



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DA CARNE PREMIUM E  
SUPER PREMIUM PRODUZIDA EM CONFINAMENTO NO  
ESTADO DE SÃO PAULO**

HENRIQUE BIASOTTO MORAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados – MS  
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DA CARNE PREMIUM E  
SUPER PREMIUM PRODUZIDA EM CONFINAMENTO NO  
ESTADO DE SÃO PAULO**

HERIQUE BIASOTTO MORAIS

Médico Veterinário

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Clandio Favarini Ruviaro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados – MS  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M828a Morais, Henrique Biasotto  
Avaliação de Ciclo de Vida da carne premium e super premium produzida em confinamento no estado de São Paulo [recurso eletrônico] / Henrique Biasotto Morais. -- 2021.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Clandio Favarini Ruviaro.  
Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Carbono equivalente. 2. Impactos Ambientais. 3. Carne Gourmet. 4. Pegada de Carbono. 5. Pecuária intensiva. I. Ruviaro, Clandio Favarini. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA CARNE PREMIUM E SUPER  
PREMIUMPRODUZIDA EM CONFINAMENTO DO ESTADO DE SÃO  
PAULO**

por

**HENRIQUE BIASOTTO MORAIS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção  
do título de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovado em: 28/06/2021



---

Dr. Cláudio Favarini Ruviaro  
Orientador – UFGD



---

Dr. Cristian Rogério Foguesatto  
UNISINOS



---

Dr. Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes  
UFGD

*À minha companheira, minhas filhas, à meus pais e irmão*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha companheira, que além de minha melhor amiga, mãe de minhas filhas e grandiosa pesquisadora é minha maior incentivadora. Agradeço imensamente aos meus pais, que formaram meu caráter e propiciaram meus estudos. Graças à eles pude me formar em Medicina Veterinária na UNESP, onde minha curiosidade foi alimentada por grandes professores que sem dúvida foram fundamentais ao me fornecerem a bagagem necessária para ingressar na Pós-Graduação da UFGD.

Tive o prazer de assistir aulas de excelentes pesquisadores, alguns dos quais além de professores foram grandes amigos, no futebol de domingo e na vida, e a todos eu agradeço. Agradeço também ao Ronaldo, da secretaria do PPGZ, que sempre me auxiliou de prontidão.

Não poderia deixar de agradecer também a todos os companheiros peludos ou penosos de minha casa, que alegam todos os dias minha família e meu lar. E deixo meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Professor Cláudio, que me mentoriou na elaboração desta dissertação.

*"We don't inherit the earth from our ancestors,  
we borrow it from our children."*

*David Brower*

*"Happiness only real when shared."*

*Christopher McCandless*

**SUMÁRIO**

RESUMO	9
ABSTRACT	10
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
CAPÍTULO 1	18
Introdução geral	19
Pecuária brasileira	21
Mudanças no perfil de consumo e produção de carne	29
Carnes <i>premium</i>	30
Impactos Ambientais	32
Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	37
Objetivo.	39
Metodologia	40
Unidade Funcional	45
Resultados	46
Discussão	49
Conclusão	54
Referências bibliográficas	57
CAPÍTULO 2	73



## ÍNDICE DE TABELAS E QUADROS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1. Tipos de dieta e dias de alimentação de acordo com a linha dos animais	44
Tabela 2 Potenciais impactos ambientais da carne <i>premium</i> e <i>super-premium</i> produzidas em confinamento	46
Tabela 3. Emissões de gases do efeito estufa por UF (1 kg de PV ganho no confinamento e 1 kg de carcaça ganho no confinamento)	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1. Preço médio de terras no Brasil.	27
Figura 2. Fatores associados à carne de qualidade superior.	31
Figura 3 Comparativo entre as 3 linhas de carne produzidas no confinamento	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**@:** Arroba, unidade de medida de peso equivalente a 15 kg

**ABIEC:** Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne

**ACV:** Avaliação de Ciclo de Vida

**CEPEA:** Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

**CH<sub>4</sub>:** Metano

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de Carbono

**CO<sub>2</sub> eq.:** Dióxido de Carbono Equivalente

**EB:** Energia Bruta

**EMBRAPA:** Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias

**FAO:** *Food and Agricultural Organization*

**GEE:** Gases de Efeito Estufa

**ha:** hectare

**IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IPCC:** *International Panel on Climate Change*

**ISO:** *International Organization Standardization*

**kg:** quilograma

**MAPA:** Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

**MS:** Matéria Seca

**N<sub>2</sub>O:** Óxido Nitroso

**NDT:** Nutrientes Digestíveis Totais

**P:** Fósforo

**PB:** Proteína Bruta

**pH:** Potencial Hidrogeniônico

**PIB:** Produto Interno Bruto

**PV:** Peso Vivo

**SO<sub>2</sub>:** Dióxido Sulfúrico

**UA:** Unidade Animal, equivalente a 450 kg de peso vivo.

**UF:** Unidade Funcional

MORAIS H. B. **Avaliação de Ciclo de Vida da carne premium e super premium produzida em confinamento no estado de São Paulo**. 2021. 92p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

**RESUMO** O objetivo do trabalho foi avaliar os potenciais impactos ambientais de três linhas diferentes de carnes premium e super premium produzidas em confinamento no estado de São Paulo, através da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida. Foram utilizados os dados das três dietas distintas fornecidas aos animais, o peso médio de entrada no confinamento, peso médio de abate e rendimento médio de carcaça. No confinamento são abatidos ao ano em média 3400 animais de cruzamento industrial Nelore x Angus (F1) chamados de linha Oba, 440 animais de composição sanguínea majoritária Angus, chamados de linha Beef Passion, e 220 animais originários do cruzamento com Nelore, Angus e Wagyu, sendo estes últimos compostos sanguíneamente da raça Wagyu. Especificamente, os animais da linha Beef Passion são criados com bem-estar animal, têm disponibilidade de sombra e música nas baias. Para mensuração das emissões foram seguidos os preceitos do *International Panel on Climate Change* (IPCC) e mensurou-se através das equações fornecidas a emissão de metano (CH<sub>4</sub>), e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), de acordo com a digestibilidade e proteína bruta das dietas. Além dos fatores de emissões do IPCC foram utilizados os da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias), a fim de se obter resultados mais fidedignos à realidade nacional. Posteriormente, utilizando os resultados já obtidos foi mensurado através do software SimaPro o potencial de acidificação, de eutrofização, e de aquecimento global para os três distintos grupos animais. Na fase de confinamento os animais Oba apresentaram emissões de 5.0323 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kg de peso vivo, os animais da linha Beef Passion tiveram emissões de 4.7746 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kg de peso vivo, e os animais da linha Beef Passion Wagyu emitiram 8.8858 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por Kg de peso vivo.

**Palavras-chave:** Carbono equivalente, Impactos Ambientais, Carne Gourmet, Pegada de Carbono, Pecuária intensiva.

Life Cycle Assessment of premium and super-premium beef produced in feedlot system in the state of São Paulo

**ABSTRACT** This study aims to evaluate the environmental impacts of three different lines of premium and super-premium beef produced in feedlot in the state of São Paulo, through the Life Cycle Assessment methodology. We used data from the three different diets supplied to the animals, the average weight of feedlot, average slaughter weight and average carcass yield. On average, are slaughtered per year 3400 animals of Nellore x Angus (F1) industrial crossbreeding called Oba line, 440 animals of the Angus majority blood composition, called Beef Passion line, and 220 animals originated from crossing with Nellore, Angus and Wagyu, the latter being bloody Wagyu compounds, called Beef Passion Wagyu. In this confinement, the animals in the Beef Passion line are bred with animal welfare, with shade and music available in the stalls. To measure emissions, the precepts of the International Panel on Climate Change (IPCC) were followed, and methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions were measured using the equations provided, according to the digestibility of diets and crude protein. Emission factors from the IPCC (International Panel on Climatic Change) and EMBRAPA (Brazilian Institute of Agriculture research) were used to obtain results more reliable to the national reality. Subsequently, using the results already obtained, the potential of acidification, eutrophication, carbon footprint equivalent for the three different animal groups was measured using the SimaPro software. Measurements were also made in the software for the phase prior to the confinement, in which the animals are kept in pastures, and for that, data from previous works were used. The animals enter the feedlot at around 17 months of age, around 300 kg for the Oba line and 350 kg for the Beef Passion lines. In the confinement phase, the Oba animals had emissions of 5.0323 kg of CO<sub>2</sub> equivalent per kg of live weight, the Beef Passion Angus animals had emissions of 4.7746 kg of CO<sub>2</sub> equivalent per kg of live weight, and the Beef Passion Wagyu animals emitted 8.8858 kg of CO<sub>2</sub> equivalent per kg of live weight. Confinement proved to be an environmentally less impactful option for quality meat production, with a lower carbon footprint.

**Keyword:** Equivalent Carbon, Environmental Impacts, gourmet beef, Carbon Footprint, intensive livestock.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pecuária brasileira tem importante papel como fornecedora de proteína animal no âmbito nacional e internacional, além de ter uma relevante participação na economia brasileira. Com o maior rebanho comercial do mundo, o Brasil lidera as exportações de carnes bovinas, que abrange mais de 180 países, e em 2020 atingiu um volume recorde de 2,016 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC) (ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne), 2020). Em segundo lugar em exportações encontra-se a Austrália com 1,56 milhões de TEC e, em terceiro, os Estados Unidos com 1,31 milhões de TEC. O rebanho brasileiro, com mais de 220 milhões de cabeças representa 30% do PIB do agronegócio, e em 2019 somente a pecuária movimentou 618,5 bilhões de reais, 8,7% do PIB nacional (MAPA, 2018; ABIEC, 2019; ABIEC 2020).

Historicamente, a bovinocultura brasileira apresenta um sistema de criação a pasto e extensivo, são 167 milhões de hectares de pastagens naturais ou cultivadas, aproximadamente 20% da área do País (Gomes et al., 2017, MapBiomass, 2019). Comparativamente, a área cultivada com cereais, leguminosas e oleaginosas em 2019 foi 63,262 milhões de hectares (ha) (MAPA, 2019). Nestas pastagens brasileiras a ocupação média é de 1,25 a 1,35 cabeças por hectare, principalmente animais zebuínos, em sua maioria da raça Nelore (Borghetti et al., 2018, Soares e Almeida, 2019).

Em menor parcela encontram-se os animais confinados. Segundo dados da Abiec (2019), em 2018 apenas 4,09 milhões de cabeças eram confinadas, o que representa cerca de 2% do rebanho brasileiro. Apesar do número de

cabeças pouco expressivo no rebanho total, em relação aos abates do respectivo ano, 10,4% dos animais foram provenientes de confinamentos (ABIEC, 2019). O número de bovinos confinados tem crescido anualmente, sendo em 2019 aproximadamente 20% maior em relação ao ano anterior, atingindo 5,2 milhões de cabeças (CEPEA, (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) 2020a) e colocando o Brasil como tendo o terceiro maior rebanho confinado do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e México (Vale et al., 2019). Quanto maior o crescimento do rebanho confinado, maior é a participação anual deste modelo nos abates, isso se deve ao fato de todos os animais confinados serem abatidos, diferentemente dos animais à pasto, que possuem diferentes categorias animais e finalidades distintas.

Ademais, a demanda direta por terra nesse sistema é menor, permitindo que propriedades com pequenas áreas possam abater um maior número de animais por metro quadrado de área, o que desperta o interesse dos pecuaristas. Observa-se, ainda, que o custo elevado da terra agrícola em diversas regiões brasileiras, principalmente no sul e sudeste, é um empecilho para a produção pecuária extensiva, pois não é uma opção viável financeiramente devido à baixa rentabilidade da atividade e o alto custo de oportunidade (Siqueira e Duru, 2016). Com menor oferta de terras e maior competição entre as culturas, a atividade tende a perder espaço e, desta forma, se transferir para outras regiões. Comparativamente, o cultivo de soja, milho e cana, apresenta maior rentabilidade por área do que a pecuária extensiva.

Assim, o plantio de soja tende a ocupar áreas de pastos degradados, enquanto a bovinocultura de corte se expande para outras áreas com terras



agrícolas mais baratas, nas novas fronteiras agrícolas do país nas regiões centro-oeste e norte (Grigol et al., 2019).

Por outro lado, o confinamento torna-se uma opção para a produção de carne em regiões onde o valor da terra é mais elevado, como em São Paulo, estado que apresenta preço médio de R\$ 20.400,00 por alqueire de pastagem (41 % superior ao preço médio do segundo estado mais caro, Santa Catarina) (Scot Consultoria, 2018). Concomitantemente, é uma região com maior densidade populacional, tendo o Sudeste 96,3 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2017) e, conseqüentemente, maior demanda por alimentos, além do estado ter maior demanda por animais nos abatedouros (São Paulo abate 13% dos bovinos no país, sendo 25% desse total oriundo de outros estados) e preços de arroba mais elevados nas praças pecuárias (IBGE, 2015).

Características do perfil de abate no estado de São Paulo, assim como no Rio Grande do Sul, demonstram que nestes locais ocorre o abate de animais com melhores padrões de qualidade, como acabamento de carcaça, o que carece dos produtores uma oferta de melhores animais (Pancera e Alves, 2020).

Dada a proximidade com os maiores mercados consumidores, a produção agropecuária da região sudeste apresenta vantagens logísticas pois a distância entre os locais de confinamento até os abatedouros é menor, bem como, para atingir os centros urbanos ou para chegar ao principal porto exportador, na cidade de Santos. No estado de São Paulo também estão concentrados os fabricantes de insumos, vacinas, centrais de coleta e distribuição de sêmen, além de um setor agroindustrial consolidado. Estes fatores juntamente com os

supracitados, favorecem a participação da população paulista no consumo de carne provinda da pecuária de corte.

No atual cenário, a expansão da produção de carne bovina é impulsionada pela crescente demanda de proteína de origem animal. Em menos de cinco décadas a população humana cresceu 102%. Segundo dados das Nações Unidas (2019), em 1972 havia 3,851 bilhões de habitantes no mundo, e 48 anos depois, em 2020, são mais de 7,794 bilhões de pessoas. Juntamente com o crescimento populacional teve-se também ascensão econômica, levando à mudanças no perfil de consumo, principalmente em relação à carne bovina.

Porém, a atenção com o meio ambiente e com os impactos ambientais causados pela exploração inadequada de recursos naturais vêm crescendo exponencialmente nas últimas décadas (Whitmarsh and Capstick, 2018; Grigol et al., 2019), visto que é uma responsabilidade não apenas de pesquisadores e governos, como também uma crescente preocupação dos consumidores mundiais (Modernel et al., 2013; Benez e Cabral, 2015, EAESP (Escola de Administração de Empresas de São Paulo), 2018).

Neste cenário de preocupação ambiental, além das questões técnicas e financeiras sobre os produtos desejados, os compradores buscam informações sobre o desempenho ambiental dos produtos: origem das matérias primas utilizadas, processos de fabricação, consumo de energia e água, uso da terra, transporte e distribuição e, até mesmo, a destinação final do produto (reciclável ou não, reenviado ao fabricante etc). Buscando, assim, a aquisição de produtos ambientalmente mais eficientes, menos impactantes e de melhor qualidade. (EAESP, 2018)

Este crescente interesse com o meio ambiente está presente em todos os setores (primários, secundários e terciários) e seus respectivos produtos ou serviços, em diferentes níveis em países ao redor do globo (Liu et al., 2020), sendo nos países desenvolvidos mais presente do que nos países em desenvolvimento (Whitmarsh e Capstick, 2018). Com o agronegócio não é diferente. Cultivos agrícolas e criações animais podem impactar o meio ambiente de diferentes formas, como por exemplo, a emissão de gases de efeito estufa (GEE), desta forma, encontrar meios de reduzi-los é um objetivo comum a todos (Dick et al., 2015a).

A agropecuária é vista globalmente como um dos setores produtivos que mais impacta o meio ambiente, podendo ser de forma positiva ou negativa (EAESP, 2018). Dentre as razões para a visão negativa cita-se a mudança no uso de terra, de florestas para plantações ou pastagens; o elevado volume de águas utilizadas; as emissões de gases de efeito estufa; o potencial de eutrofização de fontes de água; a acidificação de solos e o uso de defensivos agrícolas (Rockström et al., 2009; Wiseman et al., 2019).

Neste contexto, observa-se que a produção agropecuária brasileira tradicionalmente é alvo de críticas, pois por muitos anos teve uma produtividade aquém dos países desenvolvidos. Porém, nestas últimas três décadas, nosso país passou de importador para o segundo maior exportador de produtos agropecuários do mundo (Correa e Schmidt, 2014; Vieira Filho e Fishlow, 2017; Buainain, Lanna e Navarro, 2019). Com essa posição de destaque, o Brasil ficou ainda mais exposto a críticas e rotulações de ambientalmente impactante, afinal como país agrícola, as emissões de gases ligados ao efeito estufa são, majoritariamente, oriundas da agropecuária (Ruviaro et al., 2014).

