



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE ALIMENTOS SECOS
EXTRUSADOS E DIETAS CASEIRAS PARA CÃES PELA AVALIAÇÃO DO CICLO
DE VIDA (ACV)**

Autora: Anna Beatriz de Carvalho Martins

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos

MARINGÁ

Março – 2023

ANNA BEATRIZ DE CARVALHO MARTINS

**CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE ALIMENTOS SECOS
EXTRUSADOS E DIETAS CASEIRAS PARA CÃES PELA AVALIAÇÃO DO CICLO
DE VIDA (ACV)**

Autora: Anna Beatriz de Carvalho Martins

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ

Março – 2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

M386c

Martins, Anna Beatriz de Carvalho

Caracterização dos impactos ambientais de alimentos secos extrusados e dietas caseiras para cães pela avaliação do ciclo de vida (ACV) / Anna Beatriz de Carvalho Martins. -- Maringá, PR, 2023.

101 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2023.

1. Sustentabilidade. 2. Pet food . 3. Impacto ambiental . 4. Nutrição animal. 5. Produção de alimentos (Cães). I. Vasconcellos, Ricardo Souza, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 23.ed. 636.085

Rosana de Souza Costa de Oliveira - 9/1366



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE
ALIMENTOS SECOS EXTRUSADOS E DIETAS CASEIRAS
PARA CÃES PELA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA
(ACV)

Autora: Anna Beatriz de Carvalho Martins
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 31 de março de 2023.

Documento assinado digitalmente
gov.br FERENC ISTVAN BANKUTI
Data: 05/07/2023 08:10:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ferenc Istvan Bankuti

Documento assinado digitalmente
gov.br VIVIAN PEDRINELLI
Data: 06/07/2023 08:24:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a Dr^a Vivian Pedrinelli

Documento assinado digitalmente
gov.br RICARDO SOUZA VASCONCELLOS
Data: 01/08/2023 10:32:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos
Orientador

DEDICATÓRIA

Às minhas cadelas Mel e Radine (in memoriam)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus e aos meus guias espirituais, por terem me guiado e me dado forças para prosseguir diante das dificuldades.

Ao professor, Ricardo Souza Vasconcellos, por toda orientação, empatia, carinho e solidariedade comigo durante todo o mestrado. Agradeço, também, à sua esposa, Ana, sempre amável e acolhedora.

À minha mãe, Ivoneide e minha avó, Maria de Lourdes, por todas as orações, amparo e suporte nos momentos mais difíceis.

À minha irmã, Bianca, por sempre me dar suporte, transbordar carinho e cuidado e por me acolher incontáveis vezes quando mais preciso.

Ao meu pai, Sérgio, por me ajudar a realizar um grande sonho e não permitir que faltasse nada para mim, principalmente nos anos de graduação e pós-graduação.

Aos meus melhores presentes de Maringá, minhas grandes amigas, Alina, Flavia, Isabela e Rafaela, por todo suporte e carinho durante esses dois anos.

À minha psicóloga, Micleide Alves Celestino e psiquiatra Suzana Guariente, por todo suporte, empatia, confiança e acolhimento, durante os desafios que precisei enfrentar.

Às minhas amigas Camila, Juliana, Laura, Victoria Larissa, Vitória, Fernanda, Gabriela, Natália, Giovana e Julia por serem sempre meu lar e meu porto seguro, em todos os momentos e aonde quer que eu esteja.

À minha colega de casa, Letícia, por tornar meus dias mais leves.

Aos meus gatos, Biri Biri, Cérebro Felipe e Heloísa por me amarem incondicionalmente.

Ao grupo CENUFEL, pela paciência e ajuda.

BIOGRAFIA

ANNA BEATRIZ DE CARVALHO MARTINS, filha de Ivoneide de Carvalho e Sérgio Luiz Martins, nasceu em São José dos Campos, no dia 04 de maio de 1998. Em 2016, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, permanecendo lá por apenas 2 meses, quando foi aprovada pela Universidade Estadual de Londrina, onde estudou por cinco anos. Ao longo dos cinco anos, dedicou seus esforços a participações em diversos grupos de pesquisa e projetos de ensino e extensão, foi bolsista durante 2 anos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), devido à sua participação no Programa de educação tutorial- PET. Em 2019, iniciou seu interesse por nutrição de animais de companhia e, no mesmo ano, realizou um projeto voltado à nutrição de felinos, em parceria com o professor Ricardo Souza Vasconcellos, na Universidade Estadual de Maringá. No início de 2021, concluiu o curso de Zootecnia e, imediatamente, ingressou no mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de Produção Animal, da Universidade Estadual de Maringá, realizando estudo e pesquisas em Nutrição de Animais de Companhia.

Sumário

CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE ALIMENTOS SECOS EXTRUSADOS E DIETAS CASEIRAS PARA CÃES PELA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)	4
CAPÍTULO I.....	13
REVISÃO DE LITERATURA	13
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Alimentação para cães e gatos.....	15
2.1.1 Alimentação convencional para cães e gatos	16
2.1.2 Dietas não convencionais para cães e gatos	17
2.1.2.1 Dietas caseiras para cães e gatos	19
2.2 Sustentabilidade em <i>pet food</i>	22
2.2.1 Influência da dieta, ingredientes e nutrientes nos impactos ambientais	25
2.2.2 Utilização de coprodutos na composição de alimentos secos e extrusados	26
2.3 Alternativas alimentares	27
2.4 Avaliação de ciclo de vida (ACV)	30
2.4.1 Definições e aplicações	30
2.4.2 Normas e diretrizes.....	31
2.4.3 Fases da ACV.....	32
2.4.4 ACV em <i>pet food</i>	37
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
4. OBJETIVO.....	50
CAPÍTULO II	51
CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE ALIMENTOS SECOS EXTRUSADOS E DIETAS CASEIRAS PARA CÃES PELA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV).....	51
RESUMO	52
ABSTRACT	53
1. INTRODUÇÃO	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1 Determinação do objetivo e do escopo (FASE I).....	56
2.1.1 Objetivo.....	56
2.1.2 Escopo	56
2.1.2.1 Descrição do produto	56
2.1.3 Unidade funcional (UF) e Fluxo de referência (FR)	60
2.1.4 Limites do sistema.....	61
2.1.5 Modelagem dos dados.....	64

2.1.6	Categorias de impactos.....	68
2.1.7	Requisitos da qualidade dos dados iniciais	68
2.1.8	Tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto e interpretação subsequente a ser usada	69
2.2	Análise do inventário (FASE II)	69
2.3	Avaliação do impacto (FASE III)	72
2.4	Interpretação (FASE IV)	73
3.	RESULTADOS	74
4.	DISCUSSÃO.....	80
5.	CONCLUSÃO	90
6.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingredientes selecionados para formulação dos produtos representativos. secos extrusados Premium e Super premium e dieta caseira.

Tabela 2. Composição química e bromatológica das dietas.

Tabela 3. Quantidade de alimento necessária de acordo com cada tipo de alimento.

Tabela 4. Descrição das etapas de produção dos alimentos.

Tabela 5. Descrição da produção in home do alimento caseiro.

Tabela 7. Datasets utilizados no inventário.

Tabela 8. Caracterização dos Impactos ambientais pelo método EF 3.0 v 1.00 para as formulações dos alimentos Premium, Super premium e Caseiro.

Tabela 9. Impactos ambientais por categoria, considerando os dados normalizados pelo método EF 3.0 v 1.00 para as formulações dos alimentos Premium, Super premium e Caseiro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma produção dos alimentos secos extrusados.

Figura 2. Fluxograma do processo de produção do alimento caseiro.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Impactos ambientais por categoria, considerando os dados normalizados pelo método EF 3.0 v 1.00 para as formulações dos alimentos Premium, Super premium e Caseiro.

Gráfico 2. Contribuição de cada ingrediente referente a cada uma das cinco categorias de maior impacto ambiental no alimento premium.

Gráfico 3. Contribuição de cada ingrediente referente a cada uma das cinco categorias de maior impacto ambiental no alimento super premium.

Gráfico 4. Contribuição de cada ingrediente referente a cada uma das cinco categorias de maior impacto ambiental no alimento caseiro.

CAPÍTULO I
REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO GERAL

A presença do animal no ambiente familiar tem se tornado cada vez mais intensa e os animais de companhia vêm ocupando lugares dentro de casa, como um membro da família (DOTTI, 2005) e, com isso, diversas questões acerca de sua alimentação começaram a ganhar interesse (CARCIOFI & JEREMIAS, 2010).

Dessa maneira, o debate sobre a sustentabilidade e o impacto ambiental envolvidos no processo de fabricação até o fim da vida útil desses alimentos vem ganhando espaço e começa a gerar interesse e novas expectativas e exigências por parte dos tutores (CONWAY & SAKE, 2018).

Os alimentos extrusados representam o tipo de alimento mais oferecido aos cães e gatos, devido à praticidade de uso. Nos EUA, por exemplo, os alimentos extrusados constituem cerca de 79% das vendas de alimentos para animais de estimação (STATISTA, 2018).

A população global de animais domiciliados, especialmente de cães e gatos, vem aumentando (VALDO, 2021). Existem cerca de 471 milhões de cães e cerca de 370 milhões de gatos mantidos como animais de estimação em todo o mundo (THE ZEBRA, 2022) e, para que seja possível alimentar toda essa população, é necessário que haja uma produção robusta de alimentos.

Só no ano de 2021, houve a produção global de ração para pets de 34.165 milhões de toneladas com crescimento global de 8,2% no ano de 2020 (ALLTECH AGRI-FOOD OUTLOOK, 2022) e, para toda essa produção de alimentos, há por trás, os impactos ambientais associados.

Assim como ocorre em seres humanos, em animais de companhia, a maior parte dos impactos ambientais advém da alimentação. Beynen (2015) propôs em seu estudo que um cão de médio porte consome ao longo de um ano cerca de 164 kg de carne e 95 kg de cereais, sendo que são necessários 43,3m² de terra para gerar 1 kg de peso vivo de frango e 13,4 m² para 1 kg de cereais. O autor ressalta que o cálculo não leva em consideração o impacto de outros ingredientes além de frango e cereais, processamento de ingredientes, fabricação de alimentos, embalagem e transporte.

Uma das melhores e mais efetivas ações para mitigar os impactos ambientais é evitar os excessos. Muitos alimentos comerciais para animais de estimação são formulados para fornecer nutrientes, além das recomendações mínimas atuais, com excesso de proteína por exemplo (ACUFF et al., 2021), o que apresenta desafios na otimização da sustentabilidade do sistema

de alimentação animal uma vez que a sua produção é um processo que consome muitos recursos (SWANSON et al., 2013).

A procura por exclusividade no setor pet food, combinada a uma tendência permanente de humanização na indústria *pet*, impulsionou a criação de dietas alternativas que vêm sendo difundidas, como a alimentação com ingredientes frescos. Com isso, alimentos que até pouco tempo atrás eram vistos como sendo exclusividade de humanos, hoje estão sendo ofertados cada vez mais para animais de companhia (SAAD & FRANÇA, 2010).

Sob a ótica da sustentabilidade, a produção desses alimentos está envolvida com dois grandes aspectos problemáticos. Primeiro, a utilização de ingredientes que competem diretamente com o sistema alimentar humano, considerados grau “*food*”. Segundo, o impacto envolvido na produção desses alimentos que utilizam em suas formulações alto teor de proteína obtida a partir de carnes frescas ao invés de coprodutos, o que aliviaria os impactos do alimento do ponto de vista ambiental (SWANSON et al., 2013).

O teor de proteína animal determina significativamente o impacto ambiental das fórmulas de alimentos para cães e gatos. Para alimentos com o mesmo método de fabricação, a sustentabilidade diminui com níveis mais altos de proteína animal (BEYNEN, 2015). Quer as escolhas sejam baseadas na disponibilidade, preferência alimentar ou necessidade metabólica, a dieta de um animal afeta muito sua pegada ambiental (SWANSON et al., 2013).

Nesse contexto, a indústria tem um papel importante, pois embora forneçam bens, serviços e empregos, também consomem recursos naturais (água, energia e outras matérias-primas) e geram resíduos (sólidos, líquidos e gasosos), impactos socioambientais e poluição, ao consumir recursos naturais (DA SILVA et al., 2020).

Desta maneira, caracterizar os impactos ambientais envolvidos na produção de alimentos secos extrusados e alimentos processados com ingredientes *in natura* para animais de companhia poderá ajudar a explorar possíveis formas de mitigação e fortalecerão o debates sobre o uso sustentável dos recursos da agricultura que devem ser estendidos para os animais de companhia, não só pela sua fundamental importância ao meio ambiente, mas também por ser cada vez mais uma exigência e constante preocupação do mercado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Alimentação para cães e gatos

Ao longo das últimas décadas, ocorreram significativas mudanças no comportamento e relação dos seres humanos com os animais de estimação, estimulados por profundas mudanças sociais e econômicas da sociedade. Cães e gatos que antes eram vistos como figura de caça ou segurança da casa, passaram a ser considerados membros da família e importantes integrantes dos lares, exigindo atenção e cuidados.

A urbanização, inserção da mulher no mercado de trabalho, redução da taxa de natalidade, custo de criação dos filhos, aumento do número de pessoas morando sozinhas, envelhecimento da população, surgimento de um novo modelo familiar e aumento do poder aquisitivo da população são razões pelas quais atualmente o Brasil conta com a segunda maior população de cães e gatos em todo o mundo (ABINPET, 2022).

Com o estreitamento dessa relação, vieram também preocupações dos proprietários em relação à saúde, bem-estar e conforto dos seus pets (ELIZEIRE, 2013). Consequentemente, a nutrição desses animais começou a ganhar foco por parte dos tutores/consumidores e, com isso, a alimentação dos animais de companhia passou a evoluir nas últimas décadas (MAZON & MOURA, 2017).

Na década de oitenta, por exemplo, a maioria dos cães e gatos ainda era alimentada com restos de comida e poucas indústrias voltadas à alimentação de pets existiam e investiam no Brasil (MAZON & MOURA, 2017). Atualmente, o setor alcançou o sexto lugar no ranking de faturamento mundial no setor pet, com o setor *pet food* representando 79% do montante (ABINPET, 2022).

2.1.1 Alimentação convencional para cães e gatos

Alimentos completos industrializados tornaram-se a forma de alimentação mais popular para animais de companhia e a indústria de alimentos para estes animais passou a ser não somente um nicho de mercado, mas um setor econômico de importância substancial (LEENSTRA & VELLINGA 2011). No Brasil, por exemplo, no ano de 2021 foram produzidas cerca de 3,48 milhões de toneladas de ração para cães e gatos (SINDIRAÇÕES, 2022) com faturamento de 28,3 bilhões de reais (ABINPET, 2022), atingindo cerca de 0,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do País.

Para acompanhar as mudanças e tendências, as indústrias de alimentos comerciais aprimoraram seus processos, produzindo alimentos de maior qualidade e que atendam às diferentes preferências, não somente dos animais, mas principalmente dos seus tutores. Dessa forma, o consumo de produtos e serviços pet aquece o mercado que precisa se inovar para

atender pessoas exigentes, ao mesmo tempo em que oferece oportunidade de negócios (FURLAN; GOBETTI 2021).

Vê-se atualmente uma enorme gama de marcas de dietas comerciais para cães e gatos no mercado com formulações cada vez mais sofisticadas e específicas. Estabeleceu-se, com isto, elevada competitividade, o que tem levado à segmentação de produtos que apresentam padrões comerciais e nutricionais distintos (CARCIOFI, 2008).

O alimento seco é o principal tipo de alimento industrializado para cães e gatos, representando mais de 90% do volume de vendas (BAZOLLI, 2007). Estes alimentos são uma mistura de ingredientes com o propósito de atender às necessidades de nutrientes do animal (WOLFARTH, 2011) e são produzidos, principalmente, pelo processo de extrusão (BAZOLLI, 2007). Uma vez que em sua maior parte estes alimentos são considerados completos, eles devem atender aproximadamente 40 nutrientes essenciais para cães e gatos, além de possuírem muitos outros nutrientes considerados não essenciais (FEDIAF, 2018).

Os alimentos completos, apesar de possuírem todos os nutrientes essenciais que os animais de companhia precisam, são formulados com ingredientes de qualidade distinta e níveis nutricionais variados, de forma que alguns atendem os mínimos de nutrientes, enquanto outros utilizam níveis nutricionais que buscam a otimização da saúde. Estas diferenças foram criadas para atender consumidores diferentes, e a isto foi dada a denominação de segmentação de mercado. Atualmente, no Brasil, consideram-se quatro segmentos de mercado, que são Econômico, Standard, Premium e Super premium (PIRES et al., 2014). Esta segmentação foi criada para facilitar as escolhas dos tutores para o alimento do seu animal e também para diferenciar qualitativamente os alimentos do mercado, apesar de não haver critérios objetivos envolvidos nesta classificação.

Os alimentos econômicos são produzidos para atender às exigências nutricionais mínimas dos cães, apresentam baixo valor agregado, sendo formulados com ingredientes mais baratos e utilizam muitos coprodutos industriais (CARCIOFI, 2008). Por outro lado, alimentos de melhor qualidade, tais como os Premium e Super premium, apresentam formulação mais sofisticada, com maior densidade nutricional para atender organismos mais exigentes e com o emprego de ingredientes de melhor qualidade, com baixa inclusão de coprodutos industriais de baixa qualidade nutricional (CARCIOFI et al., 2009; WOLFARTH, 2011).

2.1.2 Dietas não convencionais para cães e gatos

O crescimento na adoção de alimentos alternativos tem se tornando grande fenômeno no âmbito da nutrição animal. Segundo Carciofi & Jeremias (2010), houve uma mudança no olhar sob a nutrição animal, e a grande participação de cães e gatos no convívio humano fez com que as pesquisas se remodelassem a fim de buscar uma qualidade de vida e melhorar a expectativa de vida pela nutrição.

A procura por exclusividade no setor *pet food*, combinada com uma tendência permanente de humanização na indústria *pet*, impulsionou a elaboração de dietas alternativas, tais como a alimentação natural.

No último decênio, cerca de 10% dos tutores de animais abandonaram as dietas comerciais tradicionais com crescente interesse por escolhas alternativas (DIEZ et al., 2015, VANDENDRIESSCHE et al., 2017). Com isso, alimentos que até a pouco tempo atrás eram vistos como sendo exclusividade de humanos, hoje estão sendo ofertados, cada vez mais, para animais de companhia (SAAD & FRANÇA, 2010).

Esse interesse atual foi impulsionado por alguns fatores, como o movimento paralelo no mercado de alimentos humanos para produtos naturais e orgânicos (SCHLESINGER & JOFFE, 2011). Outro fator, segundo Saad & França (2010), foi devido a um grande *recall* de produtos na América do Norte em 2007, após a morte de animais com falência renal e hepática que gerou grande desconfiança em indústrias de alimentos para animais, por parte dos tutores.

Suposições sobre benefícios ambientais (FRANÇA, 2020), segurança alimentar (SAAD & FRANÇA, 2010), preocupação com presença de conservantes e corantes nos alimentos, falta de compreensão dos rótulos de alimentos industrializados, desejo de ter o controle e conhecimento de todos os ingredientes que compõem a dieta do animal (REMILLARD, 2008), adequação para necessidades clínicas do animal, crença de que são alimentos superiores aos alimentos comerciais (HALFEN et al. 2017; MACEDO et al., 2018; SCHLEICHER et al., 2019), maior palatabilidade (JOHNSON et al., 2016), a crença de que dietas preparadas em casa são mais baratas e nutritivas, também são motivações para tal movimento por parte dos consumidores (STEIFF & BAUER, 2001) e, até mesmo, pelo desejo de respeitar a natureza carnívora do cão, no caso das dietas cruas (MORELLI et al. 2019).

No processo atual de humanização, o uso de coprodutos da indústria humana em alimentos comerciais também gera desconfiança por parte dos tutores, levando-os à optarem por produtos alternativos (PEDRINELLI, 2018), por acreditarem que os seus pets estão sendo alimentados com resíduos de baixa qualidade. No entanto, o uso de coprodutos industriais da alimentação humana na alimentação animal contribui com a maximização do aproveitamento

dos nutrientes e muitos destes coprodutos apresentam elevada densidade nutricional e qualidade para animais de companhia (NRC, 2006).

Existem controvérsias acerca do termo “natural”, pois ainda não há uma legislação específica para esse tipo de alimento nos órgãos competentes brasileiros (GOUVÊA, 2019). No entanto, em órgãos internacionais, existem diferentes definições, mas essas variações nas definições acabam provocando discordâncias e confusões sobre o verdadeiro significado de alimentação natural (BUFF et al., 2014).

De acordo com a *Association of American Feed Control Officials* (AAFCO), um alimento natural é “um alimento ou ingrediente derivado exclusivamente de vegetais, fontes animais ou minerais, em estado não processado ou sujeitas a condições físicas de processamento, tais como processamento térmico, purificação, extração, hidrólise, enzimólise ou fermentação, mas que não tenha sido produzido ou sujeitos a um processo quimicamente sintético e não contenha aditivos ou constituintes de processamento quimicamente sintéticos, exceto em quantidades como pode ocorrer inevitavelmente em boas práticas de fabricação” (AAFCO, 2013).

Já para a *The European Pet Food Industry Federation* (FEDIAF), o termo “natural” deve ser usado apenas para descrever componentes para alimentos destinados a animais de estimação (derivados de plantas, animais, microrganismos ou minerais), para os quais nada foi adicionado e que foram submetidos apenas a um processamento físico que os torne adequados para a produção de alimentos para animais de estimação e para manter a composição natural (FEDIAF, 2018).

2.1.2.1 Dietas caseiras para cães e gatos

Uma das principais formas de alimentação não-convencional, utilizada atualmente no Brasil, é a dieta caseira, que pode ser preparada pelos próprios tutores ou por empresas que possuem cozinhas industriais e produzem os alimentos e os comercializam já prontos para o consumo. Há no mercado, empresas que fornecem a alimentação natural já preparada e balanceada, de acordo com as necessidades do animal, de forma customizada. Ainda assim, alguns proprietários optam por preparar as dietas dos animais em casa, sendo esse tipo de alimento classificado como dieta caseira (GOUVÊA, 2019).

Os alimentos caseiros, no geral, utilizam produtos destinados a consumo humano como carnes, frutas, verduras, ovos, laticínios e miúdos e evita-se o uso de alimentos processados como produtos da refinaria de grãos (BUFF et al., 2014; LUMBIS & CHAN, 2015).

Atualmente, há algumas modalidades de alimentação caseira, que pode ser cozida, composta da maior parte de seus alimentos cozidos em água, no vapor ou assados, ou alimentação caseira crua, como BARF, *meaty bones* e *prey model* (MACEDO et al., 2018).

