos a partir das estimativas de todos os modelos analisados, sendo dado maior peso no cálculo da estimativa final aos modelos com maiores valores de suporte relativo (w). Tendo em vista que o melhor modelo mostrou apenas a existência de variação temporal nas estimativas e não entre os grupos, houve poucas e pequenas diferenças entre os gêneros em todos parâmetros estimados. Para a sobrevivência, os valores apresentaram tendência de aumento, indo de 0,75 no intervalo entre a primeira e a segunda capturas, até 0,99 entre a quinta e a sexta. Já a probabilidade de entrada, foi próxima de zero entre a quinta e a sexta capturas, tendo variado entre 0,12 e 0,15 nos demais intervalos. As probabilidades de captura, por sua vez, tiveram seu maior valor na segunda captura (0,68), havendo uma tendência de redução até a quinta captura, em que foi observado o menor valor (0,39).

As estimativas de abundância evidenciaram que a maior parte da população era constituída por machos. Além disso, houve uma maior entrada de cães machos em todos os intervalos em que o número pôde ser estimado. A população aumentou de tamanho entre o início e o fim do estudo. Estimou-se uma abundância de aproximadamente 59 fêmeas e 92 machos na segunda captura, valor que chegou a 71 e 69 fêmeas e a 104 e 105 machos, respectivamente na quinta e na sexta capturas.

Tabela 3 Estimativas para sexo

Sobrevivência (I.C)		Probabilidade de captura (IC)		Probabilidade de entrada (IC)		Recrutamento (IC)		Abundância (IC)	
Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos
1= 0,75 (0,62 – 0,86)	0,75 (0,61 – 0,85)	1= NI NI	NI	1= NI NI	NI	1= NI NI	NI	1= NI NI	NI
2= 0,80 (0,62 – 0,91)	0,79 (0,62 – 0,91)	2= 0,68 (0,55 – 0,79)	0,68 (0,56 – 0,79)	2= 0,12 (0,06 – 0,22)	0,12 (0,06 – 0,22)	2= 15,40 (5,23 – 25,56)	23,64 (8,00 – 39,21)	2= 58,67 (48,14 – 69,18)	91,88 (75,58 – 108,17)
3= 0,77 (0,57 – 0,89)	0,76 (0,57 – 0,89)	3= 0,51 (0,40 – 0,62)	0,51 (0,40 – 0,63)	3= 0,12 (0,05 – 0,24)	0,12 (0,05 – 0,24)	3= 15,30 (3,67 – 26,94)	23,60 (5,73 – 41,45)	3= 61,77 (49,65 – 73,89)	94,49 (75,87 – 113,11)
4= 0,84 (0,57 – 0,96)	0,84 (0,56 – 0,96)	4= 0,48 (0,37 – 0,60)	0,48 (0,37 – 0,60)	4= 0,15 (0,08 – 0,24)	0,15 (0,08 – 0,24)	4= 19,13 (8,94 – 29,44)	29,44 (13,78 – 45,10)	4= 62,72 (49,64 – 74,35)	94,28 (74,35 – 114,21)

						29,31)		75,80)	
5= 0,99	0,99	5= 0,39	0,39	5=	0,0001	5= 0,00	0,01	5=	105,27
(0,96 -	(0,99 -	(0,30 -	(0,30 -	0,0001	(0,00 -	(0,00 -	(0,00 -	71,19	(82,25 -
1,00)	1,00)	0,49)	0,49)	(0,00 -	0,004)	0,63)	1,00)	(59,00 -	(123,30)
				0,004)				83,36)	
6= NI	NI	6= 0,42	0,42	6= NI	NI	6= NI	NI	6=	104,27
		(0,32 -	(0,32 -					69,16	(86,22 -
		0,52)	0,52)					(56,83 -	123,31)
								81,48)	
		7= NI	NI					7= NI	NI

NI. Parâmetro não identificável

Modelos com a variável área

Durante todo o período de estudo, estimou-se a presença de 199 cães na área A e 177 na área B. Os valores dos demais parâmetros diretamente estimados para as áreas controle e intervenção são descritos na tabela 4. O método de cálculo destes também considerou a ponderação pelo suporte relativo das estimativas de todos os modelos analisados. Assim como na modelagem com o gênero dos cães, as diferenças existentes entre as estimativas de cada uma das áreas foram pequenas, embora tenham sido um pouco maiores que aquelas observadas entre os gêneros. Tendo em vista o fato de terem sido atribuídos pesos maiores para os modelos em que não havia diferenças entre os grupos em ambas as modelagens, as estimativas de sobrevivência, de probabilidades de captura e de probabilidades de entrada para as áreas foram semelhantes àquelas descritas para os gêneros.

Por outro lado, o número bruto de animais que entrou na população foi semelhante nas áreas A e B, o que não ocorreu entre os gêneros. Ambas as áreas apresentaram uma tendência de aumento do tamanho populacional. As menores abundâncias foram observadas na segunda captura, respectivamente 82 animais na área A e 70 na área B. As maiores abundâncias foram observadas na quinta captura, com 96 cães na área A e 83 na área B.

A razão cão/homem calculada na área A foi de 1 cão para cada 42 seres humanos. Na área B esta foi de 1 cão para cada 51 seres humanos.

Tabela 4 Estimativas para área

Sobrevivência (I.C)		Probabilidade de captura (IC)		Probabilidade de entrada (IC)		Recrutamento (IC)		Abundância (IC)	
Área A	Área B	Área A	Área B	Área A	Área B	Área A	Área B	Área A	Área B
1= 0,74	0,76	1= NI	NI	1= NI	NI	1= NI	NI	1= NI	NI
(0,59 -	(0,62 -								
0,85)	0,86)								

2= 0,80 (0,61 - 0,91)	0,81 (0,63 - 0,92)	2= 0,68 (0,54 - 0,79)	0,69 (0,56 - 0,80)	2= 0,12 (0,06 - 0,23)	0,12 (0,06 - 0,23)	2= 20,91 (6,17 - 35,66)	18,34 (5,45 - 31,23)	2= 81,74 (66,37 - 97,10)	2= 70,33 (57,13 - 83,52)
3= 0,76 (0,55 - 0,89)	0,80 (0,58 - 0,90)	3= 0,49 (0,39 - 0,62)	0,51 (0,39 - 0,64)	3= 0,12 (0,05 - 0,25)	0,12 (0,05 - 0,25)	3= 20,57 (3,41 - 37,72)	18,66 (3,60 - 32,71)	3= 84,76 (67,00 - 102,54)	3= 73,99 (59,11 - 88,88)
4= 0,84 (0,53 - 0,96)	0,85 (0,56 - 0,96)	4= 0,47 (0,34 - 0,59)	0,48 (0,36 - 0,60)	4= 0,14 (0,08 - 0,25)	0,14 (0,07 - 0,25)	4= 25,40 (9,93 - 40,86)	21,64 (7,47 - 35,80)	4= 84,44 (65,00 - 103,88)	4= 75,56 (58,88 - 92,24)
5= 0,99 (0,91 - 1,00)	0,99 (0,91 - 1,00)	5= 0,39 (0,29 - 0,49)	0,40 (0,30 - 0,51)	5= 0,01 (0,00 - 0,02)	0,01 (0,00 - 0,05)	5= 0,08 (0,00 - 1,00)	5= 1,00 (0,00 - 1,00)	5= 95,52 (76,63 - 114,41)	5= 82,64 (66,49 - 98,80)
6= NI	NI	6= 0,41 (0,31 - 0,52)	0,43 (0,32 - 0,54)	6= NI	NI	6= NI	NI	6= 93,84 (74,60 - 113,08)	6= 80,85 (65,22 - 96,00)
		7= NI	NI					7= NI	NI

NI. Parâmetro não identificável

Discussão

O presente estudo, de modo inédito na literatura, utilizou procedimentos de captura e recaptura de cães irrestritos, com métodos de análise desenvolvidos para populações abertas. Assim, foram estimados e analisados diferentes parâmetros da dinâmica populacional destes animais.

