

**IMPASSES TECNOLÓGICOS PARA
GESTÃO DO CICLO BIOLÓGICO
DA ECONOMIA CIRCULAR NA
INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO
DE CARNE BOVINA**

TECHNOLOGICAL IMPASSES FOR THE
MANAGEMENT OF THE BIOLOGICAL
CYCLE OF THE CIRCULAR ECONOMY IN
THE BOVINE MEAT PROCESSING
INDUSTRY

IMPASSES TECNOLÓGICOS PARA
GESTIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO DE LA
ECONOMÍA CIRCULAR EN LA
INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO DE
CARNE BOVINA

**Débora Oliveira de Souza¹
Maria Tereza Saraiva de Souza²
Erica Lissandra Bertolossi Dantas³**

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi analisar como os impasses tecnológicos dificultam a implementação do ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento de carne bovina. O método de pesquisa foi estudo de casos múltiplos com abordagem qualitativa. Os instrumentos utilizados foram as entrevistas, pesquisa documental, observação e dados visuais. Os resultados mostram que há vários entraves tecnológicos que dificultam a implementação dos princípios da Economia Circular na indústria de processamento da carne bovina. Essas entraves estão relacionados ao consumo elevado de água e pouco uso de tecnologias eficientes no tratamento de águas residuais; à ausência de

¹ Mestre em Administração pela FEI; Especialista em Inovação e Difusão Tecnológica pela FUCAPI; Graduada em Pedagogia. E-mail: deb.sec@gmail.com.

² Doutora e Mestre em Administração de Empresas; Especialista em Administração, Análise Organizacional; Bacharel em Administração. E-mail: mtereza@fei.edu.br.

³ Mestre em Gestão de Políticas Públicas pela Universidade Federal do Tocantins e especialista em Políticas Públicas e em Gestão de Pessoas. E-mail: ericalissandra@uft.edu.br.

incentivos fiscais do governo para aquisição de novas tecnologias; aos altos valores tributários que dificultam a aquisição de tecnologias inovadoras; à falta de motivação e interesse dos gestores para tecnologias relacionadas ao meio ambiente; e à omissão da fiscalização de órgãos competentes.

PALAVRAS-CHAVE: Economia circular. Ciclo biológico. Tecnologias ambientais. Impactos ambientais. Carne bovina.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze how technological impasses make difficult the implementation of the biological cycle of the circular economy in the beef processing industry. The research method was a multiple case study with a qualitative approach. The instruments used were interviews, documentary research, observation and visual data. The results show that there are several technological obstacles that hamper the implementation of the principles of the Circular Economy in the beef processing industry. These barriers are related to high water consumption and little use of efficient technologies in wastewater treatment; the absence of government tax incentives for the acquisition of new technologies; high tax values that hinder the acquisition of innovative technologies; the lack of motivation and interest of the managers for technologies related to the environment; and omission of the supervision of competent bodies.

KEYWORDS: Circular economy. Biological cycle. Environmental technologies. Environmental impacts. Bovine meat.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue analizar cómo los impasses tecnológicos dificultan la implementación del ciclo biológico de la economía circular en la industria de procesamiento de carne bovina. El método de investigación fue estudio de casos múltiples con abordaje cualitativo. Los instrumentos utilizados fueron las entrevistas, investigación documental, observación y datos visuales. Los resultados muestran que hay varios obstáculos tecnológicos que dificultan la



revista Observatório

ISSN nº 2447-4266

Vol. 5, n. 5, Agosto. 2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2019v5n5p260>

aplicación de los principios de la Economía Circular en la industria de procesamiento de la carne de vacuno. Estas barreras están relacionadas con el consumo de agua y el uso de tecnologías eficientes en el tratamiento de las aguas residuales; a la ausencia de incentivos fiscales del gobierno para la adquisición de nuevas tecnologías; a los altos valores tributarios que dificultan la adquisición de tecnologías innovadoras; a la falta de motivación e interés de los gestores para tecnologías relacionadas al medio ambiente; y la omisión de la supervisión de órganos competentes.

PALABRAS CLAVE: Economía circular. Ciclo biológico. Tecnologías medioambientales. Impactos ambientales. Carne bovina.

Recebido em: 19.05.2019. Aceito em: 12.06.2019. Publicado em: 01.08.2019.

1. INTRODUÇÃO

A economia circular é um sistema econômico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de 'fim da vida' do produto por meio da redução, reutilização e reciclagem de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo. No entanto, a economia circular vai além dos conceitos dos referidos 3Rs, redução, reutilização e reciclagem de resíduos para maximizar o recurso (BOCKEN et al., 2014; BOONS e LÜDEKE-FREUND, 2013; WELLS, 2013). As pesquisas mostram que mudar do atual modelo de economia linear para um modelo circular não apenas traria economia de centenas de bilhões de dólares (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - EMAF, 2015), mas também reduziria significativamente o impacto negativo sobre o meio ambiente (LEWANDOWSKI, 2016).

No ciclo biológico, o aproveitamento em cascata, deve ser priorizado, ou seja, materiais podem ser utilizados como nutrientes. Neste ciclo, produtos devem ser projetados para ser consumidos ou metabolizados pela economia e, ao mesmo tempo, devem possuir condições de serem regenerados no meio ambiente, extraíndo mais valor de seus componentes e aproveitando-os em cascata para outras aplicações. Este processo incentiva a reinserção de nutrientes biológicos na biosfera para decomposição, ou transformando-os em matéria-prima para novos ciclos (EMF, 2015, 2017; BENYUS, 2003; KOUGLAS e ANGELIDAKI, 2018).

Na indústria de processamento de carne bovina, os nutrientes biológicos provenientes do abate bovino, se espalham por empresas do setor alimentício, calçadista, insumos industriais e agropecuários (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB, 2006).

A produção mundial de carne foi duplicada nas últimas três décadas (MEKONNEN E HOEKSTRA, 2012; FAO, 2013), com projeção de um crescimento constante até 2050 (BOUWMAN et al, 2013). Além disso, o consumo de carne bovina vem aumentando continuamente nos últimos anos, principalmente na China, em razão do crescente aumento da população (BUSTILLO-LECOMPTE, MEHRVAR, 2015). De 2002 a 2007, a produção global anual de carne bovina, aumentou para 14,7 milhões de toneladas, representando um aumento de 29% em oito anos (FAO, 2013). Como resultado deste crescimento, o número e o tamanho das instalações de matadouros vem aumentando assim como o impacto ambiental (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015).

Os impactos ambientais provêm das emissões para o ambiente, bem como do consumo de recursos associados à produção de bens (LOPEZ-RIDAURA et al 2009). Dentre estes produtos, a carne é considerada o produto alimentar com maior impacto ambiental (RÖÖS et al., 2013). Todas as etapas de processamento, do abate até o armazenamento, são as operações que mais causam impacto ao meio ambiente (DJEKIC; TOMASEVIC, 2016; PETERS et al 2010). Os principais aspectos ambientais associados ao processamento de carne são, por um lado, o consumo de água e energia e, por outro, a descarga de águas residuais e resíduos sólidos (DJEKIC; TOMASEVIC, 2016; IFC, 2007; IPPC, 2006). A água é consumida em todas as etapas do processamento da carne, a partir do momento em que o animal vivo entra na instalação, até à última etapa, quando os produtos são expedidos da fábrica de processamento de carne (KUPUSOVIC et al., 2007). Além disso, uma quantidade considerável de energia é utilizada em todos os processos de carne, principalmente na refrigeração e congelamento (IPPC, 2006).

Assim, o abate desses animais, resulta em enormes quantidades de resíduos líquidos, semissólidos e sólidos, como couros, sangue, ossos, gorduras, aparas de carne, vísceras, entre outros. Todos estes são poluentes e, por isso,

necessitam de uma adequada separação e tratamento, antes de serem descartados no meio ambiente (BUSTILLO-LECOMPTE e MEHRVAR, 2015; FERNANDES, 2004).

1.1. Justificativa

A economia circular apoia e motiva a inovação de negócios sustentáveis para fechar ciclos (BOCKEN et al., 2016), aumentando a eficiência e o desempenho ambiental em diferentes níveis, dentre eles das áreas industriais (WEN e MENG, 2015). Um dos pré-requisitos da economia circular é o uso de tecnologias nos processos para a transição da economia linear para a circular (PRESTON, 2012; VANNER et al., 2014; SHAHBAZI et al., 2016; PHEIFER, 2017). Esta transição implica em mudanças no sistema produtivo por meio de inovações tecnológicas em toda a organização. Essas inovações passam pelo design de produtos, manufatura industrial e desenvolvimento de tecnologias avançadas de tratamento de águas residuais (US EPA, 2004; GRUPO DO BANCO MUNDIAL, 2007). Essas tecnologias ambientais são utilizadas para aumentar a circularidade podem ainda levar a concepção de modelos de negócios inteiramente novos, incluindo a forma como o valor é criado, capturado e entregue aos clientes (OSTERWALDER e PIGNEUR, 2010).

Diante disto, a inovação tecnológica é a implementação de produtos e de processos tecnologicamente novos ou a realização de melhoramentos tecnológicos significativos (OECD e EUROSTAT, 2005). Na indústria de processamento de carne bovina, inovações tecnológicas de processo, são caracterizadas pela compra de equipamentos automáticos ou na atualização do lay-outs das fábricas (WAKEFORD et al, 2017). Já no caso do tratamento dos resíduos da indústria de processamento da carne são utilizadas

práticas inovadoras que visam a redução de impactos ambientais, como os aterros, o tratamento anaeróbico, a compostagem, a queima, a incineração e a reciclagem (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2013).

1.2. Situação problema

Pesquisas acadêmicas afirmam que a implementação da economia circular é dificultada por várias barreiras, dentre elas a tecnológica (KIRCHHERR et al., 2018). Os estudos justificam que a resistência à aquisição de tecnologias inovadoras para o setor é pela falta de motivação e interesse dos gestores, além dos altos custos financeiros, o que dificulta o gerenciamento da qualidade dos produtos e um melhor retorno para que os produtos biológicos retornem com segurança à biosfera (DE JESUS e MENDONÇA, 2018; GOVINDAN e HASANAGIC, 2018).

A adoção de tecnologias ambientais na empresa é um requisito fundamental para a transição da economia circular (PRESTON, 2012, VANNER et al. 2014, SHAHBAZI et al., 2016 e PHEIFER, 2017). Diante disto, delimitou-se para este estudo, a seguinte questão norteadora da pesquisa: como os impasses tecnológicos dificultam a implementação do ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento da carne bovina?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Analisar como os impasses tecnológicos dificultam a implementação do ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento de carne bovina.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar os impactos ambientais significativos ocasionados nos processos utilizados na indústria de carne bovina;
- Identificar as inovações tecnológicas existentes que reduzem os impactos ambientais na indústria de processamento de carne bovina;
- Investigar o nível de implementação dos princípios da estrutura da Economia Circular na indústria de carne bovina.
- Propor um modelo conceitual do ciclo biológico aplicado a indústria de processamento de carne bovina.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo discorre sobre a estrutura da economia circular, a cadeia de produção da carne bovina, os impactos ambientais, as tecnologias implementadas no processo produtivo para mitigar impactos ambientais e o modelo conceitual de análise.

2.1. Fundamentos e estrutura da economia circular

A economia circular foi definida pela primeira vez e conceituada no relatório Ellen MacArthur Foundations (LEWANDOWSKI, 2016), como “um sistema industrial que é restaurativo ou regenerativo por intenção e *design*” (EMF, 2015). Isso significa perseguir e criar oportunidades para a mudança de um conceito de “fim de vida” para o *Cradle-to-Cradle* (“berço a berço”), ou seja: do uso de energia não renovável para o uso de energias renováveis; do uso de produtos químicos tóxicos à completa eliminação desses produtos; e do desperdício à eliminação de resíduos, através do *design* superior de materiais, produtos e sistemas (EMF, 2015). Assim, a economia circular torna-se uma nova visão do tratamento de recursos, energia, criação de valor e empreendedorismo, levando ao desenvolvimento de novos modelos de negócio (JOUSTRA, 2013).