No Brasil uma pesquisa realizada no ano de 2017 pela SPC Brasil e pela Confederação Nacional de Dirigentes Lojistas (CNDL), a respeito do mercado de consumo *pet*, com entrevistados de 27 capitais brasileiras e abrangendo aproximadamente 710 pessoas, verificou que 21% dos entrevistados usam frequentemente alimentação caseira para seus animais de estimação e 26% usam de vez em quando, totalizando, assim, 47% dos entrevistados que, de forma frequente ou não, utilizam este tipo de alimentação para seus pets (CNDL & SPC BRASIL, 2017). Já um estudo realizado com proprietários dos Estados Unidos e Austrália mostrou que, na população avaliada, em torno de 18% dos animais consumiam dieta caseira como parte ou todo do alimento diário (LAFLAMME et al., 2008). Outro estudo mais recente que incluiu a avaliação de 3.000 animais por meio de questionário, realizado por Dodd et al. (2018), apontou que mais de 60% dos proprietários de cães e gatos entrevistados de 55 países ofereciam dietas caseiras como parte da dieta, e 12% dos cães e 6% dos gatos consumiam dieta caseira como único alimento.

As dietas caseiras possuem diversas vantagens como maior palatabilidade e aceitabilidade (FRANÇA, 2010), maior qualidade das fezes, da pelagem e maior digestibilidade (FELIX et al., 2009; CONCEIÇÃO et al., 2016; FREDRIKSSON-AHOMAA et al., 2017; DAVIES et al., 2019). A utilização de dietas caseiras ainda permite formulações específicas (FÉLIX et al., 2009; BORGES 2009) e faz com que o tutor do animal se sinta mais envolvido e comprometido com a saúde do animal reforçando o vínculo existente entre eles (BERSCHNEIDER, 2002). Quando devidamente formuladas e preparadas, podem ser uma ferramenta útil para o tratamento clínico de animais doentes (NIZA et al., 2003).

Porém, o tempo despendido para preparo, a dedicação necessária no momento da pesagem dos ingredientes (HALFEN et al. 2017), a exigência de preparo mais minucioso (STOCKMAN et al., 2013), a ausência das informações nutricionais mais completas dos ingredientes e o menor tempo de conservação quando comparado com dietas comerciais (BORGES, 2009) são algumas das limitações da mais ampla utilização de dietas caseiras para animais de companhia.

Variações nos nutrientes e, por vezes, o não atendimento às recomendações nutricionais, são preocupações com a adoção da alimentação caseira pelos tutores. Pedrinelli (2018) realizou uma ampla avaliação de formulações de alimentos caseiros para animais de companhia e verificou que, das 100 dietas avaliadas, nenhuma atingiu os valores recomendados dos

nutrientes avaliados, e mais de 84,0% das dietas apresentaram três ou mais nutrientes abaixo da recomendação.

Há na internet um grande número de dietas disponibilizadas e de fácil acesso, o problema é que, no que diz respeito à essas dietas, somente a combinação de ingredientes não é capaz de suprir toda a necessidade nutricional dos animais, seja com relação ao teor de vitaminas, minerais e, algumas vezes, de aminoácidos (STREIFF et al., 2002).

Um estudo realizado por Stockman et al. (2013) avaliou em software 200 dietas publicadas em websites, livros veterinários e livros de cuidados básicos para proprietários nos Estados Unidos, no qual 129 (64,5%) foram escritas por nutricionistas veterinários, enquanto as restantes 71 (35,5%) foram escritas por outros profissionais. Dessas receitas, 190 (95%) resultaram em pelo menos um nutriente essencial em concentração que não atendia às diretrizes do NRC ou da AAFCO, e 167 (83,5%) receitas tinham múltiplas deficiências, além de que 29% delas não incluíam o uso de suplemento vitamínico-mineral na formulação.

Em outra pesquisa realizada com donos de cães e gatos nos EUA e Austrália constatou-se que, menos de um terço dos animais alimentados com dietas caseiras receberam uma receita balanceada por profissional capacitado (LAFLAMME et al., 2008). Em outro estudo, avaliou-se a adequação nutricional de quarenta e nove dietas caseiras de manutenção e trinta e seis de crescimento para cães. A maioria das dietas (86%) continha minerais inadequados, 55% continham proteínas inadequadas e 62% continham vitaminas inadequadas (LAUTEN et al., 2005).

No caso da alimentação caseira, a utilização de formulações elaboradas por profissionais é imprescindível para evitar problemas relacionados à qualidade da pelagem, osteodistrofias, panesteatite, doenças de pele, anemia, hipoproteinemia, cardiopatias, nefropatias, imunodepressão, cegueira noturna, entre tantas outras doenças (OLIVEIRA et al. 2014; MACEDO et al., 2018), as quais podem ter como causa desbalanços nutricionais. É muito comum, atualmente, a disponibilização de receitas de dietas caseiras na internet, o que pode comprometer os animais que consomem, se estas receitas não forem elaboradas por nutricionistas, ou se forem mal preparadas pelos tutores, por falta de orientação profissional.

Informações vagas sobre o processo também é razão para que os tutores falhem no momento do preparo, assim como demonstra Stockman (2013) que ao avaliar 184 receitas, observou que 92% continham instruções vagas ou incompletas que exigiam uma ou mais suposições para os ingredientes, método de preparação ou produtos do tipo suplemento.

No caso das dietas cruas, a falta de processamento químico ou térmico nas carnes e a manipulação de carne crua e as vísceras durante o preparo, processamento ou transporte do

alimento aumenta o risco dos animais e humanos serem contaminados por patógenos zoonóticos que pode ser ocasionada também devido à procedência clandestina das carnes (MORELLI et al., 2019; SPATINI, 2020). Além disso, animais alimentados com dietas cruas contaminados podem ser uma causa potencial de doenças em pessoas suscetíveis devido à excreção de bactérias patogênicas zoonóticas e parasitas no ambiente (HINNEY, 2018).

A falta de cumprimento com a formulação, por parte dos tutores, também é um problema. Oliveira et al. (2014), entrevistando proprietários que forneciam dieta caseira para seus cães, encontrou que 30,4% dos proprietários admitiram modificar a receita aumentando, reduzindo, alterando ou eliminando alguns ingredientes, que 36,9% não pesavam adequadamente a quantidade prescrita, e cerca de 35% não utilizaram o suplemento vitamínico-mineral da maneira correta. Mais recentemente, Halfen et al. (2017) realizaram uma pesquisa com 55 tutores de cães adeptos à alimentação caseira e verificou que 79% consideraram esse tipo de dieta adequada. Entretanto, 60% admitiram modificar as formulações, sem a recomendação de um profissional, e 35,1% não apresentavam controle exato sobre a quantidade de alimento fornecida. Em relação ao suplemento vitamínico-mineral, 33,3% não o adicionavam à dieta por rejeições do animal ao sabor dele no alimento, devido ao custo do produto ou ao desconhecimento das necessidades pelo animal.

O custo mais elevado também coloca esse tipo de dieta em desvantagens, quando comparado aos alimentos convencionais. PEDRINELL et al., (2020), ao compararem o custo de 14 dietas caseiras com o custo de 15 alimentos comerciais, puderam verificar que todas as dietas caseiras tinham o custo superior às dietas convencionais. O mesmo foi visto por Shepherd e Delaney (2017), avaliando a diferença de custo de alimentos comerciais, extrusados e úmidos e alimentos caseiros para cães.

Portanto, compreender as perspectivas dos proprietários, os ingredientes usados e as condições que afetam a qualidade e a segurança dos alimentos, bem como o atendimento das necessidades dietéticas de animais de estimação, ajudarão os profissionais à aconselharem melhor seus clientes.

2.2 Sustentabilidade em *pet food*

De acordo com o relatório das Nações Unidas lançado em 2019, a população mundial deve crescer em 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, atingindo 9,7 bilhões em 2050 (ONU, 2019) e para alimentá-las a produção de carne precisará aumentar em 73% (FAO, 2011).

Estima-se que a demanda por produtos agropecuários atinja 465 milhões de toneladas em 2050 (FAO,2006), o que poderia exigir aproximadamente 1 bilhão de hectares para serem desmatadas globalmente para a agricultura (TILMAN et al., 2011). Com isso, atenção crescente tem sido dada aos efeitos ambientais da alimentação de seres humanos.

Diante dessas preocupações, foi elaborada no ano de 2015 a ‘A Agenda 2030’ que é um apanhado de metas e perspectivas definidos pela ONU para atingirmos um futuro sustentável e tornou-se a principal referência na formulação e implementação de políticas públicas para governos em todo o mundo.

A Agenda 2030 das Nações Unidas define 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e dentre eles está presente o ‘Consumo e produção responsáveis’ (ODS 12) que refletem uma estratégia de produção capaz de fazer mais com menos. Isso significa, por exemplo, reduzir a degradação ambiental e aumentar a produtividade agrícola (MOSNA et al., 2021).

Porém, apesar do fato de que atualmente tenhamos aproximadamente 58,1 milhões de cães e 27,1 milhões de gatos nos lares brasileiros (ABINPET, 2022), superando inclusive o número de crianças e adolescentes de até 19 anos (70,4 milhões) no país (FUNDAÇÃO ABRINQ, 2021), os cães e gatos raramente são incluídos nos cálculos do impacto ambiental das escolhas alimentares, uma vez que as escolhas alimentares têm impactos consideráveis na sustentabilidade ambiental (TILMAN & CLARK, 2014).

A sustentabilidade é amplamente reconhecida na indústria e é uma tendência crescente na produção de alimentos para animais de estimação, não só devido sua fundamental importância ao meio ambiente, mas também devido a maior preocupação e pressão por parte dos tutores consumidores. Conway e Saker (2018) realizaram um estudo no qual foi investigada a influência nas escolhas alimentares dos donos de animais de estimação, em relação à sustentabilidade ambiental sobre dietas para cães e gatos e cerca de 77% dos participantes classificaram a sustentabilidade com alta importância.

Sustentabilidade alimentar é definida como a capacidade de produzir alimentos que forneçam energia suficiente e a quantidade de nutrientes necessários para manter uma boa saúde, agora e no futuro, com menor pegada ecológica (MEEKER & MEISINGER, 2015). Enquanto a produção animal e agrícola se concentra em atender às necessidades nutricionais dos seres humanos, ela simultaneamente gera uma “pegada ecológica” (PIMENTEL & PIMENTEL, 2003). Essa pegada é medida pelo espaço físico, uso de energia, produção de resíduos de gás (por exemplo, dióxido de carbono e metano) e uso de água (SWANSON et al., 2013).

Quer as escolhas sejam baseadas na disponibilidade, preferência alimentar ou necessidade metabólica, a dieta de um animal afeta muito sua pegada no mundo em termos de sustentabilidade (SWANSON et al., 2013). Embora muitos fatores contribuam para os ciclos de carbono, água e nitrogênio da Terra, a agricultura é uma fonte considerável de poluição da água e emissão de gases de efeito estufa (GEE) (ALEXANDER et al., 2020; SWANSON et al., 2013). Uma dieta baseada em carnes, por exemplo, possui uma pegada ambiental comparativamente maior do que a produção de vegetais, pois requer mais energia, terra e água e tem maiores consequências ambientais em termos de erosão, pesticidas e resíduos (OKIN, 2017; ALSAFFAR, 2016; MASSET et al., 2014).

Além disso, muitos alimentos comerciais para animais de estimação são formulados para fornecer nutrientes. Além das recomendações mínimas atuais, usam ingredientes que competem diretamente com o sistema alimentar humano, ou são consumidos em excesso por animais de estimação, resultando em desperdício de alimentos e obesidade, o que apresenta desafios na otimização da sustentabilidade do sistema de alimentação animal e da posse de animais de estimação (SWANSON et al., 2013).

Os excrementos de animais de estimação (urina e fezes) também são contribuintes para impactar o meio ambiente. As fezes de cães e gatos representam um risco para a saúde pública devido ao potencial de transmissão de microrganismos patogênicos, parasitários ou resistentes a antibióticos por meio de contato direto ou contaminação de cursos d'água municipais (CINQUEPALMI et al., 2013).

Esses resíduos, quando transportados para córregos ou lagos próximos pelas águas pluviais, estimulam o crescimento excessivo de algas e liberam amônia, que pode ser tóxica para os peixes (PAILLAT et al., 2005). Mesmo quando descartados de forma adequada (em canais municipais de resíduos sólidos/ aterro), o material fecal em decomposição resulta em emissões de GEE na forma de CO₂ (dióxido de carbono), NH₃ (amônia), CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso) (PAILLAT et al., 2005). Pesquisadores estimam que 5,62x 10⁶ toneladas de matéria fecal total (gato e cachorro) são produzidas anualmente nos Estados Unidos (OKIN, 2017). Essa quantidade é comparável à quantidade de resíduos de aterros gerados anualmente pelo estado de Indiana (população de 6,73 milhões de pessoas em 2019) (UNITED STATES CENSUS BUREAU, 2010).

De acordo com Vale e Vale (2009), a pegada ecológica anual de um cão de médio porte, principalmente devido à produção de ração, é cerca de duas vezes maior que a de dirigir 10.000 km em um veículo utilitário esportivo típico. O uso médio anual global da terra para alimentos secos para animais de estimação é de 49 Mha, aproximadamente o dobro da área de terra do

Reino Unido (24,2 Mha) (FAO, 2019). Okin (2017) também relatou que o consumo de produtos de origem animal para cães e gatos é responsável pela liberação de até 64 ± 16 milhões de toneladas de metano e óxido nitroso equivalentes a CO_2 , dois poderosos gases de efeito estufa.

Como esses resultados consideram apenas a ração seca para animais de estimação, a carga ambiental total seria aumentada se os impactos associados à ração úmida e às novas tendências de dietas como “dietas livres de grãos”, caseiras e com utilização de ingredientes de “grau humano” fossem incluídas. Dado o impacto ambiental significativo da produção de carne, as contribuições de nossos animais de estimação onívoros e carnívoros merecem atenção.

Apesar dos dados que já foram apresentados por diversos autores para cães e gatos sobre os possíveis impactos ambientais com a alimentação e criação destas espécies, estes dados partem de extrapolações que possuem uma ampla margem de erro, uma vez que os dados utilizados para os cálculos eram dados secundários, a partir de estimativas de mercado, os quais podem ser diferentes dos apresentados até o momento, se partirem de mensurações primárias, a partir de dados coletados diretamente das indústrias ou da produção animal e vegetal. Obter estes dados de fontes exatas é um importante desafio na obtenção de estimativas mais próximas da realidade.

2.2.1 Influência da dieta, ingredientes e nutrientes nos impactos ambientais

A produção de carne é um processo que consome muitos recursos, e como resultado, o teor de proteína animal determina significativamente o impacto ambiental das fórmulas de alimentos para cães e gatos. Para alimentos com o mesmo método de fabricação, a sustentabilidade diminui com níveis mais altos de proteína animal (BEYNEN, 2015; SWANSON et al., 2013). Para referência, “carne e cordeiro combinados constituem apenas 5% do total de alimentos para animais de estimação, mas são responsáveis por cerca de 50% do total de emissões de GEE e 70% do uso total da terra” (ALEXANDER, 2020).

A proteína é o macronutriente mais caro, tanto para a economia quanto para o meio ambiente (SWANSON et al., 2013), e um fator-chave para a seleção de produtos alimentares para animais de estimação. Atualmente, os animais de estimação, geralmente, são alimentados com mais proteína do que o necessário e a ideia de que os níveis de proteína acima da necessidade de um animal são benéficos é discutível e aumenta a pressão para a crescente demanda global por proteína para humanos, animais de produção e animais de companhia (ACUFF et al., 2021).

Alguns autores sugeriram que o alto teor de proteína (>30% de proteína bruta com base na matéria seca) em muitas dietas comerciais é mais devido à demanda do cliente do que um requisito nutricional baseado em evidências, e dado que a síntese de proteína na natureza está entre os macronutrientes ecologicamente mais exigentes para seu acúmulo na biomassa, a redução do teor de proteína pode ser um meio de melhorar sustentabilidade de alimentos para cães e gatos (ACUFF et al., 2021).

Atualmente, há uma tendência do aumento da inclusão e qualidade da carne utilizada em alimentos para animais de estimação, o que resulta em novos aumentos no consumo de produtos de origem animal por animais de estimação. Há evidências de que essa tendência pode continuar à medida que as pessoas mais jovens são mais propensas a comprar ração premium para animais de estimação que inclua cortes de carne mais desejáveis (KUMCU & WOOLVERTON, 2014).

As dietas comercializadas como “dietas ancestrais” também estão cada vez mais populares, porém, devido à sua alta inclusão de proteína, isso desafia o conceito de sustentabilidade ambiental, ao promover o consumo excessivo de ingredientes de origem animal e incentivar o uso excessivo de ingredientes de “grau humano” que competem diretamente com o sistema alimentar humano e desencorajam o uso de ingredientes mais sustentáveis em alimentos para animais de estimação, como grãos e coprodutos animais e vegetais (SWANSON et al., 2013).

2.2.2 Utilização de coprodutos na composição de alimentos secos e extrusados

Os alimentos secos e extrusados para cães e gatos possuem em sua composição, ingredientes de origem animal, como óleo de frango, sebo bovino, farinha de carne e ossos bovina, farinha de penas e a farinha de vísceras de aves, que são coprodutos obtidos a partir do processamento de vísceras, cabeças, ossos ou sangue do abate de animais e que possuem valor limitado uma vez que não são destinados ao consumo humano.

No Brasil em 2021, a indústria de graxaria coletou e processou com segurança aproximadamente cerca de 13 milhões de toneladas de resíduos de abate e produziu 5,5 milhões de toneladas de coprodutos animais (ABRA, 2021). O rendimento médio de carcaça varia entre 50% e 74% do peso do animal vivo para produtos de carne vermelha, suína e de aves dentro nos Estados Unidos, deixando para trás uma porção significativa de material de origem animal que não entra no sistema alimentar humano (KNIGHT, 2020).

Defende-se que, para que a indústria se torne mais sustentável, é fundamental encontrar fontes alternativas de ingredientes que não concorram com a produção de alimentos humanos, por isso, a reciclagem de alimentos para uso na produção de alimentação animal pode ser uma opção de manejo alimentar em termos de impacto ambiental.

Apesar de competir com o sistema alimentar humano e pecuária para muitos dos mesmos ingredientes, o sistema de alimentos para animais de estimação também é um usuário importante de vários coprodutos. A produção atual de alimentos para animais de estimação depende fortemente deles, que constituem 32% da massa total de alimentos secos para animais de estimação (ALEXANDER et al., 2020).

Os coprodutos são produzidos através de um processamento chamado renderização que processa e cozinha carne de gado e aves não utilizadas como gordura, proteína, penas e ossos de forma segura e higiênica para criar novos produtos para que nada seja descartado (MEEKER & HAMILTON, 2006; WILKINSON & MEEKER, 2021). Como resultado, grandes volumes de sobras de carne são mantidos fora dos aterros, resultando em uma redução líquida de emissões de carbono, uma redução substancial de GEE, redução do desperdício de alimentos e economia de espaço em aterros (WILKINSON & MEEKER, 2021).

A renderização é uma prática que fornece ingredientes para alimentação animal com alto teor de proteína e aminoácidos digestíveis e melhora a biodisponibilidade mineral a um custo relativamente baixo (MEEKER & MEISINGER, 2015), além de a indústria de graxa desempenhar um papel importante na prevenção de doenças e no controle microbiológico e no fornecimento de ingredientes seguros para animais de produção e de companhia (WILKINSON & MEEKER, 2021).

Por conta disso, alguns autores defendem que os coprodutos animais que não são usados na alimentação humana podem ser considerados uma forma sustentável de produção de *pet food* pois, caso contrário, grandes quantidades de produtos seriam desperdiçadas (Alexander et al. 2020). Outros autores, como Beynen (2015) e Okin (2017), entendem que, independentemente da sua aplicação, os subprodutos animais têm uma pegada semelhante à das carnes, pois, em nível global, todas as partes do gado são comidas pelas pessoas, e isso classifica os coprodutos animais entre os alimentos humanos.

2.3 Alternativas alimentares

Diferentes fontes proteicas têm diferentes performances ambientais e, portanto, a escolha de um ingrediente de baixo impacto na nutrição animal é importante quando o foco está

na mitigação dos efeitos da produção de alimentos para animais sobre o meio ambiente. A identificação de fontes alternativas pode ajudar a atender às necessidades alimentares ao mesmo tempo em que contribui com a sustentabilidade do setor.

Em relação à proteína animal, peixes e aves, por exemplo, têm emissões significativamente menores do que a carne bovina sem comprometer seu valor nutricional (ALEXANDER et al., 2020). A troca de fontes de proteína de origem animal por fontes de origem vegetal tem sido proposta para melhorar a sustentabilidade dos alimentos para animais (BEYNEN, 2015). Porém esta análise deve ser feita com cautela, pois os dados existentes atualmente sobre o impacto ambiental de ingredientes ainda são, em muitos casos, extrapolados a partir de informações com alto grau de incerteza e, do ponto de vista prático, uma vez que o consumo de proteína animal pelos seres humanos é uma realidade, a utilização dos coprodutos para uso na nutrição animal é um destino adequado e ambientalmente eficiente, do ponto de vista da ecologia industrial, pois os resíduos de uma etapa da cadeia de alimentos são destinados ao uso nas etapas seguintes, com propósitos semelhantes.

Os cães, sendo onívoros, são bem adaptados para uma dieta baseada em proteína vegetal; no entanto, os gatos são carnívoros obrigatórios, portanto, não são capazes de atender às suas necessidades nutricionais apenas com dietas à base de plantas sem suplementação adequada (KIRK et al., 2000).

Ingredientes atualmente subutilizados, mas com disponibilidade substancial, são grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) derivados da produção de etanol. Por exemplo, 50 kg de milho produzem aproximadamente 20,8 L de etanol, o que reduz a dependência de combustíveis fósseis e gera 13,9 kg de DDGS. O DDGS contém níveis moderados de proteína e fibra fermentável e melhora a palatabilidade em aplicações de alimentos para animais de estimação (SILVA et al., 2016).

A inclusão de coprodutos à base de plantas em alimentos para animais de estimação apoia a sustentabilidade ambiental, usando todos os aspectos da respectiva cultura e apoia a sustentabilidade econômica, aumentando o número de ingredientes com preços competitivos disponíveis para os formuladores de alimentos para animais de estimação. (ACUFF, 2021).

Ingredientes alternativos, como organismos unicelulares (leveduras, fungos, bactérias e algas) e insetos, talvez possam ser potenciais de carne ou plantas, como benefícios ambientais e conteúdo nutricional para animais de companhia. McCusker et al. (2014), com o objetivo de identificar potenciais novos ingredientes para uso em dietas caninas e felinas, avaliou os perfis de nitrogênio e aminoácidos de várias plantas, substratos de algas e insetos e encontrou que todos os insetos analisados excederam as recomendações nutricionais de aminoácidos para

caninos e felinos de acordo com o *National Research Council* (NRC, 2006) para a fase de crescimento. Algumas plantas e algas marinhas excederam as exigências de aminoácidos essenciais para caninos e felinos do NRC para crescimento e, com exceção da concentração de taurina em larvas de mosca soldado negro, todos os insetos analisados no presente estudo produziram concentrações de taurina em excesso. Porém, a qualidade nutricional de plantas e macroalgas sofre mudanças de acordo com a estação do ano, localização geográfica (nutrientes do solo), e estresse ambiental (seca, salinidade e exposição à luz), por isso seu uso deve ser bem avaliado (BAER et al., 2010).