A razão cão/homem estimada indica que o tamanho populacional foi menor que o calculado em diferentes regiões, tanto rurais quanto urbanas (Faleke, 2003; Belsare et al., 2013), embora tenha sido maior que o estimado no estudo de Hossain et al. (2013), em Bangladesh. Fatores demográficos, econômicos, ambientais e culturais capazes de explicar as diferenças nas abundâncias entre diferentes regiões, e dentro das próprias regiões, têm sido pouco explorados na literatura (Belo et al., 2015). Áreas com piores condições socioeconômicas e com maiores densidades populacionais tendem a concentrar um maior número de cães (Font, 1987). Assim, a abundância observada no presente estudo, possivelmente, reflete o fato de tratar-se de uma região com condição socioeconômica intermediária e baixa densidade populacional.

Embora seja apenas um dos componentes da dinâmica populacional, para a maior parte das espécies animais, a sobrevivência é o parâmetro demográfico com maior impacto no tamanho das populações (Crone, 2001). Poucos estudos, no entanto, buscaram estimar a sobrevivência de cães irrestritos. Reece et al. (2008) utilizaram dados de um programa de esterilização para estimar a sobrevivência de fêmeas castradas em Jaipur, Índia. A sobrevivência anual de fêmeas com idade acima de um ano foi de 0,70 e a de fêmeas no primeiro ano de vida foi de 0,25, valores que podem ser enviesados devido às premissas pouco plausíveis dos procedimentos analíticos desenvolvidos. Pal (2001) executou 4 esforços anuais de captura, em Bengal, Índia, e estimou a mortalidade canina a partir do número de cães observados nos esforços subsequentes à primeira captura. A estimativa anual da sobrevivência em cães adultos foi de 0,91, e em cães no primeiro ano de vida, foi de 0,18. Não foram estimadas as probabilidades de captura e apenas cães encontrados mortos eram computados, o que pode ter superestimado o valor obtido. O mesmo pode ter ocorrido no estudo de Beck (1973), conduzido em Baltimore, Canadá, uma vez que, para estimar a sobrevivência anual, o autor utilizou informações existentes somente sobre o número de cães que sabidamente haviam morrido. O valor encontrado foi de 0,70.

Embora limitadas, as estimativas obtidas na literatura sugerem que a sobrevivência é menor em cães errantes jovens, padrão já observado em diferentes espécies (Bonenfant et al., 2002; Coulson et al., 2001). Haja vista a impossibilidade de se identificar corretamente a idade dos cães, os valores estimados no presente estudo referem-se à sobrevivência geral da população, sem estratificações por faixas etárias. Se considerarmos a sobrevivência anual, observa-se que os valores foram maiores que aqueles já estimados para cães com menos de um ano e menores do que os estimados para cães adultos e para a população do estudo de Beck (1973). A baixa sobrevivência identificada na população pode estar relacionada com as diferentes fontes de mortalidade às quais estavam submetidos os cães irrestritos na região de estudo. Durante todo o período, foram frequentes os relatos de moradores a respeito da ocorrência de atropelamentos e de episódios de envenenamentos. A elevada prevalência de cães soropositivos para LVC, especialmente nos meses iniciais do estudo, é outro fator relevante, uma vez que muitos animais foram eutanasiados. Além disso, as ações do poder público direcionadas aos cães de rua restringiam-se à vacinação contra a raiva. Assim, estes não recebiam prevenção nem tratamento para outras enfermidades, o que poderia torná-los mais susceptíveis e menos resistentes às infecções.

Em um grande número de espécies animais, devido primeiramente aos efeitos da reprodução, identificam-se menores taxas de sobrevivências em fêmeas (Buzatto et al., 2007;

Clutton-Brock, 1991). Haja vista a predominância de machos em diferentes estudos, tem sido hipotetizado que este padrão ocorre também nas populações caninas (Zivicnjak et al., 2005). No período de execução do presente estudo, embora também tenha havido uma maior abundância e um maior recrutamento de machos, não houve diferenças nas estimativas de sobrevivência entre os gêneros. Uma vez que não passam por gestações e, em geral, são escolhidos para a função de guarda do domicílio, cães machos são preferidos pela maior parte dos indivíduos que desejam ter um animal de estimação (Hossain et al., 2013). Assim, uma provável maior sobrevivência de filhotes machos de cães semi-domiciliados ou de cães domiciliados que posteriormente são abandonados, poderia explicar a predominância de machos na população canina errante.

Até a execução do presente estudo, não havia sido analisada a dinâmica temporal da sobrevivência em cães e apenas estimativas únicas anuais haviam sido obtidas. Os dados apresentados mostram que a sobrevivência de cães irrestritos sofre variações, mesmo em pequenas escalas temporais. Em ambas as análises executadas, os modelos em que a sobrevivência não variou com o tempo tiveram pesos significativamente baixos, indicando que um valor único não poderia ser utilizado para representar todo o período. Estudos com outras espécies de mamíferos mostram a instabilidade temporal dos valores de sobrevivência, especialmente em indivíduos jovens (Albon et al., 2000; Clutton-Brock et al., 1991; Grosbois et al., 2008). Para que sejam estabelecidos quais são os determinantes intrínsecos e extrínsecos das variações, são necessários estudos de longa duração, que são de difícil execução e, por isso, raros na literatura (de Little et al., 2007). Apesar de tratar-se de um período curto de execução, o fato da sobrevivência, do recrutamento e do tamanho populacional terem tido uma tendência de aumento, mostra que fatores não densidade-dependentes foram os principais responsáveis pelas variações observadas na sobrevivência dos cães de ambas as áreas.

A discussão sobre densidade-dependência é abordada em diversos estudos, com diferentes espécies animais (Eccard et al., 2011; Ohlberger et al., 2014; Zubillaga et al., 2014; Vas e Andersen, 2015). Em modelos epidemiológicos e ecológicos, têm sido assumido que as taxas de sobrevivência e de recrutamento em cães errantes são reguladas pela disponibilidade de recursos no meio e variam em função da densidade (Moters et al., 2014). No entanto, como descrevem de Little et al. (2007), em populações que estão abaixo de suas capacidades de suporte ou quando as condições do ambiente são favoráveis, os fatores extrínsecos não regulados pela densidade podem ser determinantes para as flutuações do tamanho populacional. Como no estudo de Moters et al. (2014), os seres humanos foram os principais responsáveis por fornecer o cuidado e a alimentação necessária aos cães. Assim, a aceitação da convivência com cães errantes pela

maior parte das pessoas, a baixa razão cão-homem e a disponibilidade de recursos dos moradores para a manutenção dos animais podem ter feito com que o aumento da densidade não tenha tido grande influência na mortalidade e no recrutamento observados.

Não é possível afirmar se o padrão de aumento do tamanho populacional, atribuído ao grande número de entradas na população, se manteria caso o estudo tivesse uma maior duração. A sobrevivência máxima e a inexistência de recrutamentos entre a quinta e a sexta capturas são indicativos de que podem haver instabilidades. Com o aumento na abundância, fatores densidade-dependentes poderiam passar a atuar de modo mais forte na regulação da população (Wolf, 1997; Sibly e Hone, 2002) e na aceitação dos moradores a respeito da presença dos cães. Em outros mamíferos, há uma grande variabilidade na identificação de quais taxas vitais e de quais fatores intrínsecos e extrínsecos influenciam mais fortemente o tamanho das populações. (Albon et al., 2000 Gailard et al. 1998).