Especificamente na criação de bovinos, temos um impacto inerente ao processo digestivo do animal, a eliminação de metano oriundo de processos bacterianos digestivos, tanto pela eructação quanto pela fermentação das excretas, representando 45% (Bungenstab, 2012; Ruviano et al., 2014) a 56% (EAESP, 2018) das emissões do setor agropecuário, o que torna a carne bovina globalmente como alvo de rótulo de produto altamente impactante (EAESP, 2018). Por ser um processo inerente a todos os ruminantes, a produção de gases entéricos é afetada por diversos fatores, como alimentação dos animais, manejo das pastagens, tratamento dos dejetos, quantidade de insumos utilizados, idade dos animais, eficiência alimentar, entre diversos outros fatores genéticos, ambientais e nutricionais (Cerri et al., 2015).

Diante destes fatos, é necessário avaliar o desempenho ambiental dos produtos e produções em todo o mundo (Beauchemin et al., 2011; EAESP, 2018). Visando a comparação, surgiu a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como uma metodologia amplamente aceita e utilizada, devido sua capacidade de avaliar diferentes situações em diversos cenários, e apresentar dados de forma clara. Além de que a abordagem de Ciclo de Vida é reconhecida cada vez mais como fundamental para enfrentar os desafios ambientais atuais e as exigências em pesquisas de sustentabilidade dos sistemas de produção e consumo de alimentos (Notarnicola et al., 2016).

Na ACV, a avaliação é feita de forma ampla, englobando desde a extração da matéria prima até o produto chegar ao consumidor -final, ou a outra etapa prévia selecionada. É feita com o intuito de mensurar os diferentes impactos ao longo do ciclo de vida de determinado produto, permitindo identificar sistemas produtivos ou modelos de produção ambientalmente menos impactantes. Além

de permitir identificar dentro das avaliações os processos ou fases de maior impacto, e buscar soluções para mitigá-los (Beauchemin et al., 2011; Dick et al., 2015a).

Pelos motivos expostos e por falta de estudos sobre Avaliação do Ciclo de Vida em confinamentos nos países em desenvolvimento, escolheu-se estudar aqueles existentes no estado de São Paulo para a realização do presente trabalho. Com os resultados que serão obtidos, esperamos levantar mais informações sobre os impactos ambientais da produção de carne brasileira confinada, que apesar de ainda quantitativamente ser pouco participativa, vem crescendo ano após ano. Desta forma, o estudo também propiciará vislumbrar possíveis soluções para os diversos problemas ambientais atuais deste segmento da pecuária de corte. Além de produzir dados extremamente relevantes e inéditos no país sobre a produção de carne premium de confinamento.

**CAPÍTULO 1**  
**REVISÃO DE LITERATURA**

## **Introdução Geral**

A necessidade de água e alimentos é inerente a todos os seres vivos, para nossa espécie não seria diferente. Produzir alimentos é uma premissa para atender a uma das necessidades humanas mais importante e básica (Notarnicola et al., 2017). Em um mundo com crescimento populacional acentuado e repentino, que em menos de meio século dobrou a sua população humana, atualmente com mais de 7,794 bilhões de pessoas (Nações Unidas, 2019), produzir alimentos suficientes para suprir a crescente demanda é um dos desafios do agronegócio. Essa demanda não diz respeito apenas a maiores quantidades, atualmente suprir a demanda populacional de alimentos engloba fornecer alimentos que atendam a necessidade básica do mesmo, e diversas necessidades e desejos culturais, sociais e estéticos (Notarnicola et al., 2017), tal qual as carnes premium. E essa difícil tarefa, se torna ainda mais desafiadora frente aos inúmeros problemas ambientais que regem nosso presente momento no planeta.

Nesta esfera temos o Brasil como um *player* fundamental na produção agropecuária, para atender o diversificado consumo nacional e internacional. Entre os exportadores de produtos agrícolas seguimos na vice-liderança há mais de quinze anos (Jank, 2004; Jank, Guo e Miranda, 2020), sendo no segmento de carne bovina o maior exportador desde 2003, ano em que se quadruplicou as exportações em relação ao ano anterior (Tollefson, 2010; Jank, Guo e Miranda, 2020). Ao passo que a média mundial de consumo de carne bovina é abaixo de 10 Kg/ por pessoa/ ano, os brasileiros consomem 42,12 kg/ per capita/ano em média (Lisbinski, 2019; ABIEC, 2019), números que ilustram a força do mercado interno brasileiro.

Muito embora ainda exista a possibilidade de explorar áreas para atividades agrícolas no país, a forma mais segura de aumentar a produção de alimentos é aumentando a produtividade. Neste quesito o Brasil também apresenta ótimos exemplos, de 1975 a 2015 nossa produtividade aumentou em média 3,58% ao ano (Alarcón, 2019). Esse aumento de produtividade se deu devido a adoção de novas tecnologias (responsável por 58,4% do crescimento), e há espaço para tecnificar ainda mais, principalmente na pecuária de corte, setor em que há potencial para atingir maiores índices produtivos (MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), 2017). Ademais, o país tem um relevante rebanho com redução das áreas de pastagens e, ainda, uma elevada produção de grãos colocando-o em primeiro lugar em produção mundial de soja (MAPA, 2017).

Verificando a produção pecuária, observa-se que há anos tem sido crescentes as atenções voltadas aos seus impactos ambientais (de Vries e de Boer, 2010; Ruviaro et al., 2014; Clark e Tilman, 2017). Porém, mesmo figurando como uma das principais fontes emissoras de gases de efeito estufa, a produção animal é um setor fundamental para uma sociedade moderna em que o consumo de produtos de origem animal é maior e mais diversificado a cada ano (Place e Mitloehner, 2012).

Segundo a FAO (2011) e Michalk et al. (2019) a única maneira de atender à crescente demanda global por proteína animal é melhorar a eficiência da produção globalmente. Além de diminuir desperdícios em todas as fases produtivas, produção, processamento, transporte e consumo (FAO, 2011; Place e Mitloehner, 2012; West et al., 2014).



### ***Pecuária brasileira***

O Brasil historicamente é um país agrícola. No ano de 2017, 2018 e 2019 o agronegócio foi responsável por 21,3%, 20,8% e 21,4% do PIB representando, respectivamente, 45,9%, 42% e 43% das exportações, sendo a carne bovina responsável por 3,5% e 3,9% do valor das exportações brasileira em 2018 e 2019, respectivamente (CEPEA, 2018b; ABIEC, 2018; ABIEC, 2019; ABIEC, 2020). O primeiro semestre do ano de 2020 registrou alta de 16,5% no volume exportado, em relação ao mesmo período do ano anterior (CEPEA, 2020).

Até meados da década de 1980, a pecuária foi grande responsável pela expansão da fronteira agrícola nacional. Em regimes extensivos, permitiu ocupar e assegurar a posse de grandes extensões de terras, com baixo investimento e pastagens pouco produtivas comportando uma baixa lotação (Borghi et al, 2018). Em 1990, o Brasil possuía 192 milhões de hectares de pastagens, e uma produtividade de 1,6 arrobas por hectare/ano. No ano de 1999, o rebanho brasileiro contava com 164 milhões de cabeças, e neste ano abateu 31 milhões, obtendo 6,7 milhões de toneladas de carcaça equivalente. Em 1999 a taxa de locação brasileira era 0,71 Unidades Animais (UA) por hectare. Hoje, após 22 anos de evolução, tecnificação e melhoramento genético, em uma área de 167 milhões de hectares, produzimos muito mais carne, pois a produtividade atual é de 4,5 arrobas por hectare/ano em média (ABIEC, 2020) com lotação média acima de 1,06 UA/ha (ABIEC, 2020).

Portanto, nestas últimas três décadas, nosso país passou de importador para o segundo maior exportador de produtos agropecuários do mundo (Correa

e Schmidt, 2014; Vieira Filho e Fishlow, 2017; Buainain, Lanna e Navarro, 2019). Com essa posição de destaque, o Brasil ficou ainda mais exposto a críticas e rotulações de ambientalmente impactante, afinal como país agrícola, as emissões de gases ligados ao efeito estufa são, majoritariamente, oriundas da agropecuária (Ruviaro et al., 2014) que por muitos anos teve uma produtividade aquém dos países desenvolvidos.

Mesmo com um importante salto na produtividade nas últimas décadas ainda existem desafios para a pecuária nacional. A média de lotação nacional superou há poucos anos uma cabeça por hectare, indicando a baixa tecnificação média das propriedades e manutenção da característica extrativista na maioria delas. Também indica a baixa produtividade das pastagens, devido a degradação, causada principalmente por manejo inadequado das espécies forrageiras (Borghetti et al., 2018). A produtividade das pastagens cultivadas brasileiras atinge apenas 34% de seu potencial (Grigol et al., 2019), sendo o grande gargalo da pecuária de corte nacional.

A degradação é o processo de perda do vigor, produtividade e capacidade de recuperação das forrageiras, mesmo em épocas favoráveis ao crescimento. Apesar da degradação das pastagens ser um processo natural, o manejo inadequado pode originar ou intensificar processos de degradação. Entre os problemas comumente encontrados temos sobrepastejo, subpastejo, plantio sem correção e adubação do solo, falta de adubação de manutenção, espécie forrageira inadequada para a região ou tipo de pastejo, técnica de semeadura imprópria, uso de sementes de má qualidade e ausência de práticas conservacionistas do solo (Perez e Silveira, 2015).

Segundo Borghi et al., (2018), pastagens degradadas acarretam perdas de aproximadamente um bilhão de dólares por ano. No Brasil central, onde se produz mais de 55% da carne do país, 80% das pastagens apresentam algum estágio de degradação (Borghi et al., 2018). Estima-se que 58 milhões de hectares suportam menos que 0,6 UA/ha/ano, devido alto estágio de degradação o que leva a baixa capacidade de suporte (Gurgel et al., 2013).

Segundo observado por Barreto e Silva (2009), muitos dos pecuaristas não investiam em tecnificação por não conhecerem ou não acreditarem no retorno oriundo deste tipo de investimento, porém este cenário está mudando gradualmente (Batista et al., 2019). E por ser uma atividade de baixo risco, muitos pecuaristas permanecem na bovinocultura de baixa tecnificação mesmo com uma rentabilidade baixa (Grigol et al., 2019).

Devido à extensão territorial e o considerável número de propriedades com atividades pecuárias (2,5 milhões, segundo censo do IBGE de 2017), encontramos no país diferentes realidades produtivas. Em regiões onde o custo de oportunidade da terra é mais baixo, a pecuária extensiva de baixo investimento perdura até hoje (Cohn et al., 2011; Campos e Bacha, 2016).

Apesar do grande número de propriedades extensivas de baixa produtividade e níveis variados de degradação das pastagens, também encontramos propriedades semi-intensivas e intensivas com pastagens de alta produtividade, além de confinamentos, que apresentam produtividade de cinco a 26 vezes maior que sistemas extensivos, até cinco vezes maior que sistemas intensivos a pasto e duas vezes maior que semiconfinamentos (Vale et al., 2019).

No Brasil, coexistem, portanto, sistemas de produção heterogêneos, de baixa produtividade, baseado na produção extensiva, pequena intensidade tecnológica e padrões precários de gestão e de comercialização do gado bovino, e de alta qualidade e produtividade, caracterizado pela adoção de tecnologia avançada e padrões eficientes de gestão e de comercialização (Carvalho; Zen, 2017; Lisbinski, 2019).

Assim, no Brasil, a classificação das propriedades de bovinocultura de corte pode se apresentar como (ABIEC, 2019):

- Extrativista: Produção de 1 a 3 arrobas por hectare (@/ha);
- Baixa tecnificação: Produção de 3 a 6 @/ha;
- Média Tecnificação: Produção de 6 a 12 @/ha;
- Adequada tecnificação: Produção de 12 a 18 @/ha;
- Alta tecnificação: Produção de 18 a 26 @/ha;
- Intensiva: Produção de 26 a 38 @/ha.

Comumente nas fazendas com produção extensiva a pasto (podem ser enquadradas aqui as extrativistas e de baixa tecnificação) temos a pecuária de ciclo completo, ou seja, na mesma propriedade ocorre o nascimento dos animais (cria), o desmame, o crescimento (recria) e a engorda ou terminação, destinando os animais ao abate. Já nos confinamentos brasileiros, geralmente ocorre somente a fase de terminação, onde, normalmente, se apresentam as melhores respostas zootécnicas e de retorno financeiro (Bungenstab, 2012).

Confinar é uma estratégia utilizada pelos produtores em diversas situações e cenários. Com proporções continentais, o território brasileiro possui características muito diferentes, e os produtores confinam por estratégias distintas. O início do confinamento no país se deu na década de 1980, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e São Paulo, onde encontravam-se 42% dos animais confinados na época. Surgiu como uma forma de fornecer animais para abate durante épocas de entressafra e falta de forrageiras, com preços atrativos pago pelos frigoríficos (Wedekin et al., 1994).

Considerando que durante as estações secas (no caso do sudeste de maio a setembro), há menor oferta de forragem, e o gado à pasto pode perder peso ou ganhar muito pouco, alguns produtores recorrem ao confinamento de parte do rebanho para contornar a falta de pastagens insuficientes durante a estiagem (Wedekin et al., 1994). Outra característica é observada em propriedades com rebanhos confinados durante o ano todo, onde o objetivo é ter um maior volume de cabeças abatidas além animais com características de carcaça diferentes do tradicionalmente encontrado no país.

Ao confinar é possível reduzir a idade de abate, elevar o rendimento de carcaça, manter uma lotação superior às pastagens, explorar intensivamente pequenas propriedades, manter a mortalidade baixa, aumentar a oferta de animais durante os períodos de estiagem e, desta forma, obter retorno mais rápido do capital investido (Velloso, 1984; Wedekin et al., 1994), bem como, acessar nichos de mercado, pois sistemas intensivos produzem carne de melhor qualidade que pode ser comercializada por preços mais elevados (Vale et al., 2019). O sistema permite vários ciclos (também chamados de giros) ao ano, tendo durações geralmente entre 90 e 120 dias, os giros são o período que leva

do momento de admissão do animal no confinamento até seu abate, também chamado de fase de terminação. Desta maneira, o produtor consegue comercializar animais o ano todo, sem estar à mercê da sazonalidade forrageira e intempéries climáticas.

Por serem sistemas produtivos totalmente diferentes, apresentam também custos de implementação, manutenção e rentabilidade distintos (Pereira et al., 2018). Nas fazendas com criação a pasto e baixa tecnologia (sistema extensivo), geralmente temos uma rentabilidade baixa, porém o custo de produção também é baixo, o maior desembolso se dá na aquisição da terra e dos animais (Rueda et al., 2003; Siqueira e Duru, 2016). Talvez por isso estes sistemas se concentrem na fronteira agrícola do país, nas regiões norte, centro-oeste e nordeste, onde a terra (Figura 1) tem geralmente custo inferior ao das regiões sul e sudeste (Ruviaro, 2012).

Nestas duas regiões a competição e o elevado custo da terra obrigou os pecuaristas, mais rapidamente, a adotarem tecnologias a fim de competir economicamente com outras atividades agrícolas como a cana-de-açúcar, milho, soja e citricultura. Conforme observa-se na Figura 1, o estado de São Paulo detém os maiores preços por áreas de pastagens no país, o que explica o expressivo número de confinamentos no estado.

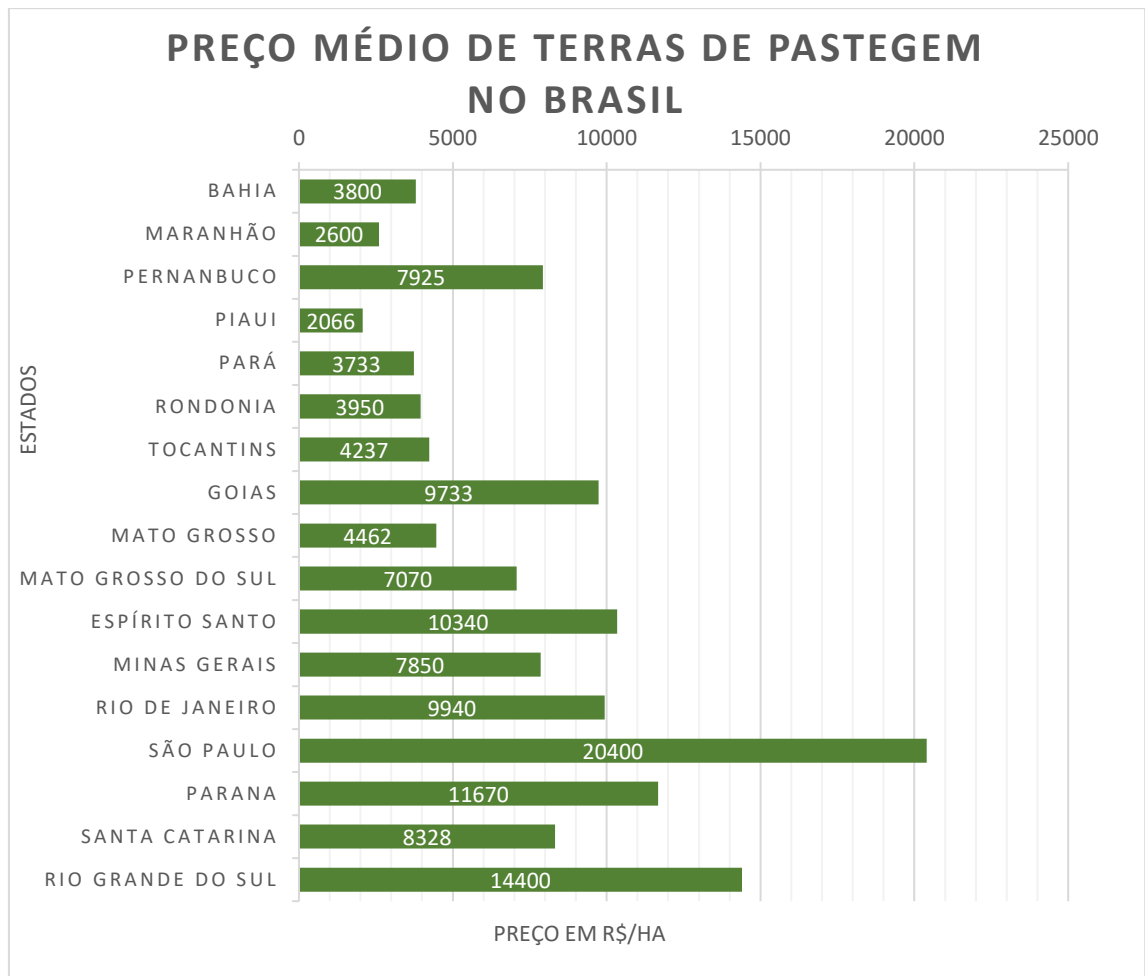


Figura 1 Preço médio de terras no Brasil. Adaptado de Scot Consultoria (2018).