Carnes cultivadas ou “à base de células” também se apresentam como uma alternativa à proteína animal convencional que está começando a ser discutida e provavelmente, em breve, será uma tendência. A empresa Bond Pet Foods é uma das muitas empresas que procuram eliminar completamente a utilização de proteína de animais de produção e pretende lançar até 2023, alimento de “galinha” cultivada em laboratório para animais de estimação. Os cientistas da empresa coletaram uma amostra de sangue de uma galinha de uma fazenda no Kansas, EUA, isolaram a sequência genética que expressa a proteína do músculo esquelético e a incorporaram em um hospedeiro microbiano (fermento). Uma vez em um tanque de fermentação, a levedura é alimentada com açúcar, vitaminas e minerais (notadamente estes são declarados como 'veganos' no site da empresa) e passa por produção de proteína recombinante/ fermentação microbiana para produzir proteína de frango, sem o próprio frango - o fim do produto é essencialmente um pó de proteína e está pronto para ser misturado com uma variedade de produtos alimentares (GRAY, 2021). Porém, a segurança, biodisponibilidade, palatabilidade, variabilidade das fontes alternativas, o impacto ambiental da suplementação destes meios de cultura, os efluentes gerados, as emissões industriais, a baixa capacidade produtiva e a digestibilidade e biodisponibilidade desses ingredientes devem ser investigados antes da incorporação em dietas caninas e felinas.

Dessa maneira, a carga ambiental dos animais de estimação reside, principalmente, na produção e processamento de matérias-primas para alimentação animal, fabricação e embalagem de alimentos para animais de estimação. Tudo isso está associado ao transporte e à geração de resíduos (BEYNEN, 2015).

As preferências do proprietário e as decisões industriais influenciam muito o abastecimento futuro da agricultura e pecuária através de várias facetas, incluindo o tipo de dieta escolhida (ou seja, seca, enlatada, fresca ou congelada), seleção de ingredientes (ou seja, proteína vegetal vs. animal e local vs. importados), formulação, embalagem, e resíduos (alimentos e fezes). Sendo assim, o consumo responsável de energia e água na produção de

alimentos e a redução do desperdício de alimentos ao longo da cadeia de abastecimento são pontos-chave no consumo e produção sustentáveis.

Portanto, os fabricantes de *pet food* devem estar atentos ao perfil ambiental de seus produtos e, assim, agir no sentido de adotar práticas socioambientais que colaborem com a elaboração de produtos mais sustentáveis. Neste sentido, em 2019 a ABINPET publicou a 10ª edição do Manual Pet Food, com um guia exclusivo de sustentabilidade para as indústrias do setor. Neste manual, a entidade recomenda que as empresas adotem práticas que visem o equilíbrio econômico, social e ambiental referenciadas em organismos internacionais. Oportunidades de melhoria na sustentabilidade existem em todas as fases do ciclo de vida dos alimentos para animais de estimação, incluindo formulação, seleção de ingredientes, processos de fabricação, materiais de embalagem, métodos de transporte, redução de resíduos de alimentos e embalagens e descarte adequado de resíduos de animais de estimação como, por exemplo, tentar reduzir o consumo de energia fóssil e a emissão de dióxido de carbono com tecnologias como painéis solares no telhado e turbinas eólicas. Além de priorizar a utilização de energia perdida para o meio ambiente e em reduzir o consumo de água e do gasto de energia para água aquecida (BEYNEN, 2015).

Optar por culturas que exijam menos fertilizantes e irrigação e/ou produtos do mar que atendam aos padrões de arrasto sustentável também são medidas que podem ser levadas em consideração. As embalagens também podem contribuir para a formação de um produto mais sustentável, podendo ser feitas de materiais reciclados e bioplásticos que utilizem tintas de soja para a impressão.

Os médicos-veterinários têm um papel central como um recurso para os clientes na seleção da dieta, manejo da alimentação e práticas adequadas de descarte de resíduos de animais de estimação, bem como na criação sustentável de animais de criação. Orientar os tutores com medidas simples como a alimentação de cães e gatos domésticos em quantidades nutricionalmente adequadas certamente reduzirão seu impacto ambiental e energético (OKIN, 2017).

2.4 Avaliação de ciclo de vida (ACV)

2.4.1 Definições e aplicações

A urbanização e o crescimento populacional têm gerado altos números referentes ao crescimento econômico, mas esses fatores não influenciam somente na economia, à medida que

o PIB cresce, a produção de resíduos sólidos também, como se ambos os fatores andassem lado a lado (KAZA et al., 2018). Uma das principais consequências do aumento exacerbado de resíduos sólidos é o fato dos mesmos não serem descartados corretamente, segundo o Relatório do Banco Mundial, o qual apontou que 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos foram gerados em 2018, e estima-se que, entre 30 e 40% destes resíduos são queimados ou descartados abertamente, sendo que apenas 13,5% são reciclados e 5,5% compostados (KAZA et al., 2018).

Os impactos associados aos produtos são motivos da crescente conscientização quanto à importância da proteção ambiental, tanto na sua fabricação quanto no consumo. Esta conscientização tem aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e lidar com esses impactos. Visto esta necessidade, surgiu nos EUA uma das técnicas em que o principal objetivo é a avaliação do ciclo de vida (ACV) (KLOPFER, 1997). Os primeiros estudos sobre ACV iniciaram-se com a crise do petróleo na década de 60, onde a necessidade de uma melhor utilização dos recursos naturais apareceu, realizando pesquisas para avaliar os processos produtivos, com o objetivo de racionalizar o consumo de energia (CAMPOLINA et al., 2015).

A ACV é uma ferramenta utilizada para avaliar os efeitos ambientais de um produto, processo ou atividade ao longo de seu ciclo de vida, ou vida útil. Esta ferramenta estuda a complexa interação entre um produto e o ambiente e é utilizada tanto para a avaliação dos aspectos ambientais, quanto dos impactos potenciais associados ao ciclo de vida do produto (CHEHEBE, 1998). Esta ferramenta serve como um modelo mundialmente reconhecido para estudar as categorias de impacto associadas a um produto ou processo, como mudanças climáticas (biogênico e uso e transformação da terra), destruição da camada de ozônio, risco de toxicidade humana (cancerosas e não cancerosas), material particulado, radiação ionizante, fotoquímica formação de ozônio, acidificação, eutrofização (terrestre, de água doce e marinha), eco toxicidade da água doce e uso de recursos naturais (ACUFF et al., 2021). A avaliação deste ciclo de vida vai desde a retirada da natureza das matérias-primas no sistema produtivo, passando por todas as operações industriais e de consumo, até a disposição do produto final, quando se encerra sua vida útil, conhecida como análise 'do berço ao túmulo' (ROY et al., 2009).

2.4.2 Normas e diretrizes

Por se tratar de um modelo reconhecido e utilizado mundialmente, fez-se necessária a criação de normas para facilitar as avaliações. Dentre elas, duas se destacam como principais: a ISO 14.0402009 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura

(ABNT, 2009a); e a ISO 14.044:2009 - Gestão ambiental - Vida avaliação do ciclo - Requisitos e diretrizes (ABNT, 2009b). Desta forma, o impacto ambiental de um sistema pode ser quantificado, analisando todos os materiais de entradas (energia e recursos naturais) e saídas (resíduos e emissões) e seus custos associados, seguindo as normas ISO (*International Organization for Standardization*) normalizadas pelo Sistema de Gestão Ambiental (SGA) (ACUFF et al., 2021).

Isto só foi possível graças ao Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental da Associação Brasileira de Normas Técnicas/CB38, que deu início a tradução das normas da série ISO 14040 e deu apoio a criação da Associação Brasileira de Ciclo de Vida (ABCV) em 2002. A ABCV divulgou o uso da ferramenta no Brasil em 2014 na quarta edição do Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida, realizado na cidade de São Bernardo do Campo, SP (ABCV, 2014; SILVA e KULAY, 2006).

2.4.3 Fases da ACV

A ACV possui o intuito de levantar e interpretar os aspectos e impactos potenciais envolvidos em todo o processo; aprimorar o processo produtivo e os produtos de uma empresa; comparar, de uma forma integrada, o desempenho ambiental de seus produtos; subsidiar as estratégias de marketing (comparação de produtos rotulagem e declarações ambientais); identificar oportunidades para melhorar o desempenho ambiental; e, em longo prazo, promover mudanças tecnológicas fundamentais tanto na produção quando nos produtos ao auxiliar na tomada de decisões da indústria, na definição de prioridades e no desenvolvimento de projetos e processos (PETRONI et al., 2015).

Esta ferramenta é o compilado das avaliações de entradas, saídas e impactos ambientais potenciais de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima até a fabricação, utilização e fim da vida do produto (ABNT, 2009a). Uma avaliação completa considera cada etapa do ciclo de vida: projeto/desenvolvimento do produto; aquisição de matéria-prima; fabricação; uso de distribuição/manutenção/reutilização; e fim de vida. Ou seja, é o conjunto de todas as etapas necessárias para que um produto cumpra sua função na cadeia de produtividade. Esta avaliação se diferencia de outras que analisam os impactos ambientais dos processos, uma vez que estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais durante toda a vida ativa de produtos, sistemas e serviços, sendo aplicada atualmente, por exemplo, em empresas, no apoio de esquemas de rotulagem ecológica e declarações ambientais de produtos (CUCURACHI et al. 2019).

De acordo com a norma NBR 14040 (ABNT, 2009a), o estudo da ferramenta ACV pode ser dividido em quatro etapas. A primeira etapa é a definição de objetivo e escopo: Nesta etapa o objetivo do estudo de ACV deve declarar inequivocamente a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo. O escopo precisa ser bem definido, para assegurar que a abrangência, profundidade e detalhamento do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender ao objetivo declarado, e ,nesta etapa, devem ser considerados e descritos os seguintes itens:

- O sistema de produto a ser estudado;
- As funções do sistema de produto (ou dos sistemas em estudos comparativos);
- A unidade funcional;
- A fronteira do sistema;
- Os procedimentos de alocação;
- As categorias de impactos selecionadas e metodologia de avaliação de impactos;
- Os requisitos de dados;
- Os pressupostos;
- As limitações;
- O tipo de revisão crítica se aplicável;
- O tipo e o formato do relatório.

A unidade funcional (UF) define os aspectos qualitativos e quantitativos das funções e/ou serviços prestados pelo produto avaliado (PEFCR, 2018). Portanto, a UF define a quantificação das funções identificadas (características de desempenho) do produto. O propósito primário de uma UF é fornecer uma referência à qual as entradas e saídas são relacionadas. Esta referência é necessária para assegurar a comparabilidade dos resultados de ACV. A comparabilidade dos resultados é particularmente crítica quando diferentes sistemas estão sendo avaliados, para assegurar que as comparações entre eles sejam feitas em uma base comum.

Na descrição do sistema, são relacionados o tipo de produto, processo ou serviço estudado, quais os materiais utilizados e as tecnologias de produção, ou seja, é um conjunto de critérios que especificam quais processos elementares fazem parte de um sistema de produto, delimitando as etapas a serem incluídas ou não no estudo proposto. Os critérios utilizados no estabelecimento da fronteira do sistema são importantes para o grau de confiança nos resultados de um estudo e para a possibilidade de se atingir seu objetivo. Ao se estabelecer a fronteira do sistema, convém que diversos estágios do ciclo de vida, processos elementares e fluxos sejam levados em consideração, tais como:

- Aquisição de matérias-primas;
- Entradas e saídas na cadeia principal de manufatura/processamento;
- Distribuição/transporte;
- Produção e uso de combustíveis, eletricidade e calor;
- Uso e manutenção de produtos;
- Disposição final de resíduos de processos e de produtos;
- Recuperação de produtos usados (incluindo reuso, reciclagem e recuperação de energia);
- Manufatura de materiais auxiliares;
- Manufatura, manutenção e descomissionamento de equipamentos;
- Operações adicionais, como iluminação e aquecimento.

Os requisitos de qualidade dos dados especificam, em termos gerais, as características dos dados necessários para o estudo. Descrições da qualidade dos dados são importantes para se entender a confiabilidade dos resultados do estudo e interpretá-los de forma adequada. Os limites do sistema também devem ser levados em conta, pois caracterizam o conjunto de critérios que especificam quais processos elementares compõem o sistema do produto (ABNT, 2009a). Portanto, os limites do sistema representam a definição dos estágios do sistema que serão considerados e analisados ou excluídos da análise. Este conjunto engloba, também, os subprocessos que serão considerados na coleta de dados para o inventário do ciclo de vida (ICV). O objetivo geral do estudo tem que ser levado em conta ao fazer esta escolha, e os critérios decisivos devem ser sensatos (ABNT, 2009b).

A análise de inventário é a segunda fase e envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas relevantes de um sistema de produto. Todas as entradas e saídas são quantificadas para obter os rendimentos e os resultados relevantes, durante cada um dos processos unitários. Esta etapa também é responsável por relacionar os dados coletados à unidade funcional adotada. O balanço de energia e massa é uma importante

condição que deve ser respeitada, garantindo a integridade e controle dos processos. Normalmente, é a etapa que mais demanda esforços, recursos e tempo, uma vez que nem todos os dados são de fácil levantamento, geralmente, a coleta de dados é a etapa que mais demanda tempo em um estudo de ACV (ABNT, 2009b).

Segundo Kulay et al (2010), para conseguir realizar uma análise de inventário íntegra, três processos são recomendados: a criação de um fluxograma, onde os subsistemas e os processos elementares estejam representados, permitindo ao pesquisador ter uma visão geral do objeto de análise e das interrelação com o meio ambiente; a organização de formulários para uma coleta de dados completa, onde as informações fiquem contidas de forma clara e organizada; a elaboração de critérios de exclusão de aspectos ambientais, pois é impossível considerar todos os aspectos ambientais contidos em um sistema de produto; e classificar os dados em primários e secundários conforme sua origem. Para este terceiro passo, dados primários são considerados específicos da empresa ou da cadeia de suprimentos analisada, podendo ser coletados leituras de medidores, registros de compras, contas de serviços públicos, monitoramento direto, saldos de materiais e produtos ou outros métodos. Segundo PEFCR (2018), os dados primários devem ser coletados em todas as atividades e devem ser priorizados na escolha. Já os dados secundários são dados fornecidos por terceiros, como empresas, publicações científicas ou bancos (KUALY et al., 2010).

A terceira fase consiste na avaliação de impacto, a qual tem como objetivo estudar a significância dos impactos ambientais potenciais, utilizando os resultados do ICV. Em geral, esse processo envolve associar dados de inventário com categorias de impacto específicas e indicadores de categoria, tentando, dessa forma, entender tais impactos (ABNT, 2009a). A fase de AICV também fornece informações para a fase de interpretação do ciclo de vida. Deve-se atentar à transparência dos pressupostos e considerar aspectos como subjetividade nas análises ou diferenças entre indicadores e impactos. Esta fase deve conter a escolha das categorias de impacto, indicadores para estas categorias e modelos de caracterização, a classificação dos resultados do ICV (correlação para com as categorias de impacto) e os cálculos de caracterização (ABNT, 2009a).

O resultado da ACV são os valores em indicadores de categoria, caracterizados conforme os modelos aplicados. Podem ser considerados fatores opcionais o agrupamento, a ponderação e a normalização. A interpretação de dados e resultados: identifica e avalia a integridade, sensibilidade e consistência das informações a partir das constatações dos passos 2 e 3, de forma que informações do ICV e informações geradas pela avaliação de impacto sejam convertidas na forma de conclusões e que provejam recomendações (ABNT, 2009a).

É importante que as interpretações estejam de acordo com as definições iniciais de objetivo e escopo, e que expliquem as limitações do estudo, realizando uma análise crítica com relação à qualidade dos dados (ICV) e do método de ACV utilizado, principalmente com relação à subjetividade associada ao mesmo. Como todas as etapas anteriormente descritas, a interpretação é um processo iterativo, permitindo rever e revisar as definições iniciais, assim como a qualidade e a natureza dos dados coletados, de forma consistente com o objetivo proposto (ABNT, 2009a).

Softwares e Bases de Dados

Considerando a importância da ACV, foram desenvolvidas uma variedade de ferramentas computacionais com o intuito de facilitar a análise. Estes softwares podem realizar cálculos de balanço de massa e energia, comparações entre ciclos de vida, análise de fluxo de materiais, análise de impactos ambientais e interpretação de seus resultados. Um exemplo é o software SimaPro 7, que possui vários métodos de avaliação de impacto, como CML 1992, Eco-indicator 99 e EPS2000, entre outros. Possui também banco de dados como BUWAL 250, ecoinvent e IVAM LCA Data, por exemplo, que podem ser editados e ampliados sem limitação. É possível comparar e analisar produtos com ciclos de vida complexos como é o caso de produtos que possuem diferentes componentes em sua composição (CAMPOLINA et al., 2015).

Desde o momento em que foi introduzido, em 1990, o SimaPro é o mais utilizado, em cerca de 80 países, para a análise ambiental dos produtos, visando na tomada de decisão conforme o desenvolvimento de produtos e política dos mesmos (CAMPOLINA et al., 2015). Ainda segundo Campolina (2015), outro software muito utilizado é o Umberto, que foi desenvolvido pelo *Institute for Environmental Informatics*, localizado na Alemanha. Ele pode ser utilizado para visualizar fluxogramas de materiais e energia, possibilitando a otimização de processos produtivos, reduzindo assim, recursos materiais e energia.

Campolina (2015) cita em sua revisão onze dos softwares mais utilizados na ACV, mas a autora deixa claro que a escolha deve ser feita pelo usuário, a partir da análise feita por ele, pois cada software possui particularidades distintas.

Nos estudos de ACV, é possível a combinação de mais de um método de ICV para obtenção de dados secundários. Os mais utilizados são o Ecoinvent e o Agri-footprint. O Ecoinvent é um banco de dados de origem suíça, internacionalmente reconhecido pela quantidade e qualidade dos seus dados. Mesmo tendo origem europeia, o Ecoinvent contém dados mundiais, contemplando uma enorme gama de dados atualizados constantemente. Já o

Agri-footprint, que possui certa semelhança de funcionamento, é um banco de dados de alta qualidade muito utilizado no setor agrícola e de alimentos. Desde 2014, quando foi lançado, tem sido usado pela indústria de alimentos, comunidade de estudos de ACV, comunidade científica e governos mundiais.

2.4.4 ACV em *pet food*

A ACV de alimentos para cães e gatos é altamente complexa, considerando a variedade de matérias-primas, tecnologias de fabricação e opções de embalagem que existem hoje. A localização geográfica também influencia a carga ambiental dos produtos agrícolas, tanto em termos de produção, quanto de transporte. Além da extração de matéria-prima, a tecnologia de fabricação (por exemplo, extrusão, enlatamento, panificação, liofilização), a composição nutricional do produto (por exemplo, teor de umidade e proteína), as especificações de embalagem, o canal de distribuição e os requisitos de armazenamento e uso são fatores adicionais interligados com a pegada de carbono de um produto (ACUFF et al., 2021).

Apesar destas muitas complexidades, em 2018 a Comissão Europeia adotou o *Product Environmental Footprint Category Rules* (PEFCR) como um modelo padronizado para o cálculo dos impactos ambientais para o ciclo de vida completo de alimentos, para animais de estimação, preparados para cachorros e gatos (PEFCR, 2018). O desenvolvimento do modelo consiste em quatro estudos de ACV de animais de estimação completos.

Embora os PEFCR tenham sido desenvolvidos usando conjuntos de dados para relatórios de energia da União Européia, os princípios dos PEFCR poderiam ser aplicados aos sistemas de alimentos para animais de estimação dos EUA. O primeiro estudo sobre ACV em *pet food* foi elaborado pelos pesquisadores Rushforth e Moreau (2013), da Universidade Estadual do Arizona, nos EUA. Eles examinaram a cadeia de suprimentos e a produção de energia associada à fabricação de alimentos para animais domésticos da fábrica Nestlé Purina. Utilizando os dados secundários dos EUA e considerando os ingredientes à base de carne bovina e ovina, foram computados valores anuais de 1,06 ha necessários para que um fabricante produza 1 tonelada de ração para cães, o que significa 11,72 m² por kg de ração e 45,09 m² por kg de proteína, sendo que o valor estimado para mudanças climáticas foi de 20,99 MTCO₂eq.

Posteriormente, Annaheim et al. (2018) publicaram um estudo sobre o impacto ambiental da criação de vários animais domésticos. Tal estudo considerou o consumo de alimento, a água potável diária, a embalagem dos alimentos, as despesas médias anuais e a emissão de resíduos das espécies. O estudo concluiu que um cão de 29 kg, consumindo dieta

úmida, gera cerca de 950 kg de CO₂eq (dióxido de carbono equivalente). ao ano. Já um gato de 4,2 kg, pode gerar uma emissão de aproximadamente 390 kg de CO₂eq. ao ano. O estudo constatou que a produção de alimentos é responsável pela maior parte da poluição ambiental, em ambas as espécies.

Em 2020, Yavor et al. investigaram todo o ciclo de vida da espécie canina, do ‘‘berço ao túmulo’’, utilizando como base cães de médio porte. O estudo constatou que um cão emite cerca de 630 kg CO₂eq. ao ano. No total de 15 categorias de impacto consideradas, a principal contribuição ambiental do ciclo de vida veio do estágio de alimentação, principalmente a produção de embalagens necessárias para a dieta úmida.

Segundo Mosna et al. (2021), 0.91 kg de CO₂eq, 0.00119 m² de uso da terra, 0.03 kg eq para recurso fóssil e 0.00036 m³ de uso de água são emitidos ou utilizados na fabricação de cada quilo de alimento úmido. Os autores concluíram que, em todas as 3 variantes do *in natura*, a produção de carne é a mais impactante nas categorias de uso da terra, chegando em até 89,7%. No entanto, para a variante patê, a maior contribuição para o aquecimento global vem da embalagem, chegando a aproximadamente 60,1%.

Até o presente momento, poucos estudos foram publicados, utilizando a metodologia de ACV para cães e gatos, porém, é notável que a maioria das pesquisas buscaram avaliar os impactos ambientais no contexto de animais de companhia utilizando alimentos úmidos como referência. Levando em consideração a estimativa de que, cerca de 90% dos animais domésticos no Brasil alimentam-se com base em alimentos secos (EUROMONITOR, 2019a, EUROMONITORb) e que alimentos para cães tendem a emitir 1,6 mais GEEs que a de alimentos para gatos (ALEXANDER et al., 2020), se faz necessário publicações que englobem alimentos secos e alimentos caseiros destinados a cães no Brasil.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAFCO- ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. Feed terms and ingredient definitions. **Association of American Feed Control Officials official publication**, 2013.

ABCV - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CICLO DE VIDA. **Eventos**. Disponível em: <http://abcvbrasil.org.br/eventos.php> Acesso em: dezembro de 2022.

ABINPET- Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. **Mercado Pet 2022**. Disponível em: https://abinpet.org.br/wp-content/uploads/2022/08/abinpet_folder_dados_mercado_2022_draft3_web.pdf Acesso em: 11/10/2022

ABNTa - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.

ABNTb - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14044: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009.

