



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ECONOMIA CIRCULAR EM UMA EMPRESA DO SETOR SUINÍCOLA DO
ESTADO DE MINAS GERAIS: ESTUDO DE CASO DA GRANJA
BARREIRINHO**

Ana Luiza Carvalho Fadel

Belo Horizonte

2021

Ana Luiza Carvalho Fadel

**ECONOMIA CIRCULAR EM UMA EMPRESA DO SETOR SUINÍCOLA DO
ESTADO DE MINAS GERAIS: ESTUDO DE CASO DA GRANJA
BARREIRINHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi
Coorientador: Guilherme da Mata Zanforlin

Belo Horizonte

2021

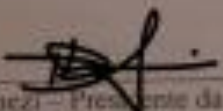
ANA LUIZA CARVALHO FADEL

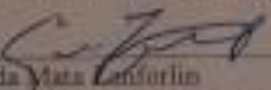
**ECONOMIA CIRCULAR EM UMA EMPRESA DO SETOR SUÍNICO DO
ESTADO DE MINAS GERAIS: ESTUDO DE CASO DA GRANJA BARREIRINHO**

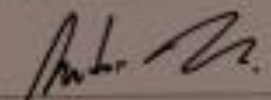
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

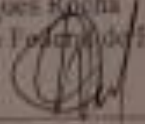
Aprovado em 09 de abril de 2021.

Banca examinadora:


Daniel Brianezi – Presidente da Banca Examinadora
Prof. Dsc. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Orientador


Guilherme da Mata Landorlin
MBA, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) - Coorientador


André Luiz Marques Rocha
Prof. Dsc. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais


Wagner Soares Costa
Especialista, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Nossa Senhora pelo dom da minha vida e por todas as graças que me concederam até aqui, principalmente por esta carreira que se inicia, a de Engenheira Ambiental e Sanitarista. Que o Senhor me ajude a realizar tudo Nele, por Ele e para Ele.

Agradeço ao meu pai, Hércio, por ser o meu maior incentivador nesta jornada, por ser meu melhor amigo e exemplo. À minha mãe, Penha, por todo amor, carinho, cuidado e orações, minha melhor amiga e companheira. Aos meus irmãos Alfa e Lipe por todo o apoio, exemplo, amizade e por serem os melhores irmãos do mundo. Sem vocês nada disso seria possível. Agradeço à Rosy por ter sido uma grande incentivadora dos meus estudos na infância e a todos os meus familiares que me acolheram e me ajudaram quando me mudei para Belo Horizonte.

A todos os professores do CEFET – MG especialmente meu orientador, professor Daniel Brianezi, por tudo que aprendi nas disciplinas e durante a realização deste trabalho, pela confiança, paciência e apoio principalmente durante o período da pandemia.

Ao Guilherme Zanforlin pela coorientação e pelos dois anos de convivência, e à toda equipe da Gerência de Meio Ambiente da FIEMG pela experiência e pelos inúmeros aprendizados.

À Barreirinho, nas pessoas do José Arnaldo, Luciana e Adriana, por permitir a realização deste trabalho baseado no grande exemplo de sustentabilidade da granja.

Um agradecimento especial aos grandes amigos que o CEFET me presenteou: Débora, Gabi, Malu, Arthur e Maíra, obrigada por tornarem os meus dias mais felizes e leves. Ao Centro Cultural Farol e aos Náufragos pela amizade, conselhos e por me ajudarem a ser uma pessoa melhor.

“Eu não posso olhar para uma ovelha, uma andorinha, um lírio, um campo de trigo, uma vinha, uma montanha, sem pensar n’Ele. A beleza da natureza é o carinhoso sorriso de Cristo, mostrado através da matéria [...]”

G.K. Chesterton

RESUMO

FADEL, Ana Luiza Carvalho. **Economia circular em uma empresa do setor suinícola do estado de Minas Gerais: estudo de caso da Granja Barreirinho**. 2021. 81 págs. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