As estimativas de recrutamento obtidas em modelos de captura e recaptura não nos permitem separar as proporções de entradas atribuídas a nascimentos e a imigrações. Durante o período de estudo não foram encontradas fêmeas com suas ninhadas. Pode-se supor que estas estavam em áreas menos visíveis ou que haviam sido capturadas pelo serviço público municipal, para que fossem adotadas ou devolvidas às ruas após o período de lactação, embora tais registros tenham sido pouco frequentes. No estudo de Moters et al. (2014), e em nosso estudo, o recrutamento deveu-se predominantemente à chegada de animais adultos. Estes poderiam ser cães nascidos na própria região e não identificados quando filhotes, cães provenientes de outras regiões que chegaram à área de estudo por deslocamento próprio ou adquiridos por proprietários que os criavam sem restrição, cães antes restritos que passaram a ser criados livremente ou cães abandonados em áreas próximas e que passaram a compor a população. Tendo em vista que ambas as regiões de estudo tinham certo isolamento geográfico e se localizavam próximas a uma rodovia em que cães eram frequentemente abandonados, pode-se inferir que o abandono teve mais influência no aumento do tamanho populacional que os deslocamentos espontâneos dos cães. Embora possam circular livremente, cães irrestritos são animais territorialistas que, de modo geral, não se deslocam por grandes distâncias, a menos que as condições ambientais sejam desfavoráveis (Beck, 1973). A pequena mobilidade de cães em situações ambientais favoráveis pôde ser verificada no presente estudo, uma vez que não houve deslocamento de animais entre as áreas avaliadas.

A rotatividade existente na população, ou seja, o grande número de substituições de cães que morrem ou emigram, por cães que nascem ou imigram, tem consequências importantes para

a composição da população e, conseqüentemente, para os problemas sanitários que pode causar. Uma população com alta rotatividade é mais jovem e, assim, mais mordedora e mais susceptível a doenças, especialmente a raiva e a leishmaniose (Reece e Chawla, 2006). No caso da raiva, de acordo com Hampson et al. (2009), a rotatividade é o principal obstáculo para o sucesso das estratégias de controle em países em desenvolvimento. Isso faz com que as campanhas de vacinação devam ser executadas regularmente e com coberturas de cerca de 70% para que um nível de imunização adequado seja mantido. Já na leishmaniose, a substituição de cães eutanasiados, ao perpetuar a transmissão por meio da manutenção dos animais susceptíveis e pela renovação dos reservatórios, é apontada como uma das principais causas para que a estratégia de controle adotada no Brasil tenha baixa efetividade (Romero e Boelaert, 2009). Além disso, com a reposição, a população também se torna mais jovem e mais propensa a outras infecções (Nunes et al., 2008).

No campo da ecologia de mamíferos, tem sido considerada a existência de dois grandes padrões reprodutivos, diretamente relacionados com a fase do ciclo de vida a ser priorizada em estratégias que visem o aumento ou diminuição da população. Em animais chamados de “reprodutores lentos”, que têm maturação tardia, o foco das estratégias deve ser a sobrevivência de jovens e adultos. Já em mamíferos “reprodutores rápidos”, que se reproduzem por volta de um ano, o foco deve ser a fecundidade (Heppell et al., 2000; van de Kerk et al., 2013). Cães são considerados reprodutores rápidos, pois, em geral, podem se reproduzir com menos de um ano de idade (Caceres, 2004). Assim, as estratégias direcionadas à diminuição da entrada de animais na população são consideradas mais efetivas que aquelas para diminuição da sobrevivência de adultos, como é o caso da eutanásia. Tendo em vista este princípio, a baixa eficiência nas regiões em que foi aplicada e os problemas éticos que carrega (Rizin, 2007), a eutanásia indiscriminada de cães errantes não foi avaliada como uma estratégia de controle em nosso estudo, não podendo ser discutida em profundidade. Ressalta-se, entretanto, que a exclusão da eutanásia como medida de controle populacional não é unanimidade. Sua aplicação como medida para controle populacional, em situações de combate à hidatidose em países em desenvolvimento, foi recentemente defendida (Kachani e Heath, 2014).

É interessante notar, no entanto, que a esterilização não foi capaz de produzir efeitos na dinâmica populacional canina. Em estudos de modelagem, tem sido estimado que cinco anos é o tempo mínimo para que a esterilização comece a ter resultados e que o impacto total só é atingido após cerca de 30 anos de esforço ininterrupto (Frank, 2004). Frank e Carlisle-Frank (2007), por sua vez, mostraram o baixo impacto de um programa de esterilizações no número de cães que

deram entrada em abrigos nos Estados Unidos. No presente estudo, um ano e quatro meses após o início de um programa que esterilizou cerca de 90% dos cães da região de intervenção, não houve diferenças entre esta e a região de controle em termos de sobrevivências, probabilidades de entrada e recrutamentos. Haja vista a logística difícil, a necessidade de que seja executada em altas taxas e sem interrupções, o alto custo dos procedimentos e o impacto nulo a curto prazo, pode-se afirmar que a esterilização de cães irrestritos é uma estratégia pouco viável e pouco eficiente, especialmente em áreas com altas taxas de abandono, como é o caso das analisadas no presente estudo.

Amaku et al. (2010), em modelo matemático desenvolvido especificamente para cães errantes, identificaram que, mesmo com longos períodos de execução, a esterilização se torna ineficiente em condições de altas taxas de abandono. Em estudo conduzido com uma população de gatos não restritos, Natoli et al. (2006) mostraram que, após 10 anos de um programa de castração e devolução que realizou 8000 cirurgias, a manutenção do abandono e de práticas não relacionadas com a posse animal responsável fizeram com que o efeito da estratégia tenha sido inexpressivo. Assim, pode-se concluir que a questão do abandono deve ser o foco principal das estratégias de controle desenvolvidas pelos serviços públicos de saúde e por Organizações não governamentais. Neste contexto, é imperativo que nos países em que a questão dos cães errantes é considerada um problema de Saúde Pública, sejam desenvolvidas ações educativas sobre posse animal responsável em diferentes níveis, que haja o registro dos cães e de seus proprietários e que se adote uma legislação específica direcionada àqueles que desejam ter um animal de estimação (Voslárová e Passantino, 2012).

Embora muitas vezes seja considerado um parâmetro sem importância, tem sido mostrado que os valores de probabilidades de captura podem ser úteis na identificação de características fundamentais da população (Crespin et al., 2012). Modelar as variações destes valores é relevante, pois estes se diferenciam no tempo, no espaço e entre os indivíduos (Abadi et al., 2013). No presente estudo, não houve diferenças nas probabilidades de detecção entre os gêneros e entre as áreas, no entanto, mesmo com a padronização dos procedimentos, houve variações entre os períodos de captura. Tais flutuações podem ser atribuídas a características de organização social não investigadas na população ou a fatores climáticos e ambientais. Dias et al. (2013) mostrou que o clima exerce influência na atividade dos cães, o que, por consequência, pode influenciar as probabilidades de que um cão seja encontrado em um determinado esforço de captura.

Em nosso estudo, mesmo com a circulação de veículos em todas as ruas das regiões

estudadas, houve um grande número de animais presentes e não visualizados em todas as capturas. Diferentes estudos que visaram estimar a abundância de cães errantes não modelaram ou sequer consideraram a existência de diferenças nas probabilidades de detecção dos cães (Belo et al., 2015). Os dados apresentados reforçam que contagens simples por meio de censos não são adequadas para se estimar a abundância de cães irrestritos e que a maior parte das estimativas já obtidas na literatura apresenta importantes vieses. Os valores de probabilidade de captura obtidos no presente estudo são semelhantes aos estimados por Kalati (2010) e podem ser utilizados como fatores de correção para as estimativas de abundância anteriormente obtidas.

Além das limitações já mencionadas sobre a técnica de captura e recaptura aplicada, outras questões relacionadas ao método utilizado merecem considerações. Embora tenham sido avaliados alguns fatores associados aos parâmetros da dinâmica populacional, variáveis ambientais e individuais relevantes para o entendimento da dinâmica populacional (Willians et al., 2002) não foram incluídas nos modelos. A logística do trabalho de campo, por sua vez, mostrou-se complexa e difícil, sendo necessária a participação de pelo menos 6 pesquisadores em cada esforço de captura. Como um dos objetivos do estudo era avaliar a efetividade da esterilização, o contato com os animais era inevitável. No entanto, em estudos que visam somente analisar a dinâmica populacional, a utilização apenas do método fotográfico pode ser menos complexa e menos onerosa (Speed et al., 2007; Alonso et al., 2015).