ABRA- Associação Brasileira de Reciclagem Animal, 2021. **CONHEÇA O SETOR**. Disponível em: <https://abra.ind.br/conheca-o-setor/> Acesso em: 05 de outubro de 2022.

ACUFF, H. L., DANTON, A. N., DHAKAL, J. et al. Sustainability and Pet Food: Is There a Role for Veterinarians? **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 51, n. 3, p. 563–581, 2021.

ALEXANDER, P., BERRI, A., MORAN, D, et al. The global environmental paw print of pet food. **Global Environmental Change**, v. 65, n. March, p. 102153, 2020.

ALSAFFAR, A. A. Sustainable diets: the interaction between food industry, nutrition, health and the environment. **Food Sci Technol Int**, 2016.

ANNAHEIM, J.; JUNGBLUTH, N.; JUNGBLUTH, N. **Ökobilanz von Haus- und Heimtieren Praktikums- arbeit**. 2018.

BAER, C. ; KLEIMAN, D. G.; THOMPSON, K. V. **Wild mammals in captivity: principles and techniques for zoo management**. University of Chicago Press, 2010.

BAZOLLI, R. S. **Influência do grau de moagem de ingredientes amiláceos utilizados em rações extrusadas sobre os aspectos digestivos e respostas metabólicas em cães**. 2007.

BERSCHNEIDER, H. M. Alternative diets. Clinical techniques. **Small Animal Practice**, v. 17, n. 1, p. 1-5, 2002.

BEYNEN, A. C. Green pet foods. **Creature Companion (March)**, p. 54-55, 2015.

BORGES, F. **I Curso de Nutrição de Cães e Gatos, FMVZ-USP**. Dieta caseira: como adequar às necessidades do seu animal. 2009.

BUFF, P. R. et al. Natural pet food: A review of natural diets and their impact on canine and feline physiology. **Journal of animal science**, v. 92, n. 9, p. 3781-3791, 2014.

CAMPOLINA, J. M.; SIGRIST, C. S. L.; MORIS, V. A. S. Uma revisão de literatura sobre softwares utilizados em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida. **REGET-UFSM**, Santa Maria, 2015.

CARCIOFI, A. C. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 28-41, 2008.

CARCIOFI, A. C.; et al. Qualidade e digestibilidade de alimentos comerciais de diferentes segmentos de mercado para cães adultos. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, p. 489-500, 2009.

CARCIOFI, A.; JEREMIAS, J. Progresso científico sobre nutrição de animais de companhia na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 35-41, 2010.

CHEHEBE, J. R. B. Análise do Ciclo de Vida de Produtos. **Qualitymark**, p. 9 – 24, Rio de

Janeiro, 2002.

CINQUEPALMI, V. et al. Environmental contamination by dog's faeces: a public health problem? **International journal of environmental research and public health**, v. 10, n. 1, p. 72-84, 2013.

CNDL e SPC BRASIL. **Mercado de consumo pet**, 2017.

CONCEIÇÃO, P. S.; GOSLAR, M. S.; SILVA, A. L. P. Avaliação da qualidade de dietas caseiras para cães obesos. **Revista Eletrônica Biotecnologia e Saúde**, v. 6, n. 15, p. 27-29, 2016.

CONWAY, D. M. P.; SAKER, K. E. Consumer attitude toward the environmental sustainability of grain-free pet foods. **Frontiers in veterinary science**, v. 5, p. 170, 2018.

CUCURACHI, S., SCHERER, L., GUINÉE, J., et al. Life Cycle Assessment of Food Systems. **One Earth**, 2019.

DA SILVA, M. et al. Análise da Percepção dos Colaboradores Quanto às Práticas Socioambientais em uma Indústria Pet Food. **REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 10, n. 3, p. 86-95, 2020.

DAVIES, R. H.; LAWES, J. R.; WALES, A. D. Raw diets for dogs and cats: a review, with particular reference to microbiological hazards. **Journal of Small Animal Practice**, v. 60, n. 6, p. 329-339, 2019.

DIEZ, Marianne et al. Health screening to identify opportunities to improve preventive medicine in cats and dogs. **Journal of Small Animal Practice**, v. 56, n. 7, p. 463-469, 2015.

DODD, S. **Plant-based diets for dogs and cats-an investigation of pet feeding practices, motivations and concerns**. Tese de Doutorado. University of Guelph. 2018.

DOTTI, J. *Terapia & Animais*. São Paulo: **Noética Editora**, 2005.

ELIZEIRE, M. B. **Expansão do mercado pet e a importância do marketing na medicina veterinária**. 2013.

Euromonitor, 2019a. **Pet Food World Market Share (USD Million)**. Euromonitor International, 565 London, UK. 566.

Euromonitor, 2019b. **Premiumisation: How Value-Seeking Trends in The US will Shape the Future of 567 Pet Food**. Euromonitor International, London, UK.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Livestock's long shadow - environmental issues and Options**. 2006. Acesso em: 04/05/2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf>

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World livestock. Livestock in Food Security**. 2011. Acesso em: 04/05/2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i2373e/i2373e.pdf>

FAO- The Food and Agriculture Organization. **Moving forward on food loss and waste reduction**. Roma, Itália, 2019. Acesso em: 04/05/2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>

FEDIAF- European Pet Food Industry Federation. **Diretrizes Nutricionais para alimentos completos e complementares para cães e gatos**. 2018.

FÉLIX, A. et al. Digestibilidade de uma dieta caseira e dois alimentos comerciais, econômico e super-prêmio, para cães. **Archives of Veterinary Science**, p. 25-30, 2009.

FRANÇA, J. Mitos e realidades: Alimentação natural versus comercial para cães e gatos. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.22, n.1, p.17-27, 2020.

FREDRIKSSON-AHOMAA, M. et al. Raw meat-based diets in dogs and cats. **Veterinary sciences**, v. 4, n. 3, p. 33, 2017.

FUNDAÇÃO ABRINQ- **Cenário da Infância e Adolescência no Brasil 1ª edição 2022**. Disponível em: https://fadc.org.br/sites/default/files/2022-03/cenario-da-infancia-e-adolescencia-no-brasil-2022_0.pdf Acesso em: 12/ 02/2023

FURLAN, A. C. S.; DE CÓRDOVA GOBETTI, S. T. A evolução da alimentação comercial para cães e gatos no Brasil. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 37, n. 73, p. 46-57, 2021.

GOUVEA, F. L. **Alimentos convencionais e a tendência a alimentos alternativos para animais de companhia**. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 59 p. Porto Alegre, 2019.

GRAY, A. "Sustainable eating: the future for pet food?". 2021.

HALFEN, D. et al. Tutores de cães consideram a dieta caseira como adequada, mas alteram as fórmulas prescritas. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1453-1459, 2017.

HINNEY B. The trend of raw meat-based diets: risks to people and animals. **Vet Rec.**182:47–9, 2018.

JOHNSON, L. N., LINDER, D. E., HEINZE, C. R., et al. Evaluation of owner experiences and adherence to home-cooked diet recipes for dogs. **Journal of Small Animal Practice**, v. 57, n. 1, p. 23–27, 2016.

KAZA, Silpa et al. What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. **World Bank Publications**, 2018.

KIRK, C. A.; DEBRAEKELEER, J; ARMSTRONG, P. J. et al., Normal cats. **Small animal clinical nutrition**, 4ª edição. Estados Unidos. Walsworth Publishing Company, p 80-95 e p 293-303, 2000.

KLÖPPFER, W. Life Cycle Assessment: From the beginning to the current state. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 4, n. 4, p. 223–228, 1997.

KNIGHT R. Livestock & meat domestic data: all meat statistics. Washington, DC: **United States Department of Agriculture Economic Research Service**; 2020. Disponível em : <https://www.ers.usda.gov/data-products/livestock-meat-domesticdata/> Acesso em: 02/10/2021

KULAY, L.A.; SEO, E.S.M. Orientações conceituais para elaboração de inventários de ciclo de vida. *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente. INTERFACHES*, 2006.

KUMCU, A., WOOLVERTON, A. E. Feeding Fido: Changing Consumer Food Preferences Bring Pets to the Table. *Journal of Food Products Marketing*, 2014.

LAFLAMME, D. P., FASCETTI, A. J., FREEMAN, L. M., et al. Pet feeding practices of dog and cat owners in the United States and Australia. *Vet Med Today* **232**, 5, 2008.

LAUTEN, S. D., SMITH, T. M., KIRK, C. A. **Computer analysis of nutrient sufficiency of published home-cooked diets for dogs and cats.** *J Vet Intern Med* 19, 23–28, 2005.

LEENSTRA, F. et al. Indication of the ecological foot print of companion animals. First survey, focussed on cats, dogs and horses in The Netherlands. *Wageningen UR Livestock Research*, n. 509, 2011.

LUMBIS, R.; CHAN, D. The raw deal: clarifying the nutritional and public health issues regarding raw meat-based diets. *The Veterinary Nurse*, v. 6, n. 6, p. 336-341, 2015.

MACEDO, H., et al. Alimentos não convencionais para cães e gatos. *Novos Desafios da Pesquisa em Nutrição e Produção Animal*, p. 90-95, 2018.

MASSET, G. et al. Identifying sustainable foods: the relationship between environmental impact, nutritional quality, and prices of foods representative of the French diet. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, v. 114, n. 6, p. 862-869, 2014.

MAZON, M. S.; MOURA, W, G. de. Cachorros e humanos: mercado de rações pet em perspectiva sociológica. *Civitas-Revista de Ciências Sociais*, v. 17, p. 138-158, 2017.

MCCUSKER, S. et al. Amino acid content of selected plant, algae and insect species: a search for alternative protein sources for use in pet foods. *Journal of nutritional science*, v. 3, p. e39, 2014.

MEEKER, D. L., HAMILTON, C. R. An overview of the rendering industry. In: D. L. Meeker, editor, Essential rendering. **National Renderers Association**, Alexandria, VA. 1–16, 2006.

MEEKER, D. L.; J. L. MEISINGER. Rendered ingredients significantly influence sustainability, quality, and safety of pet food. **J. Anim. Sci.** 93, 2015.

MICHEL, K. E. Unconventional diets for dogs and cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 36, p. 1269–1281, 2006.

MORELLI, G. et al. Raw meat-based diets for dogs: survey of owners' motivations, attitudes and practices. **BMC veterinary research**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2019.

MOSNA, D., BOTTANI, E., VIGNALI, G., et al. Environmental benefits of pet food obtained as a result of the valorisation of meat fraction derived from packaged food waste. **Waste Management**, v. 125, p. 132–144, 2021.

NIZA, M.M.R.E., VILELA, C.L., FERREIRA, L. M. A. Feline pansteatitis revisited: hazards of unbalanced home-made diets. **J Feline Med Sur** 5, 271–277, 2003.

NRC. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. 1. ed. Washington, D.C. **National Academy Press**, 2006.

OKIN, G. S. Environmental impacts of food consumption by dogs and cats. **PloS one**, v. 12, n. 8, p. e0181301, 2017.

OLIVEIRA, M. C. C.; BRUNETTO, M. A.; DA SILVA, F. L. et al. Evaluation of the owner's perception in the use of homemade diets for the nutritional management of dogs. **Journal of Nutritional Science**, v.3, e.23, p.1-5, 2014.

ONU BR- Organização das Nações Unidas Brasil. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**, 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu> Acesso em: 02 de maio 2020.

PAILLAT, J. M. et al. Predicting ammonia and carbon dioxide emissions from carbon and nitrogen biodegradability during animal waste composting. **Atmospheric environment**, v. 39, n. 36, p. 6833-6842, 2005.

PEDRINELLI, V. **Determinação das concentrações de macro e micro minerais e metais pesados em alimentos caseiros para cães e gatos adultos**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2018.

PEDRINELLI, V. et al. Homemade versus extruded and wet commercial diets for dogs: cost comparison in Brazil. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 5, p. 1590-1591, 2020.

PEFCRs. C&D Foods; FACCO, Chambre Syndicale des Fabricants d'Aliments pour Chiens, Chats, Oiseaux et autres Animaux Familiers (the French Pet Food Association for Dogs, Cats, Birds, Other Domestic Pets); Mars PetCare Europe; Nestlé Purina PetCare Europe; saturn petcare gmbh, Quantis. Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs): Prepared Pet Food for Cats and Dogs. 2018. Final version. European Commission: Brussels, Belgium. 2018.

PERSPECTIVA DO SETOR AGROALIMENTAR 2022. **The 2022 Alltech Agri-Food Outlook**, 2022. Disponível em: <https://www.alltech.com/agri-food-outlook> Acesso em: 20/12/2022.

PET OWNERSHIP STATISTICS. **The Zebra**, 2022. Disponível em: <https://www.thezebra.com/resources/research/pet-ownership-statistics/> Acesso em: 20/12/2022

PETRONIA; CAMPOS. C. M; AZEVEDO S.F; **Análise de Ciclo de Vida (ACV)**. Bauru, 2015.

PIMENTEL D, PIMENTEL M. Sustainability of meat-based and plantbased diets and the environment. **Am J Clin Nutr**, 2003.

PIRES, P. G. S., TEIXEIRA, L., & MENDES, J. V. Composição nutricional e avaliação de rótulos de rações secas para cães e gatos adultos comercializadas em Pelotas – RS. **Enciclopédia Biosfera**, 2014.

REMILLARD R.L Homemade diets: attributes, pitfalls, and a call for action. **Top Companion Anim Med** **23**, 3, 2008.

ROY, P., et al. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. **Journal of food engineering**, v. 90, n. 1, p. 1-10, 2009.

RUSHFORTH, R.; MOREAU, M. Finding your dog's ecological 'pawprint': A hybrid EIO-LCA of dog food manufacturing. **Center for Earth Systems Engineering and Management**, p.17, 2013.

SAAD, F.; FRANÇA, J. Alimentação natural para cães e gatos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 39, n. 1, p. 52-59, 2010.

SCHLEICHER, M.; CASH, S. B.; FREEMAN, L. M. Determinants of pet food purchasing decisions. **The Canadian Veterinary Journal**, v. 60, n. 6, p. 644, 2019.

SCHLESINGER, D. P.; JOFFE, Daniel J. Raw food diets in companion animals: a critical review. **The Canadian Veterinary Journal**, v. 52, n. 1, p. 50, 2011.

SHEPHERD, M. L., DELANEY, S. J. Cost comparison of homemade versus commercial adult maintenance canine diets. **17th Annual AAVN Clinical Nutritional and Research Abstract Symposium Proceedings**, 2017.

SILVA J.R, SABCHUK T.T, LIMA D.C, et al. Use of distillers dried grains with solubles (DDGS), with and without xylanase, in dog food. **Anim Feed Sci Technol**, 2016.

SILVA, G. A.; KULAY L. A. Avaliação do ciclo de vida. In: JÚNIOR, A. V.; DEMAJOROVIC, J. (Org.) Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações. São Paulo. **Editora Senac**, p.313-336., 2006.

SINDIRAÇÕES. **Boletim informativo do setor agosto/2022**. 2022. Disponível em: <https://sindiracoes.org.br/wp->

content/uploads/2022/08/boletim_informativo_do_setor_agosto_2022_vs_final_port_sindirac
oes.pdf Acesso em: 03/11/2022.

SPATINI, G. A.; SILVA, Â. R. C.; PAVAN, C. DIVERSIDADE DOS ALIMENTOS PARA PETS. DIVERSITY OF PET FOOD. **Jornal Med Vet Science FCAA**, v. 2, n. 2, p. 49, 2020.

STATISTA. **Dolar sale of pet food in The U .S 2015 by category**. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/197939/symphonyiri-tracked-dollar-sales-of-pet-food/> 2018 Acesso em: 20/12/2022.

STEIFF, E. L.; BAUER, J. E. Nutritional adequacy of diets formulated for companion animals. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 219, n. 5, p. 601- 604, 2001.

STOCKMAN, J., FASCETTI, A. J., KASS, P. H., et al. Evaluation of recipes of home-prepared maintenance diets for dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 242, n. 11, p. 1500–1505, 2013.

STREIFF, E. L.; ZWISCHENBERGER, B.; BUTTERWICK, R. F. et al. A Comparison of the Nutritional Adequacy of Home-Prepared and Commercial Diets for Dogs. **Journal of Nutrition**, v.132, p. 1698-1700, 2002.

SWANSON, K. S. et al. Nutritional sustainability of pet foods. **Advances in Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 141-150, 2013.

TILMAN, David et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 108, n. 50, p. 20260-20264, 2011.

TILMAN, David; CLARK, Michael. Global diets link environmental sustainability and human health. **Nature**, v. 515, n. 7528, p. 518-522, 2014.

UNITED STATES CENSUS BUREAU. **Annual estimates of the resident population for the United States, Regions, states, and Puerto Rico: April 2010 to July 2010**. 2010. Disponível em: <https://www.census.gov/data/tables/time-series/demo/popest/2010s-state-total.html>. Acessado em: 20/07/ 2021.

VALDO, C. Posse responsável: os deveres de um tutor de pet. **Special dog company**. Disponível em: <https://www.specialdog.com.br/portalpet/posse-responsavel-os-deveres-de-um-tutor-de-pet> Acesso em: 27/01/2023

VALE, B. & R.J.D. Vale. **Time to eat the dog. The real guide to sustainable living**. London, U.K. 2009.

VANDENDRIESSCHE, V. L., PICAVET, P., HESTA, M. First detailed nutritional survey in a referral companion animal population. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 101(S1): 4-14, 2017.

WILKINSON, A. D.; MEEKER, D. L. How agricultural rendering supports sustainability and assists livestock's ability to contribute more than just food. **Animal Frontiers**, v. 11, n. 2, p. 24-34, 2021.

WOLFARTH, D.; JOHANN, M.; ARALDI, F. A importância de uma dieta de qualidade na alimentação de cães e gatos. **Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 16, 2011.

YAVOR, K. M.; LEHMANN, A.; FINKBEINER, M. **Impactos ambientais de um cão de estimação: um estudo de caso LCA**. 2020.

4. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar os impactos ambientais envolvidos na produção de alimentos secos extrusados e alimentos processados com ingredientes *in natura* para cães.

CAPÍTULO II
CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE
ALIMENTOS SECOS EXTRUSADOS E DIETAS CASEIRAS
PARA CÃES PELA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV)

RESUMO

A indústria *pet food* ocupa um local importante no que diz respeito aos debates atuais em sustentabilidade. Tendo isso em vista, o objetivo principal deste estudo foi caracterizar os impactos ambientais envolvidos na produção de alimentos secos extrusados e alimentos processados com ingredientes *in natura* para cães. Nesse estudo, utilizamos a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), uma ferramenta baseada nas normas ISO 14.0402009 e ISO 14.044:2009 que é utilizada para avaliar os efeitos ambientais de um produto, processo ou atividade ao longo de seu ciclo de vida ou vida útil. Os produtos representativos assumidos para esse estudo foram os alimentos completos para cães pesando 10kg em quantidades suficientes para atender às necessidades energéticas em manutenção do tipo seco e extrusado e outro processado com ingredientes *in natura* (alimento caseiro). Dessa forma, foram utilizadas como fronteiras do sistema desde a etapa de obtenção dos ingredientes, descontando-se os impactos da embalagem e as etapas de distribuição e uso do produto, ou seja, do berço ao portão. Os dados primários do alimento seco foram obtidos a partir de dados fornecidos por um fabricante brasileiro de alimentos para animais de companhia. Para os alimentos processados com ingredientes *in natura*, os dados primários foram obtidos a partir da fabricação do alimento *in home*. Os dados secundários foram obtidos a partir de *datasets* disponíveis no software SimaPro analisados pelo método EP 3.0 v.1.00. Os resultados mostram que, entre as categorias avaliadas, as cinco mais relevantes para alimentos secos foram: Ecotoxicidade de água doce; Eutrofização terrestre; Eutrofização marinha; Acidificação; e Material particulado. Para o alimento caseiro, as cinco categorias mais relevantes foram: Ecotoxicidade de água doce; Eutrofização terrestre; Acidificação; Material particulado; e Toxicidade humana não cancerígena. Com o auxílio da ACV, foi possível concluir que o maior impacto relacionado à obtenção e processamento de ingredientes foi a produção de proteína animal para utilização nos alimentos, independentemente do tipo de alimento analisado. Portanto, a escolha de um ingrediente de baixo impacto pode reduzir os danos ambientais associados à produção dos mesmos.

Palavras-chave: Sustentabilidade; *pet food* e Categorias de impacto ambiental.

ABSTRACT

The *pet food* industry occupies an important place in the current sustainability debates. The main objective of this study was to characterize the environmental impacts involved in the production of extruded dry foods and processed foods for dogs, with in natura ingredients. In this study, it was used the Life Cycle Assessment (LCA), a tool based on ISO 14.0402009 and ISO 14.044:2009 standards that is used to assess the environmental effects of a product, process or activity throughout its life cycle or useful life. The representative products assumed for this study were complete food for dogs weighing 10 kg in sufficient quantities to meet maintenance using dry and extruded food and another processed with in natura ingredients (homemade food). In this way, they were used as system borders from the stage of obtaining the ingredients, discounting the impacts of the packaging and the stages of distribution and use of the product, that is, from the cradle to the gate. The primary dry food data were obtained from data provided by a Brazilian *pet food* manufacturer. For processed foods with in natura ingredients, primary data were obtained from in-house food manufacturing. Secondary data were obtained from datasets available in the SimaPro software, using the EP 3.0 v.1.00 method. The results show that among the assessed categories, the five most relevant for dry foods were: Freshwater ecotoxicity; Terrestrial eutrophication; Marine eutrophication; Acidification; and particulate matter. For homemade food, the five most relevant categories were: Freshwater ecotoxicity; Terrestrial eutrophication; Acidification; Particulate matter; and Non-carcinogenic human toxicity. With the LCA help, it was possible to conclude that the greatest impact related to obtaining and processing ingredients was the production of animal protein for use in food, regardless of the type of food analyzed. Therefore, choosing a low-impact ingredient can reduce the environmental damage associated with their production.

Keywords: Sustainability; *pet food* and Environmental impact categories.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório das Nações Unidas lançado em 2019, a população mundial deve crescer em 2 bilhões nos próximos 30 anos, atingindo 9,7 bilhões de pessoas (ONU, 2019), estima-se que para alimentá-las a produção produtos agropecuários precisará atingir uma demanda de 465 milhões de toneladas em 2050 (FAO, 2006).

Diante dessas preocupações, foi elaborado no ano de 2015, a ‘A Agenda 2030’ define 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que é um apanhado de metas e perspectivas definidos pela ONU para atingirmos um futuro sustentável e tornou-se a principal referência na formulação e implementação de políticas públicas para governos em todo o mundo.

Com isso, atenção crescente tem sido dada aos efeitos ambientais da dieta das pessoas. E devido atualmente termos aproximadamente 471 milhões de cães de estimação e cerca de 370 milhões de gatos mantidos como animais de estimação em todo o mundo (THE ZEBRA, 2022) a discussão sobre sustentabilidade em *pet food* está ganhando força.

Quer as escolhas sejam baseadas na disponibilidade, preferência alimentar ou necessidade metabólica, a dieta de um animal afeta muito sua pegada no mundo em termos de sustentabilidade (SWANSON et al., 2013).