Ao analisarmos sistemas de confinamentos, verifica-se que suas desvantagens são o alto custo de produção devido, entre outras coisas, ao custo com alimentação visto que é totalmente dependente de grãos e núcleos minerais, necessidade de implementos agrícolas para distribuição da alimentação nos cochos, maior infraestrutura física necessária na propriedade (fábrica de ração, depósito para grãos, grande quantidade de cochos) e alta produção de dejetos, que podem poluir a água e o solo se mal manejados. Podem apresentar maiores problemas de saúde e menor bem-estar animal devido as altas densidades, que favorecem transmissões de doenças e gera

maiores níveis de estresse aos animais (Vale et al., 2019). Além disto, a intensificação da atividade e períodos de estiagem menores produzem maior homogeneidade de oferta de animais, e conseqüentemente de remuneração ao produtor, o que frustra expectativas de acréscimos no preço da arroba durante a estiagem (Sá, 1985; Wedekin et al., 1994; Coutinho Filho et al., 2006).

A possibilidade de importação de carne também funciona como um estabilizador de preços, impedindo grandes aumentos na época de escassez de animais para abate. Outro fator é o ganho médio diário por cabeça, que está diretamente ligado a genética, idade, raça, composição da alimentação, sexo e peso inicial, exigindo uma adequada e rigorosa seleção dos animais para confinar. Não obstante, salienta-se também a necessidade de dietas muito bem formuladas pois dependem da oferta e dos preços dos ingredientes mercado, bem como, a determinação do momento ideal de abate a fim de evitar a permanência dos animais por um período além do ideal de crescimento e terminação, o que traz uma grande complexidade comparativamente ao sistema extensivo (Sá, 1985; Wedekin et al., 1994).

Como vantagens, este sistema tem o menor custo considerando-se o recurso terra, maior rentabilidade de capital (Ogino et al., 2016), maior produção por área, maior taxa de desfrute<sup>1</sup>, menor susceptibilidade ao clima, possibilidade de produção de energia ou adubo com os dejetos, menor tempo para abate devido ao maior ganho de peso diário, maior rendimento de carcaça, e mortalidade baixa (Wedekin et al., 1994; Coutinho Filho et al., 2006). Devido a estas características, o confinamento estratégico pode ser um forte aliado a

---

<sup>1</sup> Taxa de desfrute é o quanto o rebanho produziu de excedente, em cabeças ou arrobas.



produção de carne com menor impacto ambiental, encurtando o período de criação dos animais através de dietas altamente eficientes e liberando área para maior produção de alimentos.

Como referido anteriormente, o início deste sistema no país se deu em quatro estados, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e São Paulo, o mais populoso e mais industrializado estado do país, mas nem por isso deixou de ter o agronegócio como importante setor econômico. Calcula-se que em São Paulo 15% dos empregos formais estão no agronegócio, 35% deles na agroindústria, 47% em serviços e 16% no segmento primário (CEPEA, 2020b).

Segundo dados do CEPEA (2020b), o PIB do agronegócio cresceu no estado 1,5% em 2019, ano em que o setor representou 12% do PIB total do estado. Assim como observado para o restante do país, o PIB do estado foi impulsionado pelo setor pecuário, que cresceu 5,44% no referido ano.

### ***Mudanças no perfil de consumo***

As transformações nos aspectos comportamentais, sociais, culturais e econômicos da população humana refletem diretamente no padrão de consumo (Brandão, 2012). É nítida a mudança nos padrões de consumo de proteína, principalmente de carne bovina, nas últimas décadas (ESAESP, 2018).

No Brasil, o comportamento e posicionamento dos consumidores é influenciado pelo desenvolvimento econômico do país nas últimas décadas, que levou ao aumento de renda da população e alterou os padrões de compra (Brandão, 2012). Segundo Brandão (2012), existe uma tendência de que ao elevar-se o poder de compra dos indivíduos, esses desejam aumentar seus padrões de consumo, consumindo maiores quantidades de bens ou produtos e

de maior valor agregado. No caso da carne bovina, existe um limite de consumo per capita, ao atingir determinado valor (heterogêneo entre indivíduos) o consumo tende a manter-se estável (Brandão, 2012). Barcellos et al., (2016) afirmam que os consumidores se tornam continuamente mais exigentes, e desejam maior qualidade e variedade de produtos de origem animal.

Neste cenário, insere-se o que pode ser chamado de *upscaling the offer*: oferecer produtos de preços mais elevados para atingir públicos ou nichos específicos (Sinha e Sheth 2017). Esse fenômeno, também chamado de gourmetização, ou premiumização é recente no país, impulsionado por consumidores mais exigentes e dispostos a pagar mais por produtos diferenciados, incluindo carnes (Leonelli e Oliveira, 2016).

Cabe salientar que o fenômeno de *Upscaling the offer* não se restringe as classes mais altas da população e produtos de luxo, ele alcança consumidores de todas as classes, que desejam aumentar o padrão dos produtos de consumo (Ko, Phau, e Aiello, 2016; Sinha e Sheth; 2017). Esse perfil de consumo com padrões mais elevados é observado em grandes cidades e em cidades interioranas com rápida taxa de crescimento (Cunha, Xavier, Ukon, e Abida, 2014; Sinha e Sheth; 2017).

### **Carnes *premium***

Segundo Leonelli e Oliveira (2016), carnes premium são aquelas que se distinguem do produto similar convencional (carne *commodity*) por receberem uma classificação superior, são produtos em quantidade limitada, com características específicas de qualidade que os tornam superiores, podendo ter

uma origem ou padrões raciais específicos. Também podem ser chamadas de *gourmet*, *prime* e *selection* (Leonelli e Oliveira, 2016).

A qualidade da carne pode ser definida como características específicas que fazem o produto satisfazer as necessidades e expectativas do seu público-alvo (Strydom, Jaworska e Kolozyn-Krajewska, 2015). A Figura 2 a seguir identifica diversos fatores intrínsecos e extrínsecos que caracterizam a carne de qualidade superior segundo Sahlin, Roos e Gordon (2020).

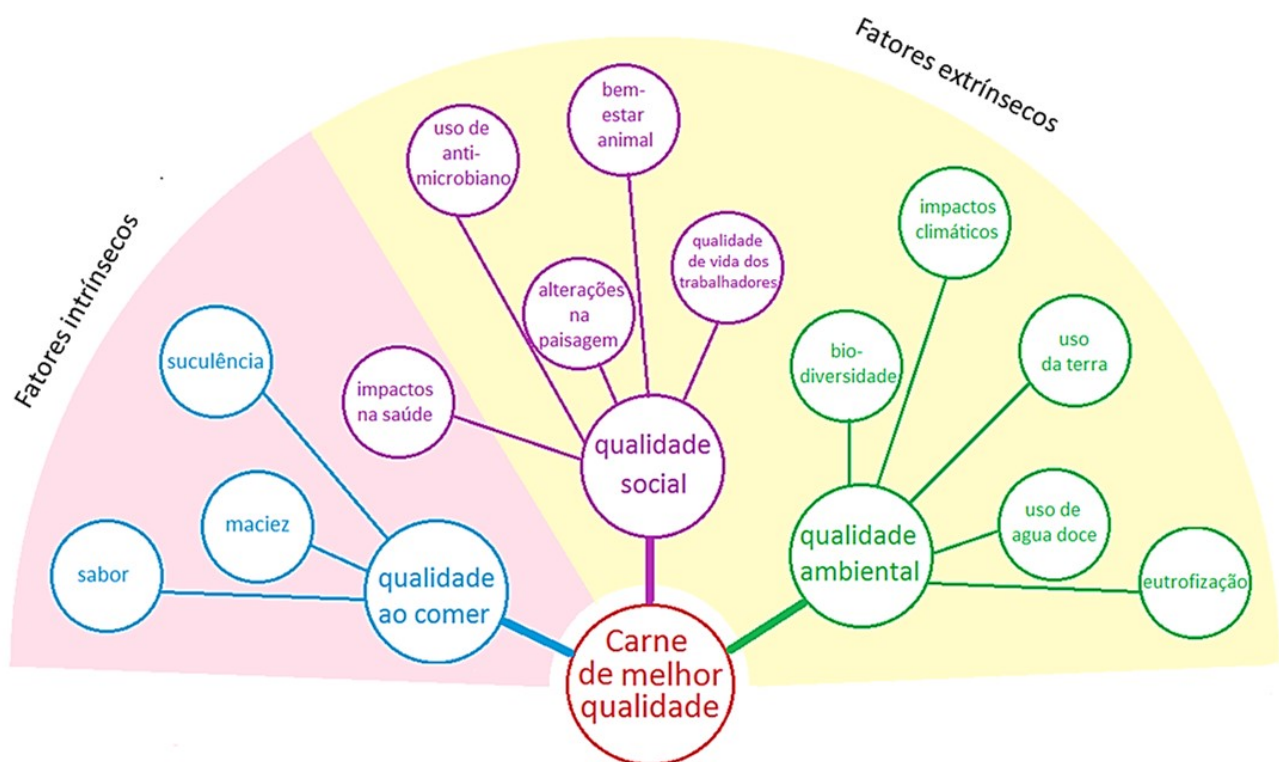


Figura 2 Fatores associados à carne de qualidade superior. Adaptado de Sahlin, K. R., Rööös, E., e Gordon (2020).

A maior parte da carne bovina produzida no país é a do tipo *commodity*, minimamente padronizada, sem diferenciais, comercializada em grandes quantidades e destinada a mercado de atacado, e que segue a precificação de mercado tendo baixo valor agregado (Carvalho e Zen, 2017; Lisbinski, 2019). No

Brasil, a parcela de mercado das carnes de qualidade diferenciada representa apenas 2% das 40 milhões de cabeças abatidas (Leonelli e Oliveira, 2016), mas a participação da carne bovina *premium* no mercado tende a aumentar com o aumento do poder de compra da população (Carvalho e Zen, 2017). Existem, portanto, dois mercados diferentes de carne bovina no Brasil, o composto pela população com menor renda, que tem o preço como fator determinante na compra; e os nichos de mercado, nos quais os produtos são diferenciados por qualidade, por seu apelo natural e/ou sustentável, além de certificações como as de raças, bem-estar animal, ou marcas de luxo (Lisbinski, 2019).

O termo “nicho de mercado”, oriundo da área de marketing, é usado para grupos de clientes em potencial que possuem características semelhantes que os tornam público-alvo para um produto ou serviço específico (Kotler e Armstrong, 2010; Brandão, 2012). A disposição dos consumidores em pagar valores adicionais em produtos diferenciados dos convencionais leva ao aumento de produções voltadas a atender essa demanda (Fox et al., 2008). O surgimento dos nichos de carne *premium* pode ser observado na expansão de estabelecimentos especializados e diferenciados na comercialização de carne bovina (Leonelli e Oliveira, 2016).

### ***Impactos ambientais***

Juntamente com o crescimento da população mundial intensificou-se a preocupação com o meio ambiente, em grande parte devido à apreensão com a escassez de recursos naturais e às mudanças climáticas em curso. Para suprir a demanda global, a produção alimentar atualmente desencadeia diversos e importantes impactos ambientais (Notarnicola et al., 2016).

Algumas das preocupações vigentes são: aumento das áreas degradadas ou desertificadas, acidificação do solo, eutrofização de fonte de água, desmatamento e aquecimento global. Na maioria das vezes estes problemas estão interligados e influenciam uns aos outros. Tais problemas, isolados e principalmente quando associados, põem em risco a já comprometida segurança alimentar (Gerber et al., 2013).

Abordaremos apenas alguns dos impactos mais importantes relacionados a pecuária bovina:

### 1. Eutrofização

Além dos solos, águas são fontes de grande preocupação. Processos de eutrofização são cada vez mais comuns perto de centros urbanos ou perto de atividades agrícolas. A eutrofização consiste no aumento de matéria orgânica e nutrientes na água, principalmente fósforo e nitrogênio.

Estes nutrientes são presentes nos fertilizantes orgânicos e inorgânicos e nos dejetos. Os fertilizantes utilizados nas plantações não são totalmente absorvidos pelos vegetais, e podem ser volatizados ou permanecer no solo. Com a ação da chuva, ocorre a precipitação do material encontrado na atmosfera, e tanto esse quanto o que se encontrava no solo são lixiviados, ou seja, carregados pela água pluvial até fontes de água (Bem, 2009).

Ocorre então uma elevada alteração na quantidade dos nutrientes no meio aquático que leva ao aumento do processo de fotossíntese e respiração dos organismos aquáticos, causando a proliferação excessiva de algas e consequentemente alterando a dinâmica dos nutrientes e gases no ambiente (Bem, 2009; Pereira et al., 2012). Quando a eutrofização ocorre de forma natural

é um processo gradual e lento, diferentemente da eutrofização promovida pelas atividades antrópicas. Ao ocorrer aumento desordenado na produção de biomassa, o ecossistema não pode incorporá-la na mesma velocidade de produção levando ao desequilíbrio ecológico (Bem, 2009).

Este problema afeta fontes de água doces ou salgadas. É um problema particularmente evidente em países em desenvolvimento, nos quais geralmente não existem regulamentações específicas e os produtores rurais têm pouca informação sobre os possíveis impactos da atividade agrícola (Pereira et al., 2012).

## 2 Acidificação do solo

A acidificação ou alcalinização do solo é um fenômeno natural, ocorrendo ao longo de todo processo evolutivo do ecossistema. É afetado por interações como clima, organismos, solo e decomposição de matéria orgânica, porém esta mudança de pH ocasiona uma perda de diversidade bacteriana (Zhang et al., 2015). Outros fatores antrópicos são a introdução de novas espécies de plantas, como ocorre na agricultura, e a carga animal excretando sobre o solo, no caso das pastagens (Martins et al., 2014).

A acidificação diminui a diversidade, pois as espécies não adaptadas ao meio mais ácido se extinguem. Por outro lado, outras espécies tendem a se adaptar ao novo ambiente através de processos evolutivos, e outras espécies de distintas localizações, já adaptadas, tendem a colonizar o solo com o novo pH. Esta nova conformação microbiológica altera toda a dinâmica do solo e do meio em geral (Zhang et al., 2015).

Para obter altas produtividades, os solos ácidos necessitam sofrer correções, como adubação e calagem, o que eleva o custo produtivo (Martins et al., 2014). Portanto, é de suma importância a preocupação com a acidificação dos solos, visto que impacta diretamente nos custos de produção, o que pode prejudicar toda a agricultura.

## 2. Potencial de aquecimento global

O fenômeno do efeito estufa é natural e necessário para o desenvolvimento da vida na Terra. Ocorre da seguinte maneira: A radiação solar chega à atmosfera terrestre sendo parte dela refletida ao espaço e parte aquece os gases estufas (que são os gases com maior potencial de retenção de energia irradiada pelo sol), entre eles gás carbônico, metano, óxido nítrico (esses gases são emitidos por ações antropogênicas como queima de combustíveis fósseis e mudança no uso da terra) e vapor de água (da Silva Dias, 2006). Aumentando a concentração dos gases estufas diminui-se a reflexão da radiação solar, o que aumenta a parcela que alcança a superfície terrestre, aquecendo de forma mais intensa mares e continentes, alterando os padrões de circulação atmosférica, a distribuição de chuvas, o tamanho de calotas de neves e geleiras, consequentemente o nível do mar e a intensidade de tempestades (Lamboll, Stathers e Morton, 2017).