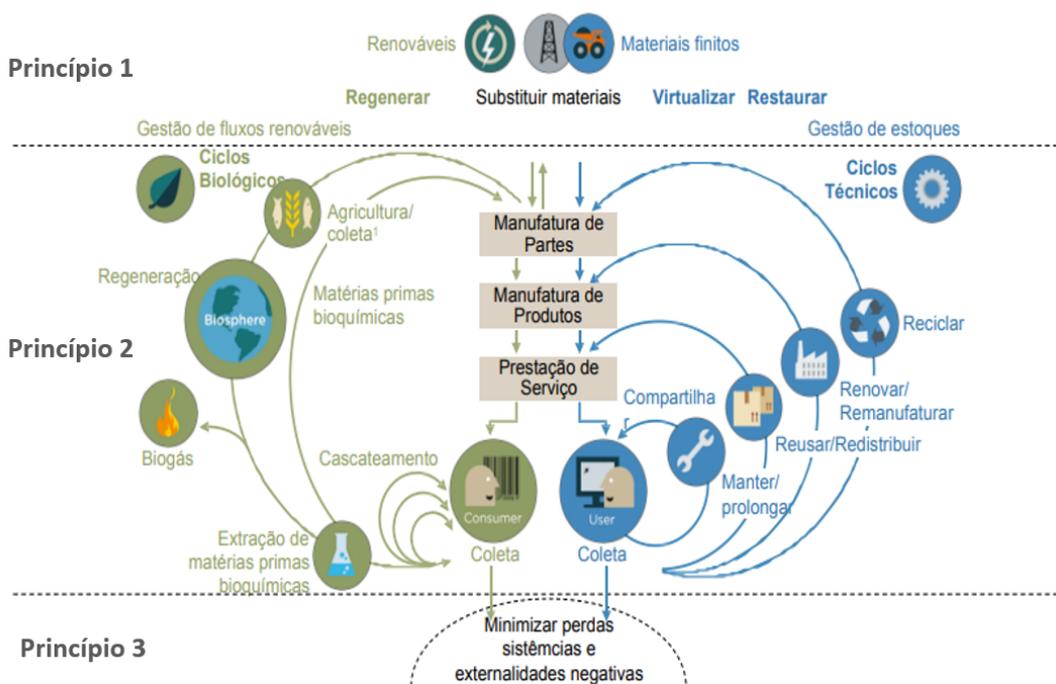
Apesar do conceito de economia circular ainda ser contestado (SKENE, 2017; KORHONEN et al., 2018; LIEDER e RASHID, 2015), novas definições vêm surgindo como possibilidade de implantação (STAHEL, 2016). Uma das mais recentes diz que um modelo circular é um sistema econômico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de 'fim da vida' (KIRCHHERR et al., 2017; KORHONEN et al., 2018; LIEDER e RASHID, 2015; SKENE, 2017). Essa abordagem de economia circular enfatiza a redução, reutilização de produtos, componentes e materiais (RASHID et al., 2013), a remanufatura, reformas, reparos, cascadeamento e atualização (MIHELICIC et al., 2003). O potencial de fontes de energia sustentáveis, como a solar, a eólica, a biomassa e outras fontes de energia derivada de resíduos (EMF, 2013; BRAUNGART et al., 2007) devem ser priorizadas. Nesse contexto, a economia circular promoverá ciclos de material de alto valor em vez de reciclar apenas para obter matérias primas de baixo valor como na reciclagem tradicional (GHISELLINI et al., 2016).

Na economia circular, o consumo de recursos virgens é reduzido para otimizar o uso de subprodutos, desperdícios ou reciclagem de materiais descartados, reduzindo assim a poluição gerada em cada etapa (PINJING et al., 2013; SAUVÉ, 2016). Em vista disto, o modelo circular, tem a capacidade de garantir a produtividade, considerando as externalidades do processo de produção, assim como o consumo dos produtos e os impactos no fim da vida (STAHEL, 2016; GEISSDOERFER, et al., 2016), visando a proteção ao meio ambiente e prevenção da poluição (GHISELLINI et al., 2016). A produção de bens, através de fluxos de material de circuito fechado, garante que os produtos pós-consumo sejam reintegrados aos processos de fabricação (GENG e DOBERSTEIN, 2008; SOUZA, 2013; HAAS *et al.*, 2015).

Os princípios base da Economia Circular podem ser traduzidos em seis ações de negócio: regeneração, partilha, otimização, circulação, virtualização e

troca, denominadas como estrutura ReSOLVE (EMF, 2015). Também, a economia circular é fundamentada em três princípios (Figura 1).

Figura 1 – Princípios da economia circular



Fonte: EMF, 2015

O primeiro é gestão de fluxos renováveis, que tem por objetivo preservar e aumentar o capital natural, controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis; o segundo são os ciclos biológicos e ciclos técnicos, que objetiva otimizar a produção de recursos, fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade, por meio de projetos elaborados pensando na remanufatura, na reforma e na reciclagem, de modo que componentes e materiais continuem circulando e contribuindo para a economia; e terceiro é minimizar perdas sistêmicas e externalidades negativas, estimulando a efetividade do sistema (EMF, 2010).

2.1.1 Princípio 1: gestão dos fluxos renováveis

Esse princípio está associado com o processo inicial, isto é, com a matéria-prima e sua extração. O capital natural deve ser valorizado na redução de sua utilização ao mínimo necessário, por meio de aprimoramento e estimulação de fluxos de nutrientes para que ele se torne regenerativo ao final do seu ciclo (LIU et al., 2018; EMF, 2015). Todo material utilizado deve ser visto como nutriente para a próxima geração do ciclo de vida, componente ou produto, ou seja, a finalidade principal deste princípio é aumentar o capital natural sem degradar o sistema. Além disso, a energia e recursos utilizados devem, prioritariamente, ser de fontes renováveis (RIDOUTT, 2011; EMF, 2015).

2.1.2 Princípio 2: ciclo biológico e técnico

Na economia circular, o *design* do Berço ao Berço (*Cradle to Cradle*) é oferecido como uma estrutura simples e efetiva para a criação de novos produtos e processos industriais motivada por métodos naturais. Isto possibilita a constituição de sistemas cíclicos de fluxos de materiais seguros e saudáveis para os seres humanos e para a biodiversidade. A economia circular é um conceito usado para descrever uma economia industrial com desperdício zero. Dentro desse sistema, materiais são criados e empregados de forma a diferenciar entre a biosfera e a tecnosfera, criando assim dois ciclos industriais distintos, o biológico e técnico (SCOTT, 2015).

No ciclo biológico, os materiais são biodegradáveis, obtidos a partir de matéria vegetal, e retornam seu valor como nutrientes biológicos para o solo e cursos d'água (GEJER e TENNENBAUM, 2018). O ciclo biológico abrange os fluxos de materiais renováveis que são, em sua maior parte, regenerados em diferentes fases da cadeia de valor, como: agricultura, silvicultura, pesca na fase primária,

processamento de alimentos fabricação de têxteis, biotecnologia, além de varejo e gerenciamento de recursos nas etapas de consumo e fim de uso. Neste ciclo, produtos devem ser projetados para ser consumidos ou metabolizados pela economia e, ao mesmo tempo, devem possuir condições de serem regenerados no meio ambiente, extraíndo mais valor de seus componentes e aproveitando-os em cascata para outras aplicações. Este processo incentiva a reinserção de nutrientes biológicos na biosfera para decomposição, transformando-os em matéria prima para novos ciclos (EMF, 2015).

A matéria orgânica, no ciclo biológico, é livre de contaminantes tóxicos e decompõe-se gradualmente em cascata por meio de diferentes estágios de extração de valor antes de retornar com segurança ao solo ou cursos d'água. Ao fazê-lo, o ciclo se regenera e, assim "a vida cria condições conducentes para novos ciclos" (BENYUS, 2003; EMF, 2017).

Durante o ciclo biológico, os resíduos orgânicos são tradicionalmente vistos como um problema dispendioso em termos econômicos e ambientais. No entanto, a equação pode ser revertida ao projetar sistemas de recuperação e processamento mais eficazes para transformar resíduos orgânicos em uma fonte de valor que contribui para a restauração do capital natural. No ciclo biológico, o aproveitamento em cascata, que é o primeiro ciclo dentro da estrutura da Economia Circular, deve ser priorizado, ou seja, materiais podem ser utilizados como nutrientes ainda pelo consumidor, por exemplo, se a árvore for queimada diretamente, perderá o valor que poderia ser aplicado, como o da madeira ou outros produtos, antes da eventual regeneração. Os materiais permanecem o maior tempo possível na economia. Após um produto chegar ao fim de seu ciclo para o primeiro consumidor, ele pode ser compartilhado e ter sua utilização ampliada. O segundo ciclo é referente ao uso dos materiais como matérias-primas bioquímicas, mas não mais pelo consumidor e sim pelo próprio

fabricante. Já no terceiro ciclo, o material atinge o meio ambiente, porém de forma regenerativa, sendo absorvido como nutriente e não como um agente causador de danos (EMF, 2016).

O ciclo técnico corresponde a gestão dos estoques de materiais finitos, onde o reaproveitamento substitui o consumo, de maneira que apresentem oportunidades de recuperação do valor dos produtos por meio de compartilhamento, manutenção, reutilização e redistribuição, remanufatura e, por fim, reciclagem. Neste ciclo, "os materiais técnicos são recuperados e, em sua maior parte, restaurados" (EMF, 2015, p.8). O ciclo técnico é composto por produtos e materiais que dificilmente são biodegradados, e que são desenhados para buscar o máximo possível de circularidade em ciclos fechados (MCDONOUGH; BRAUNGART, 1998). Na Economia Circular, os projetos devem ser desenhados para permitir a aplicação do segundo princípio, possibilitando que componentes e materiais técnicos continuem circulando e contribuindo para a economia (EMF, 2015).

2.1.3. Princípio 3: Estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas

O terceiro princípio aborda a redução dos danos que os produtos, materiais e componentes podem causar ao meio ambiente (BRAUNGART e MCDONOUGH, 2014). Tem o objetivo de promover a eficácia do sistema, revelando e antecipando externalidades negativas. Inclui a redução de danos em sistemas e áreas como alimentação, mobilidade, abrigo, educação, saúde e entretenimento. Este princípio contribui na identificação de impactos para redução de danos aos sistemas excluindo as externalidades negativas, "como uso

da terra, ar, água e poluição sonora e da liberação de substâncias tóxicas” (EMF, 2015, p. 5).

2.2. Barreiras e desafios da economia circular

A mais recente contribuição a respeito do limitado progresso na implementação da economia circular, é trazida nas pesquisas de De Jesus e Mendonça (2018). Embora a literatura tenha enfatizado particularmente as barreiras técnicas e conceituais para a implementação da economia circular, os autores apresentam as quatro principais barreiras para a implementação na União Europeia. A primeira, a barreira cultural, diz respeito à falta de consciência e disposição das empresas de se envolverem com questões relacionadas a economia circular (PHEIFER, 2017; MONT et al., 2017). A segunda, a barreira de regulamentação, caracteriza-se pela falta de políticas públicas em apoio a uma transição econômica circular (KIRCHHERR et al., 2018; PHEIFER, 2017), a terceira, a barreira de mercado, está relacionada à falta de viabilidade econômica para negócios circulares (MONT et al., 2017; KIRCHHERR et al., 2018; e PHEIFER, 2017) a quarta barreira é a tecnológica, decorrente da falta de tecnologias para implementação da economia circular (PHEIFER, 2017; MONT et al., 2017; e IMSA, 2013). O Quadro 1 apresenta a descrição das quatro principais barreiras para implantação da economia circular na União Europeia.

Quadro 1 – Barreiras da economia circular

BARREIRAS	DESCRIÇÃO DA BARREIRA	AUTORES
Cultural	Cultura da empresa sem senso de urgência	Pheifer, 2017
	Ausência de cultura para colaborar com outras empresas	Mont et al., 2017
	Falta de conscientização e interesse do consumidor	Mont et al. 2017
	Sistema linear atual consolidado	Pheifer, 2017

Regulamentação	Obstrução de leis e regulamentos	Pheifer, 2017
	Falta de consenso global	Kirchherr et al., 2018
	Aquisição circular limitada, um olhar apenas para os custos ao fazer aquisição	Kirchherr et al., 2018
Mercado	Preços de materiais virgens muito baixo	Mont et al., 2017
	Falta de padronização	Kirchherr et al., 2018
	Alto custo de investimento inicial	Mont et al., 2017
	Financiamento limitado para modelos de negócios circulares	Pheifer, 2017
Tecnológica	Falta de capacidade de fornecer alta qualidade nos produtos remanufaturados	IMSA, 2013
	Projetos circulares limitados, os produtos não são projetados para modelos de negócios circulares	Mont et al., 2017
	Aplicação limitada em novos modelos de negócios em larga escala	IMSA, 2013
	Falta de informações e dados, por exemplo, sobre impactos	Pheifer 2017

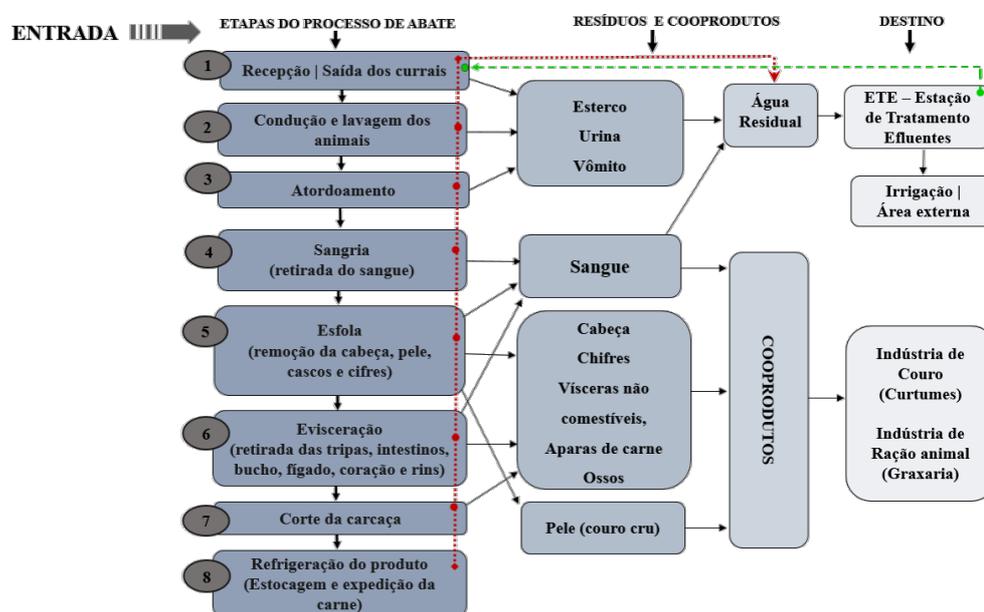
As questões tecnológicas é uma das barreiras mais referenciadas, isso porque há uma grande insuficiência de tecnologias nas empresas, assim como as questões governamentais, que se dá pela ausência de políticas públicas e também, por questões econômicas, dado a falta de incentivos econômicos governamentais. A falta de conhecimento e habilidade também é um impedimento para as empresas aplicarem os princípios da economia circular. Por fim, a falta de compromisso e interesse da gestão da empresa por questões relacionadas a economia circular (GOVINDAN e HASANAGIC, 2018).