Atualmente muitos alimentos comerciais para animais de estimação são formulados para fornecer nutrientes além das recomendações mínimas atuais, usam ingredientes que competem diretamente com o sistema alimentar humano, ou são consumidos em excesso por animais de estimação, resultando em desperdício de alimentos e obesidade, o que apresenta desafios na otimização da sustentabilidade do sistema de alimentação animal e da posse de animais de estimação (SWANSON et al., 2013).

Além disso, uma dieta baseada em carne, por exemplo, possui uma pegada ambiental comparativamente maior do que a produção de vegetais, pois requer mais energia, terra e água e tem maiores consequências ambientais em termos de erosão, pesticidas e resíduos (OKIN, 2017; ALSAFFAR,2016; MASSET et al., 2014).

O consumo responsável de energia e água na produção de alimentos e a redução do desperdício de alimentos ao longo da cadeia de abastecimento são pontos-chave no consumo e produção sustentáveis.

Sendo assim, a indústria *pet food* ocupa um local importante no que diz respeito aos debates atuais em sustentabilidade, uma vez que, ao mesmo tempo em que fornecem bens, serviços e empregos, geram impactos socioambientais ao consumirem recursos naturais

(água, energia e outras matérias-primas) para a produção em escala e gerarem resíduos (sólidos, líquidos e gasosos).

Dessa maneira, os impactos associados aos produtos são motivo da crescente conscientização quanto à importância da proteção ambiental, tanto na sua fabricação, quanto no consumo. Esta conscientização tem aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e lidar com esses impactos.

Visto esta necessidade, surgiu nos EUA uma das técnicas em que o principal objetivo é a avaliação do ciclo de vida, a ACV (KLOPFER, 1997), uma ferramenta baseada nas normas ISO 14.040:2009 (ABNT, 2009a) e ISO 14.044:2009 (ABNT, 2009b) que é utilizada para avaliar os efeitos ambientais de um produto, processo ou atividade ao longo de seu ciclo de vida ou vida útil (CHEHEBE, 1998).

A ACV de alimentos para cães e gatos é altamente complexa, considerando a variedade de matérias-primas, tecnologias de fabricação e opções de embalagem que existem hoje (ACUFF et al., 2021). Apesar de suas complexidades, em 2018 a Comissão Europeia adotou o *Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR)* como um modelo padronizado para o cálculo dos impactos ambientais para o ciclo de vida completo de alimentos para animais de estimação preparados para cachorros e gatos que serviu como base para realização deste estudo.

Tendo isto em vista, o objetivo principal deste estudo foi caracterizar os impactos ambientais envolvidos na produção de alimentos secos extrusados e alimentos processados com ingredientes *in natura* para animais de companhia. Este estudo poderá ajudar a explorar possíveis formas de mitigação e fortalecerão os debates sobre o uso sustentável dos recursos da agricultura que devem ser estendidos para os animais de companhia, não só pela sua fundamental importância ao meio ambiente, mas também por ser cada vez mais uma exigência e constante preocupação do mercado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Seguindo as recomendações da Norma ISO 14040, o estudo da ACV foi dividido em quatro etapas: definição do objetivo e escopo; análise do inventário; avaliação de impacto; e interpretação dos dados e resultados. Além disso, este estudo seguiu as recomendações da Federação Europeia da Indústria de *Pet food* (FEDIAF), que em 2018 desenvolveu o manual *Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR)*, um conjunto de instruções

detalhadas sobre como calcular e avaliar os impactos ambientais relevantes dos alimentos preparados para cães e gatos a partir da avaliação de seu ciclo de vida.

Neste estudo, caracterizaram-se os impactos ambientais, por meio de uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), de dois alimentos secos extrusados e um alimento caseiro, todos destinados a cães adultos em manutenção. Os alimentos foram formulados a partir de um estudo da composição de produtos do mercado brasileiro de *pet food*, de empresas representativas do setor, para que sua composição nutricional e de ingredientes fosse também representativa. A partir das formulações, procedeu-se às etapas da ACV conforme recomendado pelo Manual de Pegada Ambiental de Alimentos para Animais de Companhia (PEFCR), publicado pelo FEDIAF (2018) e a Norma ISO 14.040:2009 e a ISO 14.044:2009.

2.1 Determinação do objetivo e do escopo (FASE I)

2.1.1 Objetivo

O objetivo da ACV nesse estudo foi caracterizar os impactos ambientais envolvidos na formulação de alimentos secos extrusados e de alimentos processados com ingredientes *in natura* (alimento caseiro) para cães adultos em manutenção e compreender alguns aspectos ambientais envolvidos nessas produções.

2.1.2 Escopo

Os produtos representativos assumidos para esse estudo foram os alimentos completos sendo dois alimentos extrusados e uma dieta caseira para cães, em quantidade suficiente para atender às necessidades energéticas de manutenção de um animal adulto com 10kg de peso corporal. Considerou-se para isto, a quantidade de alimento para atender a necessidade de energia metabolizável diária do animal, com cada um dos produtos. Considerou-se para a análise, todos os impactos na produção e processamento dos ingredientes e dos alimentos, excluindo-se os impactos da embalagem, distribuição e uso do produto. De acordo com as fronteiras do sistema definidas, esta ACV foi considerada “do berço ao portão”.

2.1.2.1 Descrição do produto

- PRODUTOS REPRESENTATIVOS E INFORMAÇÕES GERAIS

No caso dos alimentos secos extrusados, foram formuladas duas dietas, uma simulando uma ração de média densidade nutricional e outra de alta densidade nutricional, caracterizadas, respectivamente, como alimentos da categoria ‘Premium’ e ‘Super premium’, respectivamente.

Para o alimento com utilização de ingredientes *in natura* (alimento caseiro), foi formulada apenas uma dieta.

Esses alimentos foram formulados com o auxílio do software Super Crac pet 1.0 (TD Software, Viçosa, Brasil). Para a formulação, foram considerados os ingredientes mais frequentemente declarados nas embalagens de cada um dos tipos de alimentos representados (secos Premium ou Super premium e dieta caseira). Para isto, o critério de escolha dos ingredientes é explicado a seguir.

- PROCESSO DE ESCOLHA DOS INGREDIENTES PARA FORMULAÇÃO DAS DIETAS

Alimento seco extrusado:

Para modelar os ingredientes utilizados na formulação dos alimentos secos, foram consideradas as formulações comerciais de 11 empresas representativas do setor de alimentos Premium e/ou Superpremium brasileiro (Premier Pet, Adimax Pet, Mars Pet foods, Royal Canin, Affinity Petcare, Nestle-Purina, Special Dog Company, ADM Animal Nutrition, FVO Alimentos, Nutrire Alimentos e VB Alimentos). A classificação dos alimentos como Premium ou Super premium era atribuída pela própria empresa ou classificadas pelo site de busca utilizado. As informações sobre a composição de ingredientes e níveis de garantia dos produtos foram obtidas a partir de um canal de vendas por e-commerce no Brasil (www.petlove.com.br). Foi utilizado ao menos um produto de cada empresa, de acordo com as informações disponíveis na página de pesquisa, por segmento, Premium ou Super premium. A partir do alimento, foram anotados todos os ingredientes declarados no rótulo, no campo composição básica e os níveis de garantia também foram anotados.

Com base nestas informações, procedeu-se a listagem das matérias-primas, por ordem de frequência em que foram declaradas nos rótulos dos alimentos e calculou-se a média dos valores declarados nos níveis de garantia. Para a formulação do alimento representativo de cada categoria (seco Premium e Super premium), utilizou-se os dois ingredientes mais citados como fontes de amido, proteína, gordura e fibra. Para a definição da composição nutricional dos alimentos representativos, utilizou-se a média dos valores declarados no rótulo de cada segmento avaliado. Para fechar as formulações representativas, os nutrientes não contemplados para atender às necessidades de cães adultos em manutenção recomendada pelo FEDIAF

(2018), foram incluídos com o uso de aditivos nutricionais. A formulação completa de cada alimento encontra-se mais adiante.

Alimento caseiro:

As informações de mercado de empresas fabricantes de dietas caseiras são mais difíceis de serem encontradas pela internet, haja visto que é um mercado relativamente novo no país e ainda com empresas de pequeno porte, se comparado ao mercado de alimentos secos extrusados. Para definir as empresas, procedeu-se uma busca por empresas nacionais fabricantes de “alimentação natural”, utilizando a Plataforma Google (www.google.com.br). A partir desta busca foram selecionadas 10 empresas (La Pet Cuisine, Eleven Chimps, A Quinta, Pet Papá, Pegada Natural, Pet Delícia, Los Perros, Papá Pet, Chef Bob e Come Cão) nas quais apresentavam página da web própria e dispunham das informações de composição básica do produto e níveis de garantia. A energia metabolizável (EM) de cada alimento foi calculada de acordo com a natureza do produto, seguindo as recomendações do NRC (2006).

Os procedimentos de formulação do produto representativo nesta categoria seguiram os mesmos critérios estabelecidos para os alimentos secos extrusados.

A seguir, estão detalhadas a lista dos ingredientes classificados para composição dos alimentos (Tabela 1) e também sua composição química e bromatológica (Tabela 2).

Os detalhes dos limites do sistema inclusos e não inclusos estão descritos na Tabela 3 e apresentados nas Fig. 1 e Fig. 2.

Tabela 1. Ingredientes selecionados para formulação dos produtos representativos, secos extrusados Premium e Super premium e dieta caseira.

CATEGORIA DO INGREDIENTE	INGREDIENTE	SUPER PREMIUM	PREMIUM	CASEIRO
PROTEÍNA	Carne bovina acém cozido			X
PROTEÍNA	Farelo de soja 46%		x	
PROTEÍNA	Farinha de glúten de milho 60%	x		
PROTEÍNA	Farinha de vísceras de aves	x	x	
PROTEÍNA	Ovo em pó	x		
PROTEÍNA	Peito de frango cozido			X
CARBOIDRATO	Arroz cozido			X
CARBOIDRATO	Batata doce cozida			X
CARBOIDRATO	Milho grão	x	x	
CARBOIDRATO	Quirera arroz	x	x	
GORDURA	Óleo de girassol			X
GORDURA	Óleo o de frango	x	x	
FIBRA	Cenoura			X
FIBRA	Aveia			X
FIBRA	Fibra de cana	x		
FIBRA	Polpa de beterraba	x	x	
FIBRA	Semente de linhaça		x	
ADITIVOS	Antifúngico	x	x	
ADITIVOS	Antioxidante bht	x	x	
ADITIVOS	Carbonato de cálcio			X
ADITIVOS	Fosfato bicalcico	x	x	
ADITIVOS	Palatabilizante líquido	x	x	
ADITIVOS	Premix cães	x	x	

Tabela 2. Composição química e bromatológica das dietas.

% COMPOSIÇÃO			
	PREMIUM	SUPER PREMIUM	CASEIRO
MS	90,6	91,75	33,39
PB	22,3	25	9
EE	10,3	14,7	3,7
MM	4,82	4,6	0,59
MF	3	3,1	1,1
MO	89,84	91,32	32,47
ENN	47,6	44,35	18,68
EB	4.419,68	4.752,25	1.684,90
Ca	1,08	1,12	0,22
P	0,79	0,8	0,17
EM	3409,57	3.844,44	1340,56

MS: Matéria seca; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo; MM: Matéria mineral; MF: Matéria fibrosa; MO: Matéria orgânica; ENN: Extrativo não nitrogenado; EB: Energia bruta; Ca: Cálcio; P: Fósforo; EM: Energia metabolizável.

- TRANSPORTE:

O transporte foi calculado usando uma distância média percorrida dos fornecedores de matérias-primas até a fábrica de *pet food*, considerando uma fábrica localizada em Santa Cruz do Rio Pardo – SP, Brasil, de acordo com os dados levantados por Costa (2022), com ano de referência 2019-2020. No caso do alimento caseiro, considerou-se a distância média percorrida dentre a região do país, com a sua respectiva produção em relação ao total pelo país, até Maringá- PR, uma vez que a maior parte dos produtos foram adquiridos de supermercados da região e não tinham suas procedências declaradas.

Para representar os fretes utilizados, os processos “Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RoW}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5” e “Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro5 {RoW}| market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | APOS, U” foram selecionados nos bancos de dados. Esses processos compõem as emissões e encargos ambientais relacionados aos caminhões (até 32 ton ou maiores que 32 ton).

2.1.3 Unidade funcional (UF) e Fluxo de referência (FR)

$$\text{Transporte} = (\text{carga média transportada}) * (\text{distância média ponderada})$$

A UF foi baseada na quantidade de energia metabolizável do produto, para atender a ingestão diária (kcal/dia) recomendada para cães em manutenção pesando 10kg, conforme recomendação do FEDIAF (2018) para cães adultos jovens e ativos de acordo com a equação abaixo:

$$NEM \text{ (kcal. d)} = 110 * \text{peso}0,75$$

O FR foi considerado a quantidade de alimento necessária para atender a UF, considerando para isto a NEM do animal (kcal/dia) foi dividida pela EM do alimento (kcal/g) para se obter a quantidade de alimento em gramas/dia.

Desta forma, o cálculo para se chegar a quantidade diária de alimento encontra-se abaixo, seguida pelos valores na tabela 3:

$$\text{Quantidade Diária (g. d)} = NEM \div EM$$

Tabela 3. Quantidade de alimento necessária de acordo com cada tipo de alimento.

TIPO DE ALIMENTO	QUANTIDADE DE ALIMENTO NECESSÁRIA (g/dia)
PREMIUM	160,9
SUPER PREMIUM	181,42
CASEIRO	463,62

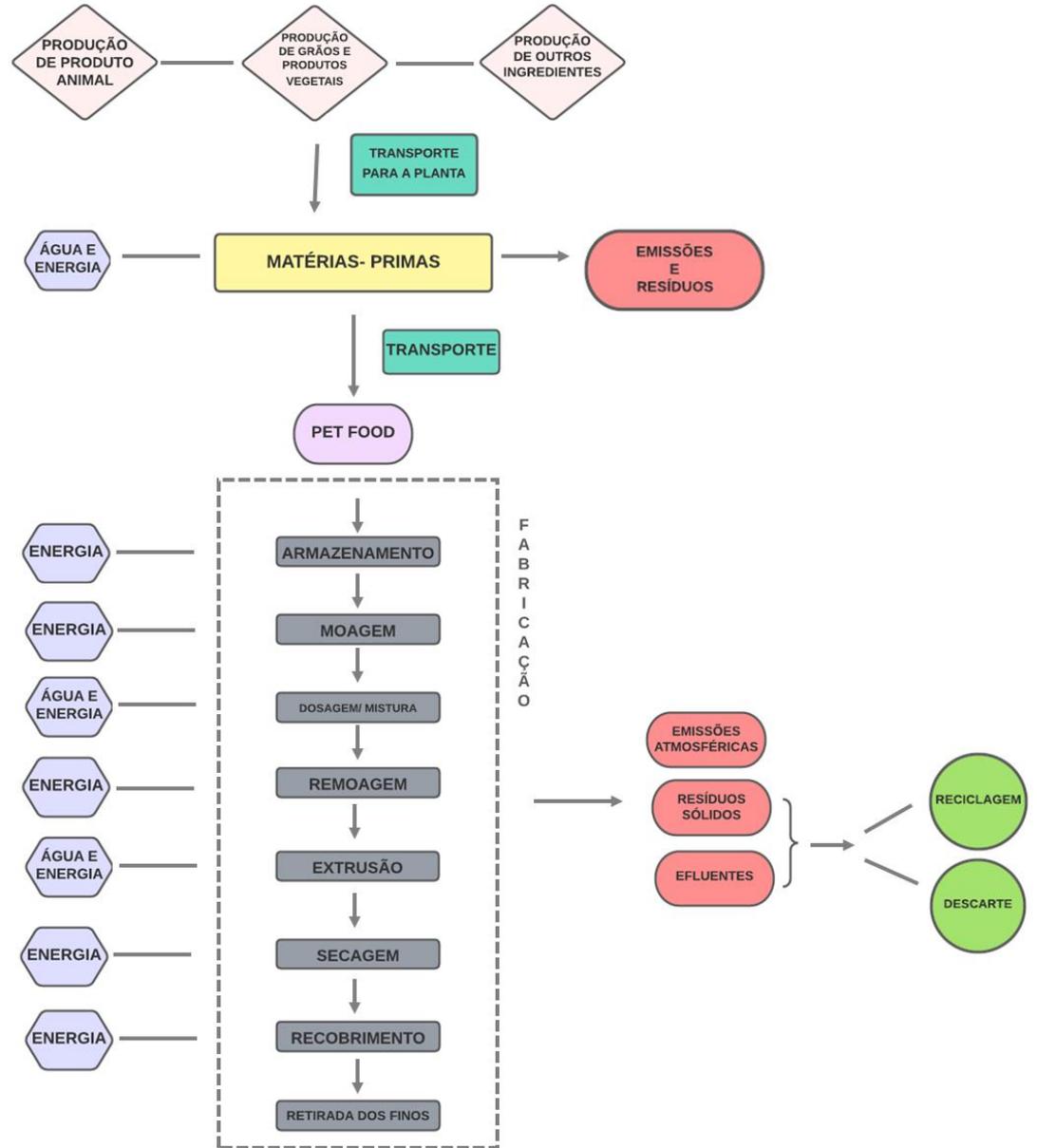
2.1.4 Limites do sistema

Os limites do sistema incluíram o ciclo de vida em *pet food* nas etapas de formulação e fabricação, considerando todos os insumos e emissões diretos e indiretos decorrentes desses processos conforme sugerido pelo PEFCR (2018) para avaliações em *pet food*. Não foram incluídas as etapas de embalagem e distribuição detalhadas nas Figuras 1 e 2 e na Tabela 4.

- LIMITAÇÕES DO ESTUDO:

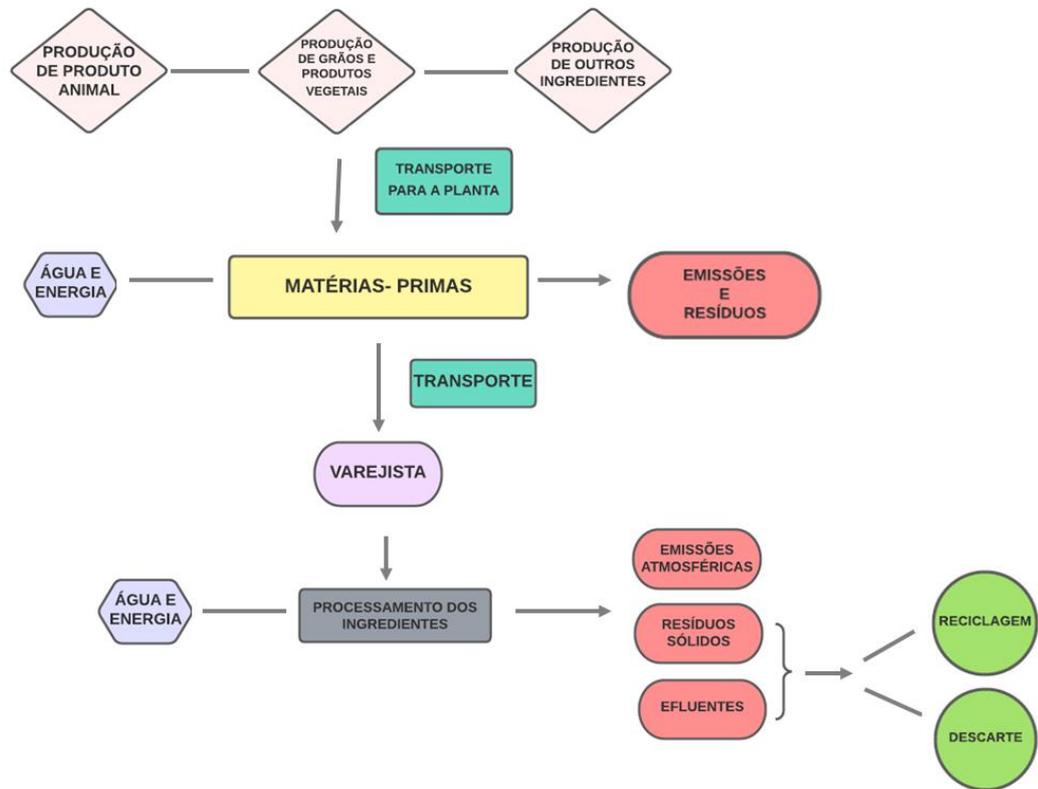
O PEFCR (2018) sugere a não inclusão das avaliações das categorias de impacto Uso da Terra (UT) e Uso de água (UA) devido à uma limitação na disponibilidade de dados.

Figura 1. Fluxograma da produção dos alimentos secos extrusados.



Fonte: Adaptado de Costa (2022) e PEFCR (2018).

Figura 2. Fluxograma do processo de produção do alimento caseiro.



Fonte: Adaptado de Costa (2022) e PEFCR (2018).

Tabela 4. Descrição das etapas de produção dos alimentos.

ETAPAS	DETALHES
Etapas e processos incluídos	
Extração das matérias-primas, processamento ou abate e transporte das fontes que compõem os produtos.	Embora essas fases não sejam executadas no local do fabricante de alimentos para animais de companhia, sua avaliação ambiental foi levada em consideração por meio das bases de dados, por meio de dados secundários disponíveis.
Fabricação em <i>pet food</i>	Incluindo a energia térmica e elétrica usadas, utilização da água, atividades de transformação do produto, transporte e tratamento dos resíduos de fabricação.
Resíduos de fabricação	Incluindo disposição final de resíduos (classe I, classe II), recicláveis, efluentes líquidos e água.
Processos e etapas excluídos	
Fabricação da embalagem	Incluindo materiais de embalagem, processamento e transporte para fábrica.
Distribuição	Incluindo o transporte do produto acabado até os pontos de vendas.
Etapa de uso do produto	Devido à escassez de dados.
Etapa de ‘pós uso’ do produto	Devido à escassez de dados.
Instalações e equipamentos não foram considerados	Devido à escassez de dados e baixa relevância (PEFCR, 2018).
Entradas de premix (com exceção do conservante)	Devido à escassez de dados e baixa relevância (representam apenas 2% das entradas no produto acabado).

Fonte: Adaptado de Costa (2022).

2.1.5 Modelagem dos dados

Todos os ingredientes utilizados para a formulação do produto foram modelados, usando o valor reportado da base de dados Ecoivent 3.7.1 e Agri-footprint 5.0, em seguida, adaptando-se dados de rendimento, transporte e entradas de materiais e a matriz energética conforme a realidade brasileira.

Os conjuntos de dados foram escolhidos, levando-se em consideração a localização do estudo (Brasil); quando os dados brasileiros não estivessem disponíveis, foram usados os dados

relativos à área mais semelhante do ponto de vista geográfico, tecnológico e climático ou a média de uma região mais ampla (por exemplo, os dados globais).

- PROCEDIMENTO PARA MODELAGEM DOS DADOS PRIMÁRIOS.