O carbono encontrado na atmosfera na forma de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), atua de duas maneiras distintas no sistema climático global. A mais conhecida e discutida é o efeito como gás estufa, alterando o balanço de energia absorvida na atmosfera pelas emissões de radiação solar, levando ao aumento da temperatura em todo o planeta. Além de ser o elemento químico chave na fotossíntese, o qual em concentrações maiores estimula a fotossíntese do dossel

(parte foliar das plantas) e diminui a condutância estomática. Isto leva a uma diminuição na transpiração do dossel, o que afeta diretamente o balanço hídrico terrestre, visto que as alterações de concentrações gasosas atmosféricas são globais (Costa e Foley, 2000).

Como referido anteriormente, o efeito estufa é um fenômeno natural e necessário para a vida no planeta da forma como é, porém, o aquecimento global, com a potencialização do efeito estufa, é irrefutável. E as ações humanas são as causadoras principais deste aquecimento desde o meio do século XX (IPCC, 2014).

Dentre as ações humanas, temos a produção de alimentos, incluindo a pecuária de corte. Nesta atividade as emissões de gases de efeito estufa ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ) são oriundas dos processos digestivos dos animais, da produção de forrageiras e grãos para a alimentação destes, e das excretas dos animais. A fermentação entérica produz metano, que é eliminado pela eructação e em menor quantia pela flatulência, além também de ser volatilizado das fezes. A urina e as fezes também contribuem com a emissão de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), e os fertilizantes nitrogenados, utilizados nas pastagens ou nas plantações de grãos para consumo dos bovinos também são importante fonte de eliminação de nitrogênio (de Vries e de Boer, 2010).

Portanto, o agronegócio tem missões cruciais para o bem-estar da humanidade e do planeta, como aumentar a produção total de alimentos, aumentando principalmente e, se possível exclusivamente, a produtividade, e não a área agricultável. Promover segurança alimentar, promover empregabilidade rural, agregação de valor aos produtos agropecuários,



promover crescimento e redução da pobreza em países em desenvolvimento, apoiando sistemas hídricos e espécies polinizadoras e sendo resiliente às mudanças climáticas enquanto reduz suas contribuições nas emissões de GEE (Lamboll, Stathers e Morton, 2017).

### ***Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)***

O aparecimento da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida deu-se nos Estados Unidos no final da década de 1960 e início da década de 1970. Uma das ideias inovadoras da época era a inclusão de energia na categoria de recursos naturais, porém por muito tempo não foi considerada tão importante quanto os resíduos sólidos. Nesta época buscava-se respostas para quais processos eram mais econômicos e rentáveis para fábricas e indústrias (Hunt e Franklin 1996).

Somente em 1988 houve um drástico despertar para a consciência ambiental nos Estados Unidos. As empresas se interessaram em desenvolver produtos que produzissem menos impactos ambientais que os existentes e reconheciam a utilidade da ACV como uma importante ferramenta para esse fim (Hunt e Franklin 1996).

No ano de 1990 havia sido oficialmente adotado o nome ACV pela Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental (SETAC) e pouco tempo depois, em 1992, foi padronizado pela Organização Internacional de Normalização (ISO 14040-43; TR 14047,49; TS 14048) (Klöpffer, 2003).

A ACV é uma metodologia empregada e aceita mundialmente para medir os impactos ambientais e potenciais impactos de produtos ao longo de sua vida. Servindo desta maneira como uma importante ferramenta para

classificá-los de acordo com seu desempenho perante os demais produtos concorrentes (Pelletier et al., 2010).

A avaliação é feita dentro de uma fronteira, que é delimitada de acordo com o objetivo do estudo, ou disponibilidade de informações. O início do processo é chamado de berço (*cradle*) e o final do processo é o destino final do produto (*grave*), porém muitas vezes não é interessante esta fronteira mais ampla, e sim algo mais pontual, com uma delimitação específica para o objetivo desejado.

Toda ACV deve ter uma unidade funcional (UF), desta forma busca-se padronizar a escala do estudo e permite-se a posterior comparação com outros estudos.

Os processos são as etapas definidas dentro da avaliação, podem ser extração de recursos, transporte de matéria-prima, uso dos recursos ou matérias primas, transporte do produto, destinação dos resíduos entre outras opções. Dentre os processos também estão as saídas, que são as emissões para o meio. Todos os processos devem estar descritos e cada *input* e *output* do processo deve ser computado de maneira quantitativa, de forma que seja possível avaliar os impactos exercidos sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana (Ruviano, 2012). Esta fase é chamada de inventário.

Como metodologia replicável, a ACV segue normas bem definidas. São essas elaboradas pela ISO (*International Organization for Standardization*), e encontram-se na série ISO 14040 (2006a) e ISO 14044(2006b).

De acordo com a normativa ISO 14040: 2006, a análise do ciclo de vida pode ser subdividida em quatro fases:

- 1- Definição do objetivo e escopo
- 2- Inventário do ciclo de vida
- 3- Avaliação dos impactos
- 4- Interpretação dos resultados

Na fase 1 deve ser definido e descrito o objeto do estudo, o produto ou processo avaliado. São estabelecidos os limites do estudo, físicos e ambientais, além do cenário em que se encontra o produto.

No inventário do ciclo de vida, fase 2, são descritas todas as entradas e saídas do sistema. Como entradas podemos ter: Água, energia elétrica, combustível, alimentos, adubos, fertilizantes e defensivos agrícolas, entre outros. Como saídas temos as emissões gasosas, o resíduo sólido etc.

Durante a terceira fase são avaliados os efeitos sobre o meio ambiente e sobre a sociedade causados pelo uso de recursos durante a atividade ou processo.

Na fase 4 são analisados os resultados da avaliação do inventário e dos impactos, para comparação com demais processos ou produtos similares. Desta forma são vistas as etapas de maior impacto, as etapas mais eficientes, quais são os produtos com maiores e menores impactos, e são estabelecidas estratégias para melhora do desempenho ambiental do objeto do estudo, quando pertinente.

### **Objetivos**

O objetivo geral deste estudo é avaliar os potenciais impactos ambientais da carne premium e super premium produzida em confinamento no estado de São Paulo, através da Avaliação de Ciclo de Vida.

Para alcançar este objetivo foram estabelecidos alguns objetivos específicos:

- 1- Mensurar as emissões relacionadas a produção dos alimentos dos animais;
- 2- Mensurar as emissões entéricas e dos dejetos dos animais;
- 3- Evidenciar as categorias de impactos ambientais: Potencial de Aquecimento Global, Acidificação do Solo e Eutrofização de Água Doce da produção de carnes *premium* (Oba) e *super-premium* (Beef Passion) em sistema de confinamento.

## **Metodologia**

No presente estudo a metodologia utilizada para mensurar o potencial dos impactos ambientais da produção de carne *premium* e *super-premium* baseou-se nas recomendações e equações sugeridas pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007), analisados pelo software SimaPro 9.1.0.11 (PRéConsultants, 2020). As emissões foram convertidas em carbono equivalente (eq.) considerando os fatores de emissão do CH<sub>4</sub> = 25 e do N<sub>2</sub>O = 298, com um potencial de aquecimento global equivalente ao período de 100 anos, conforme o IPCC (2007). As emissões entéricas de metano e óxido nitroso dos animais e seus dejetos foram calculadas de acordo com o capítulo 10 do *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (2006) seguindo Tier

2 e utilizando-se de *emission factors* de referências nacionais. A alocação dos impactos ambientais foi feita por massa (kg de alimento consumido), e o método de atribuição de impacto escolhido foi o *midpoint*, no qual mensura-se os impactos diretos da produção na produção de gases com potencial de aquecimento global, acidificação do solo e eutrofização de água doce.

#### Caracterização do sistema

Neste trabalho, foram utilizados dados do confinamento Beef Passion, em Nhandeara, São Paulo. A propriedade situa-se geograficamente na latitude 20°38'45.2" Sul e longitude 50°01'56.8" Oeste. O clima é classificado segundo Köppen-Geiger como tropical savânico, com verão quente e abafado e inverno morno e seco (WeatherSpark, 2020).

Na propriedade são produzidos animais com alta qualidade de carcaça, respeitando o bem-estar animal. Existem duas linhas de carnes produzidas, a linha Oba, que atende exclusivamente a rede de supermercados de mesmo nome, e a linha Beef Passion, na qual os animais são produzidos em um “spa” bovino, e o objetivo é produzir carnes com elevado marmoreio (gordura intramuscular).

Na linha Oba os animais são provenientes de compra, e todos são frutos de cruzamento industrial entre as raças Nelore e Angus. Nesta linha são abatidos cerca de 3440 animais ao ano.

Na linha Beef Passion os animais são de origem própria, provenientes do estado do Mato Grosso do Sul. São animais de composição sanguínea majoritária Angus ou Wagyu, abatendo-se anualmente 441 e 220 animais, respectivamente.

No sistema produtivo, aos 17 meses os animais são inseridos no confinamento, alojados em piquetes de terra batida, com bebedouros e cochos adequados para receberem toda a alimentação. Nesta fase, ficam alojados em piquetes de 750 m<sup>2</sup> (30 no total), com 55 animais, tendo cada animal uma área de 13,64 m<sup>2</sup>.

No início do confinamento os animais recebem uma dieta de adaptação e crescimento, sendo composta por cana de açúcar picada, milho seco moído, polpa cítrica peletizada e concentrado proteico comercial (Probeef nutripec CP). A dieta Adaptação possui 39,46% de matéria seca (MS), 60% de nutrientes digestíveis totais (NDT), 17,04 MJ/kg de energia bruta (EB), e proteína bruta (PB) representa 6,75% da dieta.

Os animais permanecem nesta dieta, em média, de 15 a 21 dias. Devido a heterogeneidade dos animais e dos lotes, alguns animais com peso inicial mais elevado permanecem menos tempo confinados (de 10 a 15 dias) e outros, inicialmente mais leves, permanecem por um período maior, sendo algumas vezes superior a 21 dias. O critério é o escore de condição corporal e a ingestão de matéria seca com base no peso vivo, preconizando-se o consumo médio de 3% do peso vivo.

Posteriormente, todos os animais que apresentam a condição corporal desejada são alimentados com a dieta Oba. Esta é composta por gérmen de milho, silagem de milho, polpa cítrica peletizada, milho seco moído, polpa cítrica úmida, cana de açúcar picada, farelo de amendoim, núcleo mineral comercial (Probeef confinamento performa) e ureia. A dieta Oba tem 52,88% de matéria

seca (MS), 65,6% de nutrientes digestíveis totais (NDT), 10,34 MJ/kg de energia bruta (EB) e proteína bruta representa 32,55% da dieta.

Os animais oriundos de cruzamento industrial Nelore x Angus, da linha Oba, permanecem nesta dieta em torno de 89 a 99 dias, ou até atingirem o peso desejado para abate, em torno de 475 quilogramas (Kg). Já os animais de composição sanguínea majoritária Angus ficam na dieta Oba por aproximadamente 80 dias, enquanto os Wagyu ficam cerca de 180 dias. Para a dieta seguinte, a Beef Passion, os animais são transferidos para o “spa bovino”, que consiste em currais com sombreamento e música ambiente. Os currais (12 no total) tem área de 6500 m<sup>2</sup>, e alojam de 130 a 140 animais, atingindo uma lotação de 46,4 a 50 m<sup>2</sup> por animal.

Para esses animais da linha Beef Passion o preconizado é o escore de condição corporal, visando o melhor acabamento de carcaça possível, por isso a permanência deles em cada dieta é variável, podendo ser encurtado ou excedido.

A linha Beef Passion passa posteriormente a uma terceira dieta, a qual a linha Oba não tem acesso. Durante esta terceira dieta os animais são alojados no chamado “spa” bovino, onde tem sombreamento e música durante todo o tempo para fornecer enriquecimento ambiental auditivo aos bovinos. Nesta fase a dieta Beef Passion é composta de silagem de milho, gérmen de milho, milho seco moído, polpa cítrica úmida, soja grão, núcleo mineral comercial (*Probeef confinamento máxima choice*), farelo de amendoim e ureia. Na Tabela 1, estão representadas os 3 grupos de animais e as dietas que são submetidos com a respectiva duração.

*Tabela 1: Tipos de dieta e dias de alimentação de acordo com a linha dos animais.*

Linha dos animais	Dietas		
	Adaptação	Oba	Beef Passion
Oba	21 dias	99 dias	Não consomem
Beef Passion Angus	21 dias	80 dias	120 dias
Beef Passion Wagyu	21 dias	180 dias	120 dias

A dieta Beef Passion contém 53,85% de MS, 73,5% de NDT, 11,72 MJ/kg de EB e 27,66% de PB. Todos os animais permanecem nesta fase ingerindo esta dieta ao menos por 120 dias ou até atingirem a condição ideal de abate, na qual o peso vivo geralmente é em torno de 730 kg para os animais Angus e 650 Kg para os animais Wagyu.

Com base no consumo médio diário, número de dias recebendo cada dieta, ganho de peso diário, peso de abate e rendimento de carcaça, foram estimadas as emissões entéricas e as emissões dos ingredientes das dietas. Posteriormente, as emissões de óxido nitroso e metano foram convertidas para carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq.), segundo seu potencial de aquecimento global (CO<sub>2</sub> = 1; CH<sub>4</sub> = 25; N<sub>2</sub>O = 298), somadas e divididas pelo total de ganho de peso e, também, pelos quilogramas de carcaça produzidos, obtendo desta maneira as respectivas emissões equivalentes a um quilograma de carne ou carcaça produzida em confinamento.

#### Fronteiras do sistema

A fronteira do sistema é a própria fazenda onde está localizado o confinamento, também chamado de *gate-to-gate* (de porteira à porteira), a fronteira está limitada à entrada dos animais no confinamento até os animais estarem prontos para o abate. Foram considerados os *inputs* dentro da fazenda, como ingredientes das rações (retirados de inventários do Ecoinvent) e o diesel



consumido pelo caminhão que leva os ingredientes da dieta até a o local do confinamento. Não foram consideradas, neste estudo, as mudanças de uso da terra da propriedade, por ser uma propriedade estabelecida há muitas décadas. Também não foram consideradas as emissões relacionadas a produção de energia elétrica utilizada, as emissões prévias dos animais antes de chegarem no confinamento, as emissões para a produção do combustível fóssil utilizado, as emissões do transporte dos animais adquiridos até chegarem na propriedade. Portanto neste estudo foram avaliadas as emissões em carbono equivalente do confinamento dos animais, suas emissões entéricas, e os respectivos *inputs* utilizados dentro da fazenda.

As fontes de gases do efeito estufa computadas foram as emissões de metano e óxido nitroso oriundas das produções dos ingredientes das dietas. Na dieta de adaptação os ingredientes avaliados foram: polpa cítrica seca, milho, cana-de-açúcar e farelo de soja como substituto do núcleo concentrado proteico. Na dieta Oba os ingredientes avaliados foram: gérmen de milho, silagem de milho, polpa cítrica seca, milho, cana-de-açúcar, amendoim, ureia e farelo de soja, como substituto do núcleo concentrado proteico. Na dieta Beef Passion foram avaliados os ingredientes: gérmen de milho, silagem de milho, polpa cítrica seca, milho, soja, amendoim e ureia. Todas as informações foram retiradas do Ecoinvent 3,7.

### **Unidade funcional**

No presente estudo, a unidade funcional (UF) adotada foi um quilograma de peso vivo ganho no confinamento, para que possamos comparar a eficiência deste sistema de terminação com os demais. Os resultados também estão

apresentados em um quilograma de carcaça ganho no confinamento, conforme os rendimentos de carcaça médio de cada linha de animais (53,1% para a linha Oba, 54,7% para a linha Beef Passion Angus e 55,4% para a linha Beef Passion Wagyu).

## Resultados

O consumo médio diário dos animais foi de 2,3% do peso vivo para os animais Oba, 2,1% para os animais Beef Passion Angus e 2% para os animais Beef Passion Wagyu. No total, cada animal consumiu respectivamente 901,46 kg, 1961,25 e 2949,75, o que equivale a conversões alimentares de 5,17, 5,27 e 8,80 kg de matéria seca para kg de peso vivo ganho no confinamento.

Os resultados dos potenciais impactos ambientais da produção de carne *premium* e *super-premium* no estado de São Paulo estão expostos na Tabela 2.

*Tabela 2 Potenciais impactos ambientais da carne premium e super-premium produzidas em confinamento*

Impactos potenciais	Pegada de carbono (kg de CO <sub>2</sub> eq./ kg de PV ganho em confinamento)	Acidificação Terrestre (g de SO <sub>2</sub> eq./ kg de PV ganho em confinamento)	Eutrofização de água doce (g de PO <sub>4</sub> eq./ kg de PV ganho em confinamento)
Animais:			
Oba	5,0323 kg CO <sub>2</sub> eq.	24,7145 g SO <sub>2</sub> eq.	1,2541 g PO <sub>4</sub> eq.
Beef Passion	4,7746 kg CO <sub>2</sub> eq.	28,2229 g SO <sub>2</sub> eq.	1,3809 g PO <sub>4</sub> eq.
Beef Passion Wagyu	8,8858 kg CO <sub>2</sub> eq.	47,2982 g SO <sub>2</sub> eq.	2,2993g PO <sub>4</sub> eq.