2.3 Etapas do processo produtivo e aspectos ambientais de frigorífico

Englobando variadas atividades, a cadeia produtiva da carne bovina integra um complexo setor agroindustrial, com diversos elos que vão se

integrando a partir do abate (BLISKA, 2006; IEL; CNA; SEBRAE NACIONAL, 2000). A Figura 2, apresenta as etapas do processo de abate bovino.

Figura 2 - etapas do processo de abate bovino



Fonte: elaboração própria, adaptado de CETESB, 2008; Pacheco; Yamanaka, 2008; Claas; Maia, 2003; Nguyen *et al*, 2010; Mogensen *et al.*, 2015.

Nos processos produtivos da carne bovina, o abate é realizado para obtenção de carne e derivados, para o consumo humano. Como consequência dos processos e operações no setor, originam-se vários subprodutos e até mesmo resíduos (PONTOPPIDAN E MADSEN, 2014), tais como: couros, sangue, ossos, vísceras comestíveis e não comestíveis, gorduras, aparos de carne, animais ou suas partes condenadas pela inspeção sanitária, que sofrem uma série de processamentos específicos (BLISKA, 2006; DJEKIC, 2015). Vale ressaltar, que as operações são realizadas pelas próprias indústrias frigoríficas ou por empresas terceirizadas. Estes subprodutos provenientes do abate bovino, orinam—se

novos processos industriais, se espalham por empresas do setor alimentício, calçadista, insumos industriais e agropecuários (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB, 2006).

2.2.2 Consumo de Recursos Naturais, os impactos ambientais e as tecnologias de remediação

A água e energia são insumos essenciais para a maioria dos processos produtivos, não sendo diferente na indústria de carne bovina, que deve alcançar o máximo de eficiência produtiva de forma a reduzir os custos de produção. As plantas de processamento de carne têm suas características específicas devido à quantidade de matérias-primas processadas, à tecnologia de produção, ao grau de mecanização da produção e à utilização do espaço. Todas estas características afetam a variabilidade no consumo de energia e água (GOLEMAN, 2009).

O consumo de energia da indústria de carne é diferente de uma indústria para a outra (IPPC - COMISSÃO EUROPEIA, 2006; RAMIREZ et al., 2006), haja vista que a variação no consumo de energia está relacionada ao tamanho das plantas de processamento de carne (WOJDALSKI et al., 2013), assim como os equipamentos utilizados (FRITZSON e BERNTSSON, 2006; WOJDALSKI et al., 2013), a mecanização de processos produtivos e a quantidade de matérias-primas processadas (NORTON e SUN 2008).

A Tabela 1 apresenta os valores do consumo de energia, em *quilowatt-hora* e os equipamentos que mais utilizam energia nas plantas de processamento de carne.

Tabela 1 - Consumo de energia por tipo de equipamento elétrico na indústria de carne

EQUIPAMENTO	POTÊNCIA INSTALADA [Kwh]	PORCENTAGEM (%)
Cortadores e moedores	40.0	22,2%
Casas de fumo, fogões elétricos	28.0	15,6%
Máquina de refrigeração	10.0	5,5%
Caldeiras elétricas (onde gera água quente para limpeza de equipamentos e esterilização)	7.0	3,9%
Tambores cilíndricos (para salga úmida/salmouragem)	5.5	3,1%
Iluminação de plantas	9.0	5,0%
Outros dispositivos com até 5 Kwh	80.5	44,7%
TOTAL	180.0	100%

Fonte: adaptado de Wojdalski et al., 2013

A Tabela 2 apresenta o setor que mais demanda energia elétrica na indústria frigorífica, em países da União Europeia, destacando-se o setor de refrigeração com maior demanda de energia, que neste caso engloba a refrigeração do produto (UNEP, 2000).

Tabela 2 - Porcentagem do consumo de energia elétrica na indústria de carne bovina

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM TOTAL (%)
Recepção Condução e lavagem	6
Processamento de Abate	5
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	10
Processamento de subprodutos / Evisceração	9
Área de desossa	11
Refrigeração	59

Fonte: UNEP, 2000

Energias renováveis são utilizadas de forma sustentável, resultando em mínimo impacto ao meio ambiente. O desenvolvimento de tecnologias

ambientais permite com que elas possam ser aproveitadas quer como combustíveis alternativos, quer na produção de calor e de eletricidade, como a energia térmica, biomassa e solar. Enquanto as grandes hidrelétricas, também com características renováveis, constituem em fonte convencional de geração de eletricidade (PACHECO, 2006).

Já a água representa um desafio operacional e uma oportunidade para o crescimento da indústria de carne (DJEKIC et al., 2015). A indústria de carne apresenta uma das principais fontes da poluição orgânica que conduz em larga medida à degradação do ambiente (BOHDZIEWICZ, SROKA, 2005; CHINDE et al., 2014). As questões ambientais mais significativas estão relacionadas à indústria de processamento de carne estão relacionadas à água: como o alto consumo, a emissão de águas residuais de alta resistência orgânica, a emissão de odores para o ar e a mortes de animais aquáticos (MANIOS et al., 2003). Os incentivos para o uso de tecnologias que minimizem o consumo da água – incluindo o uso das águas residuais e o reuso de águas tratadas – representam uma economia de custos e uma menor dependência dos recursos hídricos (FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013).

Os valores médios do volume total de água, estão entre 13.500 L/Kg (RENAULT; WALLENDER, 2000) e 15.500 L/Kg no processamento de carne (HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2007). A Tabela 3 apresenta a média de consumo de água em alguns países, assim como a média mundial no processo industrial da carne bovina, tanto por quilo de carne, quanto pelo número de animal abatido.

Tabela 3 - Média de consumo de água no abate bovino

DEMANDA DE ÁGUA L/KG DE CARNE	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE PROCESSAMENTO
3.682	Média dos Estados Unidos	Processamento de desossa de carne
15.000	Média do Brasil	Todo processo produtivo da carne

17.112	Média da Austrália	Todo processo produtivo da carne
15.497	Média Mundial	Todo processo produtivo da carne
DEMANDA DE ÁGUA L/ANIMAL ABATIDO	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE PROCESSAMENTO
4.864	Média do Brasil	Processo produtivo do abate, frigorífico e graxaria
1.000	Média da Dinamarca	Processo produtivo do frigorífico
800 – 1700	Média do Canadá	Processo produtivo do frigorífico
973 – 2.800	Média da Bolívia	Processo produtivo do frigorífico

Fonte: Autora, com informações de Hoekstra e Chapagain, 2007; FAO, 2013; CETESB, 2006; UNEP, 2000; Foran et al. 2005

O consumo de água na indústria de carne bovina é bastante variável, dependendo do tipo de instalação. Uma planta de frigorífico, com abatedor e suas instalações de processamento de carne, pode consumir entre 2,5 e 40 m³ de água por tonelada de carne produzida (BANCO MUNDIAL, 2007) ou entre 1,25 e 2,4 m³ para cada animal abatido, sendo distribuídos da seguinte forma: 0,9 m³ na sala de matança, cerca de 1,0 m³ nas demais dependências (bucharia, triparia, sanitários) e 0,6 m³ para a área externa, currais e pátios (LIU et al., 2018; MARLOW et al., 2009). A Tabela 4 apresenta a distribuição do consumo de água utilizada por cada operação na indústria de carne.

Tabela 4 - média da distribuição do consumo de água por operações na indústria de carne

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM DE CONSUMO (%)
Recepção Saída dos currais	7 – 22
Abate Sangria Esfolia	44 – 60
Evisceração	9 – 22
Processamento das vísceras (cooprodutos)	7 – 38
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	1 – 4
Corte da carcaça / Desossa	2 – 5
Câmaras Frigoríficas Refrigeração	2

Fonte: UNEP, 2000 e Peters et al., 2010

O reuso de água dentro de uma operação de processamento de carne é potencialmente um método eficaz de reduzir a demanda por água potável e também reduzir a quantidade de efluente a ser tratado e descartado (RIDOUTT e PFISTER, 2010). No entanto, a reutilização ainda é limitada, devido, sobretudo, às legislações e restrições quanto ao seu uso, principalmente de ordem sanitária. Deste modo, são necessárias pesquisas para definir os parâmetros e as melhores formas de emprego de águas residuais tratadas (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

A indústria de processamento de carne é uma das maiores consumidoras de água doce entre processamento de alimentos e bebidas (DE SENA et al., 2009), gerando um valor de significativo com cerca de 2.000 m³ de águas residuais, o que representa 2.500 animais abatidos diariamente (BUSTILLO-LECOMPTE e MEHRVAR, 2015).

A maioria dos processos industriais requer uma grande quantidade de água, com isso, os efluentes gerados pelas águas residuais têm quantidade significativa de poluentes, nutrientes e patógenos (UNESCO, 2017; LAKSHMI e REDDY, 2017). As indústrias que mais consomem água são as de carne, curtumes, fábricas de leite, fábricas de açúcar, conservas, papel e celulose, bebidas e destilarias (CRITES, 2000; AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTIC - ABS, 2010).

A produção de carne bovina é considerada de alto impacto ambiental em comparação com outros tipos de carne, como a indústria de suínos e aves (WEBER e MATTHEWS, 2008; ESHEL *et al.*, 2014; RÖÖS *et al.*, 2013) e outras atividades agroindustrial (PETERS *et al.*, 2010).

A indústria de carne produz um grande volume de águas residuais que consistem numa variedade de poluentes orgânicos e inorgânicos (MASSE e MASSE, 2000; MOUKAZIS et al, 2018), metais pesados (elementos tóxicos) que o organismo não é capaz de eliminá-los e ovos parasitários (BOHDZIEWICZ e SROKA, 2005). Estes resíduos são originados da limpeza de veículos que

transportam os animais para o abatedouro, da lavagem de gado, do abate de animais, de detergentes e desinfetantes utilizados na limpeza de equipamentos (SROKA, 2004), da higiene pessoal dos trabalhadores (KUPUSOVIC et al., 2007), da limpeza das instalações e do processamento de carne (DJEKIC e TOMASEVIC, 2016; MOGENSEN 2015).

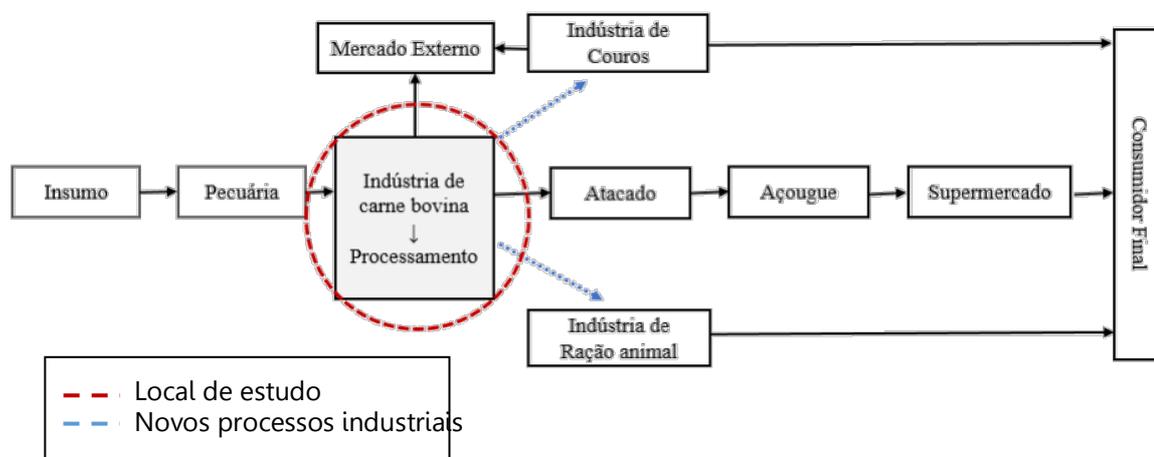
3. METODOLOGIA

3.1. Tipo da pesquisa

A natureza desta pesquisa é aplicada, por possuir um caráter prático, acessando teorias para um propósito específico (COLLIS; HUSSEY, 2005). Tem uma abordagem qualitativa, visto que este estudo visa entender, descrever e explicar os fenômenos sociais de modos diferentes, por meio da análise de experiências individuais e grupais, assim como de poder investigar documentos ou traços semelhantes de experiências e integrações (FLICK, 2009). Em vista disto, na fase inicial, foi realizado um estudo da literatura identificando aspectos da inovação e das tecnologias utilizadas na indústria de processamento de carne bovina, que auxiliou na construção das categorias teóricas e instrumento de coleta de dados.