Foram considerados dados primários aqueles coletados do processo produtivo dos três alimentos, considerando a quantidade de ingrediente usado, as perdas de processo, o consumo de água, energia elétrica e energia térmica. Para a obtenção dos dados primários dos alimentos secos extrusados, foram utilizados dados fornecidos por uma empresa nacional do ramo *pet food*, conforme explicado acima, referentes aos anos de 2019-2020. Estes dados foram provenientes do estudo de Costa (2022).

Para obtenção dos dados primários do alimento caseiro, a dieta foi reproduzida *in home* dez vezes, contabilizando consumo de energia térmica à gás, utilização de água durante o processo de produção da dieta e perdas durante o processo, como vapor dispendido durante o cozimento dos alimentos e quantidade de resíduos gerados e, posteriormente, foram calculadas as médias desses resultados.

Para o cálculo gasto de gás/min, foi utilizado dados da literatura que calculam que o consumo médio por boca de um fogão convencional, utilizado em ambientes domésticos em estados baixa chama (como foi utilizado neste estudo), consome 0,200 kg de gás GLP por hora de uso (LIQUIGÁS, 2008).

Tabela 5. Descrição da produção in home do alimento caseiro.

INGREDIENTES	MÉTODO DE PREPARO
Arroz	Foi pesado 100g de arroz e cozinhado em uma panela de 1L de volume medido com o auxílio de um copo medidor de 500ml de volume e em seguida foi adicionado o dobro de água (200ml) e levado ao fogo baixo na boca de 6cm de diâmetro. Após o cozimento, a quantidade de arroz foi pesada e o tempo utilizado para o cozimento completo do arroz foi anotado. Devido o arroz só completar seu cozimento após a secagem total da água, não havia água suficiente para medições e posterior anotações.
Legumes (Batata doce e cenoura)	Foram pesados 100g de cada tipo de legume (batata doce e cenoura) com casca e em seguida descascados e pesados novamente. Depois os legumes foram cozidos em uma panela de 1L de volume medido em com o auxílio de um copo medidor de 500ml de volume , em seguida, foi adicionado o dobro de água (200ml) e levado ao fogo baixo na boca de 6 cm de diâmetro. Após o cozimento as quantidades dos legumes foram pesadas e o tempo utilizado para o cozimento completo dos legumes foi anotado, bem como a quantidade de água que sobrou após o procedimento. Devido os legumes só completarem seu cozimento após a secagem total da água, não havia água suficiente para medições e posterior anotações.
Carnes (Acém bovino e peito de frango)	Foram pesados 100g de cada tipo carne (acém bovino e peito de frango) e colocados em panela de pressão de 4,5L de volume com 500ml de água em fogo baixo com boca de 6cm de diâmetro. As carnes foram cozidas por 10 minutos seguido da pressão e após o cozimento as mesmas foram pesadas para posteriores anotações, bem como a quantidade de água que sobrou.

Para modelar os *datasets* de conservante e palatilizante, foram utilizados produtos de referências recomendados pelo PEFECR (2018). Representando o conservante, foi utilizado o *dataset* de “vitamina C” (Ascorbic acid {RoW}| ascorbic acid production | APOS, U) e para

representar o palatilizante, foi utilizado o *dataset* “levedura” (Protein feed, 100% crude {GLO}| fodder yeast to generic market for protein feed | APOS, U).

Devido à falta de dados de mercado e ausência de base de dados específica, a modelagem do ingrediente sorgo, extrapolou-se o *dataset* do milho grão [Maize grain {BR}| market for maize grain | APOS, U], justifica-se pela semelhança da cultura do sorgo com a do milho grão em realidades brasileiras.

- PROCEDIMENTOS DE ALOCAÇÃO.

Alimentos secos e extrusados:

Para os ingredientes de origem animal, recomenda-se a aplicação dos procedimentos de alocação econômica (Alexander et al., 2020; FEDIAF, 2018), uma vez que permite a atribuição dos ônus ambientais na proporção do incentivo financeiro que os originou e evita que os cálculos dos impactos sejam subestimados (ao atribuir impacto nulo) ou superestimados (ao considerar uma alocação por massa).

Desta forma, os dados de rendimentos da farinha de origem animal e gordura foram obtidos a partir do relatório anual da Associação Brasileira de Reciclagem Animal (ABRA, 2020). As cotações de mercado destes coprodutos, para a realização dos procedimentos de alocação econômica foram obtidos de sítio da internet especializado em commodities (ABOISSA, Santa Cecília, Brasil) e os dados de consumo industrial de energia térmica e elétrica foram adaptados de Campos et al. (2020). Para a farinha de vísceras animal (FVA) e a etapa da produção dos bovinos e frangos até o abatedouro, foram adaptados *datasets* para a produção brasileira, somado àqueles descritos por Prudêncio et al. (2014) para as produções de ração para frangos.

Alimento caseiro:

Para o alimento caseiro, foram utilizados cortes de carne de consumo humano. Da mesma forma que as farinhas de origem animal, estes ingredientes foram alocados de forma econômica, a partir dos dados de rendimento de coprodutos de frigorífico de bovinos e aves e considerando seus preços de mercado, obtidos a partir de sites (<https://abra.ind.br/> e <https://www.aboissa.com.br/en/>).

Os dados utilizados para os procedimentos de alocação econômica estão resumidos na Tabela 6.

Tabela 6. Procedimentos de alocação econômica e de massa das farinhas e gorduras de origem animal.

	FCO¹	FVA²	GORDURA AVES	CARNE BOVINA	CARNE FRANGO
%coprodutos	55	22	22	62	72
%rendimento	11	3,96	2,42	100	100
preço	2,5	4,45	6,35	22	8,1
%alocação de massa	11	4	2	62	72
%alocação econômica	3	2,77	2,42	94,75	92,3

FCO¹: farinha de carne e ossos; ²FVA: farinha de vísceras de aves. Dados retirados dos relatórios: ABOISSA (2021) e ABRA (2019).

Fonte: Adaptado de Costa (2022).

2.1.6 Categorias de impactos

As categorias de impacto são a classe representativa das questões ambientais relevantes, às quais os resultados da análise do inventário podem ser associados. Foram selecionadas todas as categorias de impacto ambiental incluídas no método EF 3.0 v1.00 (PRé Consultants, 2020): Mudanças Climáticas (MC); Destruição da Camada de Ozônio (DCO); Radiação ionizante (RI); Oxidação fotoquímica (OF); Material Particulado (MP); Toxicidade humana, cancerígena (TH, cânc.); Toxicidade humana, não-cancerígena (TH, não-cânc.); Acidificação (AC); Eutrofização de Água Doce (EAD); Eutrofização Marinha (EM); Eutrofização Terrestre (ET); Ecotoxicidade de Água Doce (ECOAD); Uso de Recursos Fósseis (URF); e Uso de Recursos Minerais e Metais (URMM).

2.1.7 Requisitos da qualidade dos dados iniciais

Os dados foram coletados, calculados e relatados, conforme os critérios de pontuação da Comissão Europeia (2018) e também foram utilizadas as bases de dados da ACV recomendadas pelo PEFCR (2018). Os dados foram estimados, a partir do banco de dados do software SimaPro 7.3.0.

- MATRIZ DE QUALIDADE DOS DADOS (MATRIZ PEDIGREE)

A matriz Pedigree permite converter informações qualitativas de qualidade de dados em valores quantitativos de variância, a partir de 5 indicadores: confiabilidade; completeza; e correlação temporal, geográfica e tecnológica (WEIDEMA; WESNAES, 1996).

- ✓ Período de tempo coberto (ano de coleta do dado);
- ✓ Área geográfica coberta (região do planeta pertencente ao dado);
- ✓ Tecnologia utilizada (nível tecnológico do processo em que fora coletado o dado, p.ex.: especificação técnica do maquinário);
- ✓ Precisão, completeza e representatividade dos dados (número de pontos coletados, número de amostras em cada ponto e seu período de coleta) (NBR ISO 14040, 2001):

- ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS DADOS

De acordo com Costa e Azevedo (1996) o método de Monte Carlo é uma técnica de amostragem artificial empregada para operar numericamente sistemas complexos que tenham componentes aleatórios.

As bases para a aplicação da Simulação de Monte Carlo no cálculo da incerteza consistem em selecionar, aleatoriamente, um número de uma distribuição de possíveis valores, para uma grandeza de entrada, e repetir o procedimento para as outras grandezas de entrada. Cada valor obtido aleatoriamente é considerado no modelo matemático da medição e um resultado é, então, obtido para a grandeza de saída. Este passo é repetido n vezes, de forma independente, a fim de avaliar a função densidade de probabilidade (pdf) do mensurando (BIPM, 2004).

2.1.8 Tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto e interpretação subsequente a ser usada

Os resultados das categorias de impacto e as informações ambientais adicionais foram quantificados por meio do relatório PEFCR (2018), que inclui o inventário completo do ciclo de vida, os resultados caracterizados, normalizados e ponderados em valores absolutos para todas as categorias de impacto e a pontuação única agregada em valores absolutos.

2.2 Análise do inventário (FASE II)

Essa fase trata-se de um inventário dos dados de entrada/saída associados ao sistema em estudo, envolvendo a coleta dos dados necessários para o alcance dos objetivos do estudo em questão (ABNT, 2009a).

Todos os ingredientes utilizados para a formulação do produto foram modelados, considerando as obtenções de ingrediente e processamento dos alimentos, usando o valor reportado da base de dados Ecoivent 3.7.1 e Agri-footprint 5.0, em seguida, adaptando-se dados de rendimento, transporte e entradas de materiais e a matriz energética, conforme a realidade brasileira.

Tabela 7. *Datasets* utilizados no inventário.

INGREDIENTE	DATASET	INGREDIENTE	DATASET	INGREDIENTE	DATASET
PREMIUM		SUPER PREMIUM		CASEIRO	
Farelo de soja	Soybeans, at farm/BR Mass	Fibra de Cana	Bagasse, from sugarcane {BR} market for bagasse, from sugarcane APOS, U	Acém bovino	Cattle for slaughtering, live weight {BR} beef cattle production on pasture and feedlot APOS, U
Farinha de vísceras	Chicken co-product, feed grade, at slaughterhouse (FVA e gordura de aves)/NL Economic [SPDogCarne]	Farinha de vísceras	Chicken co-product, feed grade, at slaughterhouse (FVA e gordura de aves)/NL Economic [SPDogCarne]	Arroz	Rice, at farm/ BR Mass
Fosfato bicálcico	Phosphate rock (32% P2O5, 50% CaO) (NPK 0-32-0), at mine/ RER Mass	Farinha glúten de milho 60%	Maize fibre/bran dewatered, at processing/US Mass	Aveia	Oat husk meal, at processing/NL Mass

Milho grão	Maize grain {BR} market for maize grain APOS, U	Fosfato bicálcico	Phosphate rock (32% P2O5, 50% CaO) (NPK 0-32-0), at mine/ RER Mass	Batata doce	Produção de batata doce [Anna]
Óleo de frango	Chicken co- product, feed grade, at slaughterhous e/NL Economic [SPDogCarne]	Milho grão	Maize grain {BR} market for maize grain APOS, U	Carbonato de cálcio	Calcium carbonate, precipited {Row} market for calcium carbonate, precipitated/ APÓS, U
Palatabilizante	Protein feed, 100% crude {GLO} fodder yeast to generic market for protein feed APOS, U	Óleo de frango	Chicken co- product, feed grade, at slaughterhouse/ NL Economic [SPDogCarne]	Cenoura	Carrot {RoW} carrot production APOS, U
Polpa de beterraba	Sugar beet pulp dried, at processing/NL Mass	Ovo em pó	Consumption egg, at farm/NL Economic	Fosfato bicálcico	Phosphate rock (32% P2O5, 50% CaO) (NPK 0-32-0), at mine/ RER Mass
Premix	Ascorbic acid {RoW} ascorbic acid production APOS, U	Palatabilizante	Protein feed, 100% crude {GLO} fodder yeast to generic market for protein feed APOS, U	Óleo de girassol	Refined sunflower oil (solvent), at processing/A R Mass
Quirera de arroz	Rice, at farm/ BR Mass	Polpa de beterraba	Sugar beet pulp dried, at processing/NL Mass	Peito de frango	Broiller fattening, at farm/ BR Mass

Semente de linhaça	Linseed seed, at farm {RoW} linseed seed production, at farm APOS, U	Premix	Ascorbic acid {RoW} ascorbic acid production APOS, U	Premix	Ascorbic acid {RoW} ascorbic acid production APOS, U
	Quirera de arroz		Rice, at farm/ BR Mass		

Os conjuntos de dados foram escolhidos, levando em consideração a localização do estudo (Brasil); quando os dados brasileiros não estivessem disponíveis, foram usados os dados relativos à área mais semelhante do ponto de vista geográfico, tecnológico e climático ou a média de uma região mais ampla (por exemplo, os dados globais).

2.3 Avaliação do impacto (FASE III)

A fase de avaliação do impacto da ACV é dirigida à avaliação da significância de impactos ambientais potenciais, usando os resultados da análise de inventário do ciclo de vida. Este processo envolve a associação de dados de inventário com impactos ambientais específicos e a tentativa de compreender estes impactos para conclusões, recomendações e tomada de decisão, de acordo com a definição de objetivo e escopo (ABNT, 2009a).

De acordo com a norma brasileira ISSO 14040 (2009), a fase de avaliação de impacto pode incluir, entre outros, elementos como:

- correlação de dados de inventário por categorias de impacto (classificação);
- modelagem dos dados de inventário, dentro das categorias de impacto (caracterização);
- possível agregação dos resultados em casos muito específicos e somente quando significativos (ponderação).

As categorias de impacto são a classe representativa das questões ambientais relevantes, às quais os resultados da análise do inventário podem ser associados. Foram selecionadas todas as categorias de impacto ambiental incluídas no método EF 3.0 v1.00 com exceção da categoria de Uso de terra e Uso de água (PRé Consultants, 2020).

O método da Pegada Ambiental (EF 3.0 v1.00) foi selecionado por fazer parte da Iniciativa de Pegada Ambiental da União Europeia (PEFCR, 2018), responsável por desenvolver as diretrizes do único manual de ACV disponível para *pet food* que faz parte da metodologia base do presente estudo (PEFCR, 2018).

O método EF 3.0 v1.00 possui abrangência mundial e europeia e fornece análises para categorias de impacto de ponto médio, incluindo fatores de caracterização, normalização e ponderação.

O software SimaPro 9.1.1.1 (PRé Consultants, Holanda) foi utilizado para processar os inventários.

2.4 Interpretação (FASE IV)

Interpretação é a fase da ACV na qual as constatações dos resultados da análise do inventário são combinadas com o objetivo e o escopo definidos, visando alcançar conclusões e recomendações (ABNT, 2009a).

Neste estudo, os dados coletados foram transformados em indicadores de potencial impacto ambiental. Os valores de referência foram utilizados com base na caracterização, ponderação e normalização do PEF CR (2018) para possível caracterização entre categorias de impacto de ambos os alimentos.

Cada *dataset* utilizado na produção do inventário foi submetido aos seis indicadores de qualidade de dados da matriz de qualidade de dados (matriz pedigree), cada indicador recebeu uma avaliação de 1 a 5, sendo que 1 representa o melhor grau de qualidade do indicador e 5 o pior.

Uma análise de incerteza foi realizada para a etapa de formulação, utilizando o modelo de simulação de Montecarlo presente no software. Essa análise utiliza os indicadores de Coeficiente de Variação (CV) ou um indicador normalizado para a dispersão dos resultados no indicador de categoria, executando 1.000 iterações a um nível de significância a 0,05 e com base no método do ponto médio EF 3.0.

3. RESULTADOS

Os dados dos impactos caracterizados e por categoria encontram-se na Tabela 8. Para todas as 14 categorias, os maiores valores foram encontrados para o alimento caseiro. As maiores diferenças encontradas foram para toxicidade humana (cancerígena e não-cancerígena). Em relação aos alimentos extrusados, os alimentos Super premium apresentaram maior impacto em 8 das 14 categorias e os alimentos Premium, em 6 das 14 categorias.

Tabela 8. Caracterização dos Impactos ambientais pelo método EF 3.0 v 1.00 para as formulações dos alimentos Premium, Super premium e Caseiro.

CATEGORIA DE IMPACTO	UNIDADE	PREMIUM	SUPER PREMIUM	CASEIRO
Acidificação	mol H+ eq	3,02E-03	3,98E-03	1,02E-01
Destruição da camada de ozônio	kg CFC11 eq	2,80E-09	2,41E-09	3,66E-08
Ecotoxicidade de água doce	CTUe	7,8728436	7,3659322	89,21538
Eutrofização de água doce	kg P eq	1,68E-05	1,28E-05	1,21E-04
Eutrofização marinha	kg N eq	6,72E-04	7,77E-04	1,63E-02
Eutrofização terrestre	mol N eq	0,0132528	0,017495206	0,4544694
Material particulado	disease inc.	2,43E-08	3,22E-08	8,49E-07
Mudanças climáticas	kg CO2 eq	0,1395019	0,10311158	2,8993876
Oxidação fotoquímica	kg NMVOC eq	0,000199	0,000210149	0,0029879
Radiação ionizante	kBq U-235 eq	0,0009962	0,00121904	0,011947
Toxicidade humana-cancerígena	CTUh	7,33E-11	8,20E-11	1,29E-08
Toxicidade humana-não cancerígena	CTUh	3,35E-09	3,09E-09	1,59E-06
Uso de recurso fósseis	MJ	0,5224572	0,64137718	4,3547801
Uso de recursos minerais e metais	kg Sb eq	1,01E-06	7,47E-07	3,03E-05

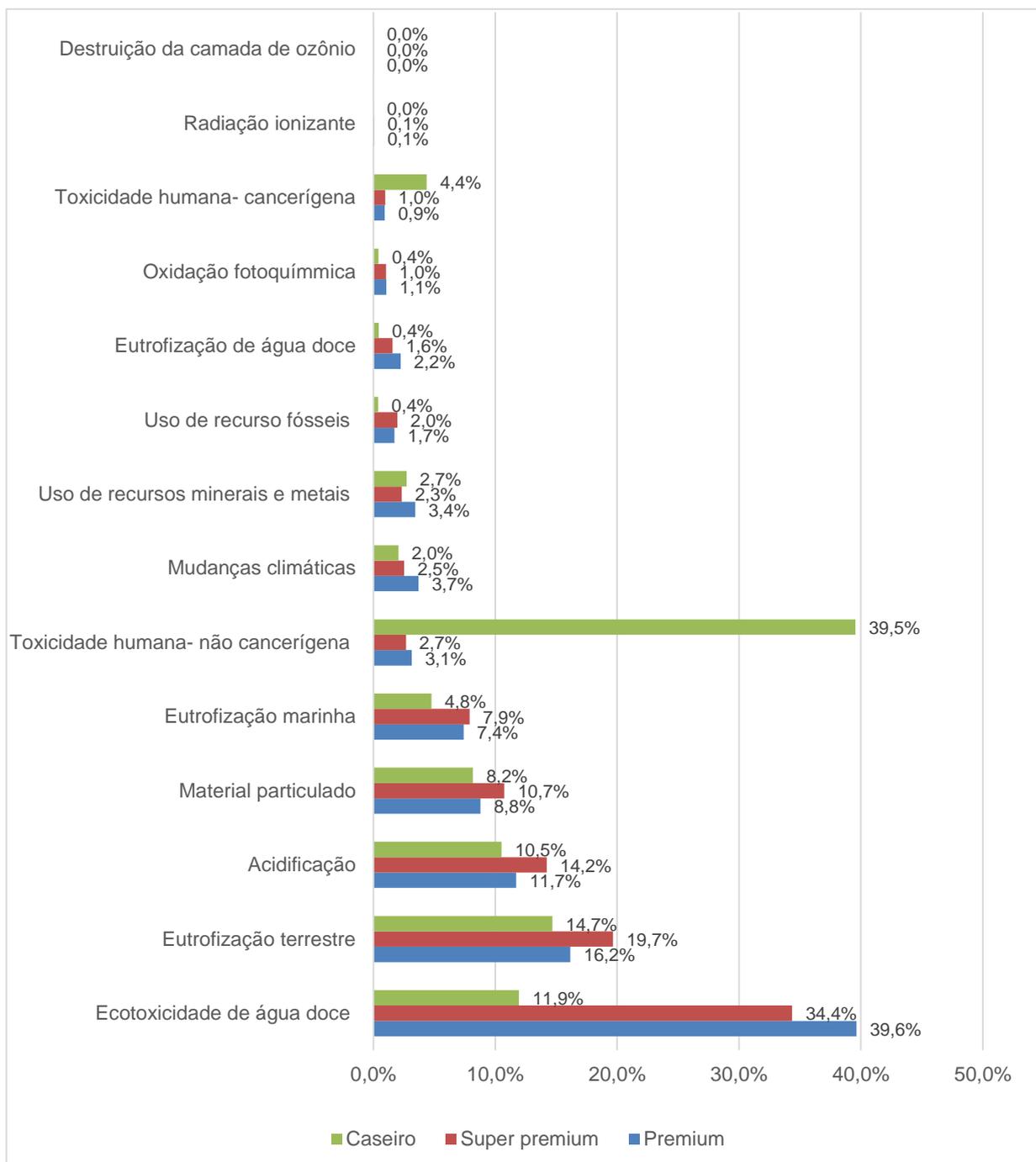
Para a identificação das categorias de impacto mais relevantes em relação aos tipos de alimentos, os dados foram normalizados (Tabela 9). Pode-se verificar que para os alimentos Premium, as principais categorias de impacto foram ecotoxicidade de água doce, eutrofização terrestre e marinha, acidificação e material particulado, que juntas corresponderam a 83,7% do total do impacto para este tipo de alimento. As mesmas categorias foram representativas para os alimentos Super premium, e corresponderam a 86,9% do total do impacto destes produtos. Já para os alimentos caseiros, as principais categorias foram toxicidade humana não-cancerígena, ecotoxicidade de água doce, eutrofização terrestre, acidificação e material

particulado, as quais representaram juntas, 84,8% de todos os impactos deste tipo de formulação. O Gráfico 1 representa estas contribuições percentuais para cada alimento e categoria de impacto.

Tabela 9. Impactos ambientais por categoria, considerando os dados normalizados pelo método EF 3.0 v 1.00 para as formulações dos alimentos Premium, Super premium e Caseiro.

CATEGORIAS	PREMIUM	SUPER PREMIUM	CASEIRA
Acidificação	5,44E-05	7,16E-05	1,84E-03
Destruição da camada de ozônio	5,22E-08	4,50E-08	6,82E-07
Ecotoxicidade de água doce	1,84E-04	1,73E-04	2,09E-03
Eutrofização de água doce	1,04E-05	7,94E-06	7,53E-05
Eutrofização marinha	3,44E-05	3,98E-05	8,33E-04
Eutrofização terrestre	7,50E-05	9,90E-05	2,57E-03
Material particulado	4,08E-05	5,41E-05	1,43E-03
Mudanças climáticas	1,72E-05	1,27E-05	3,58E-04
Oxidação fotoquímica	4,90E-06	5,18E-06	7,36E-05
Radiação ionizante	2,36E-07	2,89E-07	2,83E-06
Toxicidade humana- cancerígena	4,34E-06	4,85E-06	7,65E-04
Toxicidade humana- não cancerígena	1,46E-05	1,35E-05	6,92E-03
Uso de recurso fósseis	8,04E-06	9,86E-06	6,70E-05
Uso de recursos minerais e metais	1,59E-05	1,17E-05	4,77E-04
TOTAL	4,64E-04	5,04E-04	1,75E-02

Gráfico 1. Impactos ambientais por categoria, considerando os dados normalizados pelo método EF 3.0 v 1.00 para as formulações dos alimentos Premium, Super premium e Caseiro.