*Eq. = Equivalente; PV = peso vivo*

As emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) foram convertidas para CO<sub>2</sub> equivalente, utilizando os fatores de conversão 25 e 298 respectivamente, conforme preconiza o IPCC. Os animais Beef Passion Angus apresentaram as menores emissões de CO<sub>2</sub> eq. por kg de peso vivo ganho no

confinamento, devido a melhor conversão alimentar e seu maior ganho de peso total.

A maior parte das emissões foi oriunda dos processos de produção dos ingredientes das dietas, e representaram aproximadamente 80% das emissões totais. Valores que coincidem com os encontrados por Roop et al. (2014) que cita a produção de alimento com participação de 60 a 79% da pegada de carbono da fase. Os dados de impactos potenciais de cada ingrediente foram retirados de estudos nacionais e internacionais na plataforma Ecoinvent versão 3.7. A dieta Adaptação apresentou uma pegada de 0,393 kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de dieta, a dieta Oba apresentou 0,856 kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de dieta, e a dieta Beef Passion apresentou 0,626 kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de dieta.

O potencial de acidificação terrestre encontrado foi de 4,3 kg de SO<sub>2</sub> equivalente para os animais Oba, 10,5 Kg de SO<sub>2</sub> e 15,84 Kg de SO<sub>2</sub> respectivamente para os animais Beef Passion Angus e Beef Passion Wagyu durante todo o confinamento. O que representa 24,7, 28,2 e 47,3 g de SO<sub>2</sub> por kg de peso vivo ganho no confinamento para os animais Oba, Beef Passion Angus e Beef Passion Wagyu.

O potencial de eutrofização de água doce é representado em g de Fósforo equivalente. No presente estudo os valores encontrados foram 1,25 g/kg de peso vivo ganho no confinamento para os animais Oba, 1,38 g para Beef Passion Angus e 2,3 g para os animais Beef Passion Wagyu.

Foi mensurada a área necessária para produção dos ingredientes das dietas. Os resultados encontrados foram 802,4 m<sup>2</sup> para as dietas dos animais

Oba, 1873,5 m<sup>2</sup> para as dietas dos animais Beef Passion Angus e 2819,1 m<sup>2</sup> para as dietas dos animais Beef Passion Wagyu.

As emissões de gases do efeito estufa são normalmente apresentadas em kg de CO<sub>2</sub>, e para facilitar comparações com outros estudos apresentaremos os resultados obtidos dos animais e das dietas, além de emissões por kg de peso vivo ganho no confinamento e de kg de carcaça ganho no confinamento (Tabela 3).

*Tabela 3. Emissões de gases do efeito estufa por UF (1 kg de PV ganho no confinamento e 1 kg de carcaça ganho no confinamento).*

<b>Emissões</b>	<b>Kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de PV ganho</b>	<b>Kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de carcaça ganho</b>
<i>Dietas</i>		
Oba	4,0375	7,6037
Beef Passion Angus	3,6442	6,6621
Beef Passion Wagyu	6,4716	11,6817
<i>Entéricas</i>		
Oba	0,9634	1,8143
Beef Passion Angus	1,0984	2,0081
Beef Passion Wagyu	1,7128	3,0918

*Eq. = equivalente; PV = peso vivo*

Nas emissões provenientes da produção dos ingredientes das dietas não estão inclusas as emissões para o transporte de cada ingrediente. Em média, cada kg de ingrediente transportado emite uma quantia de 0,0060 kg de CO<sub>2</sub> eq. contando o consumo do transporte de ida, com a carga, e de volta, com o caminhão vazio até seu ponto de origem. O total de litros de diesel consumidos estimados em base a valores de consumo por tonelada transportada por caminhões leves, semipesados e pesados foi de 28.738 litros, e o valor de emissão utilizado foi 2,603 kg de CO<sub>2</sub> eq. por litro de diesel consumido (CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), 2019).

## **Discussão**

## Pegada de carbono

Em meio a cenários produtivos diversificados como encontrados no país, os impactos ambientais também podem variar amplamente, principalmente no que se refere as emissões de gases do efeito estufa e pegada de carbono (Gerber et al., 2013; Arcuril e Berndt, 2015). Estudos, como o de Ruviaro et al., (2014) encontraram pegadas de carbono variando entre 18,3 e 42,6 kg de CO<sub>2</sub> equivalente para cada 1 kg de ganho de peso vivo. Já Dick et al. (2015b), encontraram pegadas mínima de 9,16 e máxima de 22,5 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kg de peso vivo ganho. No presente estudo os resultados foram 5,03, 4,77 e 8,88 kg de CO<sub>2</sub> eq. para cada kg de peso vivo ganho no confinamento. Apesar de expressivamente menores que os resultados dos dois primeiros trabalhos mencionados, cabe ressaltar que as carnes produzidas são diferentes, sendo os outros estudos voltados para carnes sem diferenciação, enquanto nesse estudos as carnes analisadas são *premium* e *super-premium*. Além de que o presente estudo avaliou apenas a terminação em confinamento dos animais, enquanto os demais apresentaram resultados de todo o ciclo produtivo em sistemas semi-intensivos e intensivos, e é sabido que a fase de cria e recria são as que mais colaboram com os impactos ambientais, abrangendo cerca de 69 a 84% do ciclo (Beauchemin et al., 2010; Stackhouse-Lawson et al. 2012).

Comparando com outros estudos que avaliaram apenas o período de terminação, como Modernel et al. (2013) com pegada de 6,9 kg de CO<sub>2</sub> eq./kg de peso vivo observamos semelhanças, porém os estudos apresentam uma unidade funcional distinta, pois peso vivo é o quanto o animal pesou no momento que chegou ao frigorífico e não quanto ganhou de peso no confinamento, como no presente estudo.

Ao compararmos com trabalhos que utilizam a unidade funcional de peso vivo ganho no confinamento temos que Heflin et al. (2019) encontraram 4,84 kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de peso vivo ganho no confinamento, Heflin (2016) obteve 7,61 kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de peso vivo ganho no confinamento e Ma et al., (2010) obtiveram resultados de 10,16 kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de peso vivo ganho no confinamento. Stanley et al., (2018) encontraram 8,43 kg de CO<sub>2</sub> eq/ kg de PV ganho no confinamento, resultado condizente aos valores encontrados nesse estudo e, as fronteiras e unidades funcionais são semelhantes.

Um fato observado em trabalho da EAESP (2019), é que animais abatidos com menor peso corporal tendem a apresentar maiores pegadas de carbono, como acontece no caso dos animais Oba em comparação com os animais Beef Passion Angus neste estudo.

### **Acidificação terrestre**

Os principais precursores de acidificação terrestre da pecuária são amônia, nitratos e sulfatos, e são oriundos dos dejetos animais e fertilizantes utilizados na produção de forrageiras e grãos destinados à alimentação dos bovinos e na queima de combustíveis fósseis pelos veículos utilizados no transporte de insumos. Esses compostos inorgânicos em contato com a chuva na atmosfera acidificam-na e essa, posteriormente, pode gerar danos tanto para o solo como fontes de água (Florindo, 2018). Na ACV esses gases são expressos em equivalência de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub> eq.). No presente estudo, avaliou-se a emissão oriunda dos processos digestivos dos animais que apresentaram valores de 24,7, 28,2 e 47,3 g de SO<sub>2</sub>/ kg de PV ganho no

confinamento pelos animais Oba, Beef Passion Angus e Wagyu, respectivamente.

A acidificação é um impacto diretamente ligado a tecnificação do sistema produtivo, conforme observado no estudo de Séo (2015), quanto mais intensivo o sistema produtivo, maior o potencial de acidificação terrestre do mesmo. Em sistemas à pasto, Dick (2018) encontrou valores de 5,28 a 6,62 g de SO<sub>2</sub> eq./kg de PV ganho. Séo (2015) ainda salienta que no cultivo de grãos, parte expressiva de produções confinadas, a volatilização da amônia dos fertilizantes é a maior contribuidora para o potencial de acidificação.

### **Eutrofização**

No caso de confinamentos, o maior problema relacionado com a eutrofização é o manejo dos dejetos, muitas vezes utilizados em excesso como forma de adubação devido ao menor custo em comparação aos fertilizantes químicos. Tanto os dejetos armazenados quanto os utilizados como fertilizantes orgânicos, bem como, os fertilizantes sintéticos aplicados na produção de grãos e forrageiras, estão sujeitos a volatilização e lixiviação contribuindo com uma maior parcela do potencial de eutrofização em confinamentos (Séo, 2015).

No presente estudo, foram encontrados valores de 1,25, 1,38 e 2,30 g PO<sub>4</sub> eq./kg de PV ganho no confinamento, resultados similares foram obtidos por Dick et al. (2015b) (3,83 e 2,19 g PO<sub>4</sub> eq./ kg de PV ganho) e Dick (2018) (2,8, 2,43, 2,86 e 3,44 g PO<sub>4</sub> eq./kg de PV ganho).

Os valores de eutrofização encontrados no confinamento Beef Passion são inferiores àqueles de Dick et al. (2015b e 2018) e deve-se ao manejo de dejetos utilizado no confinamento, pois os dejetos permanecem em baias de

terra seca, e também ao tempo de permanência no confinamento, inferior ao tempo de terminação à pasto.

### **Uso da terra**

A área utilizada para a produção em confinamento é menor que a produção intensiva à pasto e extensiva. Neste trabalho encontramos produção de 5,95 kg de ganho de PV/ha/dia para os animais Oba, 5,44 kg de ganho de PV /ha/dia para os animais Beef Passion Angus e 3,25 kg de ganho de PV /ha/dia para os animais Beef Passion Wagyu. Esses resultados corroboram com a produção encontrada por Vale et al. (2019) de 3,23 a 23,01 kg de ganho de PV/ha/dia, incluindo a área utilizada para a produção dos ingredientes das dietas dos animais. Os mesmos autores relataram uma produção de 0,2 a 0,8 kg de ganho de PV/ha/dia para sistemas extensivos e 1,02 a 4,22 kg de ganho de PV/ha/dia para sistemas intensivos, o que mostra que o confinamento estudado pode produzir até 82 vezes mais carne por ha/dia que o sistema extensivo, mas pode produzir 13% menos carne premium de que um sistema intensivo bem manejado produziria de carne ha/dia.

Em relação à área utilizada para a produção do alimento dos animais, este estudo encontrou 0,08 ha (800 m<sup>2</sup>) para os animais Oba, 0,187 ha (1870 m<sup>2</sup>) para os animais Beef Passion Angus e 0,282 ha (2820 m<sup>2</sup>) para os animais Beef Passion Wagyu, o que equivale à 2,39, 5,03 e 16,18 m<sup>2</sup>/ kg de ganho de PV, respectivamente. Resultados semelhantes, (2,64 a 4,11 m<sup>2</sup>/ kg de ganho de PV) foram relatados por Cole et al. (2020); e Florindo (2018), com 24,83 à 86,17 m<sup>2</sup>/ kg de PV. Em sistemas extensivos à pasto, Dick (2018) encontrou valores de 87,94 a 158,84 m<sup>2</sup>/kg de PV ganho.



Como suposto, a terminação em confinamento ocupa uma área inferior à terminação à pasto, mesmo considerando a área para a produção das dietas. Stanley e colaboradores (2018) obtiveram uma diferença de ocupação da terra superior a 50% quando comparado confinamento com produção à pasto. Isso se deve à alta produtividade por área dos grãos e da cana-de-açúcar. Além de que os grãos (milho e soja) produzem mais energia e proteína por área em comparação com a pastagem, e, portanto, demandam menor uso de terras que sistemas à base de pasto para suprir as exigências nutricionais dos animais (Séio, 2015).

### **Emissões da produção das dietas**

A produção das dietas foi a principal fonte dos impactos ambientais avaliados no trabalho, assim como no estudo de Olszensvski (2011). Isso se deve ao uso de fertilizantes nas culturas como milho, soja, cana-de-açúcar, laranja. As emissões em CO<sub>2</sub> eq. encontradas neste estudo para o total das dietas consumidas foram de 703,75 kg para os animais Oba, 1355,65 kg para os animais Beef Passion Angus e 2168 kg para os animais Beef Passion Wagyu. A primeira linha de animais (Oba) obteve resultados próximos aos relatados por Stackhouse-Lawson et al. (2019), 697-729 kg, mas superiores aos encontrados por Cole et al. (2020), 620 kg. Os altos valores encontrados para as emissões das dietas dos animais Beef Passion Angus e Wagyu estão relacionados ao maior consumo de matéria seca destes animais (119,5 e 229% em comparação com animais Oba) em função do tempo de permanência no confinamento ser superior aos animais da linha OBA.

Os valores da Pegada de Carbono para 1 kg das dietas foram semelhantes ao encontrado por Werth (2015) com valores de 0,63, 0,576 e 0,521 kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de dieta. Neste trabalho, a dieta adaptação, Oba e Beef Passion apresentaram, respectivamente, 0,393, 0,856 e 0,626 kg de CO<sub>2</sub> eq./ kg de dieta. O transporte de cada kg de dieta foi responsável por 6,06 g de CO<sub>2</sub> eq.

A Figura 3, ilustra comparativamente as 3 linhas de carne, sendo a Beef Passion Wagyu correspondente à 100% em todas as categorias de impacto.

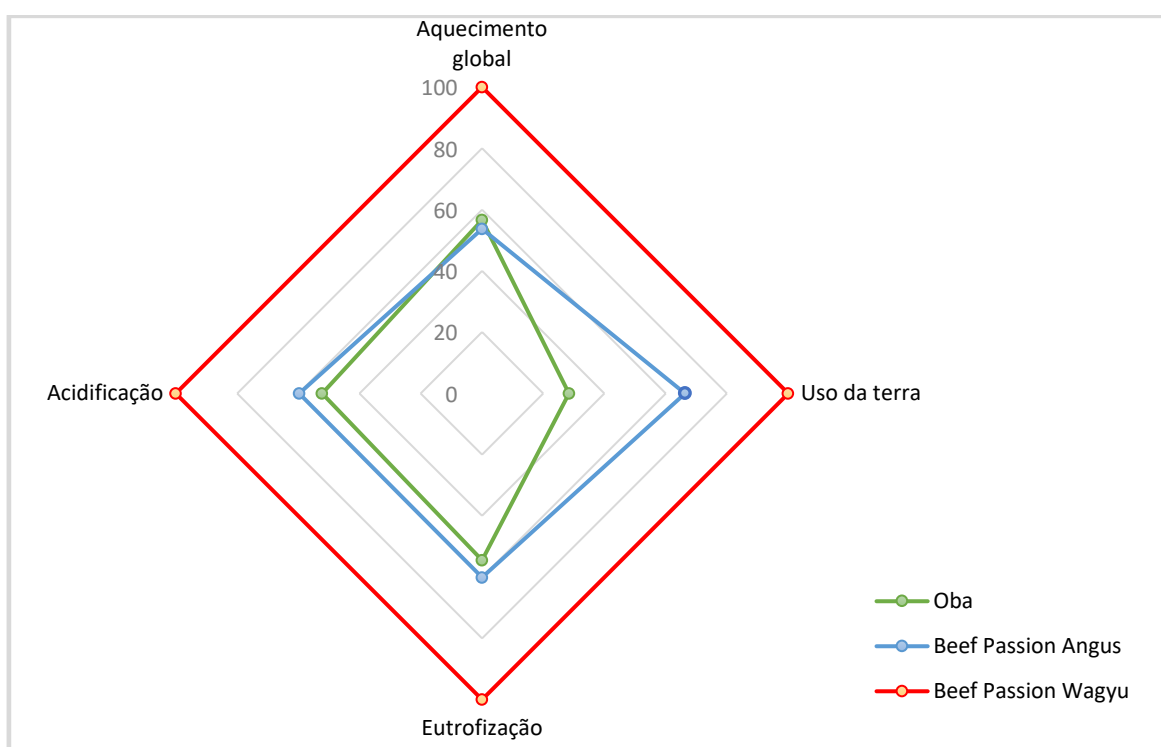


Figura 3: Gráfico de Radar Comparativo entre as 3 linhas de carne produzidas no confinamento

A linha Beef Passion Wagyu foi escolhida como referência pois é a mais seleta, que tem o ciclo produtivo mais longo, produz menos animais ao ano, e é mais impactante para as 4 categorias comparadas. Desta forma comparar as três linhas torna-se mais eficiente e didático.

## Conclusão

Neste estudo utilizou-se a ACV para mensurar os impactos ambientais da produção de carne *premium* e *super-premium* em um confinamento no estado de São Paulo. Os animais da linha Beef Passion Wagyu apresentaram os valores mais elevados para todos os impactos avaliados, potencial de aquecimento global, potencial de eutrofização de água doce, potencial de acidificação terrestre, e utilizaram a maior área para produção. Isso ocorreu devido o maior tempo em confinamento desses animais, maior deposição de gordura na carcaça, e conseqüentemente menor ganho de peso diário. Os animais Oba foram os que apresentaram os menores impactos ambientais em três categorias, potencial de acidificação terrestre, potencial de eutrofização de água doce e uso de terra, obtendo apenas na categoria potencial de aquecimento global resultados mais elevados que os animais Beef Passion Angus, que devido o maior ganho de peso vivo no confinamento apresentaram os menores resultados para potencial de aquecimento global e resultados medianos para as demais categorias.