Quanto ao alcance dos objetivos foi um estudo descritivo, tendo em vista que “descreveu o comportamento dos fenômenos” (COLLIS; HUSSEY, 2005) e possibilitou maximizar seu conhecimento acerca do fenômeno ou problemática (TRIVINÖS, 1990), visando à identificação de padrões (COLLIS; HUSSEY, 2005). A Figura 2 apresenta a delimitação do escopo da pesquisa.

Figura 3 – Delimitação do escopo da pesquisa



Fonte: autora

Para a pesquisa, foi escolhido a indústria de carne bovina, onde selecionou-se o setor de processamento para o desenvolvimento da pesquisa. Deste setor, foi realizado entrevista com alguns atores ligados diretamente a indústria de processamento de carne bovina. Dentre os entrevistados, estão: pesquisadores da EMBRAPA, especialistas da área de inovação tecnológica de frigoríficos, gestores ambientais de dois principais frigoríficos do Brasil e pecuarista que atua diretamente em frigoríficos. Além das entrevistas, foi realizado análise documental de materiais disponibilizados pelos entrevistados e dados visuais das etapas das operações do abate bovino.

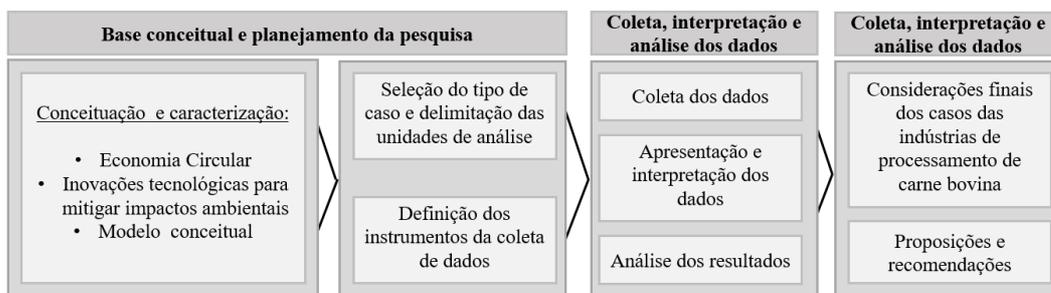
3.2 Estudo de caso múltiplos

Quanto ao método, a pesquisa foi realizada por meio de estudo de caso múltiplo. Foi selecionado duas indústrias de processamento de carne

bovina, tendo em vista que dentre as indústrias de alimento, é a que mais consome água doce, com um impacto ambiental significativo no meio ambiente (GERBENS-LEENES et al., 2013; MEKONNEN & HOEKSTRA, 2012; BUSTILLO-LECOMPTE e MEHRVAR, 2015).

No estudo de caso múltiplo o método adotado na seleção dos casos é a de replicação, seguindo os mesmos procedimentos definidos no planejamento em mais de um caso (EISENHARDT, 1989; YIN, 2005), neste caso o equivalente ao utilizado nesta pesquisa. O estudo de caso, único ou múltiplo, pode ser holístico ou incorporado. O desenvolvimento do estudo de caso incorporados compreendeu quatro etapas que descrevem seu delineamento, conforme apresenta a Figura 4.

Figura 4 – etapas do desenvolvimento do estudo de caso nos frigoríficos



Fonte: adaptado de YIN, 2015

Na primeira etapa, foi desenvolvido a base conceitual apresentada no capítulo 2, o que possibilitou a seleção da amostra teórica, o tipo de estudo de caso e delimitação das unidades de análise, seguindo os critérios dos objetivos da pesquisa. Ainda na primeira fase, definiu-se as unidades de análise e elaborou-se o roteiro para as entrevistas semiestruturadas e questionário. Essa fase exigiu habilidades para perceber quais informações seriam suficientes para se chegar à

compreensão do objeto de análise como um todo. A segunda etapa foi a coleta de dados, que foi realizada por meio de procedimentos qualitativos, como observação, análise de documentos, entrevistas semiestruturadas, aplicação de questionário e dados visuais. Vale ressaltar que nesta etapa da pesquisa os dados foram coletados de acordo com as abordagens conceituais que fundamentaram a categorização. A terceira etapa da pesquisa foi desenvolvida a apresentação e análise dos resultados. Nesta fase, utilizou-se os três princípios da economia circular para a compreensão das principais barreiras na indústria de processamento de carne bovina, e também, possibilitou a interpretação dos dados, para não envolver julgamentos implícitos, preconceituosos e opiniões de senso comum (FONSECA, 2002). Também, foi possível identificar as potencialidades e pontos críticos dos frigoríficos em relação a ineficácia da utilização de tecnologias inovadoras como forma de redução dos impactos ambientais do setor. A quarta etapa é representada pela síntese dos resultados da análise, gerados na terceira fase, com as considerações finais e as proposições para as indústrias de processamento de carne bovina, que abarca as principais contribuições da pesquisa, as recomendações para estudos futuros, assim como as limitações para a realização da pesquisa.

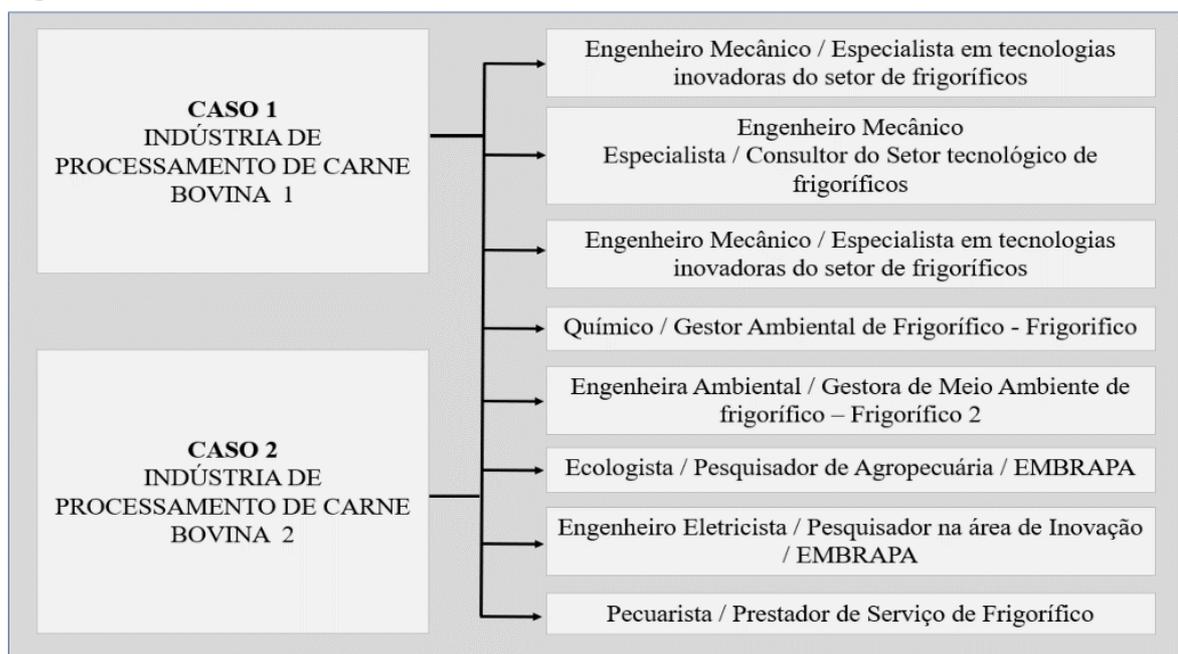
A pesquisa de campo foi realizada entre os meses de junho a novembro de 2018, quando foram realizados os contatos com 38 frigoríficos, de todo o Brasil, solicitando autorização para a pesquisa. No entanto, houve a negativa de todos eles para acesso às plantas de processamento. Os pesquisadores entrevistados da EMBRAPA esclarecem que em decorrência a Operação Carne Fraca, deflagrada pela Polícia Federal, trouxe à tona uma série de irregularidades no abate e processamento de carnes brasileiras. Esse fato dificultou o acesso dos pesquisadores aos frigoríficos de todo o Brasil, inclusive dos pesquisadores da EMBRAPA.

Neste contexto, a pesquisa seguiu utilizando outras fontes de evidências que foram suficientes para atingir ao objetivo proposto.

Com base na revisão da literatura e na pesquisa documental sobre os temas centrais da dissertação, a primeira etapa da pesquisa foi realizada a seleção dos casos mais adequados para o estudo. Foram delimitadas duas indústrias de processamento de carne bovina e oito unidades de análise. Dessa forma, as pessoas entrevistadas escolhidas atuam diretamente e indiretamente nas indústrias, e concederam informações que os gestores da área ambiental dos frigoríficos não forneceram. Foram entrevistados especialistas que atuam há 35 anos com inovações tecnológicas para frigoríficos, assim como gestores ambientais de frigoríficos, com mais de 7 anos atuando diretamente na indústria.

A Figura 5 apresenta o tipo de estudo de caso utilizado nesta pesquisa, seguindo a classificação de Yin (2015) para estudo de caso múltiplos incorporados com unidades múltiplas de análise.

Figura 5: relação dos casos entrevistados



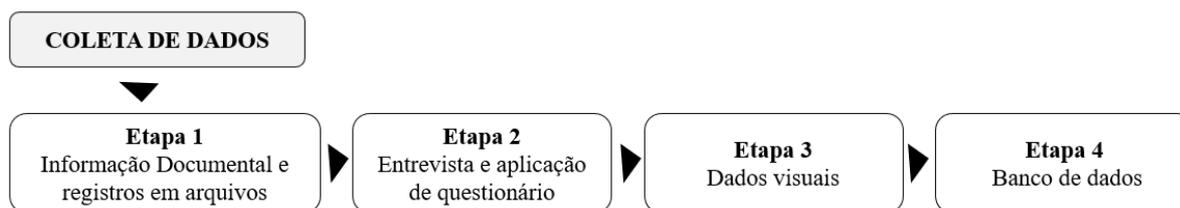
Fonte: autora

Para os dois casos, os critérios utilizados para a escolha das unidades de análise, foi a abrangência geográfica da atuação dos entrevistados, sendo de 4 regiões diferentes do país. O acesso as informações dos frigoríficos passadas pelos gestores e entrevistas com atores que não fazem parte das indústrias, o que permitiu uma análise externa sobre a implementação das tecnologias ambientais das indústrias. O contato com os entrevistados foram indicações de pesquisadores e por telefone e e-mail com as indústrias, avaliada através do currículo *lattes* dos entrevistados e indicação. Para a seleção dos entrevistados, o critério utilizado foi o nível de percepção e entendimento tecnológico dos envolvidos, o conhecimento operacional dos processos de produção da indústria de processamento da carne bovina e o conhecimento das questões ambientais da indústria.

3.3 Instrumentos de coleta de dados

A etapa da coleta de dados, inclui o desenvolvimento de um roteiro e a condução de um "estudo-piloto" (YIN, 2010). Para aumentar a confiabilidade da pesquisa, foram utilizadas as principais fontes de evidência destacadas por Yin (2010), como: informação documental, registros em arquivos das indústrias, entrevistas com um roteiro semiestruturado, observação direta e a construção de banco de dados conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - etapas da coleta de dados



Fonte: elaboração própria

A etapa 1, trata-se do levantamento das informações documentais e registros em arquivos que foram feitos a verificação dos aspectos ambientais significativos dos processos produtivos das indústrias envolvendo as unidades de análise, o estudo dos detalhes dos processos por meio do Relatório de Sustentabilidade e de processos internos da indústria. Além de analisar os fluxos dos processos, documentos administrativos internos, relatórios, estudos, publicações, mapas, tabelas e demais levantamentos. Para YIN (2010) esta etapa irá corroborar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes. As informações documentais são úteis para comprovar as informações e fazer inferências a partir de documentos. A pesquisa documental incluiu documentos públicos e internos da indústria que será pesquisada (CRESWELL, 2010).