Para obtenção dos dados referente aos impactos provenientes dos ingredientes, foram analisados os dados caracterizados de cada ingrediente que compõe o alimento para cada uma das cinco maiores categorias de impacto. Esta análise foi realizada para identificar possíveis

melhorias nas formulações, com foco em mitigação dos impactos ambientais provenientes do uso de matérias-primas.

Alimento Premium:

- Ecotoxicidade de água doce

Os três ingredientes que mais contribuíram nessa categoria no alimento Premium foram a quirera de arroz (49,77%), o farelo de soja (26,90%) e o milho grão (11,86%). Esses três ingredientes somam (88,53%) de todo o dano nessa categoria.

- Eutrofização terrestre

Os três ingredientes que mais contribuíram na categoria eutrofização terrestre doce no alimento premium foram a farinha de vísceras (45,47%), o milho grão (23,32%) e a gordura de aves (18,74%). Esses três ingredientes somam (87,53%) de todo o dano nessa categoria.

- Acidificação

Os três ingredientes que mais contribuíram na categoria acidificação no alimento premium foram a farinha de vísceras (44,75%), o milho grão (23,57%) e a gordura de aves (18,44%). Esses três ingredientes somam (86,77%) de todo o dano nessa categoria.

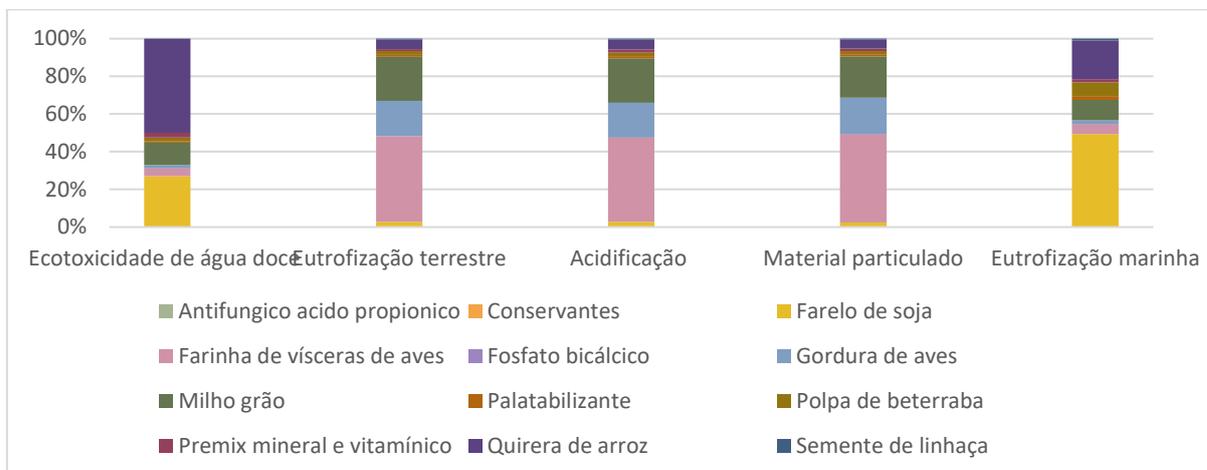
- Material particulado

Os três ingredientes que mais contribuíram na categoria material particulado no alimento premium foram a farinha de vísceras (46,93%), o milho grão (21,79%) e a gordura de aves (19,34%). Esses três ingredientes somam (88,06%) de todo dano nessa categoria.

- Eutrofização marinha

Os três ingredientes que mais contribuíram na categoria eutrofização marinha no alimento premium foram o farelo de soja (49,27%), a quirera de arroz (20,52%) e o milho grão (10,82%). Esses três ingredientes somam (80,61%) de todo dano, nessa categoria.

Gráfico 2. Contribuição de cada ingrediente referente a cada uma das cinco categorias de maior impacto ambiental no alimento premium.



Alimento Super premium:

- Ecotoxicidade de água doce

Os três ingredientes que mais contribuíram na categoria ecotoxicidade de água doce no alimento super-premium foi a quirera de arroz (49,71%), seguido pelo ovo em pó (21,87%) e o milho grão (8,95%). Esses três ingredientes somam (80,53%) de todo dano nessa categoria.

- Eutrofização terrestre

Os três ingredientes que mais contribuíram na categoria eutrofização terrestre no alimento super-premium foi a farinha de vísceras de aves (34,79%), seguido pela gordura de aves (24,31%) e o ovo em pó (19,24%). Esses três ingredientes somam quase 80% (78,34%) de todo dano nessa categoria.

- Acidificação

Os três ingredientes que mais contribuíram na categoria acidificação no alimento super-premium foi a farinha de vísceras de aves (34,33%), seguido pela gordura de aves (23,99%) e o ovo em pó (19,12%). Esses três ingredientes somam quase 80% (77,43%) de todo dano nessa categoria.

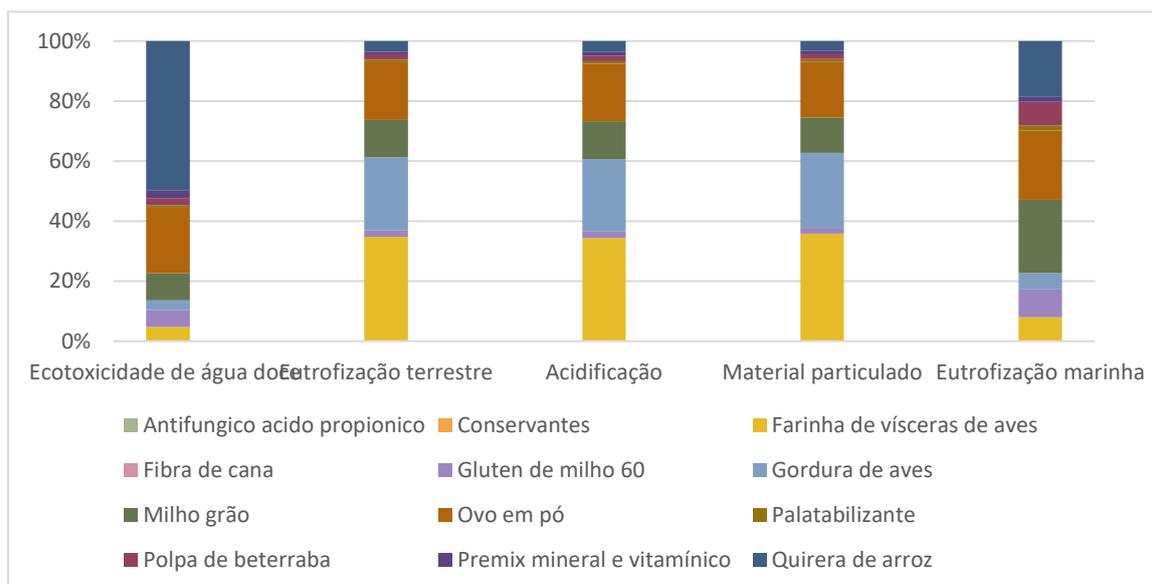
- Material particulado

Os três ingredientes que mais contribuíram na categoria eutrofização terrestre no alimento super-premium foi a farinha de vísceras de aves (35,78%), seguido pela gordura de aves (25,01%) e o ovo em pó (18,78%). Esses três ingredientes somam quase 80% (79,57%) de todo dano nessa categoria.

- Eutrofização marinha

Os três ingredientes que mais contribuíram na categoria eutrofização marinha no alimento super-premium foi o milho grão (24,40%), seguido pelo ovo em pó (23,00%) e a quirera de arroz (18,59%). Esses três ingredientes somam quase 80% (75,19%) de todo dano nessa categoria.

Gráfico 3. Contribuição de cada ingrediente referente a cada uma das cinco categorias de maior impacto ambiental no alimento super premium.



Alimento caseiro:

- Toxicidade humana- não cancerígena

A carne bovina cozida representa (99,13%) de todo dano na categoria toxicidade humana- não cancerígena no alimento caseiro.

- Eutrofização terrestre

A carne de frango cozida representa o ingrediente mais impactante na categoria eutrofização terrestre (92,45%), seguido pela carne bovina cozida (6,60%), somando quase 100% de todo dano (99,05%) no alimento caseiro.

- Ecotoxicidade de água doce

A carne bovina cozida representa (57,78%) dos danos, seguido pela carne de frango cozida (24,51%) somando (82,29%) de todo dano na categoria ecotoxicidade de água doce no alimento caseiro.

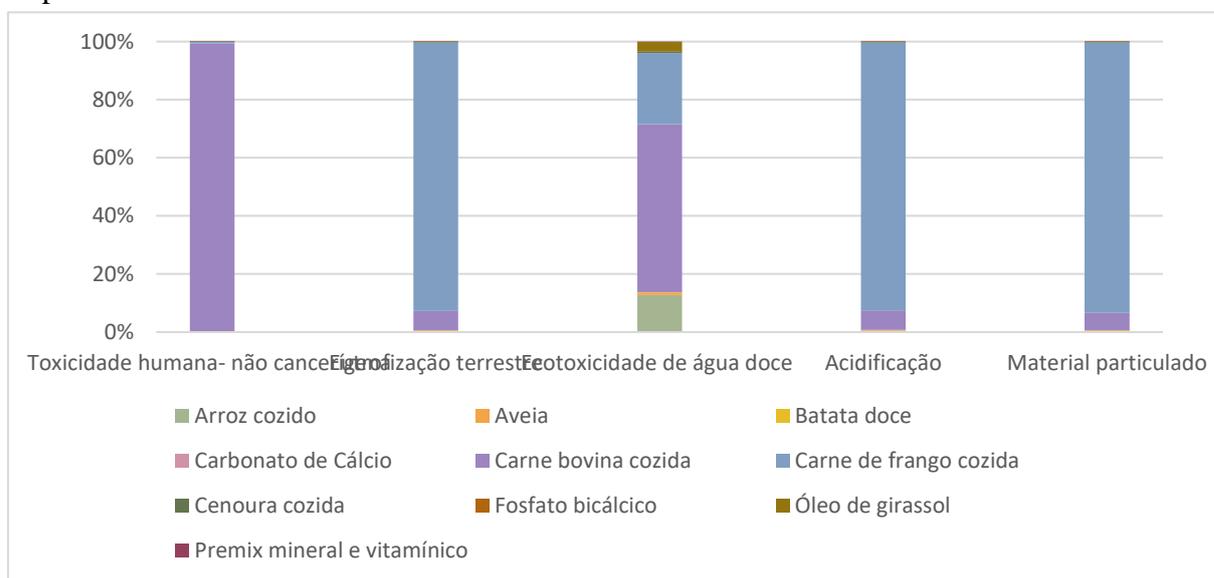
- Acidificação

A carne de frango cozida representa o ingrediente mais impactante na categoria acidificação (92,22%), seguido pela carne bovina cozida (6,76%), somando quase 100% de todo dano (98,98%) no alimento caseiro.

- Material particulado

A carne de frango cozida representa o ingrediente mais impactante na categoria material particulado (93,10%), seguido pela carne bovina cozida (5,93%), somando quase 100% de todo dano (99,03%) no alimento caseiro.

Gráfico 4. Contribuição de cada ingrediente referente a cada uma das cinco categorias de maior impacto ambiental no alimento caseiro.



Estes dados apresentados acima devem ser analisados com cautela, pois na representatividade de cada ingrediente por categoria, a inclusão percentual do ingrediente na formulação tem interferência nos resultados.

4. DISCUSSÃO

Sustentabilidade é a capacidade de atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas necessidades (SWANSON et al.,2013). A sustentabilidade de um sistema alimentar considera fatores como qualidade e quantidade dos alimentos, segurança alimentar, qualidade do trabalho, bem-estar das pessoas envolvidas na produção de alimentos, saúde e nutrição, lucratividade de produtores, fabricantes

e varejistas e o custo dos produtos para os consumidores (SWANSON et al.,2013), envolvendo desta forma aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Os animais de companhia desempenham um papel importante, proporcionando um impacto positivo na saúde emocional e física das pessoas com quem têm contato, e estes laços têm sido fortalecidos nos tempos atuais (SWANSON et al.,2013; OKIN, 2017; ANNAHEIM ET AL., 2018).

Com base na demanda do consumidor e não nas necessidades nutricionais, muitos alimentos comerciais para animais de estimação são formulados para fornecer nutrientes muito além das recomendações mínimas e usam ingredientes que competem diretamente com o consumo por seres humanos (SWANSON et al.,2013; OKIN, 2017). A produção de alimentos caseiros (alimentos contendo carne fresca, grãos integrais, vegetais frescos e geralmente menos coprodutos) por exemplo, está em ascensão devido à crescente crença de que esses alimentos trazem mais benefícios para a saúde dos animais (Carter et al., 2014), embora esta relação ainda não esteja bem elucidada. O resultado pode ser que os proprietários comprem cortes de carne de qualidade superior e outros ingredientes considerados grau “*food*” para alimentar seus animais de companhia (SWANSON et al., 2013). Estas práticas dificultam a maximização da utilização dos alimentos, fazendo com que os resíduos da produção de alimentos para os seres humanos não sejam devidamente utilizados na nutrição de outras espécies animais, e estes resíduos podem ser destinados para utilização menos adequadas, como compostagem, produção de energia, entre outros (MEEKER & MEISINGER, 2015).

Outro ponto de atenção na sustentabilidade do setor *pet food* está relacionado ao consumo em excesso. Na maioria das vezes esses alimentos são consumidos em excesso por animais de estimação, resultando em desperdício de alimentos e um problema epidemiológico que é a obesidade. Desta forma, a estratégia mais simples e efetiva de curto prazo para melhorar a sustentabilidade do setor *pet food* é evitar os excessos (SWANSON et al.,2013).

Esses estudos indicam que os impactos ambientais negativos da produção e consumo de alimentos por animais de companhia são significativos e devem crescer em todo o mundo em um futuro próximo (REIJNDERS & SORET, 2003).

Na criação de cães e gatos, assim como em outras espécies animais, o consumo alimentar é o principal contribuinte para os impactos ambientais. No entanto, suprir adequadamente a energia e nutrientes necessários para a manutenção da saúde dos animais é inevitável, e o que deve ser buscado são estratégias para mitigar os impactos ambientais. Para isto, a seleção de ingredientes com base em seus impactos ambientais, as modificações na composição nutricional da dieta e as melhorias da biodisponibilidade dos nutrientes são os

principais fatores que afetam a sustentabilidade do sistema de alimentos para animais de estimação (SWANSON et al., 2013; PEFCR, 2018).

Uma ferramenta importante para avaliar os impactos ambientais das cadeias produtivas é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), cuja utilização é recomendada pela Norma ISO 14040. A ACV serve como um modelo mundialmente reconhecido para estudar as categorias de impacto associadas a um produto ou processo desde a retirada da natureza das matérias-primas no sistema produtivo, passando por todas as operações industriais e de consumo até a disposição do produto final, quando se encerra sua vida útil, conhecida como análise 'do berço ao túmulo' (ACUFF et al., 2021; ROY et al., 2009). Por meio da ACV, são utilizados diferentes métodos para a quantificação dos impactos ambientais, os quais são categorizados, de acordo com os danos provocados.

O FEDIAF, visando dar suporte a sustentabilidade do Setor *Pet food* na Europa, elaborou o Manual de Pegada Ambiental de Produtos (PEFCR, 2018), no qual recomenda a ACV como ferramenta de avaliação e considera 18 categorias de impacto, das quais oito categorias são consideradas as mais relevantes para alimentos secos industrializados para cães: eutrofização terrestre, acidificação, material particulado, uso de água, mudanças climáticas (total, biogênica e por uso e transformação de terra) e uso de recursos fósseis. Desta forma, este manual serviu como guia para as avaliações realizadas no presente estudo.

Ao considerar os principais contribuintes a partir dos dados normalizados, no presente estudo, para os alimentos secos foram as categorias ecotoxicidade de água doce, eutrofização terrestre e marinha, acidificação e material particulado. Para os alimentos caseiros, foram toxicidade humana não-cancerígena, ecotoxicidade de água doce, eutrofização terrestre, acidificação e material particulado. Desta forma, estas categorias serão discutidas separadamente visando compreender os ingredientes que mais contribuíram nos resultados e possíveis estratégias para modificar os impactos ambientais na produção de *pet food*.

A ecotoxicidade de água doce apresentou importante contribuição nos três tipos de alimentos. Os ecossistemas aquáticos fornecem benefícios essenciais à nossa sociedade global e ao bem-estar humano, como a manutenção da qualidade do habitat, regulação da qualidade da água por meio da degradação da matéria orgânica e remoção de tóxicos e reciclagem de nutrientes (UNEP, 2017). Apesar desses benefícios, os ecossistemas de água doce enfrentam pressões cada vez maiores das atividades humanas, como a poluição por produtos químicos emitidos ao longo do ciclo de vida do produto (ALMROTH et al. 2022), que interferem na diversidade de espécies e nas funções do ecossistema que dependem delas (AWUAH et al., 2020).

Essa pressão ocorre principalmente por meio da interferência na estrutura do ecossistema (ou seja, abundância de espécies e composição do conjunto de espécies), sendo resultado de uma variedade de diferentes mecanismos toxicológicos causados pela liberação de substâncias com efeito direto na saúde do ecossistema (PEFCR, 2018). Certas práticas agrícolas, como o uso excessivo e inadequado de agrotóxicos, a destruição da vegetação e a não preservação das matas ciliares são responsáveis por grande parte dos problemas com os recursos hídricos (ROSA, 1998). Dependendo das características físico-químicas, o resíduo do agrotóxico, uma vez na água, pode se depositar no sedimento do fundo ou ser absorvido por seres vivos (SILVA;SANTOS, 2007).

Por não serem completamente seletivos, os agrotóxicos afetam espécies não-alvo que estão presentes no ambiente. Quando são aplicados na lavoura, por exemplo, parte desses compostos atingirá seu objetivo, enquanto o restante poderá atingir organismos aquáticos e terrestres que não são alvos de controle. Esses produtos químicos podem causar efeitos adversos como a redução do número de espécies, alteração na reprodução, alteração comportamental e magnificação biológica (WARE, 1980). Neste estudo, os dados foram normalizados e os impactos diários de um cão de 10kg foram extrapolados para um ano, visando ter um resultado relativo em relação a um indivíduo adulto europeu, o qual é usado na normalização dos dados pelo método de avaliação de impacto adotado neste estudo. Esta análise relativa foi apenas no sentido de entender a proporção do impacto de um cão de porte médio em relação a um ser humano, dentro da mesma categoria.

Para a ecotoxicidade de água doce, os impactos relativos dos alimentos Premium, Super premium e Caseiro foram, respectivamente, de 6,72%, 6,71% e 76,29% em relação ao impacto ambiental médio produzido por um cidadão europeu durante um ano.

Outras duas categorias relevantes, neste estudo, foram a eutrofização terrestre e marinha. Os aumentos antropogênicos nas entradas de nitrogênio e fósforo nos ecossistemas terrestres e aquáticos levaram ao aumento da eutrofização, a ocorrência de mudanças nos ecossistemas, devido ao excesso de oferta de nutrientes. Corpos de água eutróficos exibem mudanças na composição de espécies que geralmente incluem proliferação de algas e esgotamento de oxigênio, no geral águas doces são limitadas em fósforo e os sistemas terrestres é limitado em nitrogênio (PEFCR, 2018; RAIJMAKERS, 2020). A eutrofização terrestre leva a uma infinidade de efeitos nocivos, incluindo reduções na biodiversidade (STEVENS et al. 2010, SIMKIN et al. 2016), aumento escoamento de nutrientes para cursos de água (STETS et al. 2015), aumento de nitrato nas águas subterrâneas (NOLAN & STONER, 2000), aumento da poluição do ar (EPA, 2010), acidez do solo (SULLIVAN et al. 2013) e alterações nos programas

globais de carbono (PINDER et al., 2012). Cada um desses efeitos, podem impactar os serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano (COMPTON et al. 2011). Além disso, se tipos comuns de vegetação temperada como pântanos estiverem com quantidades exageradas de N, algumas espécies começam a dominar, reduzindo a biodiversidade ao longo da cadeia alimentar, principalmente de insetos e aves (RAIJMAKERS, 2020).

A eutrofização marinha considera os impactos relacionados ao excesso de nutrientes (principalmente nitrogênio) liberados nos oceanos/mares principalmente de detergentes em águas residuais e fertilizantes agrícolas, que podem causar um aumento do crescimento acelerado de algas na coluna de água e formas superiores de plantas que vivem no fundo do mar (PEFCR, 2018). A eutrofização marinha pode resultar em uma série de distúrbios indesejáveis no ecossistema, incluindo uma mudança na composição da flora e da fauna que afeta os habitats e a biodiversidade, e o esgotamento do oxigênio e morte de peixes e outras espécies (OSPAR, 2003)

Os aspectos mais mediados da eutrofização marinha são a acumulação em massa de macroalgas verdes nas praias (as chamadas “marés verdes”) ou nas lagoas, bem como as intensas proliferações de algumas espécies fitoplanctônicas nos mares costeiros (as chamadas “águas coloridas”). No entanto, mortes maciças de peixes e fauna bentônica também revelaram os efeitos deletérios da anóxia invisível das águas de fundo, levando a “zonas mortas” esporádicas ou permanentes em mais e mais lugares (DIAZ & ROSENBERG, 2008).

No presente estudo, os impactos normalizados do cão de 10kg alimentado com os alimentos Premium, Super premium e Caseiro foram, respectivamente de 2,74%, 3,61% e 93,81% em relação a eutrofização terrestre média produzida por um cidadão europeu durante um ano. Já para a eutrofização marinha, os valores foram de 1,26%, 1,45% e 30,40%, respectivamente, para os alimentos Premium, Super premium e Caseiro.

Em ciências naturais, a palavra acidificação refere-se ao aumento do conteúdo ácido em ecossistemas terrestres e aquáticos. O excesso de acidez em um ecossistema pode eliminar bactérias, algas e outros microrganismos necessários para a manutenção do equilíbrio ecológico. A acidificação dos oceanos é um problema crescente que ameaça tanto as espécies que vivem na água quanto as comunidades humanas que dependem do oceano para alimentação e subsistência. Da mesma forma, a acidificação terrestre apresenta sérios riscos à saúde de humanos e espécies de plantas (PATEL et al., 2021). A acidificação aborda os impactos causados por substâncias acidificantes no meio ambiente. As emissões de NO_x, NH₃ e SO_x levam à liberação de íons de hidrogênio (H⁺) quando os gases são mineralizados. Os prótons contribuem para a acidificação do solo e da água quando são liberados em áreas onde a

capacidade de tamponamento é baixa, resultando em declínio florestal e acidificação de lagos (PEFCR, 2018). Os processos de acidificação ocorrem naturalmente na terra e no oceano. No entanto, os contribuintes mais importantes para a acidificação são as atividades antrópicas, como por exemplo a combustão de combustíveis fósseis em motores de combustão interna na indústria (PATEL, 2021). Para acidificação o impacto do alimento Premium, Super premium e Caseiro correspondeu, respectivamente, à 1,99%, 2,61% e 67,16% em relação a acidificação média produzida por um cidadão europeu durante um ano.