A maior contribuição para a categoria potencial de aquecimento global foi obtida da produção das dietas dos animais, seguida pelas emissões entéricas e por último o transporte das dietas. Estes resultados demonstram que ao objetivar-se produções com menores potenciais de aquecimento globais deve-se dar maior atenção à produção das dietas dos animais, que devido ao uso de fertilizantes nas lavouras e plantações produzem a maior parcela de gases do efeito estufa da pecuária de corte confinada.

Este trabalho sugere ainda, ao comparar com literaturas nacionais e internacionais, que a produção de carne *premium* e *super-premium* em confinamento pode ser ambientalmente menos impactante que produções

convencionais à pasto, e produzir um produto de maior valor agregado e qualidade superior, respeitando o bem-estar animal, utilizando menor área e recursos de forma mais eficiente. Ademais, para atender nichos específicos de mercado com animais da linha Beef Passion Wagyu, o sistema de confinamento propicia a produção de uma carne com grau de marmoreio superior à carnes produzidas em sistemas de pastagens de forma extensiva ou intensiva, em um menor período de tempo.

### Referências bibliográficas

ABIEC. **Relatório Anual** 2018. Disponível em <http://www.abiec.com.br/Sumario.aspx>. Acesso em 18 de março de 2020.

ABIEC. **Beef Report: O Perfil da Pecuária no Brasil**. São Paulo. 2019. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/controle/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>. Acesso em: 18 de março de 2020.

ABIEC. **Beef Report: O Perfil da Pecuária no Brasil**. São Paulo. 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/> Acesso em: 07 de outubro de 2020.

Alarcón, Luiz Magdalena Láscar. **Diagnóstico do Programa ABC em Nova Crixás** - Goiás. Dissertação Mestrado em Agronegócio UFG. 2019.

Arcuril, P. B., e Berndt, A. **Uma visão internacional da sustentabilidade na pecuária leiteira**. Embrapa Pecuária Sudeste. Capítulo em livro científico (ALICE). 2015

Barcellos, J., Oliveira, T. E., e Marques, C. S. S. **Apontamentos estratégicos sobre a bovinocultura de corte brasileira**. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 24(4). 2016.

Barreto, P. e Silva, D. **Os desafios para uma pecuária mais sustentável na Amazônia**. Série O Estado da Amazônia, 14. 2009. Disponível em: [Imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/estado\\_da\\_amazonia/os-desafios-para-uma-pecuaria-mais-sustentavel-na.pdf](http://Imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/estado_da_amazonia/os-desafios-para-uma-pecuaria-mais-sustentavel-na.pdf). Acessado em: 10 out 2020.

Batista, E., Soares-Filho, B., Barbosa, F., Merry, F., Davis, J., van der Hoff, R., e Rajão, R. G. **Large-scale pasture restoration may not be the best option to reduce greenhouse gas emissions in Brazil.** Environmental Research Letters, 14(12), 125009. 2019.

Beauchemin, K. A., Janzen, H. H., Little, S. M., McAllister, T. A., e McGinn, S. M. **Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study.** Agricultural Systems, 103(6), 371-379. 2010.

Beauchemin, K. A., Janzen, H. H., Little, S. M., McAllister, T. A., e McGinn, S. M. **Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada—Evaluation using farm-based life cycle assessment.** Animal Feed Science and Technology, 166, 663-677. 2011.

Bem, C. C. **Determinação do estado de eutrofização de um lago raso: Estudo de caso do Lago Barigui-Curitiba.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

Benez F. M. & Cabral W. B. **Terminação de bovinos de corte.** Em Amado de Oliveira Filho (Ed.), Produção e Manejo de Bovinos de Corte (pp. 86 - 117). 2015.

Boletim Eletrônico do LAE/FMVZ/USP. Edição 143, de 29 de fevereiro de 2020. Disponível em <<http://biblioteca.fmvz.usp.br/fontes-de-informacao/boletim-eletronico-do-laefmvzusp/>> acessado em 30 de março de 2020.

Borghini, E., Neto, M. M. G., Resende, R. M. S., Zimmer, A. H., de Almeida, R. G., e Macedo, M. C. M.. **Recuperação de pastagens degradadas**. Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E). 2018.

Brandão, F. S. **Confiança e agregação de valor em carnes com indicação geográfica**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 64, p. 458-464, 2012.

Buainain, A. M., Lanna, R., e Navarro, Z. (Eds.). **Agricultural development in Brazil: The rise of a global agro-food power**. Routledge. 2019.

Bungenstab, D. J. **Brazilian Beef Cattle: Reducing Global Warming by the Production Systems Efficiency**. Documents/Embrapa Gado de Corte. Embrapa, Brasília, p. 38. 2012. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/937955/1/DOC192.pdf>> Acesso em: 11 de maio de 2020.

Campos, S. A. C., e Bacha, C. J. C. **O custo privado da reserva legal para os produtores agropecuários de São Paulo e Mato Grosso nos anos de 1995 e 2006**. Revista de Economia e Sociologia Rural, 54(1), 71-88. 2016.

Carvalho, T. B.; Zen, S. **A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências**. Revista iPecege. 3(1):85-99, 2017. DOI: 10.22167/r.ipecege.2017.1.85

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP. **PIB do agronegócio brasileiro de 1996 a 2018**. 2018b.

Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx> > Acesso em: 23 março 2020.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada –  
**ESALQ/USP. PIB DO AGRONEGÓCIO CRESCE 3,81% EM 2019.** 2020a.

Disponível em:

[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_PIB\\_CNA\\_2019.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019.pdf)

f. Acesso em: 23 março 2020.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada -  
ESALQ/USP. **Índices exportação do agronegócio.** 2018. Disponível em:

[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_ExportAgro\\_\\_2018\\_\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_ExportAgro__2018_(1).pdf). Acesso em 09 out 2020.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada -  
ESALQ/USP. **Índices exportação do agronegócio.** 2019. Disponível em:

[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_ExportAgro\\_2019\\_\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_ExportAgro_2019_(1).pdf). Acesso em 09 out 2020.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada -  
ESALQ/USP. **Índices exportação do agronegócio.** 1º semestre de 2020.

Disponível em:

[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_ExportAgro\\_1\\_semestre\\_2020\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_ExportAgro_1_semestre_2020(1).pdf). Acesso em 09 out 2020.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada –  
ESALQ/USP. **PIB AGRO SP/CEPEA: Pecuária eleva PIB agro de SP em 1,5%**

**em 2019.** 2020b, Disponível em: <<https://cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib->



agro-sp-cepea-pecuaria-eleva-pib-agro-de-sp-em-1-5-em-2019.aspx>. Acesso em: 01 abril 2020.

Cerri, C. C., Moreira, C. S., Alves, P. A., Raucci, G. S., de Almeida Castigioni, B., Mello, F. F. e Cerri, C. E. P. **Assessing the carbon footprint of beef cattle in Brazil: a case study with 22 farms in the State of Mato Grosso.** Journal of Cleaner Production, 112, 2593-2600. 2016.

CETESB. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2018**, São Paulo, SP, 193 p. 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2020/02/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es-Veiculares-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2018.pdf> Acesso em: 29 maio 2021.

Clark, M., e Tilman, D. **Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice.** Environmental Research Letters, 12(6), 064016. 2017.

Cohn, A., Bowman, M., Zilberman, D., e O'Neill K. **The viability of cattle ranching intensification in Brazil as a strategy to spare land and mitigate greenhouse gas emissions.** Copenhagen: CCAFS Working Paper No. 11. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen. Denmark. 2011.

Cole, N. A., Parker, D. B., Brown, M. S., Jennings, J. S., Hales, K. E., e Gunter, S. A. **Effects of steam flaking on the carbon footprint of finishing beef cattle.** Translational Animal Science, 4(Supplement\_1), S84-S89. 2020.

Correa, P., e Schmidt, C. **Public research organizations and agricultural development in Brazil: how did Embrapa get it right?** Economic premise, 145, 1-10. 2014.

Costa, M. H., & Foley, J. A. **Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations on the climate of Amazonia.** Journal of Climate, 13(1), 18-34. 2000.

Coutinho Filho, J. L. V., Peres, R. M., & Justo, C. L. **Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento.** Revista Brasileira de Zootecnia, 35(5), 2043-2049. 2006.

Cunha, O., Xavier, A., Ukon, M. and Abida, R. **“Brazil’s next consumer Frontier”**, Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2014/consumer-insight-globalization-brazil-next-consumer-frontier-capturing-growth-rising-interior>. Acessado em: 28/04/2021. 2014.

da Silva Dias, M. A. F. **Efeito estufa e mudanças climáticas regionais.** Revista USP, (71), 44-51. 2006.

De Vries, M., e de Boer, I. J. **Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments.** Livestock science, 128(1-3), 1-11. 2010.

Dick, M., da Silva, M. A., e Dewes, H. **Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil—Evaluation using farm-based life cycle assessment.** Journal of Cleaner Production, 87, 58-67. 2015a.

Dick, M., da Silva, M. A., e Dewes, H. **Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil.** Journal of Cleaner Production, 96, 426-434. 2015b.

Dick, M. **Sustentabilidade dos sistemas brasileiros de produção em pastagem de bovinos de corte.** Tese (Doutorado em zootecnia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2018.

EAESP, F. **Pegada de carbono da carne bovina brasileira exportada para a União Europeia: análise da cadeia produtiva e aspectos ambientais.** FGV EAESP Centro de Estudos em Sustentabilidade. 2018.

EAESP, F. **Pegada de carbono da carne bovina brasileira exportada para a União Europeia: resultados e premissas para o cálculo das emissões do ciclo de vida do produto.** FGV EAESP Centro de Estudos em Sustentabilidade. 2019.

FAO. **World Livestock 2011** — Livestock in food security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011.

FIESP - Federação das indústrias do estado de São. **Amazon, You need to know.** Paulo. 2019. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/amazoniavoceprecisasaber/>>. Acessado em: 20 de abril de 2020.

Florindo, T. J. **Aplicação de métodos de tomada de decisão multicritério para gestão do ciclo de vida: sustentabilidade na cadeia da carne bovina brasileira.** Tese (doutorado em Agronegócios). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2018.

Fox, J. T., Reinstein, S., Jacob, M. E., e Nagaraja, T. G. **Niche marketing production practices for beef cattle in the United States and prevalence of foodborne pathogens**. Foodborne Pathogens and Disease, 5(5), 559-569. 2008.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. e Tempio, G. **Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 2013.

Gomes, R. D. C., Feijó, G. L. D., e Chiari, L. **Evolução e qualidade da pecuária brasileira**. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande. 2017.

Gurgel, Â. C., Costa, C. F., & Serigati, F. C. **Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: A evolução de um novo paradigma**. Centro de Agronegócio da Escola de Economia de São Paulo. 2013.

Hunt R. G., e Franklin W. E. **LCA-How it came about: Personal reflections on the origin and the development of LCA in the USA**. Int. J. LCA, 1, 4-7. 1996.

IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coodenação de População e Indicadores Sociais, **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2017**. 2017. Disponível em: [ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio](http://ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio)

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de Dados Agregados. Pesquisas e tabelas. **Produção Industrial Anual. 2015**. Disponível

em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/indust/default.asp?z=t&o=22&i=P>>.

Acesso em: 07 out. 2020.

IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 2006.  
Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

IPCC. Annex II: Glossary. In: Agard, J., Schipper, E.L.F., Birkmann, J., Campos, M., Dubeux, C., Nojiri, Y., Olsson, L., Osman-Elasha, B., Pelling, M., Prather, M.J., Rivera-Ferre, M.G., Ruppel, O.C., Sallenger, A., Smith, K.R., St. Clair, A.L., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. (Eds.), **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Part B: Regional Aspects. WG II 5AR IPCC. Cambridge University Press, Cambridge and New York, NY, pp. 1757-1776. 2014.

Grigol, N. S., dos Santos, M. C., Batista, M. A. T., da Silveira, J. P. F., e Monteiro, C. A. D. S. M. **Bovinocultura de corte e SAN: percepção de sustentabilidade de agentes da cadeia**. Segurança Alimentar e Nutricional, 26, e019011-e019011. 2019.

Heflin, K. R. **Life–Cycle Greenhouse–Gas Emissions Of Five Beef Production Systems Typical Of The Southern High Plains** (Doctoral dissertation). 2016.

Heflin, K. R., Parker, D. B., Marek, G. W., Auvermann, B. W., e Marek, T. **H. Greenhouse-gas emissions of beef finishing systems in the Southern High Plains**. Agricultural Systems, 176, 102674. 2019.

ISO, ISO 14040: Environmental Management - **Life Cycle Assessment - Principles and Framework**. ISO copyright office, Geneva. 2006a.

ISO, ISO 14044: Environmental Management - **Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines**. ISO copyright office, Geneva. 2006b.

Jank, M. S. **Em defesa das commodities**. AgroANALYSIS, 24(8), 13-14. 2004.

Jank, M. S., Guo, P. e Miranda, S. H. G. **China-Brazil partnership on agriculture and food security** - Piracicaba: ESALQ/USP. 428 p.: il. (Cátedra Luiz de Queiroz). 2020.

Klöpper, W. **Life-Cycle based methods for sustainable product development**. Int J LCA 8, 157. 2003.

Ko, E., Phau, I., e Aiello, G. **Luxury brand strategies and customer experiences: Contributions to theory and practice**. Journal of Business Research, 69, 5749–5752. 2016.

Kotler, P. e Armstrong, G. **Principles of marketing**. Pearson education. 2010.

Lamboll, R., Stathers, T., e Morton, J. **Climate change and agricultural systems**. In Agricultural Systems (pp. 441-490). Academic Press. 2017.

Leonelli, F. C. V.; Oliveira, I. R. C. **Percepção dos consumidores sobre os açougues gourmet: um estudo multicaso**. Organizações Rurais; Agroindustriais, Lavras, v. 18, n. 1, p. 79-91. 2016.

Lisbinski, E. **Açougues De Luxo: Nichos De Mercado Da Carne Bovina Premium**. Tese (Doutorado em zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2019.

Liu, X., Hao, F., Portney, K., & Liu, Y. **Examining Public Concern about Global Warming and Climate Change in China**. *The China Quarterly*, 242, 460-486. 2020.

Ma, Z. H., Wang, M. Z., Ding, L. Y., & Liu, J. J. **Emissions of greenhouse gases from an industrial beef feedlot farm as evaluated by a life-cycle assessment method**. *Journal of Agro-Environment Science*, 29(11), 2244-2252. 2010.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2016/17 a 2026/27 - Projeções de Longo Prazo**. 8ª edição. 2017. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf/view> >. Acessado em: 20/05/2020.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28 - Projeções de Longo Prazo**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, p.48. 2018. Disponível em: < [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/banner\\_site-03-03-1.png/view](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/banner_site-03-03-1.png/view) >. Acessado em: 20/05/2020.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agropecuária Brasileira em números**. 2019. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2019\\_dez.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_dez.pdf). Acessado em: 15/04/2021.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass v.5.0, coleção 5, **Coberturas bioma & estados**. 2019. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/estatisticas>>. Acesso em 06 de outubro de 2020.

Martins, A. P., de Andrade Costa, S. E. V., Anghinoni, I., Kunrath, T. R., Balerini, F., Cecagno, D., e Carvalho, P. C. D. F. **Soil acidification and basic cation use efficiency in an integrated no-till crop–livestock system under different grazing intensities**. *Agriculture, ecosystems & environment*, 195, 18-28. 2014.

Michalk, D. L., Kemp, D. R., Badgery, W. B., Wu, J., Zhang, Y., & Thomassin, P. J. **Sustainability and future food security—A global perspective for livestock production**. *Land Degradation & Development*, 30(5), 561-573. 2019.

Modernel, P., Astigarraga, L., e Picasso, V. **Global versus local environmental impacts of grazing and confined beef production systems**. *Environmental Research Letters*, 8(3), 035052. 2013.

Notarnicola, B., Sala, S., Anton, A., McLaren, S. J., Saouter, E., e Sonesson, U. **The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges**. *Journal of Cleaner Production*, 140, 399-409. 2016.

Ogino, A., Sommart, K., Subepang, S., Mitsumori, M., Hayashi, K., Yamashita, T., e Tanaka, Y. **Environmental impacts of extensive and intensive beef production systems in Thailand evaluated by life cycle assessment**. *Journal of cleaner production*, 112, 22-31. 2016.



Olszensvski, F.T. **Avaliação do ciclo de vida da produção de leite em sistema semi-extensivo e intensivo: estudo aplicado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. 2011.

Pancera, A. D. Q. A. A., e Alves, A. F. **Testando a hipótese do mercado central: uma análise dos preços do boi gordo na presença de quebras estruturais**. Revista de Economia e Sociologia Rural, 58(4). 2020.

Pelletier, N., Pirog, R., & Rasmussen, R. **Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States**. Agricultural Systems, 103(6), 380-389. 2010.