O presente estudo, por outro lado, apresentou diversos diferenciais positivos em relação a outros estudos. Foram utilizados procedimentos de modelagem para populações abertas, o que permitiu que a sobrevivência e que o recrutamento de cães irrestritos fosse estimado e analisado de forma antes não abordada na literatura. Além disso, foram executados testes da qualidade do ajuste dos modelos aos dados, o que possibilitou uma melhor verificação das premissas necessárias para a utilização dos procedimentos. A seleção dos modelos, por sua vez, baseou-se na técnica de AIC, que possui diferentes vantagens em relação aos clássicos testes estatísticos de hipótese (Lindsey e Jones, 1998; Anderson et al., 2000; Burnham e Anderson, 2002, Johnson e Omland, 2002). Por fim, o uso do método de “model averaging” para o cálculo das estimativas e de seus intervalos de confiança, fez com que estas refletissem melhor a incerteza dos parâmetros estimados.

É essencial que, em estudos futuros, os procedimentos analíticos aqui adotados sejam mantidos e aprimorados, uma vez que não acrescentam esforços adicionais ao trabalho de campo e produzem informações mais completas e válidas. Também são necessários estudos mais longos, com um número maior de cães e executados em regiões com diferentes características sociais,

culturais e geográficas. A investigação dos fatores que influenciam a dinâmica populacional canina deve considerar aqueles pela primeira vez examinados no presente estudo e incorporar a análise das variações dos parâmetros populacionais em diferentes estratos etários, bem como em relação a variáveis relacionadas com as características intrínsecas dos animais e do ambiente ainda não investigadas.

Conclusão

Nossos resultados mostram que o tamanho populacional nas regiões estudadas foi pequeno em comparação com o estimado em outros estudos. Houve baixa sobrevivência e grande entrada de animais, no período de 14 meses de acompanhamento. A alta rotatividade, atribuída em grande parte ao abandono de cães domiciliados, tem importantes implicações para o controle populacional e de zoonoses relevantes em nível de Saúde Pública. Os valores de sobrevivência, recrutamento e probabilidades de captura sofreram variações com o passar do tempo e houve uma tendência de aumento para os dois primeiros. O padrão de mortalidade foi o mesmo em ambos os gêneros, porém, houve uma maior entrada de machos na população. Sugere-se que fatores não dependentes da densidade foram os principais responsáveis pela dinâmica observada. A esterilização, por sua vez, não exerceu quaisquer influências nos parâmetros analisados. Os dados obtidos no presente estudo são úteis para um melhor entendimento da dinâmica populacional de cães errantes e podem auxiliar no planejamento, no direcionamento e na avaliação de ações de controle populacional. Neste contexto, é essencial a implementação de medidas educativas sobre posse animal responsável. Os parâmetros estimados poderão também ser utilizados na construção de novos modelos matemáticos preditivos. Embora o estudo tenha gerado importantes respostas e hipóteses, a escassez do conhecimento existente e a pouca utilização anterior de métodos apropriados faz com que restem inúmeras questões relevantes a serem elucidadas sobre a dinâmica populacional de cães irrestritos. Assim, tal campo de estudo deve ser largamente expandido e aprimorado.

Referências bibliográficas

Abadi F, Botha A, Altwegg R. Revisiting the Effect of Capture Heterogeneity on Survival Estimates in Capture-Mark-Recapture Studies: Does It Matter? PLoS One. 2013;8: e62636.

Albon SD, Coulson TN, Brown D, Guinness FE, Pemberton JM., Clutton-Brock TH. Temporal changes in key factors and key age groups influencing the population dynamics of female red

deer. *Journal of Animal Ecology*. 2000;69: 1099–1110.

Alonso RS, McClintock BT, Lyren LM, Boydston EE, Crooks KR. Mark-Recapture and Mark-Resight Methods for Estimating Abundance with Remote Cameras: A Carnivore Case Study. *PLoS One*. 2015;10: e0123032.

Amaku M, Dias RA, Ferreira F. Dynamics and Control of Stray Dog Populations. *Math Popul Stud*. 2010; 17: 69–78.

Anderson DR, Burnham KP, Thompson WL. Null hypothesis testing: problems, prevalence, and an alternative. *J Wildl. Mngmt*. 2000;64: 912–923.

Beck, AM. *The ecology of stray dogs: A study of free-ranging urban animals*. 1st ed. Indiana: Purdue University Press; 1973.

Belo VS, Struchiner CJ, Werneck GL, Barbosa DS, Oliveira RB, Neto RGT, da Silva ES. A systematic review and meta-analysis of the factors associated with *Leishmania infantum* infection in dogs in Brazil. *Vet Parasitology*. 2013;195: 1-1.

Belo VS, Werneck GL, da Silva ES, Barbosa DS, Struchiner CJ. Population Estimation Methods for Free-Ranging Dogs: A Systematic Review. *PLoS One*. 2015;10: e0144830.

Belsare AV, Gompper ME. Assessing demographic and epidemiologic parameters of rural dog populations in India during mass vaccination campaigns. *Prev Vet Med*. 2013;111: 139-146.

Beran GW. Urban rabies. In Baer GM editor. *The Natural History of Rabies* Boca Raton, CRC Press; 1991. pp. 427-443.

Bonenfant C, Gaillard JM, Klein F, Loison A. Sex- and age-dependent effects of population density on life history traits of red deer *Cervus elaphus* in a temperate forest. *Ecography*. 2008;25: 446-458.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Manual de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral. 1st ed. Brasília: Editora Ministério da Saúde; 2006.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Normas Técnicas de Profilaxia da Raiva Humana. 1st ed. Brasília: Editora Ministério da Saúde; 2011.

Burnham K, Anderson D. Model Selection and Multi-Model Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. 2nd ed. Springer-Verlag; 2002.

Buzatto BA, Requena GS, Martins EG, Machado G. Effects of maternal care on the lifetime reproductive success of females in a neotropical harvestman. *J Anim Ecol.* 2007;76: 937-45.

Caceres LPN. Estudo do programa de esterilização das populações canina e felina no Município de São Paulo, período 2001 a 2003. M.Sc. Thesis. Universidade de São Paulo. 2004. Available: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde-06072005-102729/pt-br.php>

Choquet R, Lebreton JD, Gimenez O, Reboulet AM, Pradel R. U-CARE: utilities for performing goodness of fit tests and manipulating capture-recapture data. *Ecography.* 2009;32: 1071-1074.

Clutton-Brock TH. The Evolution of Parental Care. 1st ed. Princeton: Princeton University Press; 1991.

Clutton-Brock TH, Price OF, Albon SD, Jewell PA. Persistent Instability and Population Regulation in Soay Sheep. *J Anim Ecol.* 1991;60: 593-608.

Coulson T, Catchpole EA, Albon SD, Morgan BJT, Pemberton JM, Clutton-Brock TH, et al. Age, sex, density, winter weather, and population crashes in Soay sheep. *Science.* 2001;292: 1528–1531.

Crespin L, Choquet R, Lima M, Merritt J, Pradel R. Is heterogeneity of catchability in capture–recapture studies a mere sampling artifact or a biologically relevant feature of the population? *Popul Ecol.* 2012;50: 247–256.

Crone EE. Is survivorship a better fitness surrogate than fecundity? *Evolution*. 2001;55: 2611–2614.

Dalla Villa P, Kahn S, Stuardo L, Iannetti L, Di Nardo A, Serpell JA. Free-roaming dog control among OIE countries which are members. *Prev Vet Med*. 2010;97: 58-63.

Dantas-Torres F, Otranto D. Dogs, cats, parasites, and humans in Brazil: opening the black box. *Parasit Vectors*. 2014;7: 22.

de Little SC, Bradshaw CJ, McMahon CR, Hindell MA. Complex interplay between intrinsic and extrinsic drivers of long-term survival trends in southern elephant seals. *BMC Ecol*. 2007;7: 3.

Dias RA, Guilloux AGA, Borba MR, Guarnieri MCL, Prist R, Ferreira F, et al. Size and spatial distribution of stray dog population in the University of São Paulo campus, Brazil. *Prev Vet Med*. 2013;110: 263-273.

Driscoll CA, Macdonald DW, O'Brien SJ. From wild animals to domestic pets, an evolutionary view of domestication. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2009;106: 9971-9978.