Na segunda etapa, foram realizadas as entrevistas e a aplicação de questionários com os agentes envolvidos com a indústria de processamento de carne bovina. O objetivo de coletar informações sobre as tecnologias ambientais utilizadas e como elas auxiliam para o ciclo biológico da economia circular, como forma de redução de impactos ambientais do setor. A fonte mais importante de informações para deste estudo de caso foram as entrevistas, que permitiram atender ao objetivo proposto e a identificar os principais entraves tecnológicos na implementação dos princípios da economia circular. As entrevistas foram

elaboradas com base nas categorias teóricas levantadas na revisão da literatura, de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Categorização do quadro de entrevistas

Categorias	Subcategorias	Elementos
Princípio 1	Gestão de fluxos renováveis	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de energia - Equipamentos - Energias alternativas - Excedentes de energia
Princípio 2 Ciclo biológico	Aproveitamento em cascata	<ul style="list-style-type: none"> - Abate bovino - Subprodutos - Sangue - Limpeza das instalações - Couro
	Conservação e aumento do capital natural	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamento da água residual - Tipos de tratamento - Captação e devolução da água tratada
	Regeneração da matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de água; - Operações - Fonte de água
Princípio 2 Ciclo Técnico	Reciclagem	- Reciclagem de resíduos provenientes de insumos dos processos
	Reuso e redistribuição	- Novos processos industriais
	Manutenção	- Extensão da vida do produto
Princípio 3	Externalidades positivas	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de empregos em razão de novos processos relacionados à circularidade de materiais; - Redução dos impactos ambientais com tecnologias de mediação - Reuso da água residual
	Externalidades negativas	<ul style="list-style-type: none"> - Emissões de gases - Geração de resíduos perigosos e não perigosos provenientes dos processos - Tecnologias de minimização de riscos ambientais

Fonte: autora

Foi elaborado um roteiro para entrevista (Apêndice B), que permitiu obter informações que não foram encontradas nas fontes documentais, assim como aplicação de um questionário para alguns pesquisadores que não puderam participar da entrevista. As entrevistas foram realizadas com atores envolvidos na produção de carne bovina, tais como dois pesquisadores da

EMBRAPA, três consultores e especialistas que lidam diretamente com tecnologias inovadoras para frigoríficos, além de um pecuarista, que atua indiretamente em um frigorífico no Estado do Amazonas. O roteiro de entrevista foi revisado e validado por uma pesquisadora, com larga experiência na área ambiental.

Para garantir o anonimato dos entrevistados foram atribuídos códigos de referência para cada um, a formação acadêmica e o cargo, o tempo de experiência no setor conforme apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Códigos de referência dos entrevistados na pesquisa

Formação / Cargo do entrevistado	Código	Tempo de experiência no setor	Referência	Tempo de duração
Engenheiro Ambiental Especialista / Consultor do setor Tecnológico de frigoríficos	EEA	5 anos	Entrevista	1h50
Engenheiro Mecânico Especialista / Consultor do Setor tecnológico de frigoríficos	EEM	35 anos	Entrevista	1h40
Engenheiro Mecânico / Especialista em tecnologias inovadoras do setor de frigoríficos	ECF	18 anos	Questionário	-
Químico / Gestor Ambiental de Frigorífico - Frigorífico 1	EGA	5 anos	Questionário	-
Engenheira Ambiental / Gestora de Meio Ambiente de frigorífico – Frigorífico 2	ESA	7 anos	Entrevista	2h02
Ecologista / Pesquisador de Agropecuária / EMBRAPA	EPA	18 anos	Questionário	-
Engenheiro Eletricista / Pesquisador na área de Inovação / EMBRAPA	EEP	34 anos	Entrevista	1h35

Pecuarista / Prestador de Serviço de Frigorífico	PEC	22 anos	Entrevista	1h40
--	-----	---------	------------	------

Fonte: a autora

As entrevistas realizadas com os entrevistados EEA, EEM, EPA e EEP foi conduzida via *skype* usando a ferramenta de *webcam* para manter o caráter pessoal (face a face), durando em média 1h40 minutos, com cada entrevistado. Ao longo da entrevista alguns dos assuntos estudados já foram emergindo e, portanto, foram incorporados na análise, assim como informações disponibilizadas pelos entrevistados em outras fontes de dados. As informações foram gravadas, com autorização dos entrevistados, no aplicativo *Amolto Call*, e depois transcritas, manualmente. A entrevista com o PEC, foi desenvolvida pessoalmente, o que tentou nos ajudar com acesso ao frigorífico que atua, no entanto, o gestor não autorizou a entrada no frigorífico.

Também foi aplicado um questionário com o especialista ECF, com o gestor ambiental EGA e o com pesquisador da EMBRAPA EPA, o que permitiu esclarecer e ajudar na coleta de informações para completar a pesquisa. O questionário foi o mesmo utilizado na entrevista semi-estruturada, apresentado no Apêndice B.

A terceira etapa, foi realizada por meio de dados visuais, com a utilização de 8 vídeos que mostraram as etapas de processamento do abate bovino. Esta etapa favoreceu uma melhor compreensão do funcionamento dos processos em diferentes plantas indústrias de frigoríficos. A utilização do elemento visual na investigação qualitativa informa, elucida, documenta, acrescenta valor e sentido ao fenômeno estudado (BERGER,1990). Dentre esses oito vídeos, foram analisados principalmente os vídeos dos frigoríficos pesquisados.

O banco de dados, é a quarta etapa dos instrumentos da coleta de dados, foi organizado e documentado as informações coletadas dos estudos de casos

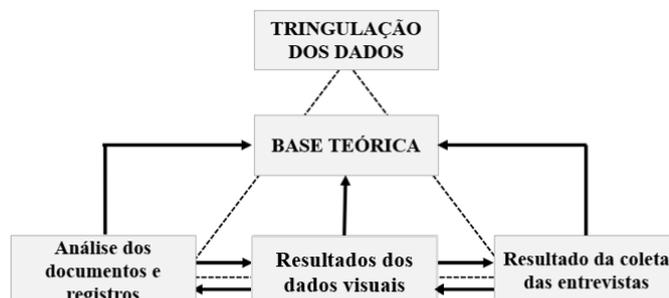
nas etapas anteriores, das referidas indústrias. Dessa maneira, um banco de dados para o estudo de caso aumenta, notadamente, a confiabilidade do estudo. Ao mesmo tempo, a existência de um banco de dados adequado não elimina a necessidade de apresentar provas suficientes no próprio relatório do estudo de caso (YIN, 2015).

3.4 FORMA DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Após concluída a coleta dos dados será realizada a interpretação e análise dos resultados à luz das questões de investigação formuladas. A análise dos dados, consiste no exame, categorização, classificação em tabelas, testar, ou do contrário, recombinar as evidências conforme proposições iniciais do estudo (YIN, 2015). É na etapa da análise dos dados, que envolve a preparação, condução de diferentes análises, aprofundamento nas informações dos dados coletados, é feito representações dos materiais e elaboração da interpretação dos dados de forma mais ampla (CRESWELL, 2009).

A análise e tratamento de dados deste estudo, será realizada por meio da triangulação de dados (Figura 3), da análise de documentação, entrevistas com as empresas pesquisadas, observação direta, e análise dos registros em arquivos fornecidos pelas empresas.

Figura 3: triangulação dos dados



Fonte: adaptado de YIN, 2015

A triangulação de fontes de dados contribui para mitigar o viés pessoais e metodológico do pesquisador, aumentando a confiabilidade e validade dos resultados. Significa olhar o fenômeno, ou questão da pesquisa, a partir de mais de uma fonte de dados. As informações advindas de diferentes ângulos podem ser usadas para corroborar e aumenta a generalização de um estudo (YIN, 2015). Essa combinação de múltiplas fontes de evidência é um fundamental para se criar um banco de dados para o estudo de caso e manter um encadeamento de fontes e aumentando a confiabilidade das informações em estudo de caso. Além disso, representa um processo de múltiplas percepções para esclarecer significados, verificando a repetição de padrões nas diversas fontes de evidência (STAKE, 2000; YIN, 2005).

Os dados coletados foram analisados em conjunto para entender como as inovações ambientais auxiliam a reduzir os impactos ambientais nas indústrias de carne. Neste estudo também foi realizado análise de conteúdo. A análise de conteúdo tem aumentado na pesquisa social devido à necessidade de tratar dados coletados de forma padronizada, principalmente dados coletados em profundidade (QUIVY; CAMPENHOUDT, 2008), mantendo os critérios de confiabilidade e validade da pesquisa qualitativa (CRESWELL, 2010).

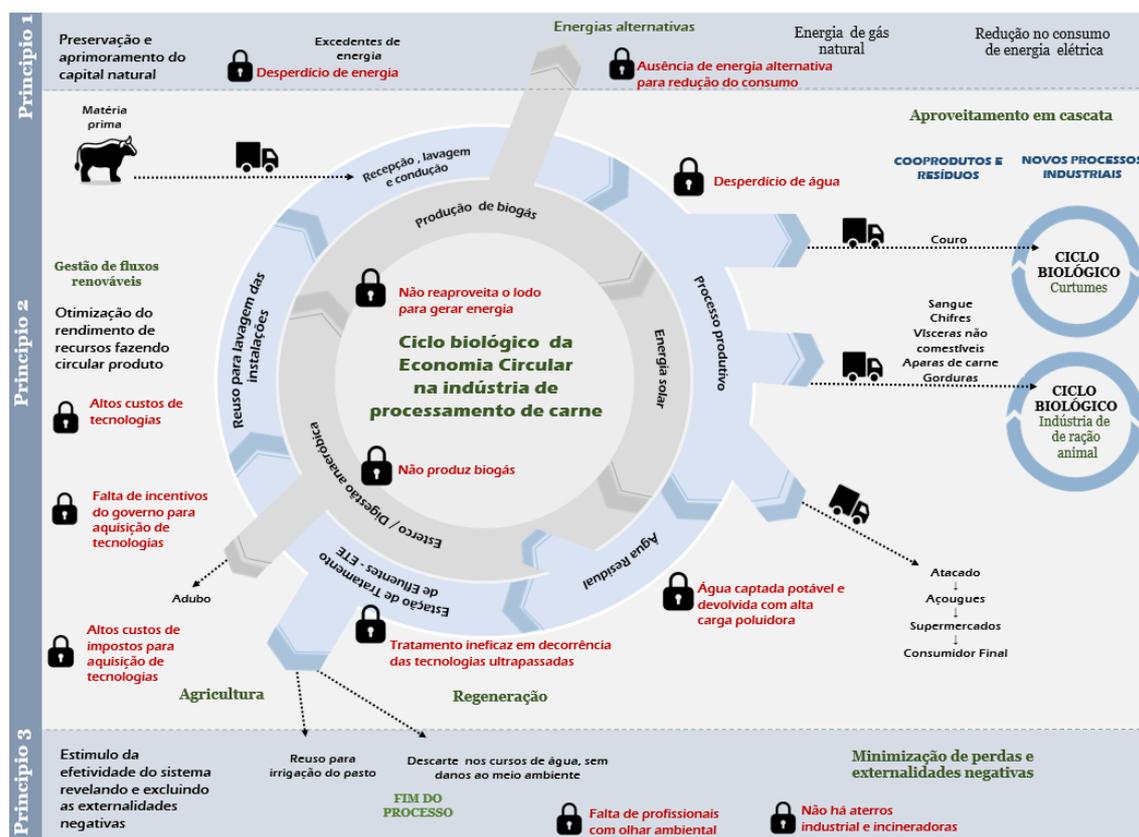
O processo de análise é de grande importância para o estudo de caso (EISENHARDT, 1989) e a aplicação do método ocorre pela organização da análise, pela codificação de resultados, pelas categorizações, pelas inferências e pela informatização da análise das comunicações (BARDIN, 2011). Dessa forma, foi possível triangular as informações contidas nos documentos, nos registros, nas entrevistas e questionários e nos dados visuais. Com base nas descobertas

provenientes da teoria levantada, da triangulação das informações e do modelo de delimitação, o conteúdo pode ser compreendido de forma profunda e completa.

4. RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise e discussão dos dados coletados, confrontando com a literatura estudada. Os resultados da pesquisa identificaram os principais impasses na indústria de processamento de carne bovina, concernente a aquisição de tecnologias inovadoras que contribuem para a aplicação do ciclo biológico da economia circular. Esses resultados são apresentados, em um modelo conceitual, conforme a Figura 4, que serviu de direcionador da pesquisa e discutidos na sequência.

Figura 4 – Modelo conceitual: entraves para o ciclo biológico na cadeia de carne bovina



Fonte: autora

Os próximos tópicos discutem os principais impasses tecnológicos identificados para a implementação dos três princípios da economia circular, aplicado à cadeia de carne bovina.

4.1 Princípio 1 – Preservação e aprimoramento do capital natural

O capital natural tem o objetivo de armazenar os recursos naturais que geram fluxo de serviços úteis aos seres humanos, ou seja, são recursos ofertados pelo ecossistema, que contribuem para o bem-estar humano (COSTANZA e DALY, 1992). Esta seção discute os principais recursos naturais consumidos na indústria de processamento de carne bovina, assim como os entraves identificados na pesquisa para a aplicação do Princípio 1.