Pereira, C. H., Patino, H. O., Hoshide, A. K., Abreu, D. C., Rotz, C. A., e Nabinger, C. **Grazing supplementation and crop diversification benefits for southern Brazil beef: A case study**. Agricultural Systems, 162, 1-9. 2018.

Pereira, J. S., Mercante, C. T. J., Lombardi, J. V., Vaz-dos-Santos, A. M., Carmo, C. F. D., e Osti, J. A. S. **Eutrophization process in a system used for rearing the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)**, São Paulo State, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia, 24(4), 387-396. 2012.

Perez, N., e da Silveira, M. C. T. **Recuperação e melhoramento de pastagens na a região Sul do Brasil**. Embrapa Pecuária Sul - Outras publicações técnicas (INFOTECA-E). 2015.

Peters, G.M.; Rowley, H.V.; Wiedemann, S.; Tucker, R.; Short, M.D.; Schulz, M. **Red meat production in Australia: Life cycle assessment and comparison with overseas studies**. Environ. Sci. Technol. 44, 1327-1332. 2010.

Place, S. E., e Mitloehner, F. M. **Beef production in balance: considerations for life cycle analyses**. *Meat science*, 92(3), 179-181. 2012.

PRéConsultants, Simapro 7.3 (The Netherlands). 2010.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F. e Nykvist, B. **A safe operating space for humanity**. *nature*, 461(7263), 472-475. 2009.

Roop, D. J., Shrestha, D. S., Saul, D. A., e Newman, S. M. **Cradle-to-gate life cycle assessment of regionally produced beef in the northwestern US**. *Transactions of the ASABE*, 57(3), 927-935. 2014.

Rueda, B. L., Blake, R. W., Nicholson, C. F., Fox, D. G., Tedeschi, L. O., Pell, A. N. e Carneiro, J. D. C. **Production and economic potentials of cattle in pasture-based systems of the western Amazon region of Brazil**. *Journal of Animal Science*, 81(12), 2923-2937. 2003.

Ruviaro, Clandio F.; Gianezini, Miguelangelo; Brandão, Fernanda S.; Winck, César A.; Dewes, Homero. **Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends**. *Journal of Cleaner Production*, v. 28, p. 9-24. 2012.

Ruviaro, Clandio F.; De Léis, Cristiane Maria; Lampert, Vinícius do N.; Barcellos, Júlio Otávio Jardim; Dewes, Homero. **Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study**. *Journal of Cleaner Production*, v. 96C, p. 435-443. 2014.

Sahlin, K. R., Rööös, E., e Gordon, L. J. **'Less but better' meat is a sustainability message in need of clarity**. *Nature Food*, 1(9), 520-522. 2020.

Scot Consultoria. **Terras para pastagens - Veja como foram os preços em 2017.** 2018. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/48285/terras-para-pastagens---veja-como-foram-os-precos-em-2017.htm> Acessado em: 02/05/2021.

Sinha, M. e Sheth, J. **Growing the pie in emerging markets: Marketing strategies for increasing the ratio of non-users to users.** Journal of Business Research, 86, pp.217-224. 2018.

Siqueira, T. T., e Duru, M. **Economics and environmental performance issues of a typical Amazonian beef farm: a case study.** Journal of Cleaner Production, 112, 2485-2494. 2016.

Soares, C., e de Almeida, R. G. **Descarbonização da pecuária.** Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE). 2019.

Stackhouse-Lawson, K. R., Rotz, C. A., Oltjen, J. W., e Mitloehner, F. M. **Carbon footprint and ammonia emissions of California beef production systems.** Journal of animal science, 90(12), 4641-4655. 2012.

Stanley, P. L., Rowntree, J. E., Beede, D. K., DeLonge, M. S., e Hamm, M. W. **Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems.** Agricultural Systems, 162, 249-258. 2018.

Strydom, P. E., Jaworska, D., e Kołożyn-Krajewska, D. **2 Meat Quality of Slaughter Animals.** *Meat Quality: Genetic and Environmental Factors*, 31. 2015.

Vale, P., Gibbs, H., Vale, R., Christie, M., Florence, E., Munger, J., e Sabaini, D. **The expansion of intensive beef farming to the Brazilian Amazon.** *Global Environmental Change*, 57, 101922. 2019.

Velloso, L. **Terminação de bovinos em confinamento.** slp, s. ed., mimeo. 1984.

Vieira Filho, J. E. R., e Fishlow, A. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade.** 2017. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7682>>. Acesso em: 08 out 2020.

WeatherSpark 2020. Disponível em <<https://pt.weatherspark.com/y/29851/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Nhandeara-Brasil-durante-o-ano>> Acessado em 31 março 2020.

Wedekin, V. S. P., Bueno, C. R. F., e Amaral, A. M. P. **Análise econômica do confinamento de bovinos.** *Informações econômicas*, 24(9), 123-131. 1994.

Werth, S. J. **Life Cycle Assessment of the Feed Supply Chain in California Beef Production.** University of California, Davis. 2015.

West, P. C., Gerber, J. S., Engstrom, P. M., Mueller, N. D., Brauman, K. A., Carlson, K. M. e Siebert, S. **Leverage points for improving global food security and the environment.** *Science*, 345(6194), 325-328. 2014.

Whitmarsh, L., & Capstick, S. **Perceptions of climate change.** In *Psychology and climate change* (pp. 13-33). Academic Press. 2018.

Zhang, X., Liu, W., Zhang, G., Jiang, L., e Han, X. **Mechanisms of soil acidification reducing bacterial diversity**. *Soil Biology and Biochemistry*, 81, 275-281. 2015.

**CAPÍTULO 2**  
**Artigo**

Life Cycle Assessment of premium and super-premium beef produced in  
feedlot system in the state of São Paulo

**Henrique Biasotto Morais<sup>a\*</sup>, Clandio Favarini Ruviaro<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Faculty of Agricultural Sciences, postgraduate program in Animal Science,  
Federal University of Grande Dourados, Dourados-MS, Brazil

\*Corresponding author email: [henrique.morais95@live.com](mailto:henrique.morais95@live.com).

**Abstract**

Likewise many countries, Brazil is expanding its niche's markets. This study aims to evaluate the environmental impacts of three different lines of premium and super-premium beef produced in feedlot in São Paulo state, through the Life Cycle Assessment (LCA) methodology. We used data from the three different diets offered to the animals, the average weight of feedlot, average slaughter weight and average carcass yield. Roughly, are slaughtered per year 3400 animals of Nellore x Angus (F1) industrial crossbreeding called Oba line, 440 animals of the Angus majority blood composition, called Beef Passion line, and 220 animals originated from crossing with Nellore, Angus and Wagyu, the latter being bloody Wagyu compounds, called Beef Passion Wagyu. In this confinement, the animals in the Beef Passion line are bred with animal welfare, with shade and music available in the stalls. To measure emissions, the precepts of the International Panel on Climate Change (IPCC) were followed and methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions were measured using the equations provided, according to the digestibility of diets and crude protein. Emission factors from the IPCC and EMBRAPA were used to obtain results more reliable to the national reality. Subsequently, using the results already obtained, the potential of acidification, eutrophication and carbon footprint equivalent for the three different animal groups were measured using the SimaPro software. The animals enter the feedlot at around 17 months of age, nearby 300 kg for the Oba line and 350 kg for the Beef Passion lines. In the confinement phase, the Oba animals had emissions of 5.0323 kg of CO<sub>2</sub> equivalent per kg of live weight, the animals of the Beef Passion line had emissions of 4.7746 kg of CO<sub>2</sub> equivalent per kg of live weight, and the animals of the line Beef Passion Wagyu emitted 8.8858 kg of CO<sub>2</sub> equivalent per kg of live weight. Confinement proved to be an environmentally less impactful option for quality meat production, with a lower carbon footprint.

*Keyword:* Equivalent Carbon, Environmental Impacts, gourmet beef, Carbon Footprint, intensive livestock.

*Introduction*

Brazil has the major bovine commercial herd in the world and is the bigger beef's exporter, with more than 2 million tons exported in 2020 to over than 180 countries (Abiec, 2020). Also has the second biggest per capita beef consumption, smaller only than North America's.

Almost 90% of Brazilian beef produced is entire raised on pastures (Anualpec, 2015), that occupy approximately 20% of the country extension (MapBiomass, 2019). In 2018, Brazil had just 4,09 million heads on feedlots but in the next year this number raised 20%, reaching 5,2 million heads confined (ABIEC, 2019; CEPEA 2020a), conquering the third place in number of confined cattle in the world, only behind of US and Mexico (Vale et al., 2019).

In the last few decades, Brazil emerged in population incomes and niches markets appeared and grewed up and beef is one of these products. The emergence of premium beef niches in Brazil can be seen in the expansion of specialized and differentiated establishments in the marketing of beef (Leonelli and Oliveira, 2016). The term "market niche", coming from the marketing area, is used for groups of potential customers who have similar characteristics that make them the target audience for a specific product or service (Brandão, 2012). Consumers' willingness to pay additional fees for products differentiated from conventional ones leads to an increase in production aimed at meeting this demand (Fox et al., 2008).

The majority of Brazilian cattle is Nellore (*Bos Indicus*), a breed that produce few carcasses fat cover and marbling. Because of these characteristics most of the beef produced is commodity, but the confined animals in the finishing phase produce a better-quality carcass, that reach the niches markets with premium beef (Vale et al., 2019).

The disadvantages of feedlot systems are the high cost of production due to the cost of food. Since it is totally dependent on grains and minerals, there is a need for agricultural implements for the distribution of food in the troughs and greater physical infrastructure on the property (ration production center, grain deposit, large amount of feed troughs). Also, it has a high production of manure, which can pollute water and soil if handled poorly. They may present lower animal health and welfare due to high stock densities of animals, which favor disease transmissions and generate higher levels of stress (Vale et al., 2019).

Among the advantages, this system has the lowest cost with the land resource, the highest return on capital (Ogino et al., 2016), the highest production per area, the highest rate of productivity, the least susceptibility to the climate, the possibility of producing energy or fertilizer with the manure, less time to slaughter due to greater daily weight gain, higher carcass yield, and low mortality (Wedekin et al., 1994; Coutinho Filho et al., 2006). Due to these characteristics, strategic confinement can be a strong ally to high quality meat production with



less environmental impact, shortening the period of raising animals through highly efficient diets and freeing up area for greater food production.

The changes at the behavioral, social, cultural and economic aspects of the human population directly reflect on the consumption pattern (Brandão, 2012). There is a clear change in the patterns of protein consumption, mainly beef, in the last decades. In Brazil, the behavior of consumers is influenced by the country's economic development in recent decades, which has led to an increase in the population's income and altered purchasing patterns in the last decade (Brandão, 2012).

According to Brandão (2012), there is a tendency that by increasing the purchasing power of individuals, they want to increase their consumption patterns, consuming more quantities of goods or products with greater added value. Barcellos et al. (2016) state that consumers continually become more demanding and want greater quality and variety of products of animal origin. Considering beef consumption, there is a limit per capita. When reaching a certain value (heterogeneous among individuals) consumption tends to remain stable in quantity, however, the desired quality tends to increase (Brandão, 2012).

Given this backdrop, is inserted the terminology *upscaling the offer*: offering higher-priced products to reach specific consumers or niches (Sinha and Sheth 2017). This phenomenon, also called gourmetization, or premiumization, is recent in Brazil, driven by more demanding consumers willing to pay more for differentiated products, including meat (Leonelli and Oliveira, 2016).

It should be noted that the phenomenon of Upscaling the offer is not restricted to the upper classes of the population and luxury products, it reaches consumers of all classes, who wish to increase the standard of consumed products (Ko, Phau, and Aiello, 2016; Sinha and Sheth; 2017). This consumption profile with higher standards is observed in large cities and in country cities with rapid growth rate (Cunha, Xavier, Ukon, and Abida, 2014; Sinha and Sheth; 2017).

According to Leonelli and Oliveira (2016), premium beef are those that are distinguished from the conventional similar product (commodity) by receiving a higher classification. They are products in limited quantity, with specific quality characteristics that make them superior, and may have an origin or specific breed patterns. Can also be called gourmet, prime or selection (Leonelli and Oliveira, 2016).

Bovine meat quality can be defined as specific characteristics that make the product satisfy the needs and expectations of its target audience (Strydom, Jaworska and Kolozyn-Krajewska, 2015). These characteristics are extrinsic, and some are intrinsic. Some of the extrinsic are health impacts, antimicrobial use, animal welfare, landscape aesthetics, farmer livelihoods (these all are social

quality), and climate impact, biodiversity impact, land use, freshwater use, eutrophication (these all are environmental quality). The intrinsic factors that defines quality are juiciness, tenderness and flavor. These three factors are responsible for the eating quality (Sahlin, Roos and Gordon; 2020).

So due to its great social inequality, Brazil has two different groups of beef consumers: the one composed by the population with lower income, which the price is the determining factor in the purchase; and the market niches, in which products are distinguished by quality, by their natural and / or sustainable appeal, in addition to certifications such as those of breeds, animal welfare, or luxury brands (Lisbinski, 2019).

In the scenario of beef production there are the environmental impacts, that are increasing the consumers attention and making impacts in their decisions to buy. In the cattle farming most attentions go to the emissions of greenhouse gases that come from the digestive processes of the animals, the production of forage and grains to feed them, the emissions of the transporter sector and the excreta of the animals. Enteric fermentation produces methane (CH<sub>4</sub>), which is eliminated by eructation and in lesser extent by flatulence, in addition to being volatilized in feces. Urine and feces also contribute to the emission of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O). Nitrogen fertilizers, used in pastures or grain plantations for cattle consumption are also an important source of nitrogen elimination (de Vries and de Boer, 2010).

LCA is a methodology used and accepted worldwide to measure impacts or potential impacts of products and to make possible to compare different productions. Beeing useful as an important tool to classify them according to their performance relating to other similar products (Pelletier et al., 2010).

### *Objectives*

The general objective of this study is to assess the potential environmental impacts of premium and super premium beef produced in feedlots in the state of São Paulo, through Life Cycle Assessment.

To achieve this objective, some specific objectives have been established:

- 1- Measure the emissions related to feeding and food production of animals;
- 2- Measure the enteric emissions of animals;
- 3- Highlight the environmental impact categories: Global Warming Potential, Soil Acidification and Freshwater Eutrophication from the production of premium (Oba) and super-premium (Beef Passion) beef in a confinement system.

### *Methods*

The methodology used in this research aims to measuring the environmental impacts of gaseous emissions was in accordance with the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007). To meet this point the SimaPro 9.1.0.11 Software (PréConsultants, 2020) was used. The emissions were all converted into carbon equivalent considering the emission factors: CO<sub>2</sub> = 1, CH<sub>4</sub> = 25 and N<sub>2</sub>O = 298, which is the equivalent global warming potential for a period of 100 years, according to the IPCC (2007). The allocation of impacts was made by mass (kg of food consumed), and the chosen impact attribution method was the midpoint, in which the direct impacts of production on the production of gases with global warming potential, soil acidification and eutrophication of freshwater.

### *System characterization*

The present study used data from the Beef Passion confinement, in the city of Nhandeara, state of São Paulo, Brazil. The property is geographically located at latitude 20°38'45.2" south and longitude 50°01'56.8" west. The climate is classified according to Köppen-Geiger as tropical savanna, with hot and muggy summers and warm and dry winters (WeatherSpark, 2020).

In this farm, animals with high carcass quality are produced, respecting animal welfare. There are two beef lines produced, the Oba line, and the Beef Passion line, with two breeds, in which the animals are produced in a "bovine spa", and the objective is to produce beef with high marbling (intramuscular fat). In the Oba line, the animals are bought, and all are the result of an industrial cross between the Nellore and Angus breeds. In this line, about 3440 animals are slaughtered per year. At Beef Passion line, the animals are born at the Beef Passion ranch. They are animals of the majority blood composition Angus or Wagyu, and the farm send to slaughterhouse 441 and 220 animals annually, respectively.

In this productive system, at 17 months the animals are inserted in the feedlot, Oba with 300 kg and Beef Passion 350 kg of live weigh. They all were housed in ground pens, with drinking fountains and troughs where they receive all food. In this phase their paddocks are 750 m<sup>2</sup> (36 in total), with 55 animals, each animal having 13.64 m<sup>2</sup>.

On feedlot beginning, the animals receive an adaptation and growth diet, consisting of chopped sugar cane, ground dry corn, pelleted citrus pulp and commercial protein concentrate (Probeef nutripec CP - Cargill). The Adaptation diet has 39.46% dry matter (DM), 60% total digestible nutrients (TDN), 17.04 MJ / kg of crude energy (CE), and crude protein (CP) represent 6.75% of the diet. All animals receive the adaptation diet for 21 days.

Subsequently, all animals that are in the desired body condition are fed the Oba diet. It is composed of corn germ, corn silage, pelleted citrus pulp, ground

dry corn, moist citrus pulp, chopped sugar cane, peanut bran, commercial mineral core (Probeef confinement performa - Cargill) and urea. The Oba diet has 52.88% dry matter (DM), 65.6% total digestible nutrients (TDN), 10.34 MJ / kg of crude energy (EC) and crude protein represents 32.55% of the diet. The crossbreed Nellore x Angus animals (Oba line) stay in this diet for 99 days or until reach the slaughter weight of 475 kg. Animals of major blood composition Angus stay on the Oba diet for approximately 80 days, while Wagyu stay for approximately 180 days.