Eccard JA, Jokinen I, Ylönen H. Loss of density-dependence and incomplete control by dominant breeders in a territorial species with density outbreaks. *BMC Ecol*. 2011;11: 16.

Faleke O. Studies on dog population and its implication for rabies control. *Nigerian Journal of Animal Production*. 2003;30: 242-245.

Fei SY, Chiang JT, Fei CY, Chou CH, Tung MC. Estimating stray dog populations with the regression method versus Beck's method: a comparison. *Environ Ecol Stat*. 2012;19: 485-498.

Font E. Spacing and social organization: Urban stray dogs revisited. *Applied Science of Animal Behavior*. 1987;17: 319-328.

Frank J. An Interactive Model of Human and Companion Animal Dynamics: The Ecology and Economics of Dog Overpopulation and the Human Costs of Addressing the Problem, *Hum Ecol.* 2004;32: 107-130.

Frank JM, Carlisle-Frank PL. Analysis of programs to reduce overpopulation of companion animals: Do adoption and low-cost spay/neuter programs merely cause substitution of sources?. *Ecol Econ.* 2007;62: 740-746.

Gaillard JM, Festa-Bianchet M, & Yoccoz NG. Population dynamics of large herbivores: variable recruitment with constant adult survival. *Trends Ecol Evol.* 1998;13: 58-63.

Garcia RCM, Calderón N, Ferreira F. Consolidation of international guidelines for management of canine populations in urban areas and proposed indicators for their management. *Rev Panam Salud Publica.* 2012;32: 140-144.

Grosbois V, Gimenez O, Gaillard JM, Pradel R, Barbraud C, Clobert J, et al. Assessing the impact of climate variation on survival in vertebrate populations. *Biol Rev Camb Philos Soc.* 2008;83: 357-99.

Hampson K, Dushoff J, Cleaveland S, Haydon DT, Kaare M, Packer C, Dobson A. Transmission dynamics and prospects for the elimination of canine rabies. *PLoS Biol.* 2009;7: e53.

Hepell SS, Caswell H, Crowder LB. Life Histories and Elasticity Patterns: Perturbation Analysis for Species with Minimal Demographic Data. *Ecology.* 2000;81: 654-665.

Hodgson K, Darling M. Zooeyia: An essential component of “One Health”. *Can Vet J.* 2011;52: 189-91.

Høgåsen HR, Er C, Di Nardo A, Dalla-Villa P. Free-roaming dog populations: a cost-benefit model for different management options, applied to Abruzzo, Italy. *Prev Vet Med.* 2013;112: 401-413.

Hossain M, Ahmed K, Marma ASP, Hossain S, Ali MA, Shamsuzzaman AM, et al. A survey of the dog population in rural Bangladesh. *Prev Vet Med.* 2013;111: 134-138.

Johnson JB, Omland KS. Model selection in ecology and evolution. *Trends Ecol Evol.* 2004;19: 101-8.

Kachani M, Heath D. Dog population management for the control of human echinococcosis. *Acta Trop.* 2014;139: 99-108.

Kalati K. Street dog population survey, Kathmandu: Final Report to WSP; 2010

Lambert K, Coe J, Niel L, Dewey C, Sargeant JM. A systematic review and meta-analysis of the proportion of dogs surrendered for dog-related and owner-related reasons. *Prev Vet Med.* 2015;118: 148-60.

Lele SR, Nadeem K, Schmuland B. Estimability and likelihood inference for generalized linear mixed models using data cloning. *JASA.* 2010;105: 1617-1625

Lindsey JK, Jones B. Choosing among generalized linear models applied to medical data. *Stat Med.* 1998;17: 59-68.

Lunney M, Jones A, Stiles E, Waltner-Toews D. Assessing human-dog conflicts in Todos Santos, Guatemala: bite incidences and public perception. *Prev Vet Med.* 2011;102: 315-320.

McConnell AR, Brown CM, Shoda TM, Stayton LE, Martin CE. Friends with benefits: on the positive consequences of pet ownership. *J Pers Soc Psychol.* 2011;101: 1239–1252.

Morters MK, McKinley TJ, Restif O, Conlan AJ, Cleaveland S, Hampson K. The demography of free-roaming dog populations and applications to disease and population control. *J Appl Ecol.* 2014;51: 1096-1106.

Natoli E, Maragliano L, Cariola G, Faini A, Bonanni R, Cafazzo S, Fantini C. Management of feral domestic cats in the urban environment of Rome (Italy). *Prev Vet Med.* 2006;77: 180-185.

Nunes CM, Lima VM, Paula HB, Perri SH, Andrade AM, Dias FE, Burattini MN. Dog culling

and replacement in an area endemic for visceral leishmaniasis in Brazil. *Vet Parasitol.* 2008;153: 19-23.

Ohlberger J, Rogers LA, Stenseth NC. Stochasticity and Determinism: How Density-Independent and Density-Dependent Processes Affect Population Variability. *PLoS One.* 2014;9: e98940.

Pal SK. Population ecology of free-ranging urban dogs in West Bengal, India. *Acta Theriol (Warsz).* 2001;46: 69-78.

Paula PMC. Estratégias adicionais no controle populacional de cães de rua. M.Sc. Thesis, Universidade Federal do Paraná. 2010. Available: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/23726/ESTRATEGIAS%20ADICIONAIS%20NO%20CONTROLE%20POPULACIONAL%20DE%20CAES%20DE%20RUA.pdf?sequence=1>.

Penaforte KM, Belo VS, Teixeira-Neto RG, Ribeiro RAN, Oliveira RB, Schettini DA, da Silva ES. Infecção por *Leishmania* em uma população de cães: uma investigação epidemiológica relacionada ao controle da leishmaniose visceral. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2013;22: 592-596.

Reece JF, Chawla SK. Control of rabies in Jaipur, India, by the sterilisation and vaccination of neighbourhood dogs. *Vet Rec.* 2006;159: 379-83.

Reece JF, Chawla SK, Hiby EF, Hiby LR. Fecundity and longevity of roaming dogs in Jaipur, India. *BMC Vet Res.* 2008;4: 6.

Rinzim K. The Epidemiology of Free-Roaming Dog and Cat Populations in the Wellington Region of New Zealand. M.Sc. Thesis, Massey University. 2007. Available: <http://www.massey.ac.nz/massey/fms/Colleges/College%20of%20Sciences/Epicenter/docs/RinzinKarmaMVS.pdf?EA9BA4336C21EB1E4237D9BF8B10CA9F>

Romero GAS, Boelaert M. Control of Visceral Leishmaniasis in Latin America—A Systematic Review. *PLoS Negl Trop Dis.* 2009;4: e584.

Schwarz CJ, Arnason AN. A general methodology for the analysis of capture-recapture experiments in open populations. *Biometrics*. 1996;52: 860-873.

Sibly RM, Hone J. Population growth rate and its determinants: an overview. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2002;357: 1153–1170

Speed CW, Meekan MG, Bradshaw CJ. Spot the match - wildlife photo-identification using information theory. *Front Zool*. 2007;16: 4:2.

Stanley T, Burnham K. Information-theoretic model selection and model averaging for closed-population capture-recapture studies. *Biometrical Journal*. 1998;40: 475-494.

Stavisky J, Brennan ML, Downes M, Dean R. Demographics and economic burden of un-owned cats and dogs in the UK: results of a 2010 census. *BMC Vet Res*. 2012;8: 163.

Tenzin DNK, Gyeltshen T, Firestone S, Zangmo C, Dema C, Rawang G, et al. Dog Bites in Humans and Estimating Human Rabies are Mortality in Rabies Endemic Areas of Bhutan. *PLoS Negl Trop Dis*. 2011;5: e1391.

Udell MA, Wynne CD. A Review of Domestic Dogs' (*Canis Familiaris*) Human-Like Behaviors: Or Why Behavior Analysts Should Stop Worrying and Love Their Dogs. *J Exp Anal Behav*. 2008;89: 247-261.

Ugbomoiko US, Ariza L, Heukelbach J. Parasites of importance for human health in Nigerian dogs: high prevalence and limited knowledge of pet owners. *BMC Vet Res*. 2008;9: 4:49.