Sob a denominação geral de material particulado se encontra um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de combustível (lareiras, aquecedores e caldeiras), queima de biomassa e suspensão de poeira do solo (CETESB, 2021). O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar que causam danos ambientais e risco à saúde (CETESB, 2021; PEFCR, 2018). Tecnicamente, a poluição do ar, especialmente em ambientes urbanos, tem sido associada ao agravamento de doenças, cardiovasculares, respiratórias e neurológicas. No caso do material particulado, ao serem inaladas, as partículas são depositadas em diferentes regiões do trato respiratório (BRITO et al., 2018). Neste estudo, um cão de 10kg alimentando-se de quantidades suficientes para atender as necessidades energéticas em manutenção durante um ano produz um impacto de material particulado causados pelas produções dos alimentos premium, super premium e caseiro, respectivamente, de 1,49%, 1,97% e 52,20% em relação ao impacto ambiental médio produzido por um cidadão europeu durante um ano.

A categoria toxicidade humana não-cancerígena foi relevante apenas para a dieta caseira. A toxicidade humana considera os efeitos adversos à saúde dos seres humanos causados pela ingestão de substâncias tóxicas por inalação de ar, ingestão de alimentos/água, penetração através da pele, na medida em que estão relacionados a efeitos não cancerígenos que não são causados por material particulado/inorgânicos respiratórios ou radiação ionizante (PEFCR, 2018).

O uso de agrotóxicos na agricultura brasileira faz parte de um problema de saúde pública, devido à sua toxicidade ao meio ambiente e ao homem. Os agrotóxicos têm como objetivo eliminar, prevenir ou mitigar pragas por meio de seus componentes ativos, entretanto,

as substâncias consideradas inertes e que fazem parte de sua formulação como estabilizantes, dispersantes e conservantes não são totalmente livres de ação tóxica refletindo na saúde dos humanos, agredindo principalmente, as vias dérmica/cutânea, inalatória, ocular, respiratória e digestiva (CAMARGO, 2018).

Os trabalhadores agrícolas, em especial, estão exposto a vários tipos de agrotóxicos prejudiciais à saúde e estão sujeitos, tanto à danos agudos quanto crônicos. A elevada prevalência de quadros de intoxicação pelos agrotóxicos é refletida pelo uso inadequado dessas substâncias, a alta toxicidade de certos produtos, a falta de utilização de equipamentos de proteção e a precariedade dos mecanismos de vigilância (KÖRBES, 2010). Esse quadro é agravado pelo baixo nível socioeconômico e cultural da grande maioria desses trabalhadores (OLIVEIRA et al., 2001). Neste estudo, os impactos de toxicidade humana não-cancerígena estimado para um cão de 10kg foram de 252,58% em relação ao impacto ambiental médio produzido por um cidadão europeu durante um ano.

Em geral, foi possível verificar que os danos relativos dos alimentos extrusados, independente da qualidade Premium ou Super premium, nas cinco categorias mais relevantes, foram muito baixos, demonstrando o importante papel do *pet food* ao utilizar coprodutos da alimentação humana como ingredientes nas formulações, tais como farinha de vísceras de aves, glúten de milho, farelo de soja, gordura de frango e quirera de arroz. Estes ingredientes contribuem com a chamada ecologia industrial, na qual os resíduos de uma etapa de produção servem como fontes de nutrientes para a etapa seguinte, minimizando desperdícios e resíduos ambientais, além de atribuírem um uso nobre para estas matérias-primas. Por outro lado, ao se empregar ingredientes grau “*food*” nas dietas caseiras, estes impactos foram, em geral, acima de 50% daqueles estimados pelos seres humanos, considerando um cidadão europeu. Com estes resultados, é importante dar especial atenção a estas formulações, visando mitigar os impactos com ingredientes alternativos como, por exemplo, fontes mais sustentáveis e evitando-se excessos nutricionais.

Comparando nossos resultados para alimentos secos com os resultados obtidos pelo manual PEFCR realizados também para alimentos secos, conseguimos considerar que as categorias acidificação e material particulado possuíram resultados muito próximos em ambos os alimentos, sendo o do PEFCR $3.45E-03$ para acidificação e $3.23E-08$ para material particulado, o alimento premium com $2,23E-03$ e $1,80E-08$ (respectivamente) e o alimento super premium com $2,95E-03$ e $2,38E-08$ (respectivamente). Para a categoria eutrofização terrestre, o alimento super premium também apresentou semelhanças, sendo o resultado do PEFCR $1.50E-02$ e o alimento premium analisado com $1,29E-02$.

Apesar das semelhanças dos resultados do presente estudo com aqueles estimados pelo PEFCR (2018), a categoria mudanças climáticas não foi incluída dentre as cinco principais categorias no presente estudo, pois ao normalizar-se os dados, esta categoria correspondeu a menos de 5% de todo o impacto considerado para os três tipos de alimento. Apesar do PEFCR (2018) considerar esta categoria como relevante, ao analisar os dados normalizados pela entidade, para o produto de referência, este também não está entre as cinco categorias mais relevantes, correspondendo a 8,6% dos impactos totais do produto seco extrusado para cães.

Dentre os ingredientes, independentemente do tipo de alimento analisado, é importante verificar que os ingredientes de origem animal estão entre os mais impactantes, em todas as categorias. Isso ocorre, pois na contabilização dos seus impactos, contabiliza-se, além dos próprios dados da criação do animal, dados da produção vegetal, que corresponde aos ingredientes oferecidos na dieta de frangos, suínos e bovinos, para que possam produzir a carne. No entanto, modificar a dieta de cães e gatos sem a utilização de ingredientes de origem animal, representa um desafio em termos de palatabilidade, valor proteico, oferta de nutrientes essenciais (ácido araquidônico e taurina), além de aspectos relacionados à natureza de espécies, como cães e gatos, que são carnívoros. Outro aspecto a se considerar nesta discussão, está relacionado aos alimentos extrusados, que utilizam muitos coprodutos da indústria humana e, enquanto a utilização de proteína animal para o consumo humano for crescente, os animais de companhia serão importantes na cadeia de proteína animal, pois otimizam a utilização de coprodutos dos frigoríficos que correspondem entre 30-60% de todo o volume de animais abatidos (ABRA, 2021), e levam baixo impacto com sua utilização, devido à forma em que são alocados economicamente (PEFCR, 2018). Como visto, a produção de carne é o ingrediente mais impactante, quando se avalia a composição do alimento tanto neste estudo, quanto em outros (MOSNA et al., 2021).

As evidências fornecidas pela ACV indicam que os ingredientes de origem vegetal utilizados como fonte de proteína, como o glúten de milho e farelo de soja, por exemplo, possuem a tendência a serem mais sustentáveis em comparação com ingredientes de origem animal uma vez que as proteínas animais requerem mais energia, terra e água e tem maiores consequências ambientais em termos de erosão, pesticidas e resíduos (OKIN, 2017; MARTENS & SU, 2018; VALE & VALE, 2009).

As carnes bovinas e ovinas combinadas constituem apenas 5% do total de alimentos para animais de estimação, mas são responsáveis por cerca de 50% das emissões totais de GEE e 70% do uso total da terra (ALEXANDER et al., 2020).

Há estimativas que as proteínas à base de soja são 6 a 20 vezes mais eficientes em termos de necessidade de combustível fóssil (UHLIN, 1998; VAN DER PIJ & KRUTWAGEN, 2001) 4,4–26 vezes mais eficiente em termos de necessidade de água (REIJNDERS et al., 2001), e 6 a 17 vezes mais eficiente em termos de uso da terra (PIMENTEL & PIMENTEL, 2007). Ao combinar recursos complementares àqueles que fornecem uma abundância dos aminoácidos limitantes do outro, a qualidade geral da proteína à base de plantas pode ser pelo menos tão boa quanto a de proteínas de origem animal (LI & WU, 2020). Aves, peixes e proteínas animais processadas podem ser alternativas interessantes (MARTENS & SU, 2018; VALE & VALE, 2009), uma vez que uma redução do consumo de carne em 50% é capaz de ocasionar a redução de 1 kg de carne para 300 g de carne por semana, por exemplo, leva a uma redução de 1t de CO₂ a menos por ano (ANNAHEIM et al., 2018).

Ingredientes alternativos, como organismos unicelulares (leveduras, fungos, bactérias e algas) e insetos estão sendo avaliados como substitutos potenciais de carne ou plantas, como benefícios ambientais e conteúdo nutricional para animais de companhia. Carnes cultivadas ou “à base de células” também se apresentam como uma alternativa à proteína animal convencional que está começando a ser discutida e, provavelmente, em breve será uma tendência. Optar por proteínas de origem animal que venham de culturas que exigiram menos agrotóxicos, fertilizantes e irrigação e atendem aos padrões sustentáveis também é uma medida que pode ser levada em consideração.

Transformar a agropecuária tradicional que utiliza o sistema extensivo de manejo, baseada no plantio em monocultivo de pastagens em um sistema que contribua para manter a fertilidade do solo, a ciclagem de nutrientes e a biodiversidade, sem utilizar insumos externos, são etapas necessárias para promover mudanças mais sustentáveis envolvendo a produção de proteína animal.

Há várias técnicas disponíveis para tornar a produção de carne bovina cada vez mais sustentável. Sistemas silvipastoris são uma modalidade dos sistemas agroflorestais que congregam animais, plantas forrageiras e árvores na mesma área como a integração lavoura-pecuária (ILP), integração pecuária- floresta (IPF) e integração lavoura-pecuária- floresta (ILPF). Esses sistemas de produção têm como objetivo a otimização do sistema de uso da terra, visando atingir patamares cada vez mais elevados de produtividade, qualidade do produto, qualidade ambiental e competitividade; entretanto, sem a necessidade de desmatar novas áreas de florestas nativas. Além disso, são empregadas as Boas Práticas Agropecuárias (BPA) para uso eficiente dos recursos de produção (água, luz, nutrientes e financeiros) (BEHLING, 2013).

Profissionais de alimentos para animais de estimação, incluindo nutricionistas formuladores, engenheiros de processo, compradores de ingredientes, profissionais de marketing e reguladores, têm a oportunidade de influenciar a sustentabilidade da posse de animais de estimação por meio de formulações de políticas para incentivar a redução da superalimentação e o desperdício, reciclagem, busca por fontes alternativas de proteína, avançar no design de produtos e de fabricação, assumir mais responsabilidades através da melhoria da rotulagem existente e adquirir as matérias primas de empresas com responsabilidade socioambiental podem melhorar a sustentabilidade dos alimentos para animais de estimação (OKIN, 2017; MARTENS & SU, 2018; ALEXANDER et al., 2020).

Por fim, neste estudo, os danos ambientais estimados para alimentos secos extrusados foram menos impactantes do que os estimados por outros autores. Dados anteriores para animais de estimação nos Estados Unidos estimam que estes animais consomem cerca de 19% \pm 2% da quantidade de energia alimentar que os humanos consomem e, por meio de sua dieta, constituem cerca de 25 a 30% dos impactos ambientais da produção animal em termos de uso de terra, água, combustível fóssil, fosfato e biocidas e emissão de gases de efeito estufa (TILMAN et al., 2011; OKIN, 2017). No entanto, cabe salientar que estes cálculos dos estudos citados parecem superestimar o impacto real, ao considerarem a proteína animal consumida por cães e gatos semelhante ao da carne, fazendo uma alocação de massa para estes ingredientes. No entanto, é recomendado para alimentos extrusados e úmidos, que utilizam coprodutos industriais de frigoríficos, uma alocação econômica, dado que são ingredientes que não seriam usados por seres humanos e considerados, portanto, resíduos industriais e de baixo valor econômico (PEFCR, 2018). Por outro lado, os dados do presente estudo estão próximos daqueles estimados no PEFCR (2018) e por Alexander et al. (2020).

Por fim, é importante salientar que este estudo apresenta caráter regional, considerando o Brasil e pode-se citar algumas limitações: a normalização foi calculada com base em um indivíduo adulto europeu, pois o método de avaliação de impacto considera este fator de normalização; alguns ingredientes não foram modelados para o Brasil, pois as informações eram inexistentes, os alimentos representativos de cada categoria, foram formulados utilizando informações de apenas 10 empresas do mercado.

5. CONCLUSÃO

A caracterização dos impactos ambientais na produção de alimentos secos e dieta caseira para cães, em quantidade suficiente para atender às necessidades energéticas de manutenção de um animal adulto com 10kg de peso, é importante para entender as principais categorias de impacto em *pet food*, visando propor alternativas no futuro para melhorar a performance ambiental de produtos.

Estratégias devem ser estudadas para alimentos caseiros visando melhorar sua performance ambiental.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009) **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2009). **NBR ISO 14044: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro.

ABOISSA. **Cotações diárias**. Disponível em: <https://aboissa.com.br/pt/cotacoes>. Acesso em dez 2021.

ABRA- Associação Brasileira de Reciclagem Animal. **CONHEÇA O SETOR**, 2021. Disponível em: <https://abra.ind.br/conheca-o-setor/> Acesso em: 05 de outubro de 2022.

ABRA- Associação Brasileira de Reciclagem Animal. **Anuário ABRA**, 2019.

COSTA L. G. T. A. e AZEVEDO, M. C. L. **Análise Fundamentalista**. Rio de Janeiro: FGV/EPGE, 1996.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V.; VAN DER WERF, H. M. G.; SOARES, S. R.; CORSON, M. S. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. **Journal of Environmental Management**, v. 133, p. 222–231, 2014.

STETS E.G et al. Regional and Temporal Differences in Nitrate Trends Discerned from Long-Term Water Quality Monitoring Data. **Journal of the american water resources association**, 2015.

NRC. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. 1. ed. Washington, D.C. **National Academy Press**, 2006.

ACUFF, H. L., DANTON, A. N., DHAKAL, J. et al. Sustainability and Pet Food: Is There a Role for Veterinarians? **Veterinary Clinics of Nort America - Small Animal Practice**, v. 51, n. 3, p. 563–581, 2021.

ALEXANDER, P., BERRI, A., MORAN, D, et al. The global environmental paw print of pet food. **Global Environmental Change**, v. 65, n. March, p. 102153, 2020.

ALMROTH, B. C. et al. Understanding and addressing the planetary crisis of chemicals and plastics. **One Earth**, v. 5, n. 10, p. 1070-1074, 2022.

ANNAHEIM, J.; JUNGBLUTH, N.; JUNGBLUTH, N. **Ökobilanz von Haus- und Heimtieren Praktikums- arbeit**. 2018.

ALSAFFAR, A. A. Sustainable diets: the interaction between food industry, nutrition, health and the environment. **Food Sci Technol Int**. 2016.

AWUAH, K. F. et al. Introducing the adverse ecosystem service pathway as a tool in ecological risk assessment. **Environmental Science & Technology**, v. 54, n. 13, p. 8144-8157, 2020.

BEHLING, M. et al. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)**. 2013.

BIPM. Guide to the expression of uncertainty in measurement (gum) supplement 1: Numerical methods for the propagation of distributions. In: **International**. 2004.

MOSNA, D., BOTTANI, E., VIGNALI, G., et al. Environmental benefits of pet food obtained as a result of the valorisation of meat fraction derived from packaged food waste. **Waste Management**, v. 125, p. 132–144, 2021.

BRITO, P. H. F.; ARAUJO, R. S.; SILVA, G. M. M. CHEMICAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PARTICULATE MATTER: A LITERATURE REVIEW. **HOLOS**, v. 34, n. 4, p. 62-74, 2018.

CAMARGO, A. G. M., et al. **Avaliação da toxicidade celular em humanos induzida por n-(fosfonometil) glicina e demais componentes da formulação de uso comercial**. 2018.

CAMPOS, I., PINHEIRO VALENTE, L. M., MATOS, E., et al. Lifecycle assessment of animal feed ingredients: Poultry fat, poultry by-product meal and hydrolyzed feather meal. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, 2020.

CARTER, R. A. et al. Awareness and evaluation of natural pet food products in the United States. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 245, n. 11, p. 1241-1248, 2014.

CETESB. POLUENTES. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/#:~:text=Sob%20a%20denomina%C3%A7%C3%A3o%20geral%20de,causa%20de%20seu%20pequeno%20tamanho>. Acesso em: 23/02/2023

CHEHEBE, J. R. B. Análise do Ciclo de Vida de Produtos. **Qualitymark**, p. 9 – 24. Rio de Janeiro, 2002.

COMPTON, J. E., HARRISON, J. A., DENNIS, T. L., et al. Ecosystem services altered by human changes in the nitrogen cycle: a new perspective for US decision making. **Ecology Letters** 14:804–815, 2011.

COSTA, J. L. G. **Avaliação do Ciclo de Vida para mensuração dos impactos ambientais na produção de alimentos extrusados para cães**. Orientador: Ricardo Vasconcellos. Dissertação (mestrado). UEM. 2022.

DIAZ, R. J.; ROSENBERG, R. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. **Science**, v. 321, n. 5891, p. 926-929, 2008.

EPA. Reactive nitrogen in the United States: an analysis of inputs, flows, consequences and management options. EPA-SAB-11-013. Washington, D.C., USA, 2010.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Livestock's long shadow - environmental issues and Options**. 2006. Acesso em: 04/05/2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf>

FEDIAF- European Pet Food Industry Federation. **Diretrizes Nutricionais para alimentos completos e complementares para cães e gatos.** 2018.

KÖRBES, D. et al. Alterações no sistema vestibulococlear decorrentes da exposição ao agrotóxico: revisão de literatura. **Revista da sociedade brasileira de fonoaudiologia**, v. 15, p. 146-152, 2010.

LI, P., WU, G. Composition of amino acids and related nitrogenous nutrients in feedstuffs for animal diets. **Amino Acids** 2020;52(4):523–42, 2020.

KLÖPFFER, W. Life Cycle Assessment: From the beginning to the current state. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 4, n. 4, p. 223–228, 1997.

LIQUIGAS. **Perguntas frequentes - questionamentos técnicos: qual é o consumo de gás, tendo o forno aceso (fogão doméstico) por 1 hora em (i) fogo baixo, (ii) fogo médio e (iii) fogo alto?** 2008.

MARTENS, P.; SU, B. Environmental impacts of food consumption by companion dogs and cats in Japan. **Ecological Indicators**, v. 93, n. May, p. 1043–1049, 2018.

MASSET, Gabriel et al. Identifying sustainable foods: the relationship between environmental impact, nutritional quality, and prices of foods representative of the French diet. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 114, n. 6, p. 862-869, 2014.

MEEKER, D. L.; J. L. MEISINGER. Rendered ingredients significantly influence sustainability, quality, and safety of pet food. **Journal Anim. Sci.** 93, 2015.

ONU BR- Organização das Nações Unidas Brasil. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**, 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu> Acesso em: 02 de maio 2020.

OKIN, G. S. Environmental impacts of food consumption by dogs and cats. **PloS one**, v. 12, n. 8, p. e0181301, 2017.

NOLAN, Bernard T.; STONER, Jeffrey D. Nutrients in groundwaters of the conterminous United States, 1992– 1995. **Environmental Science & Technology**, v. 34, n. 7, p. 1156-1165, 2000.

OLIVEIRA-SILVA, J. J. et al. Influência de fatores socioeconômicos na contaminação por agrotóxicos, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 35, p. 130-135, 2001.

OSPAR- **Strategies of the OSPAR Commission for the protection of the marine environments of the North-East Atlantic. II – eutrophication** Disponível em: <http://www.ospar.org/> Acesso em: 07 de fevereiro de 2022.

PATEL, Kaizad F. et al. The Bear Brook Watershed in Maine: Multi-decadal whole-watershed experimental acidification. **Hydrological Processes**, v. 35, n. 5, p. e14147, 2021.

PEFCRs. C&D Foods; FACCO, Chambre Syndicale des Fabricants d’Aliments pour Chiens, Chats, Oiseaux et autres Animaux Familiars (the French Pet Food Association for Dogs, Cats, Birds, Other Domestic Pets); Mars PetCare Europe; Nestlé Purina PetCare Europe; saturn petcare gmbh, Quantis. Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs): Prepared Pet Food for Cats and Dogs. 2018. Final version. European Commission: Brussels, Belgium. 2018.

PET OWNERSHIP STATISTICS. **The Zebra**, 2022. Disponível em: <https://www.thezebra.com/resources/research/pet-ownership-statistics/> Acesso em: 20/12/2022

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. H. Food, energy, and society. **CRC press**, 2007.

PINDER, Robert W. et al. Climate change impacts of US reactive nitrogen. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 20, p. 7671-7675, 2012.

RAIJMAKERS, T. **Pre-sustainability**, 2020. "Disponível em: <https://pre-sustainability.com/articles/obscure-impacts-demystified-eutrophication/> Acesso em: 22/02/2023

REIJNDERS, L., et al. Environmental impacts of meat production and vegetarianism. **Vegetarian nutrition**, p. 441-461, 2001.

REIJNDERS, L.; SORET, S. Quantification of the environmental impact of different dietary protein choices. **The American journal of clinical nutrition**, v. 78, n. 3, p. 664S-668S, 2003.

ROSA, A. V. Agricultura e meio ambiente. **Ed. Atual**, São Paulo, 95p, 1998.

SILVA, J. M. da., SANTOS, J. R. dos. Toxicologia de agrotóxicos em ambientes aquáticos. **Oecol**, p. 565-573, 2007.

SIMKIN, Samuel M. et al. Conditional vulnerability of plant diversity to atmospheric nitrogen deposition across the United States. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 15, p. 4086-4091, 2016.

STEVENS, C. J., et al. Nitrogen deposition threat-ens species richness of grasslands across Europe. **Environmental Pollution**, 158:2940–2945, 2010.

SULLIVAN, T. J., LAWRENCE, G. B., B., S. W., et al. Effects of acidic deposition and soil acidification on sugar maple trees in the Adirondack Mountains, New York. **Environmental Science & Technology**, 47:12687–12694, 2013.

SWANSON, K. S. et al. Nutritional sustainability of pet foods. **Advances in Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 141-150, 2013.

TILMAN, D., BALZER, C., HILL, J., et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proc Natl Acad Sci**, 2011.

UHLIN, H. Why energy productivity is increasing: an IO analysis of Swedish agriculture. **Agricultural systems**, v. 56, n. 4, p. 443-465, 1998.

UNEP. **Framework for Freshwater Ecosystem Management Series** Vol. 2US, 2017.

VALE, B.; VALE, R. J. D. Time to eat the dog?: the real guide to sustainable living. Thames & Hudson, 2009.

VAN DER PIJL, S.; KRUTWAGEN, B. Domeinverkenning Voeden.(Exploration of the Food Domain.), 2001.

WEIDEMA, B. P. Multi-user test of the data quality matrix for product life cycle inventory data. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 3, n. 5, p. 259-265, 1998.