4.1.1 Consumo de água na indústria de processamento de carne bovina

O alto consumo de água é um dos principais entraves da indústria de processamento de carne. Os dados coletados comprovam que dentre as indústrias do setor de alimentos, o maior consumo de água utilizada na produção, estão associados à carne bovina, sendo considerada de alto impacto ambiental em comparação com outros tipos de carne, como a indústria de suínos e aves (WEBER & MATTHEWS, 2008; ESHEL *et al*, 2014; RÖÖS *et al*, 2013) e outras atividades agroindustrial (PETERS *et al* 2010).

A fonte abastecedora dos frigoríficos pesquisados, são poços subterrâneos. Em um frigorífico que abate cerca de 1.600 bois diários, tem 6 poços em funcionamento. Já um frigorífico que abate 1.000 bois diários consome aproximadamente 4,5 milhões de litros de água, por dia. Isso confirma a média

nacional e mundial, em torno de 13.500 a 15.500 L/Kg (RENAULT; WALLENDER, 2000; HOEKSTRA; CHAPAGAI, 2007). Desta quantidade de água, em torno de 15 a 20% não tem retorno para o tratamento, pois evapora-se. Isto revela um entrave dentro dos processos, pois além do alto consumo, não há procedimentos de mediação para reduzir este consumo nas indústrias pesquisadas.

As operações que mais utilizam água nos frigoríficos são evisceração, seguidas do abate, sangria e esfolagem, confirmando as informações reveladas na literatura (UNEP, 2000; PETERS et al., 2010). A Tabela 9 indica um comparativo da União Europeia com as operações realizadas em alguns frigoríficos no Brasil.

Tabela 9 – Comparativo do consumo de água nas operações

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM TOTAL DA UNIÃO EUROPEIA	PORCENTAGEM TOTAL NO BRASIL
Recepção Saída dos currais	7 – 22%	10 – 20%
Abate Sangria Esfolagem	44 – 60%	15 – 25%
Evisceração	16 – 60%	50 – 70%
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	1 – 4%	16 – 20%
Corte da carcaça / Desossa	2 – 5%	2 – 3%
Câmaras Frigoríficas Refrigeração	2%	1 – 2%
Outras	-	5 – 10%

Fonte: elaboração própria, com informações da UNEP, 2000; Peters et al., 2010 e dos entrevistados EGA, PEC 2018

Nota-se que o consumo de água na evisceração nos frigoríficos brasileiros pesquisados, chegam até 70% do consumo total das operações, em um frigorífico de grande porte, que abate cerca de 1.600 bois diário, e estes valores não diferem de um frigorífico que abate 500 bois por dia, conforme afirmou o entrevistado PEC. Na operação do abate, sangria e esfolagem, são as que mais consomem água

em países europeus (UNEP, 2000; PETERS et al., 2010), já no Brasil estas operações são seguidas da evisceração. A indústria de processamento de carne, dentre as indústrias de alimentos e bebidas é a que mais consome água (DE SENA et al., 2009). Isto gera um valor significativo com cerca de 2.000 m³ de águas residuais. Por isso, pode-se afirmar que a produção de carne bovina é considerada de alto impacto ambiental em comparação com outros tipos de carne, como a indústria de suínos e aves (WEBER & MATTHEWS, 2008; ESHEL *et al*, 2014; RÖÖS *et al*, 2013) e outras atividades agroindustrial (PETERS *et al* 2010).

4.1.2 Consumo de energia na indústria de processamento de carne bovina

As plantas industriais dos frigoríficos pesquisados atendem a demanda de 500 a 1.600 bois abatidos diariamente, estes números mostram que as indústrias pesquisadas e os entrevistados atuam em indústria de médio e grande porte. O consumo de energia elétrica da indústria de carne é diferente de uma indústria para a outra (IPPC - COMISSÃO EUROPEIA, 2006; RAMIREZ et al., 2006). Haja vista que a variação no consumo de energia está relacionada ao tamanho das plantas de processamento de carne (WOJDALSKI et al., 2013), assim como os equipamentos utilizados (FRITZSON e BERNTSSON, 2006; WOJDALSKI et al, 2013), a mecanização de processos produtivos e a quantidade de matérias-primas processadas (NORTON e SUN 2008).

A única fonte de energia utilizada nas indústrias de processamento pesquisadas, é a elétrica, vindo das concessionárias abastecedoras de energia, e em poucos casos, a energia térmica é utilizada para limpeza e esterilização de equipamentos. Uma grande entrave é o fato dos frigoríficos pesquisados não utilizarem fontes de energia alternativa, por não atender a demanda dos processos frigoríficos e também, porque não há uma preocupação e interesse

por parte dos gestores para questões relacionadas ao meio ambiente. No entanto, energias renováveis são utilizadas de forma sustentável, resultando em mínimo impacto ao meio ambiente (PACHECO, 2006). A única preocupação vista, é utilizar os indicadores chaves de desempenho, para avaliar o consumo de energia e então conscientizar os funcionários sobre economia de energia nos frigoríficos. É a partir desta realidade que surge a necessidade de tecnologias inovadoras que remedeie e diminua o consumo de energia. A utilização de energia alternativa, como a energia térmica é uma oportunidade de redução da conta de energia elétrica da indústria de carne (UNEP, 2000). Também, a geração de biogás na indústria de carne é uma oportunidade de reduzir o alto consumo de energia, pois a tecnologia de biodigestão anaeróbica permite o aproveitamento do esterco animal, evitando a poluição de recursos hídricos e emissões de gases de efeito sobre a atmosfera (PAGAN et al., 2002; DALLAS COSTA, 2004). A energia solar é uma outra alternativa para as indústrias, no entanto, foi evidenciado que nas indústrias de processamento pesquisadas, é utilizada para iluminação em algumas plantas menores, por não ser suficiente para cobrir a demanda dos processos, sem contar o apelo ambiental por parte do *marketing* das indústrias. Esses dados se opõem as indústrias da Índia, que utilizam cerca de 20% dos custos de produção com consumo de energia solar (MEKHILEF, 2011; PARITOCOSH, 2007).

Tecnologias inovadoras de redução do consumo de energia, tem preços onerosos no Brasil. Aliado a isto, destacado por todos os entrevistados que a falta de incentivos fiscais por parte do governo, assim como os altos custos de impostos no Brasil, são os principais fatores para aquisição destas tecnologias. Uma das principais barreiras para implementação da economia circular é a falta de incentivos econômicos do governo, o que dificulta as empresas implementarem a economia circular nas cadeias de suprimento, que de modo

consequente permanecerão em um sistema linear (DE JESUS, 2018). As questões ambientais são tratadas em segundo plano, atestando assim, que os gestores apenas priorizam a expansão dos negócios, participação na gestão de mercado e o lucro (GOVIDAN e HANAGUE, 2018),

Constatou-se durante a pesquisa, que uma das operações que mais consome energia é a refrigeração, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 10 – Comparativo do consumo de energia

OPERAÇÃO	PORCENTUAL UNIÃO EUROPEIA	PERCENTUAL BRASIL
Recepção Condução e lavagem	6%	0,5%
Processamento de Abate	5%	5%
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	10%	0% (vapor)
Processamento de subprodutos	9%	5%
Área de desossa	11%	8%
Refrigeração	59%	80,5%

Fonte: Elaboração própria, com informações da UNEP, 2000 e do entrevistado EGA, 2018

Antes do produto chegar ao consumidor, o produto passa pela a etapa da refrigeração. Conforme os dados coletados, esta etapa é a que mais consome energia, similar aos dados que a UNEP (2009) apresenta, de 59% de consumo, dentre todas as etapas. Nos frigoríficos do Brasil, a pesquisa mostra que a refrigeração consome cerca de 80, 5% de energia, dentre todas as operações do processamento. Este fato, mostra que além do alto consumo de água, a indústria de carne bovina, tem um consumo de energia muito alto. Embora tenha a conscientização dos funcionários, com campanhas de conscientização nos departamentos de trabalho, e para questões isoladas, tais como: sair da sala, apagar a luz”, utilizar lâmpadas de *led* ou lâmpadas com sensores nas

dependências da indústria. Os dados corroboram as barreiras que impedem a implantação da economia circular que é o limitado compromisso e apoio da gestão para iniciativas de sustentabilidade (LIU e BAI, 2014).

4.2 Princípio 2 – Otimização do rendimento de recursos

O segundo princípio da economia circular tem o objetivo de fazer circular o produto nos círculos biológico e técnico. É observado nas indústrias de processamento de carne bovina, que é possível manter o produto o maior tempo possível, reincorporando-os de outras formas em outras cadeias produtivas, evitando o descarte no solo ou nos rios, ocasionando impactos ao meio ambiente. Neste sentido, este tópico apresenta as etapas do processo que otimizam os subprodutos da carne bovina, permitindo a criação de novos ciclos industriais.

Durante a etapa da sangria, o sangue é coletado por uma calha e direcionado por tanques específicos para um novo processo industrial (BUGALLO et al, 2014; LAWRIE, 2005; e TERLOUW et al. 2005; BELLAVER & ZANOTTO, 2004; BELLAVER & ZANOTTO, 2004). Deste novo processo, é originado a farinha de ração animal. É coletado em média de 15 a 20 litros de sangue por animal (MAPA 2008). Os estudos evidenciaram cerca de 17 litros de sangue por animal abatido, em um animal com peso de 300 kg. Para essa grande quantidade de sangue, há um aspecto positivo em relação a coleta: a geração de um novo processo industrial originado nesta etapa. Isto possibilita um ciclo fechado (EMF, 2015), onde não há desperdício ou impactos ambientais, se o sangue for coletado de forma correta, dando a continuidade no ciclo, evitando o desperdício e a poluição (BELLAVER e ZANOTTO, 2004). Pois a economia circular leva em conta o impacto do consumo de recursos e do desperdício no meio ambiente (EMF, 2012, 2013,

2015). Isto cria círculos fechados alternativos, onde os recursos estão em movimentos circulares dentro de um sistema de produção e consumo, reduzindo assim a poluição e o desperdício (SAUVÉ, et al., 2016).

Além da grande quantidade de sangue, nesta etapa, é utilizado um grande volume de água para lavagem do local de sangria (BUGALLO et al, 2014) e equipamentos utilizados no processamento (LAWRIE, 2005; TERLOUW et al. 2005). Esta quantidade de sangue fica aderida em equipamentos e acaba sendo diluída com água quando ocorre a limpeza das instalações (MAPA, 2008). Nesta etapa a água não é descartada, toda água residual, é encaminhada para uma ETE, possibilitando um tratamento para diminuir a alta carga residual. Isto resulta no retorno para reutilização na limpeza das dependências dos frigoríficos, nos pastos, ou até mesmo descartar corretamente nos cursos d'água. A literatura alerta que este reuso ainda é limitado, devido às legislações e restrições, principalmente de ordem sanitária (MIERZWA e HESPANHOL, 2005). No entanto, a reutilização dentro de um processo das operações é um método potencialmente eficaz de reduzir a demanda por água potável, além da redução da quantidade de efluente tratado ser descartado (RIDOUTT e PFISTER, 2010). Esta reutilização otimiza o rendimento do recurso natural, possibilitando o retorno para o processo inicial, sem desperdiçar uma maior quantidade de água potável.

Na etapa de esfolagem, o couro retirado é transportado por caminhão caçamba lacrado com lona, para os curtumes, originando um novo processo industrial. Esta etapa, condiz com um dos objetivos do ciclo biológico, que afirma que após um produto chegar ao fim de seu ciclo para o primeiro consumidor, ele pode ser compartilhado e ter sua utilização ampliada (EMF, 2016), sendo o caso do couro bovino. Os resíduos orgânicos são vistos como um problema dispendioso em termos econômicos e ambientais. No entanto, a situação pode

ser revertida ao projetar sistemas de recuperação e processamento mais eficazes para transformar resíduos orgânicos em uma fonte de valor que contribui para a restauração do capital natural (EMF, 2015). Os materiais biológicos podem permanecer o maior tempo possível dentro da economia, por meio de novos processos industriais, fazendo girar a economia, evitando assim, que seja um causador de danos ao meio ambiente e a saúde humana. Nesta etapa da esfolagem, a pesquisa corrobora com a literatura, pois um produto dentro do ciclo biológico se regenera, e assim “a vida cria condições conducentes para novos ciclos” (BENYUS, 2003; EFM, 2015). Muito embora, ainda tenha alguns problemas ambientais por conta dos abatedouros clandestinos, que ainda realizam estas atividades de modo ilegal no Brasil, e descartam o couro do animal nos rios ou no solo.

Comprovou-se que nas etapas de evisceração e corte da carcaça, é originado um novo processo industrial. Na economia circular, os subprodutos de uma indústria, servem como recursos para as próximas atividades, em novos processos industriais, promovendo ciclos de material de alto valor (GHISELLINI et al, 2016; PINJING et al, 2013; SAUVÉ, 2016), neste caso, os subprodutos originados nesta etapa. Constatou-se, que os subprodutos permanecem dentro da economia, resultando o aproveitamento em cascata, pois dentro da economia circular os materiais podem ser utilizados como nutrientes, fazendo com ele permaneça o maior tempo dentro do sistema (EMF, 2015). O transporte da etapa de evisceração para este novo processo industrial, é realizado em caminhões caçambas, cobertos com sombrite para evitar queda de produtos durante o transporte.