Willians BK, Nichols JD, Conroy MJ. *Analysis and Management of Animal Populations*. San Diego Academic Press; 2002.

White SC, Jefferson E, Levy JK. Impact of publicly sponsored neutering programs on animal population dynamics at animal shelters: the New Hampshire and Austin experiences. *J Appl Anim Welf Sci*. 2010;13: 191-212.

Wolff JO: Population regulation in mammals: an evolutionary perspective. *J Anim Ecol.* 1997;66: 1-13.

van de Kerk M, de Kroon H, Conde DA, Jongejans E. Carnivora Population Dynamics Are as Slow and as Fast as Those of Other Mammals: Implications for Their Conservation. *PLoS One.* 2013;8: e70354.

Vanak AT, Gompper ME. Interference competition at the landscape level: the effect of free-ranging dogs on a native mesocarnivore. *Journal of Applied Ecology.* 2010;47: 1225–1232.

Vas J, Andersen IL. Density-Dependent Spacing Behaviour and Activity Budget in Pregnant, Domestic Goats (*Capra hircus*). *PLoS One.* 2015; 10: e0144583.

Voslárová E, Passantino A. Stray dog and cat laws and enforcement in Czech Republic and in Italy. *Ann. Ist. Super. Sanita.* 2012;48: 97–104.

Zivcicjak T, Martinkovic´ F, Marinculic´ A, Mrljak V, Kucer N, Matijatko V, et al. A seroepidemiologic survey of canine visceral leishmaniosis among apparently healthy dogs in Croatia. *Vet. Parasitol.* 2005;15: 35–43.

Zubillaga M, Skewes O, Soto N, Rabinovich JE, Colchero F. Bayesian Inference on the Effect of Density Dependence and Weather on a Guanaco Population from Chile. *PLoS One.* 2014;9: e115307.

Apêndices do artigo

Apêndice 1: Protocolo para os procedimentos de esterilização e de recuperação dos animais.

O processo de esterilização dos animais com diagnóstico negativo para leishmanioses seguirá metodologias tradicionalmente utilizadas para esterilização de cães e gatos (Bojrab, 1983) e será desenvolvido por veterinários bolsistas de apoio técnico do projeto ou do CREVISA, seguindo protocolo analgésico e anestésico usado rotineiramente pelos mesmos. A medicação pré-anestésica consistirá de Acepromazina 1%, 0.1mg/Kg, Tramadol, 1.0 mg/Kg e Enrofloxacina 10%, 5mg/Kg, todos via intramuscular. Após 10 minutos, será administrada a medicação anestésica, via endovenosa, constituída de Diazepan, 0.5mg/Kg e Quetamina, 10mg/Kg. Dependendo da característica de alguns cães machos, poderemos optar pela anestesia epidural, utilizando-se 7 mg/kg de lidocaína aplicada no espaço lombo-sacral (L7-S1). Após o procedimento cirúrgico os animais permanecerão nas instalações da CREVISA por um período de sete dias, em todos estes dias, de doze em doze horas, para que se evitem infecções bacterianas pós operatórias, cada cão esterilizado receberá por via oral uma dose de Enrofloxacina, 5.0 mg/Kg. Além disso, como parte do processo analgésico, nos 3 primeiros dias serão administradas, de oito em oito horas, doses de Dipirona, 25mg/Kg, por via oral.

Os animais receberão ainda limpeza e alimentação adequada, além de receberem os curativos necessários e possível aplicação de PVPI tópico para o processo de assepsia operatória complementar. Após a completa reabilitação dos animais soronegativos, estes serão devolvidos para as ruas no mesmo lugar onde foram apreendidos.

Apêndice 2: Material informativo

<p>🐾 INFORMAÇÕES SOBRE A DOENÇA</p> <p>Também chamada de calazar, a leishmaniose visceral é causada por protozoários conhecidos como <i>Leishmania</i> (de onde vem o nome da doença). Ao atingir os órgãos do indivíduo infectado, estes microorganismos causam, geralmente, febre com muitas semanas de duração, anemia, aumento do baço e da medula entre outros sintomas, podendo levar a morte se não houver tratamento. A transmissão do protozoário para o homem acontece pela picada do mosquito-palha infectado anteriormente. Em Divinópolis, são registrados crescentes números de casos tanto em seres humanos quanto em cães.</p>	<p>REALIZAÇÃO</p> <p></p> <p>FINANCIAMENTO</p> <p></p>	<p>CÃES, SAÚDE E LEISHMANIOSE</p> <p>Uma responsabilidade que é de todos!</p>  <p>Divinópolis, 2011</p>	<p>🐾 A IMPORTÂNCIA DA PESQUISA</p> <p>Temos como objetivo avaliar estratégias para a diminuição da população de cães de rua de Divinópolis, visando obter melhores condições de vida para estes animais. Além de produzirmos novos conhecimentos, avaliaremos o controle da leishmaniose visceral, uma doença que afeta os seres humanos e os cães. A parceria entre profissionais da Prefeitura Municipal e de pesquisadores da Universidade Federal de São João del Rei e da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), ao lado da população, trará ganhos e benefícios para todos, melhorando a qualidade de vida das pessoas e dos animais.</p>
<p>🐾 CÃES ERRANTES E A DOENÇA</p> <p>Os cães de rua apresentam papel importante na transmissão da leishmaniose, pois estão mais expostos às picadas do mosquito-palha e por estarem em contínua circulação pelas ruas, o que contribui para a disseminação da doença no município. Além do mais, o cão participa da transmissão de várias outras doenças e ainda pode causar acidentes de trânsito e mordidas.</p> 	<p> 🐾 CAPTURA E EXAMES</p> <p>Os cães capturados serão levados ao Centro de Referência em Vigilância em Saúde (CREVISA). Lá serão examinados e avaliados em busca de sinais clínicos da leishmaniose visceral canina. Os cães com diagnóstico negativo serão esterilizados (castrados), vermifugados e vacinados, além de identificados com microchip, para a identificação do animal nas possíveis recapturas.</p>	<p> 🐾 DEVOLUÇÃO E EUTANÁSIA</p> <p>Animais examinados e reabilitados serão devolvidos para as ruas, no mesmo lugar onde foram apreendidos. Os animais cujos exames forem positivos para a leishmaniose deverão ser eutanasiados. De dois em dois meses, durante cerca de um ano, a equipe retornará às ruas e os procedimentos serão repetidos e os animais recapturados.</p>	<p>🐾 POSSE RESPONSÁVEL</p> <p>Quem deseja ter um cão em casa não pode deixar de seguir os dez mandamentos da posse responsável. Aqui estão alguns deles: adote animais de abrigos públicos (castrados e vacinados); mantenha o animal sempre dentro de casa, jamais solto na rua; passeios são fundamentais, mas sempre com coleira/guia e com quem possa conduzir o animal; evite crias indesejadas, a castração de machos e fêmeas pode ser uma boa opção.</p> 