The Beef Passion line subsequently changes to a third diet. During this third diet, the animals are housed in the so-called "bovine spa", where they have shading and music all the time to provide auditory environmental enrichment to the cattle. In this phase the Beef Passion diet is composed of corn silage, corn germ, corn ground dry, moist citrus pulp, soybean grain, commercial mineral (Probeef maximum confinement choice - Cargill), peanut bran and urea. This Beef Passion diet contains 53.85% DM, 73.5% TDN, 11.72 MJ / kg of CE and 27.66% of CP. All animals remain in this phase eating this diet for at least 120 days or until they reach the ideal slaughter condition, in which the live weight is usually around 730 kg for Angus animals and 650 kg for Wagyu animals.

Based on average daily consumption, phase length, daily weight gain, slaughter weight and carcass yield, enteric emissions and emissions of dietary ingredients production and their transportation emission were estimated in order to feed animals during confinement. Subsequently, nitrous oxide emissions and methane were converted to carbon equivalent (CO<sub>2</sub> eq.), according to their global warming potential (CO<sub>2</sub> = 1; CH<sub>4</sub> = 25; N<sub>2</sub>O = 298), added and divided by the total kilograms of live weight gain in the finishing phase, thus obtaining the emission equivalent to one kilogram of bovine meat produced in feedlots.

### *System boundaries*

In the present work, the frontier of the system is the farm where the confinement exists, also called gate-to-gate (from gate to gate), the border is limited to the entry of animals in the confinement until the animals are ready for slaughter. Inputs used within the farm were considered, such as feed ingredients (taken from Ecoinvent inventories) and diesel consumed by the truck that delivery the ingredients from the diet to the property. This study did not consider changes in land use on the property, emissions related to the production of electricity used, previous emissions from animals before reaching confinement, emissions for the production of fossil fuel used, emissions from transport of animals purchased until they arrive at the property. Therefore, in this study, the carbon equivalent emissions of the animals' confinement, their enteric emissions, and the respective inputs used within the farm were evaluated.

The sources of greenhouse gases computed were methane and nitrous oxide emissions from the production of dietary ingredients. In the adaptation diet

the evaluated ingredients were dry citrus pulp, corn, sugar cane and soybean meal as a substitute for the concentrated mineral protein. In the Oba diet, the evaluated ingredients were corn germ, corn silage, dry citrus pulp, corn, sugar cane, peanuts, urea and soybean meal, as a substitute for the concentrated protein mineral. In the Beef Passion diet, the ingredients were evaluated: corn germ, corn silage, dry citrus pulp, corn, soybeans, peanuts and urea. All information was taken from Ecoinvent 3.7.

### *Functional unit*

In the present study, the functional unit adopted was one kilogram of live weight gained in confinement, so that we can compare the efficiency of this termination system with others. The results are also presented in a kilogram of carcass gained in the feedlot, according to the average carcass yields of each line of animals (53.1% for the Oba line, 54.7% for the Beef Passion Angus line and 55.4% for the Beef Passion Wagyu line).

### *Results*

The average daily intake of the animals was 2.3% of the live weight for the Oba animals, 2.1% for the Beef Passion Angus animals and 2% for the Beef Passion Wagyu animals. In total each animal line consumed 901.46 kg, 1961.25 and 2949.75, respectively, which is equivalent to feed conversions of 5.17, 5.27 and 8.80 kg of dry matter for kg of live weight gained in the feedlot.

The carbon footprint of the Oba, Beef Passion Angus and Beef Passion Wagyu during the feedlot (finishing phase) were respectively 5.001, 4.743 and 8.8325 kg de CO<sub>2</sub> e./ kg live weight gained in the confinement. Terrestrial acidification value was 24.7145, 28.2229 and 47.2982 g SO<sub>2</sub> e./ kg live weight gained in the confinement respectively for each line. Fresh water eutrophication measured for each line of beef were respectively 1.2541, 1.3810 and 2.2993 g de PO<sub>4</sub> e./ kg live weight gained in the confinement.

The Adaptation diet had a footprint of 0.393 kg of CO<sub>2</sub> eq./ kg of diet, the Oba diet had 0.856 kg of CO<sub>2</sub> eq./ kg of diet, and the Beef Passion diet had 0.626 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of diet.

The area needed to produce the ingredients of the diets of each animal was measured. The results found were 802.4 m<sup>2</sup> for the diets of the Oba animals, 1873.5 m<sup>2</sup> for the diets of the Beef Passion Angus animals and 2819.1 m<sup>2</sup> for the diets of the Beef Passion Wagyu animals.

Emissions from the diets production was multiplied by the total food eaten in the diet by the animal and after divide by the weight gained by the animal in the feedlot. The results was: Oba animals total diet emitted 4.0376 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of live weight gained in the feedlot, Beef Passion Angus diet emitted 3.6442 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of live weight gained in the feedlot and Beef Passion Wagyu

6.4717 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of live weight gained in the feedlot. 7.6037, 6.6622 and 11.6817 are the same emissions, but in kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of carcass weight gained in the feedlot.

Emissions from the production of dietary ingredients do not include emissions for the transportation of each ingredient. On average, each kg of transported ingredient emits an amount of 0.0082 kg of CO<sub>2</sub> eq. counting the consumption of two-way transportation, with the load and return with the truck empty to its point of origin. The total liters of diesel consumed estimated based on consumption values per ton transported by light, semi-heavy and heavy trucks was 28.738 liters, and the emission value used was 2.603 kg of CO<sub>2</sub> e. per liter of diesel consumed (CETESB, 2019).

### *Discussion*

In the diversified production scenarios found in Brazil, environmental impacts can also vary widely, especially regarding greenhouse gas emissions and carbon footprint (Gerber et al., 2013; Arcuril and Berndt, 2015). Studies by Ruviaro and collaborators (2014) found carbon footprints ranging between 18.3 and 42.6 kg of CO<sub>2</sub> equivalent for each 1 kg of live weight gain, whereas Dick et al. (2015) found a minimum footprint of 9.16 and a maximum of 22.5 kg of CO<sub>2</sub> equivalent per kg of live weight gained. In the present study, the results were 5.0, 4.74 and 8.18 kg of CO<sub>2</sub> e. for each kg of live weight gained in the feedlot. Despite being significantly lower than the results of the first two studies mentioned, it is important highlight that the beef produced is different and that the present study evaluated only the termination in confinement of the animals, while the others showed results for the entire production cycle in semi-intensive systems and intensive, and it is known that the cow-calf phase is those that most collaborate with environmental impacts, covering about 69 to 84% of the cycle (Stackhouse-Lawson et al. 2012; Beauchemin et al., 2010). When comparing with other studies that evaluated only the termination period, such as Modernel et al. (2013) with a footprint of 6.9 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of live weight, we observed similarities, but the studies also present a distinct functional unit, because live weight is how much the animal weighed at the moment it arrived at the slaughterhouse and not how much weight it gained in confinement as in the present study. When comparing with studies that use the functional unit of live weight gained in confinement, we have that Heflin et al. (2019) found 4.84 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of live weight gained in confinement, Heflin (2016) obtained 7.61 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of live weight gained in confinement, and Ma et al., (2010) obtained results of 10.16 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of live weight gained in confinement. Results similar to the values found in this study, the borders are similar, and the functional units are the same.

The area used for confined production is smaller than intensive and extensive production. In the present study, we found a beef production of 3.7 kg/ha/day for Beef Passion Wagyu animals, 9.83 kg/ha/day for Oba animals, and

16.55 kg/ha/ day for Beef Passion Angus animals. These results corroborate the area production found by Vale et al. (2019) from 3.23 to 23.01 kg/ha/day, including the area used to produce ingredients of the animals' diets. The same authors reported production of 0.2 to 0.8 kg/ha/day for extensive systems and 1.02 to 4.22 kg/ha/day for intensive systems, which shows that the studied confinement can produce up to 82 times more beef per ha/day than the extensive system, but it can produce 13% less premium beef than a well-managed intensive system would produce beef ha/day.

Regarding the area used to produce the animals' food, this study found 0.08 ha for the Oba animals, 0.187 ha for the Beef Passion Angus animals and 0.282 ha for the Beef Passion Wagyu animals. Close results were reported by Cole et al. (2020; 0.066 ha).

The emission found in the present study for the total production of the diets was 703.75 kg of CO<sub>2</sub> e. for the consumed by the Oba animals, 1355.65 kg of CO<sub>2</sub> e. for the consumed by the Beef Passion Angus animals and 2168 kg of CO<sub>2</sub> e. for the consumed by the Beef Passion Wagyu animals, the first line of animals obtained results close to those reported by Stackhouse-Lawson et al. (2019: 697-729 kg) but higher than those found by Cole et al. (2020; 620 kg). The high values found to produce the diets of the Beef Passion Angus and Wagyu animals may be related to the higher dry matter consumption of these animals, 119.5% and 229% higher than the Oba animals respectively.

The carbon footprint values of 1 kg of the diets were similar to those found by Werth (2015) with values of 0.63, 0.576, and 0.521 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of diet. In this work, adaptation, Oba, and Beef Passion presented 0.393, 0.856, and 0.626 kg of CO<sub>2</sub> e./ kg of diet respectively.

### *Conclusion*

In this study, LCA was used to measure the environmental impacts of premium and super-premium beef production in a feedlot in the state of São Paulo. Animals from the Beef PAssion Wagyu line presented the highest values for all evaluated impacts, global warming potential, freshwater eutrophication potential, terrestrial acidification potential, and used the largest area for production. This was due to the longer time in confinement of these animals, greater deposition of fat on the carcass, and consequently lower daily weight gain. The Oba animals had the lowest environmental impacts in three categories, terrestrial acidification potential, freshwater eutrophication potential, and land use, obtaining results higher than the Beef Passion Angus (BPA) animals only in the global warming potential category, which due to the greater live weight gain in the confinement, the BPA presented the lowest results for global warming potential and median results for the other categories.

The largest contribution to the global warming potential category was obtained from the production of the animals' diets, followed by enteric and manure emissions, and lastly the transportation of the diets. These results evidence that when aiming for productions with lower global warming potentials, greater attention should be paid to the production of animal diets, which due to the use of fertilizers in crops and plantations produce the largest portion of greenhouse gases from beef production in feedlots. This work also suggests, when comparing with national and international literature, that the production of premium and super-premium beef in confinement can be environmentally less impactful than conventional pasture production, and produce a product with greater added value and superior quality, respecting the animal welfare, using less area and using resources more efficiently. In addition, to supply specific market niches, the confinement system enables the production of beef, with animals from the Beef Passion Wagyu line, with a higher degree of marbling than beef produced in extensive or intensive pasture systems, in a shorter period.

### *References*

ABIEC. Beef Report: O Perfil da Pecuária no Brasil. São Paulo. 2019.

Available in:

<http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>.

ABIEC. Beef Report: O Perfil da Pecuária no Brasil. São Paulo. 2020.

Available in: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>

Arcuril, P. B., e Berndt, A. (2015). Uma visão internacional da sustentabilidade na pecuária leiteira. Embrapa Pecuária Sudeste. Capítulo em livro científico (ALICE).

ANUALPEC/FNP, 2015. Anuário da Pecuária Brasileira (Yearbook of Brazilian Livestock). Instituto FNP, AGRA FNP Pesquisas Ltda, São Paulo, Brazil.

Barcellos, J., Oliveira, T. E., & Marques, C. S. S. (2016). Apontamentos estratégicos sobre a bovinocultura de corte brasileira. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 24(4).



Beauchemin, K. A., Janzen, H. H., Little, S. M., McAllister, T. A., & McGinn, S. M. (2010). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study. *Agricultural Systems*, 103(6), 371-379.

Brandão, F. S. Confiança e agregação de valor em carnes com indicação geográfica. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 64, p. 458-464, 2012.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP. PIB DO AGRONEGÓCIO CRESCE 3,81% EM 2019. ESALQ/USP, 2020a, Available in: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_PIB\\_CNA\\_2019.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019.pdf).

CETESB. Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2018, São Paulo, SP, 2019. 193 p. Available in: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2020/02/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es-Veiculares-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2018.pdf>

Cole, N. A., Parker, D. B., Brown, M. S., Jennings, J. S., Hales, K. E., & Gunter, S. A. (2020). Effects of steam flaking on the carbon footprint of finishing beef cattle. *Translational Animal Science*, 4(Supplement\_1), S84-S89.

Coutinho Filho, J. L. V., Peres, R. M., & Justo, C. L. (2006). Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(5), 2043-2049.

Cunha, O., Xavier, A., Ukon, M. and Abida, R. (2014), "Brazil's next consumer Frontier", Available in: <https://www.bcg.com/publications/2014/consumer-insight-globalization-brazil-next-consumer-frontier-capturing-growth-rising-interior>

De Vries, M., e de Boer, I. J. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock science*, 128(1-3), 1-11.

Dick, M., da Silva, M. A., & Dewes, H. (2015). Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 96, 426-434.

Fox, J. T., Reinstein, S., Jacob, M. E., & Nagaraja, T. G. (2008). Niche marketing production practices for beef cattle in the United States and prevalence of foodborne pathogens. *Foodborne Pathogens and Disease*, 5(5), 559-569.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Heflin, K. R. (2016). Life–Cycle Greenhouse–Gas Emissions Of Five Beef Production Systems Typical Of The Southern High Plains (Doctoral dissertation).

Heflin, K. R., Parker, D. B., Marek, G. W., Auvermann, B. W., & Marek, T. H. (2019). Greenhouse-gas emissions of beef finishing systems in the Southern High Plains. *Agricultural Systems*, 176, 102674.

IPCC, 2007. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Ko, E., Phau, I., & Aiello, G. (2016). Luxury brand strategies and customer experiences: Contributions to theory and practice. *Journal of Business Research*, 69, 5749–5752.

Kotler, P. and Armstrong, G., 2010. Principles of marketing. Pearson education.

Leonelli, F.C.V.; Oliveira, I.R.C. Percepção dos consumidores sobre os açougues gourmet: um estudo multicaso. *Organizações Rurais; Agroindustriais*, Lavras, v. 18, n. 1, p. 79-91, 2016.

Lisbinski, E. Açougues De Luxo: Nichos De Mercado Da Carne Bovina Premium (2019). Tese (Doutorado em zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

Ma, Z. H., Wang, M. Z., Ding, L. Y., & Liu, J. J. (2010). Emissions of greenhouse gases from an industrial beef feedlot farm as evaluated by a life-cycle assessment method. *Journal of Agro-Environment Science*, 29(11), 2244-2252.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass v.5.0, coleção 5, Coberturas bioma & estados. 2019. Available in: <<https://mapbiomas.org/estatisticas>>.

Modernel, P., Astigarraga, L., & Picasso, V. (2013). Global versus local environmental impacts of grazing and confined beef production systems. *Environmental Research Letters*, 8(3), 035052.

Ogino, A., Sommart, K., Subepang, S., Mitsumori, M., Hayashi, K., Yamashita, T., e Tanaka, Y. (2016). Environmental impacts of extensive and intensive beef production systems in Thailand evaluated by life cycle assessment. *Journal of cleaner production*, 112, 22-31

Pelletier, N., Pirog, R., & Rasmussen, R. (2010). Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States. *Agricultural Systems*, 103(6), 380-389.

Ruviaro, Clandio F.; De Léis, Cristiane Maria; Lampert, Vinícius do N.; Barcellos, Júlio Otávio Jardim; Dewes, Homero. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. *Journal of Cleaner Production*, v. 96C, p. 435-443, 2014.

Sahlin, K. R., Rööös, E., e Gordon, L. J. 2020. 'Less but better' meat is a sustainability message in need of clarity. *Nature Food*, 1(9), 520-522.

Sinha, M. and Sheth, J., 2018. Growing the pie in emerging markets: Marketing strategies for increasing the ratio of non-users to users. *Journal of Business Research*, 86, pp.217-224.

Stackhouse-Lawson, K. R., Rotz, C. A., Oltjen, J. W., & Mitloehner, F. M. (2012). Carbon footprint and ammonia emissions of California beef production systems. *Journal of animal science*, 90(12), 4641-4655.

Strydom, P. E., Jaworska, D., e Kołożyn-Krajewska, D. 2015. 2 Meat Quality of Slaughter Animals. *Meat Quality: Genetic and Environmental Factors*, 31.

Vale, P., Gibbs, H., Vale, R., Christie, M., Florence, E., Munger, J., & Sabaini, D. (2019). The expansion of intensive beef farming to the Brazilian Amazon. *Global Environmental Change*, 57, 101922.

WeatherSpark (2020). Available in:  
<https://pt.weatherspark.com/y/29851/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Nhandeara-Brasil-durante-o-ano>> Acessado em 31 março 2020.

Wedekin, V. S. P., Bueno, C. R. F., & Amaral, A. M. P. (1994). Análise econômica do confinamento de bovinos. *Informações econômicas*, 24(9), 123-131.