4.3 Estímulo da efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas

Toda água captada para utilização nos processos é potável. Após o tratamento é devolvida aos rios com alta carga orgânica, não podendo ser consumida ou utilizada no processamento da carne. A aquisição de tecnologias inovadoras para reduzir o consumo e realizar um tratamento mais eficaz nas ETE contribuiria para a quebra da trava na aplicação tanto do princípio 1, utilização de recursos naturais, assim como para a aplicação do princípio 3, excluindo externalidades negativas da economia circular. Diante disto, os incentivos para o uso de tecnologias que minimizem o consumo da água – incluindo o uso das águas residuais e o reuso de águas tratadas – representam uma economia de custos e uma menor dependência dos recursos hídricos (FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013), excluindo assim as externalidades negativas (EMF, 2015).

Um dado relevante que emergiu na pesquisa mostrou que muitos dos frigoríficos só utilizam as ETE's por ser uma exigência da Legislação. Um dos entrevistados afirmou que a preocupação dos gestores para o tratamento da água encaminhada para as ETE's é mínima, ficando sempre em segundo ou último plano. Além disso, o tratamento de efluentes de muitos frigoríficos não é eficiente pela falta de rigor na fiscalização. Os fiscais fazem visita aos frigoríficos esporadicamente, o que leva apenas a fazerem um tratamento mais econômico para o cumprimento da Lei. A Portaria 210 impõe que toda água consumida em todo estabelecimento, deverá apresentar obrigatoriamente o seu tratamento (RIISPOA – 1998). Portanto, a falta de fiscalização rigorosa torna-se uma barreira na implementação do Princípio 3 da Economia Circular, pois em concordância com as barreiras governamentais, as leis de economia circular têm sido

insuficientemente implementadas e não há eficácia das regras e leis propostas (GOVIDAN e HASANAGIC, 2018; DE JESUS e MENDONÇA, 2018).

Somado a isso, um outro entrave apresentado pelos entrevistados são os altos custos para aquisição de tecnologias inovadoras no Brasil, que leva a má qualidade da água devolvida aos rios. Esses dados corroboram os estudos que afirmam que os custos ambientais ainda são muito caros e incentivos econômicos limitados do Governo para modelos de negócios circulares (De Jesus e Mendonça, 2018). Um outro entrave atrelado ao anterior é a falta de interesse dos gestores na aquisição dessas tecnologias, a prioridade dos gestores ainda é o lucro financeiro e não as questões voltadas ao meio ambiente (DE JESUS e MENDONÇA, 2018; GOVIDAN E HASANAGIC, 2018).

A maioria dos especialistas questionam a “mente fechada” dos gestores dos frigoríficos, pela resistência em mudar as atitudes ambientais. Muitas das tecnologias utilizadas nos frigoríficos são ultrapassadas, o que leva ao alto consumo de energia. Mesmo sendo comprovado a melhoria que uma tecnologia inovadora pode trazer para um frigorífico, há uma resistência por parte da direção. Uma das barreiras para essa transição do sistema linear para o circular é a cultura hesitante da empresa em querer mudar (De Jesus e Mendonça, 2018). Muitas indústrias não tem o senso de urgência, sentem-se acomodadas, por isso permanecem onde estão, em relação as questões ambientais.

Muitas indústrias de processamento de carne contratam pessoas com pouca experiência na área ambiental. Os profissionais são contratados para resolver questões específicas do processamento de carne, com pouca ou nenhuma reflexão sobre as questões voltadas para os impactos ambientais que um frigorífico pode causar. Dessa forma, uma outra barreira identifica no estudo é a falta de conhecimento e habilidades dos funcionários para questões relacionadas a economia circular (GOVINDAN e HASANAGIC, 2018), o que leva a

falta de entusiasmo em mostrar a importância e a preocupação do alto consumo dos recursos naturais.

No Brasil, em sua maioria, os frigoríficos realizam o tratamento físico-químico, por meio do sistema Flotação por Ar Dissolvido – DAF, por ser o mais viável financeiramente. Este tratamento, não é o mais adequado em relação ao meio ambiente (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2012; MITTAL, 2006), pois quando a água é devolvida aos rios, a permanência da carga poluidora de reagentes químicos ainda é muito grande (DE NARDI et al., 2011; KIEPPER, 2001).

Mesmo sendo relatado por alguns especialistas que não é o tratamento mais eficiente, uma gestora relatou um percentual significativo de eficiência em uma das maiores unidades de frigoríficos no Brasil, para este tipo de tratamento, fato este comprovado na comparação dos resultados, descritos do Quadro 10. Deve-se atentar ao fato de que o tratamento de Flotação por Ar Dissolvido – DAF tem uma desvantagem, pois tem um mal funcionamento e uma má separação dos Sólidos em Suspensão Totais – TSS (AL MUTAIRI et al., 2008; DE NARDI et al., 2011; e KIEPPER, 2001).

Um dado que se destaca neste estudo é a redução de 30 a 50% do consumo energia em frigoríficos a partir da tecnologia de Recalcrio, redução comprovada pelos especialistas entrevistados. No entanto, foi enfatizado por dois dos entrevistados, que no universo de 1.000 frigoríficos, apenas 1 (um) está iniciando o processo de aquisição de equipamentos e tecnologias que reduzem o consumo de energia. Mais uma vez é visto, que as tecnologias ambientais é um impedimento para que as indústrias tornem mais circular. Esses dados mostram que para superar o limitado progresso da economia circular (KIRCHHERR et al., 2018), algumas barreiras precisam ser revistas, principalmente a tecnológica, pois elas dinamizam o processo de concorrência das indústrias, tanto internamente como externamente (KAWABATA, 2008). Nesse sentido, faltam

tomadas de decisões para que de fato seja implementada a economia circular de maneira mais eficiente nas cadeias de suprimento (GISELLINI, CIALANI e ULGIATI, 2016).

No processo de recepção, condução e lavagem dos animais, assim como no atordoamento, os animais são lavados com jatos de água para que seja eliminado o esterco e outras sujeiras, confirmando assim os mesmos procedimentos visto na literatura (MAPA, 2018; TERLOUW et al. 2005; LAWRIE, 2005; MOGENSEN et al., 2016). Foi evidenciado que a água residual, originada nestas etapas de processamento, dos frigoríficos pesquisados, é encaminhada para uma ETE - Estação de Tratamento de Efluentes, pois de acordo com a Legislação, através do Decreto Nº 30.691 – (RIISPOA, 2019) todas as indústrias de origem animal devem possuir estas estações. “Toda indústria deve dispor de rede de abastecimento de água para atender suficientemente as necessidades do trabalho industrial e às dependências sanitárias, e quando for o caso, de instalações de tratamento de água” (RIISPOA, Art 33).

Após o tratamento, um fator de muita importância para a economia circular dentro dos processos de frigoríficos, é a devolução da água para os corpos hídricos e sua reutilização dentro de alguns processos. Foi destacado que de 20 a 30% da água tratada é utilizada em alguns processos da indústria de carne, como lavagem das dependências e reuso na irrigação do pasto. Vale ressaltar que essa água não pode entrar em contato com o produto, devido a carga poluidora que permanece após o tratamento. O uso nas irrigações de pastos com águas residuais tratadas em ETE, tem revelado benefícios na produtividade da cultura, com redução de até 50% na dose de fertilizante nitrogenado e reposição de 100% da evapotranspiração da cultura, além da redução de fertilizante químicos (RODRIGUEZ LIÉBANA et al., 2014). E ainda, em alguns países da EU e Israel utilizam 70% de águas residuais em irrigações e

culturas, e os dados comprovam melhora da produtividade das culturas (FOLEGATTI et al., 2008; JANG et al., 2012; MOJID et al., 2012).

Ainda, a maior porcentagem, é a devolução aos corpos hídricos, chegando até 65%, após o tratamento. Muito embora haja essa devolução, como já frisado, é confirmado pelos entrevistados que essa água não tem a mesma qualidade da captada. Não pode ser consumida ou utilizada para consumo humano, tendo em vista o uso de produtos químicos no tratamento. Dentre as questões ambientais mais significativas na indústria de processamento de carne, além do alto consumo da água, é a emissão de águas residuais de alta resistência orgânica, a emissão de odores e a morte de animais aquáticos, devido a alta carga de poluentes químicos após o tratamento (MANIOS et al., 2003). Nota-se, portanto, que mesmo que haja a devolução aos cursos d'água, ainda há um desperdício significativo, pois não poderá ser reutilizada da mesma forma que captada. Para essa barreira, a economia circular, é uma "estratégia política para evitar o esgotamento de recursos, conservação de energia, redução de resíduos, gestão de terras e gestão integrada de recursos hídricos" (HESHMATI, 2015, p. 5).

Quando um animal ou parte dele é removido na etapa da evisceração e condenado pela inspeção, estes subprodutos ou o próprio animal devem ser encaminhados para os aterros industriais ou incineradoras, no entanto, não há relatos de que os frigoríficos possuem, tendo que contratar empresas terceirizadas para fazer o transporte e destinar os produtos para aterros industriais específicos ou incineradoras, que terceirizam empresas licenciadas para fazer essa coleta. Ainda sobre isso, mesmo os frigoríficos dispendo de ETE's, a maioria são identificados com urubus sobrevoando ao redor, devido a quantidade de resíduos gerados nos frigoríficos, ainda permanecem restos de carniças ao redor. E muita das vezes isto é ocasionado pela falta de cuidados rigorosos. *Quando um boi é condenado, não se tem os devidos cuidados* (EEM),

tornando-se, portanto, uma externalidade negativa grave. Mais uma vez a falta de rigor ou até mesmo obstrução das leis e regulamentos tornam-se barreiras para que a economia circular seja implementada (PHEIFER, 2017). Além disso, da cultura dos gestores sem senso de urgência e a falta de consciência (DE JESUS e MENDONÇA, 2018), para os danos que podem causar ao meio ambiente.

Em alguns casos, as indústrias vendem os chifres e cascos, como subprodutos para artesanatos. Esta etapa, também auxilia na redução de externalidades negativas da cadeia bovina, seguindo os princípios do ciclo biológico que é destinar os resíduos orgânicos de maneira correta para que ocorra a restauração e o prolongamento de vida útil (EMF, 2016), reduzindo os danos ao meio ambiente

Apesar de haver uma legislação que regularize as indústrias de carne bovina no Brasil, o número de frigoríficos clandestinos ainda é muito alto, estimando em até 40% do setor (MATHIAS, 2008). Por esse motivo, os frigoríficos clandestinos não realizam nenhum tipo de tratamento e ainda descartam a água residual, assim como dos subprodutos e os resíduos de forma irregular, ocasionando sérios problemas para a saúde humana e agressão ao meio ambiente. Esse fato é agravado pela falta de fiscalização rigorosa de órgãos governamentais competentes nos estabelecimentos em funcionamento ilegal.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve o objetivo de analisar como os entraves tecnológicos dificultam a implementação do ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento de carne bovina. Diante disto, os principais impactos significativos ocasionados pela indústria de processamento de carne

bovina é o alto consumo de água e energia, confirmando o que a literatura aborda. No entanto, a pesquisa foi além e evidenciou que a água captada para a utilização nos processos industriais, é integralmente potável. Mas, quando realizado o tratamento da água residual, esta água retorna com uma alta carga poluidora, o que impossibilita o consumo humano.

Concernente as inovações tecnológicas, em sua maioria, as indústrias de processamento de carne bovina utilizam a tecnologia do tratamento físico-químico, através do método de Flotação por Ar Dissolvido – DAF, no tratamento da água residual. O tratamento por meio do sistema DAF, é considerado um dos tratamentos com menor eficácia em comparação a outros tipos de tecnologias, pois após o seu tratamento, ainda permanece uma alta carga poluidora. Para as indústrias, a justificativa de utilizarem esse tipo de tecnologia, se dá pelo menor custo financeiro. Muito embora, sabe-se que por Lei, toda indústria deve dispor de Estação de Tratamento de Efluentes, para realizar o devido tratamento, antes de descartar os resíduos nos rios ou solo.

Quanto ao nível de implementação dos princípios de economia circular, os resultados da pesquisa apontam algumas entraves que impedem a aplicação do ciclo biológico da economia circular. Muito embora os resultados mostrem oportunidades promissoras para desencadear o ciclo biológico nos frigoríficos por meio de novos processos industriais e tecnologias ambientais. Através da pesquisa, foi desenvolvido um modelo conceitual, aplicado a indústria de processamento de carne bovina, que nos permitiu identificar outros entraves que dificultam na aplicação do ciclo biológico da economia circular discutidos em cada princípio.