Apêndice 3: Modelos construídos

→ **Sexo***

Model	QAICc	Delta QAICc	AICc Weights	Número de parâmetros
$\Phi_t p_t b_t$	1129,107	0	0,73242	20
$\Phi_{g+t} p_t b_t$	1132,845	3,7376	0,11302	22
$\Phi_t p_{g+t} b_t$	1133,357	4,2491	0,08751	22
$\Phi_{g+t} p_{g+t} b_t$	1134,752	5,645	0,04355	23
$\Phi_{g^*t} p_t b_t$	1137,084	7,9762	0,01358	25
$\Phi_t p_{g^*t} b_t$	1139,176	10,0684	0,00477	26
$\Phi_{g+t} p_t b_{g^*t}$	1141,136	12,0286	0,00179	28
$\Phi_t p_{g+t} b_{g^*t}$	1141,612	12,505	0,00141	28
$\Phi_{g^*t} p_{g+t} b_t$	1143,472	14,3645	0,00056	28
$\Phi. p_t b_t$	1143,805	14,6976	0,00047	16
$\Phi_{g+t} p_{g^*t} b_t$	1144,995	15,8878	0,00026	29
$\Phi_g p_{g+t} b_t$	1145,361	16,2533	0,00022	17
$\Phi_g P_t b_t$	1145,587	16,4792	0,00019	17
$\Phi. p_{g+t} b_t$	1145,922	16,8148	0,00016	17
$\Phi_t p_{g^*t} b_{g^*t}$	1148,406	19,2982	0,00005	32
$\Phi_{g^*t} p_{g+t} b_{g^*t}$	1151,58	22,4721	0,00001	34
$\Phi. p_t b_{g^*t}$	1151,868	22,7606	0,00001	22
$\Phi_g p_t b_{g^*t}$	1153,369	24,2619	0	23
$\Phi_{g+t} p_{g^*t} b_{g^*t}$	1153,571	24,4634	0	35
$\Phi_g p_{g+t} b_{g^*t}$	1153,571	24,4636	0	24
$\Phi. p_{g+t} b_{g^*t}$	1153,681	24,5734	0	23
$\Phi_{g^*t} p_{g^*t} b_{g^*t}$	1154,353	25,246	0	36
$\Phi_t p_t b_{g^*t}$	1154,437	25,3294	0	26
$\Phi_{g+t} p_{g+t} b_{g^*t}$	1155,779	26,6715	0	35
$\Phi. p_{g^*t} b_t$	1155,848	26,7403	0	23
$\Phi_g p_{g^*t} b_t$	1157,344	28,2367	0	24
$\Phi_{g^*t} p_{g^*t} b_t$	1158,256	29,1482	0	32
$\Phi_{p^*t} p_t b_{g^*t}$	1161,664	32,5568	0	31
$\Phi_g p_{g^*t} b_{g^*t}$	1164,145	35,0371	0	30
$\Phi. p_{g^*t} b_{g^*t}$	1164,58	35,4726	0	29
$\Phi_t p_g b_t$	1166,592	37,4846	0	15
$\Phi_t p. b_t$	1166,609	37,5015	0	15
$\Phi_{g+t} p. b_t$	1168,331	39,2239	0	16
$\Phi_{g+t} p_g b_t$	1170,097	40,9893	0	17
$\Phi_t p_g b_{g^*t}$	1174,979	45,8718	0	21
$\Phi_{g+t} p_g b_{g^*t}$	1175,076	45,9689	0	22
$\Phi_t p. b_{g^*t}$	1175,14	46,0323	0	21
$\Phi. p. b_t$	1176,024	46,9168	0	10
$\Phi_{g+t} p. b_{g^*t}$	1176,602	47,4941	0	22
$\Phi_{g^*t} p_g b_t$	1176,791	47,6835	0	21

$\Phi_{g^*t} p. b_t$	1176,791	47,6835	0	21
$\Phi_g p. b_t$	1177,615	48,5074	0	11
$\Phi. p_g b_t$	1177,756	48,6483	0	11
$\Phi_g p_g b_t$	1178,408	49,3009	0	12
$\Phi_{g^*t} p_g b_{g^*t}$	1182,364	53,257	0	28
$\Phi. p. b_{g^*t}$	1183,79	54,6823	0	16
$\Phi_g p_g b_{g^*t}$	1184,727	55,6199	0	18
$\Phi. p_g b_{g^*t}$	1185,332	56,2241	0	17
$\Phi_g p. b_{g^*t}$	1185,348	56,2407	0	17
$\Phi_{g^*t} p. b_{g^*t}$	1186,034	56,9267	0	27

* Φ = sobrevivência; p= probabilidade de captura; b= probabilidade de entrada; t = valores do parâmetro variam nas diferentes capturas; g+t: modelo aditivo em que há variação nos valores do parâmetro no tempo e nos gêneros; g*t: interação entre gênero e tempo; . (ponto) : parâmetros têm valor constante em todas as capturas; g.: Valores constantes do parâmetro, porém, diferentes entre os gêneros.

→ Área**

Model	QAICc	Delta QAICc	AICc Weights	Número de parâmetros
$\Phi_t p_t b_t$	1067,566	0	0,57923	20
$\Phi_{g+t} p_t b_t$	1069,836	2,27	0,18618	22
$\Phi_{g+t} p_{g+t} b_t$	1070,334	2,7679	0,14515	23
$\Phi. p_{g+t} b_t$	1073,371	5,8056	0,03178	17
$\Phi_t p_{g^*t} b_t$	1073,547	5,9814	0,02911	26
$\Phi_{g^*t} p_t b_t$	1075,453	7,8876	0,01122	25
$\Phi_t p_t b_{g^*t}$	1076,924	9,3585	0,00538	26
$\Phi_t p_{g+t} b_{g^*t}$	1078,287	10,7215	0,00272	28
$\Phi_{g+t} p_t b_{g^*t}$	1079,043	11,4771	0,00186	28
$\Phi_{g+t} p_{g^*t} b_t$	1079,262	11,6962	0,00167	29
$\Phi_{g+t} p_{g+t} b_{g^*t}$	1079,513	11,9476	0,00147	29
$\Phi_{g^*t} p_{g+t} b_t$	1080,448	12,8826	0,00092	28
$\Phi_g p_t b_t$	1080,533	12,9669	0,00089	17
$\Phi. p_t b_t$	1080,611	13,0457	0,00085	16
$\Phi_g p_{g+t} b_t$	1081,415	13,8496	0,00057	18
$\Phi_t p_{g+t} b_t$	1082,279	14,713	0,00037	28
$\Phi_t p_{g^*t} b_{g^*t}$	1082,727	15,1617	0,0003	32
$\Phi_{g^*t} p_{g^*t} b_{g^*t}$	1084,59	17,024	0,00012	31
$\Phi_g p_{g+t} b_{g^*t}$	1086,112	18,5461	0,00005	23
$\Phi. P_{g+t} b_{g^*t}$	1086,288	18,7223	0,00005	23
$\Phi_g p_t b_{g^*t}$	1087,38	19,8142	0,00003	23
$\Phi. p_t b_{g^*t}$	1087,443	19,8776	0,00003	22
$\Phi. P_{g^*t} b_t$	1088,486	20,9204	0,00002	23
$\Phi_{g+t} p_{g^*t} b_{g^*t}$	1088,517	20,9513	0,00002	35
$\Phi_{g^*t} p_{g+t} b_{g^*t}$	1089,659	22,0933	0,00001	34

$\Phi_g p_{g^*t} b_t$	1090,012	22,446	0,00001	24
$\Phi_{g^*t} p_{g^*t} b_{g^*t}$	1091,975	24,4091	0	38
$\Phi. p_{g^*t} b_{g^*t}$	1096,247	28,6813	0	29
$\Phi_g p_{g^*t} b_{g^*t}$	1098,02	30,4543	0	30
$\Phi_t p_g b_t$	1098,034	30,4678	0	16
$\Phi_{g^*t} p_{g^*t} b_t$	1098,444	30,8778	0	32
$\Phi_{g+t} p. b_t$	1100,307	32,7416	0	15
$\Phi_{g+t} p_g b_t$	1100,408	32,8425	0	17
$\Phi_t p. b_t$	1101,877	34,3116	0	15
$\Phi. p_g b_t$	1106,769	39,2035	0	11
$\Phi_t p_g b_{g^*t}$	1106,998	39,4319	0	22
$\Phi_g p_g b_t$	1108,847	41,2817	0	12
$\Phi_{g+t} p_g b_{g^*t}$	1109,32	41,7544	0	23
$\Phi_{g^*t} p_g b_t$	1109,574	42,0082	0	22
$\Phi_t p. b_{g^*t}$	1110,007	42,4412	0	21
$\Phi. p. b_t$	1110,016	42,4502	0	10
$\Phi_g p. b_t$	1110,165	42,5996	0	11
$\Phi_{g+t} p. b_{g^*t}$	1110,215	42,6497	0	22
$\Phi_{g^*t} p. b_t$	1112,215	44,6489	0	21
$\Phi. P_g b_{g^*t}$	1115,106	47,5399	0	17
$\Phi_g p. b_{g^*t}$	1115,99	48,4239	0	17
$\Phi. P_{g^*t} b_{g^*t}$	1116,55	48,9843	0	16
$\Phi_g p_g b_{g^*t}$	1116,998	49,4319	0	18
$\Phi_{g^*t} p_g b_{g^*t}$	1120,661	53,0957	0	27
$\Phi_{g^*t} p_t b_{g^*t}$	1120,661	53,0957	0	27

** Φ = sobrevivência; p = probabilidade de captura; b = probabilidade de entrada; t = valores do parâmetro variam nas diferentes capturas; $g+t$: modelo aditivo em que há variação nos valores do parâmetro no tempo e nas áreas; g^*t : interação entre área e tempo; . (ponto) : parâmetros têm valor constante em todas as capturas; $g.$: Valores constantes do parâmetro, porém, diferentes entre as áreas.