Na aplicação do princípio 1, preservação e aprimoramento do capital natural, o principal entrave da indústria de processamento de carne é a ausência da utilização de energia alternativa. Apesar da indústria ter um alto potencial para

gerar energia alternativa, através do esterco do animal ou do lodo gerado após o tratamento, a indústria não faz uso de tecnologias inovadoras para diminuir o consumo de energia, visto que é um dos principais impactos ambientais no setor. Se as indústrias utilizassem as tecnologias disponíveis no mercado reduziria de 30 a 50%, do consumo de energia. utilização dessas tecnologias aumentaria a circularidade da água e o reaproveitamento dos resíduos gerado no processo. Vale frisar que já existem tecnologias no mercado que produzem energia alternativa nas indústrias de processamento de carne, no entanto, não há interesse das indústrias para aquisição das mesmas. Se as indústrias explorassem todo o potencial disponibilizado por elas, haveria uma alta capacidade instalada na própria indústria que reduziria os custos, e principalmente haveria a preservação do capital natural, pois fontes de energia alternativas, permitem reduzir os custos, dando assim suporte a outros investimentos, melhorando a qualidade de vida da sociedade e trazendo benefícios para a própria indústria.

No que diz respeito ao Princípio 2, de otimizar os rendimentos de recursos e fazer circular o produto, os principais entraves são os altos custos das tecnologias inovadoras, a falta de incentivos fiscais do governo para aquisição das tecnologias, somado a isto os altos custos dos tributos fiscais, revelando que políticas públicas e tributárias, por parte do Governo, seria uma 'motivação' para mudança desse cenário na indústria, e talvez só assim permitiria um olhar mais circular por parte da gestão. Estes entraves revelam que são vários os impasses e complexidades para a aquisição de novas tecnologias. Em 'efeito cascata', os entraves vão resultar em diversos outros, que culminam na permanência do uso de tecnologias tradicionais e ultrapassadas, que conseqüentemente consomem mais água e mais energia, e com um tratamento de água residual ineficiente.

Relacionando o Princípio 3, externalidades negativas, no modelo conceitual, a falta de aterros industriais e incineradoras nos frigoríficos

pesquisados, é um outro entrave identificado durante a pesquisa. Animais condenados e restos de resíduos ficam expostos, esperando a coleta por uma indústria responsável. Isso ocorre, porque não há uma fiscalização rigorosa por parte dos órgãos responsáveis, o que seria um forte aliado a minimização das perdas e exclusão das externalidades negativas.

Com base na análise conceitual desta pesquisa, foi identificado outros fatores que contribuíram para este estudo e que podem ser incluídos em pesquisas futuras. Nisto posto, além dos impasses já discutidos no modelo conceitual, há outras barreiras que impedem o ciclo biológico da economia circular. Quais sejam, a falta de interesse dos gestores para questões ambientais, impedindo que as ações realizadas por funcionários mais envolvidos e empenhados nestas questões, mude a cultura da indústria. Por outro lado, são contratados profissionais para resolver questões específicas, com pouca ou nenhuma experiência na área ambiental, o que reflete na falta de interesse da gestão para essas questões. Ter funcionários com experiência e formação na área ambiental possibilita um olhar mais atento aos principais impactos causados pelas indústria, além de que medidas de mitigação e prevenção seriam tomadas com maior frequência, se os dados do consumo de energia e água fossem analisados por alguém da área ambiental, pois assim seria distinguido como causador de impacto ambiental e um potencial redutor de custos para a indústria.

Uma outra barreira, que reflete diretamente aos impactos gerados pela indústria de processamento de carne é a falta de rigor nas fiscalizações por questões ambientais por parte dos órgãos competentes. Os efeitos da falta de uma fiscalização mais rigorosa na indústria de processamento de carne, refletem na má qualidade da devolução da água residual aos rios e solos, nas aparas dos animais expostos próximo a indústria causando odor e poluição para a comunidade, além da veracidade de comprovação da eficiência do tratamento

da água residual. Sabe-se que com as Leis, há um melhor controle e acompanhamento dos impactos causadores ao meio ambiente, por isso, a fiscalização é de extrema importância, pois a falta dela pode causar danos ao meio ambiente, e muitos destes danos são irreparáveis para a indústria e principalmente para a sociedade, mantendo assim, atuação das indústrias de processamento de carne no modelo linear de produção.

Também, como contribuição para este estudo, é possível perceber que a indústria de processamento de carne bovina pode atuar de forma circular. Pois em uma indústria regularizada, os subprodutos permanecem circulando, evitando o descarte incorreto nos rios e no solo. A partir das etapas de evisceração e esfolagem é originado um novo processo industrial, com a produção de ração animal. Da mesma forma, a partir da etapa da esfolagem origina-se o couro, que será processado na Indústria de Couros (curtumes). Nota-se que os dois novos processos biológicos são otimizados e permite com que a economia permaneça circulando, evitando o descarte no meio ambiente, causando algum tipo de impacto ambiental. Esses potenciais resíduos passam a ser utilizados como coprodutos em outras indústrias, mantendo a circularidade do sistema, fazendo valer o segundo princípio da economia circular, de otimizar os recursos e fazer circular o produto o maior tempo possível.

Portanto, respondendo a questão norteadora dos entraves tecnológicos, os resultados da pesquisa apontam que ainda há diversos impasses que impedem a aplicação do ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento de carne bovina. Muito embora, sejam vistas oportunidades promissoras para desencadear o ciclo biológico nos frigoríficos por meio de novos processos industriais e tecnologias ambientais. Diante disto, é possível afirmar que há um campo de investigação de novas tecnologias ambientais para a indústria de processamento de carne bovina, para atuar de forma mais circular

e romper as travas apontadas no modelo conceitual sobre os entraves para o ciclo biológico na cadeia de carne bovina, reduzindo assim os impactos ambientais, como o alto consumo de energia e água.

A principal limitação desse estudo está relacionada a Operação Carne Fraca nos frigoríficos que ocorreu em 2017, no Brasil, pela Polícia Federal em razão de algumas irregularidades cometidas por frigoríficos de grandes companhias. Esta medida, dificultou o acesso às operações de frigoríficos. No entanto, essa limitação não impediu de dar a continuidade ao estudo, que foi sanada com outras fontes de evidências muito eficazes que contribuíram para atingir o objetivo proposto. A incorporação de novos entrevistados, não previsto no início da investigação, contribuiu em muito para aumentar a confiabilidade das informações.

REFERÊNCIAS

ABBASI, M.; NILSSON, F. Themes and challenges in making supply chains environmentally sustainable. *Supply Chain Management: An International Journal*, England, v. 17, n. 5, p. 517-530, 2012.

ABIEC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Estatísticas. 2011. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/Exportacoes.aspx>. Acesso em: 04 de abr. de 2017.

ABRAMOVAY, R. Desigualdades e limites deveriam estar no centro da Rio+20. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.26, n.74, p.21-33, 2012.

ABUKHADER SM, JÖNSON G. Logistics and the environment: is it an established subject? *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Abingdon, v. 7(2) p. 137-49, 2004.

AGUILAR, M.I.; SAEZ, J.; LLORENS, M.; SOLER, A.; ORTUNO, J.F. Nutrient removal and sludge production in the coagulation– flocculation process. *Water Resources Management*, Dordrecht, n.36, p. 2910 – 2919, 2002.

AHMED, R; MOHD, S; JOHAN, S; AZNAH, A; SALMIATI, S. Performance of integrated anaerobic/aerobic sequencing batch reactor treating poultry slaughterhouse wastewater. *Journal of Chemical & Engineering Data*, Washington, n. 3013, p. 967–974, 2017.

ALMANDOZ, M.C., PAGLIERO, C.L., OCHOA, N.A., MARCHESE, J., 2015. Composite ceramic membranes from natural aluminosilicates for microfiltration applications. *Ceramics International*, Oxford, n. 41 v. 4, 5621 - 5633, 2015.

AL-MUTAIRI, N.Z., 2008. Aerobic selectors in slaughterhouse activated sludge systems: a preliminary investigation. *Bioresour. Technol*, Oxford, n.100, v.1, p. 50 – 58, 2008.

ANDREWS, D. The circular economy, design thinking and education for sustainability. *Local Economy*, London, v.30, p. 305-315, 2015.

ANGELL, L. C.; KLASSEN, R. D. Integrating environmental issues into the mainstream: an agenda for research in operations management. *Journal of Operations Management*, Amsterdã, v. 17, n. 5, p. 575-598, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO - 14.001: Sistema de gestão ambiental: especificação para uso. Rio de Janeiro, 2004.

AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS (ABS). *Water Account*, Australia, 2008-09; 2010. Disponível em: <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/4610.02008-09?OpenDocument>. Acesso: 23 de mar. de 2018.

BARBER, W.P., STUCKEY, D.C. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: a review. *Water Research Journal*, Dordrecht, n. 33, v.7, p. 1559 - 1578, 1999.

BAYAR, S., YILDIZ, Y.S., YILMAZ, A.E., IRDEMEZ, S. The effect of stirring speed and current density on removal efficiency of poultry slaughterhouse wastewater by electrocoagulation method. *Desalination*, Amsterdam, n. 280, v. 1 e 3, p. 103 – 107, 2011.

BAUMANN H, BOONS F, BRAGD A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. *Journal of Cleaner Production*, Oxford, v. 10 (5), p. 409–25, 2002.

BEDBABIS, S; ROUINA, B; BOUKHRIS, M; FERRARA, G. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. *Journal of Environmental Management*, London, n. 33, p. 45-50, 2014.

BERGER, J. *Ways of Seeing*. 1. ed. Penguin Books. 1990

BEVILACQUA, Maurizio; BRAGLIA, Marcello. The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability Engineering & System Safety*, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 71-83, out. 2000.

BICKERSTAFFE, R.; GATELY, K., Jay, N., RIDGWAY, M., & Morton, J. D. The relationship between the subjective eating quality ranking and objective measurements of lamb leg meat cuts in a national competition. In *ICoMST 2009, 55th International Congress of Meat Science and Technology*. Copenhagen, Denmark, 2009.

BLISKA, F. M. M. Cadeia Agroindustrial de carne bovina no Brasil: a desossa como agente de reorganização. In: *Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 1996, Aracajú. Anais*. Brasília: SOBER, 2006.

_____; GONÇALVES, J.R. Estudo da Cadeia Produtiva de Carne Bovina no Brasil. In: *Cadeias Produtivas e Sistemas Naturais: Prospecção Tecnológica*. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa- DPD, 2008.

BOHDZIEWICZ, J; SROKA, E. Treatment of wastewater from the meat industry applying integrated membrane systems, *Process Biochemintry*, n. 40, p. 1339–1346, 2005.

BOONS, F.; LÜDEKE-FREUND, F. Business models for sustainable innovation:state-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journals Cleaner Production*, n. 45, p. 9 -19, 2013.

BORRISSE-PAIRO, F., et al. Towards entire male pigs in Europe: A perspective from the Spanish supply chain. *Research in Veterinary Science*, Oxford, v.107, p. 20 – 29, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/diariooficial-publica-decreto-do-novo-regulamento-de-inspecao-industrial-e-sanitaria>. Acesso em 12 de out. 2017.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa Conjunta Nº 56, de 6 de novembro de 2008, Lei nº 5.197. Procedimentos gerais de Recomendações de Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico – REBEM. Brasília, DF, 2008.

BOCKEN, N.M.P., Short, S.W., Rana, P., Evans, S.,. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, Oxford, n. 65, p. 42 – 56, 2014.

BOCKEN, N.M.P., de Pauw, I., Bakker, C., van der Grinten, B., 2016. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Engineering*, New York, n. 33 (5), p. 308 - 320, 2016.

BOUWMAN, L., et al. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900-2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. *Sci. U. S. A.* 110 (52), 20882 e 20887, 2013.

BUGALLO, P.M^a; ANDRADE, L., TORRE, M; LÓPEZ, R.T. Analysis of the slaughterhouses in Galicia (NW Spain), *Science of the Total Environment*, Amsterdã, n. 481, p. 656–661, 2014.

BUSTILLO-LECOMPTE, C.F., MEHRVAR, M., QUIÑONES-BOLAÑOS, E. Combined anaerobic-aerobic and UV/H₂O₂ processes for the treatment of synthetic slaughterhouse wastewater. *J. Environ. Sci. Heal*, Philadelphia, v. 48 (9), p. 1122 - 1135, 2013.

_____;_____;_____. Cost-effectiveness analysis of TOC removal from slaughterhouse wastewater using combined anaerobic-aerobic and UV/H₂O₂ processes. *Journal of Environmental Management*, London, v. 134, p. 145 - 152, 2014.

BUSTILLO-LECOMPTE, C.F; MEHRVAR,M. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. *Journal of Environmental Management*, London, v. 161, p. 287 - 302, 2015.

_____;_____. Treatment of an actual slaughterhouse wastewater by integration of biological and advanced oxidation processes: modeling, optimization and costeffectiveness analysis. *Journal of Environmental Management*, London, n. 182, p. 651 – 666, 2016.

CAMMAROTA, M. C.; EQB-485 Engenharia do Meio Ambiente. Tratamento de efluentes líquidos. Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.