Apêndice 4: histórias individuais de captura

→ Sexo

História* F** M**

0000001	9	22
0000001	-1***	0;
0000010	5	16;
0000010	-1	0;
0000011	3	5;
0000100	7	13;
0000100	-2	-1;
0000101	1	3;
0000110	3	3;
0000111	0	2;
0001000	5	9;
0001000	-1	-4;
0001001	3	3;
0001010	1	1;
0001011	0	1;
0001100	1	2;
0001101	0	1;
0001110	0	1;
0001111	0	1;
0010000	14	6;
0010000	0	-2;
0010001	1	2;

0010010	1	2;
0010100	1	2;
0010011	0	1;
0010110	1	0;
0011000	0	1;
0011010	0	1;
0011100	0	1;
0100000	11	18;
0100000	-1	-3;
0100010	1	0;
0100100	1	0;
0100110	1	0;
0101000	3	2;
0101001	1	0;
0101010	0	1;
0101101	1	1;
0110000	3	1;
0110001	1	0;
0110010	0	1;
0110110	1	0;
0111000	1	2;
0111111	0	1;
1000000	12	21;
1000000	-5	-5;
1001000	1	3;
1000001	1	0;
1001010	0	2;

1010000	2	5;
1010001	1	2;
1010101	1	0;
1010110	0	1;
1011011	1	0;
1100000	4	9;
1100001	1	0;
1100010	1	0;
1100011	1	1;
1100100	2	2;
1101000	0	1;
1101001	1	0;
1101100	0	1;
1101010	0	1;
1101011	1	0;
1101101	0	1;
1110000	0	5;
1110100	1	0;
1110110	0	1;
1111000	3	1;
1111010	1	1;
1111101	1	0;
1111110	1	1;
1111111	2	2;

* 0=animal não capturado (ou não avistado) naquela captura / 1=animal capturado (avistado e registrado) naquela captura

** F=fêmeas; M=Machos (quantidade de cães do referido gênero com a história de capturas apresentada)

*****Valores negativos indicam que o(s) animal(s) foram eutanasiados durante o período de captura.**

**→ Área
História* A** B**

0000001	18	13;
0000001	-1	***0;
0000010	10	11;
0000010	-1	0;
0000011	3	5;
0000100	14	6;
0000100	-1	-2;
0000101	2	2;
0000110	5	1;
0000111	2	0;
0001000	8	6;
0001000	-1	-4;
0001001	3	3;
0001010	2	0;
0001011	0	1;
0001100	1	2;
0001101	1	0;
0001110	0	1;
0001111	0	1;
0010000	11	9;
0010000	-1	-1;

0010001	3	0;
0010010	1	2;
0010100	2	1;
0010011	0	1;
0010110	1	0;
0011000	0	1;
0011010	1	0;
0011100	1	0;
0100000	16	13;
0100000	-2	-2;
0100010	1	0;
0100100	1	1;
0100110	1	0;
0101000	4	1;
0101001	1	0;
0101010	1	0;
0101101	2	0;
0110000	2	2;
0110001	1	0;
0110010	0	1;
0110110	0	1;
0111000	0	3;
0111111	0	1;
1000000	19	14;
1000000	-3	-7;

1001000	4	0;
1000001	0	1;
1001010	0	2;
1010000	4	3;
1010001	0	3;
1010101	1	0;
1010110	0	1;
1011011	0	1;
1100000	6	7;
1100001	0	1;
1100010	1	0;
1100011	1	1;
1100100	2	2;
1101000	1	0;
1101001	1	0;
1101100	1	0;
1101010	0	1;
1101011	0	1;
1101101	0	1;
1110000	4	1;
1110100	0	1;
1110110	0	1;
1111000	1	3;
1111010	0	2;
1111101	0	1;

1111110 | 0 2;

1111111 | 2 2;

* 0=animal não capturado (ou não avistado) naquela captura / 1=animal capturado (avistado e registrado) naquela captura

** A=Área controle; B=Área intervenção (quantidade de cães da referida área com a história de capturas apresentada)

***Valores negativos indicam que o(s) animal(s) foram eutanasiados durante o período de captura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ambos os artigos da tese abordaram aspectos relacionados com a dinâmica populacional de cães irrestritos. Como ressaltado nos textos, o conhecimento da abundância, da sobrevivência e da entrada de animais, juntamente com o entendimento dos fatores associados a estes parâmetros, é essencial para que se compreenda a composição e a possível evolução das populações. Para que as ações de controle de cães errantes sejam elaboradas, direcionadas e avaliadas de modo adequado, tais informações devem ser estimadas com métodos válidos e confiáveis. Modelos matemáticos preditivos também dependem de informações válidas para que sejam úteis e reflitam a realidade que está sendo simulada. A tese produzida mostra que, apesar da relevância destes aspectos, poucas publicações analisaram adequadamente a dinâmica populacional canina e, neste contexto, produz informações relevantes para o entendimento e para um possível aprimoramento deste campo de estudos.

A revisão sistemática, por nós elaborada, mostrou a predominância de estimativas de abundância, de baixa validade, produzidas em estudos com importantes limitações metodológicas em termos de descrição e execução. Foram apontados direcionamentos para a execução de estudos futuros e para os procedimentos a serem utilizados rotineiramente em ações de ONGs e dos serviços públicos. Discutiu-se ainda a necessidade de atualização das recomendações da OMS, no que diz respeito à estimação de cães irrestritos, com a incorporação em um novo documento, da descrição de técnicas amostrais baseadas em distâncias ou contagens e de métodos que permitam a análise das probabilidades de captura dos cães nos modelos desenvolvidos para populações fechadas.

No que diz respeito também aos demais aspectos da dinâmica populacional, nosso estudo foi pioneiro ao utilizar métodos de captura e recaptura com modelos de análise desenvolvidos para populações abertas, no estudo de cães irrestritos. Estes possibilitaram a obtenção de estimativas mais adequadas dos parâmetros da dinâmica populacional dos animais, bem como a análise de suas flutuações temporais, mesmo em período um de tempo relativamente curto. Pôde-se estabelecer uma discussão mais aprofundada sobre a influência de fatores como o gênero dos cães, a esterilização, o abandono e a densidade populacional. Mostrou-se a alta rotatividade existente na população, questão que pode ter importantes implicações para o controle de diversas zoonoses. Discutimos ainda a importância da implementação de medidas sobre posse animal responsável e a pouca viabilidade da esterilização em áreas onde impera o abandono.

Nossos resultados mostram que questões ecológicas e epidemiológicas estão diretamente

ligadas. Como abordado nos artigos, cães irrestritos estão associados com acidentes, mordidas, poluição do meio ambiente e com a transmissão de zoonoses relevantes em nível de Saúde Pública. Consideramos extremamente produtiva a integração do conhecimento destes campos de estudo, possibilitada pelo programa de “Epidemiologia em Saúde Pública”. A complexidade da questão estudada, faz com que as soluções possam ser encontradas somente com uma visão integrada do conhecimento de diferentes áreas.

Embora tenhamos sido capazes de gerar novos conhecimentos e hipóteses, os dados apresentados em ambos os estudos nos permitem considerar como incipiente o conhecimento a respeito da dinâmica populacional de cães errantes. Esperamos que nossa tese estimule os pesquisadores do campo da Ecologia e da Epidemiologia a produzirem novas pesquisas, com procedimentos analíticos adequados e que sejam capazes de expandir o pouco que se sabe.