Diante da crescente pressão causada pelo agronegócio nas reservas naturais, cada vez maior tem sido a preocupação em alinhar a gestão ambiental das empresas com os conceitos, princípios e objetivos da Economia Circular. Com o intuito de fomentar e acelerar a transição para esse novo modelo econômico ambiental, a Federação das Indústrias de Minas Gerais (FIEMG) lançou o Programa de Economia Circular em Distritos Industriais que visa identificar oportunidades de negócios coletivos dentro de um Distrito Industrial (DI), destacando-se a Granja Barreirinho, empresa do setor suinícola localizada no município de Sete Lagoas. O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar as ações de Economia Circular desta granja de acordo com os resultados obtidos em avaliação *in loco*. O questionário utilizado durante a avaliação na empresa foi baseado nas metodologias que indicam as ações correspondentes da Estrutura RESOLVE para cada *case* implementado e seus ganhos quantitativos econômicos e ambientais, além de verificar os indicadores de abrangência de cada um deles. Também foi feita uma análise SWOT a fim de avaliar os fatores internos e externos que afetam na adoção de ações de Economia Circular. Verificou-se que a Granja Barreirinho possui *cases* de Economia Circular que se enquadram nas seis ações da Estrutura RESOLVE, bem como alcançam os três níveis de abrangência. Além disso, foram apontados diversos ganhos econômicos e ambientais como, por exemplo, redução de 87,75% no consumo mensal de energia com a implantação de *cases* de Economia Circular. Por fim, ressalta-se que a adoção de ações que contribuem para a transição para a Economia Circular traz diversos benefícios nos âmbitos econômicos e ambientais e em todos os níveis de abrangência, sejam eles apenas nas delimitações da empresa estudada, como para as empresas na região onde a organização está localizada e também para situações que impactam a sociedade.

Palavras-Chave: Práticas circulares. Benefícios. Suinocultura.

ABSTRACT

FADEL, Ana Luiza Carvalho. **Circular Economy in a company in the pig farming sector in the state of Minas Gerais: a case study from Granja Barreirinho**. 2021. 81 pages. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

In view of the growing pressure caused by agribusiness in nature reserves, there is an increasing concern to align the environmental management of companies with the concepts, principles and objectives of the Circular Economy. In order to foment and accelerate the transition to this new environmental economic model, the Federation of Industries of Minas Gerais (FIEMG) launched the Circular Economy Program in Industrial Districts, which aims to identify collective business opportunities within an Industrial District (DI), highlighting Granja Barreirinho, a porcine sector company located in the county of Sete Lagoas. The present work has as main objective to evaluate the Circular Economy actions of this farm according to the results obtained in on site evaluation. The questionnaire used during the evaluation at the company was based on the methodologies that indicate the corresponding actions of the RESOLVE Structure for each implemented case and its quantitative economic and environmental gains, in addition to verifying the coverage indicators of each one of them. A SWOT analysis was realized in order to assess the internal and external factors that affect the adoption of Circular Economy actions. It was found that Granja Barreirinho has cases of Circular Economy that fit into the six actions of the RESOLVE Structure, as well as reaching the three levels of coverage. In addition, several economic and environmental gains were pointed out, for example, a reduction of 87.75% in monthly energy consumption with implementation *cases* of Circular Economy. Finally, it is emphasized that the adoption of actions that contribute to the transition to the Circular Economy brings several benefits in the economic and environmental spheres and at all levels of coverage, whether they are only in the boundaries of the company studied, as for companies in the region where the organization is located and also for situations that impact society.

Keywords: Circular practices. Benefits. Pig farming.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 3.1: Diagrama dos fluxos de materiais na economia circular | 19 |
| Figura 3.2: Principais modelos de negócio da Economia Circular. | 20 |
| Figura 3.3: Objetivos e características da Economia Circular (continua). | 21 |
| Figura 3.4: Estrutura RESOLVE. | 24 |
| Figura 3.5: Etapas do Programa de Economia Circular em Distritos Industriais da FIEMG. | 29 |
| Figura 3.6: Sistema produtivo suinícola. | 31 |
| Figura 3.7: Indicadores de abrangência de Economia Circular. | 33 |
| Figura 4.1: Área do empreendimento - Granja Barreirinho. | 37 |
| Figura 4.2: Formulário de preenchimento da análise Swot. | 39 |
| Figura 4. 3: Classificação das ações de Economia Circular por complexidade. | 40 |
| Figura 5. 1: Tanque de agitação..... | 41 |
| Figura 5. 2: Biodigestor (A) e casa de energia do tanque de alvenaria (B)..... | 42 |
| Figura 5.3: Lagoa da segunda fase de tratamento. | 42 |
| Figura 5.4: Ecofiltro de separação de fases. | 43 |
| Figura 5.5: Fase sólida do efluente. | 43 |
| Figura 5.6: Gerador de energia a biogás. | 44 |
| Figura 5. 7: Salas de confinamento e desmame de leitões jovens. | 45 |
| Figura 5.8: Chupetas para dessedentação dos suínos. | 46 |
| Figura 5.9: Tanques de reservação de água de chuva..... | 47 |
| Figura 5.10: Galpões de engorda com lâmina d'água reduzida. | 48 |
| Figura 5.11: Resíduos de indústria alimentícia para incorporação na ração: resíduos de salgadinhos (A) e óleo de palma (B). | 49 |
| Figura 5. 12: Composteira mecanizada (A) e composto em fase de produção (B). | 50 |
| Figura 5.13: Quadro de indicadores dos <i>cases</i> | 51 |
| Figura 5. 14: Formulário de preenchimento da análise Swot (continua)..... | 55 |
| Figura 5. 14: Formulário de preenchimento da análise Swot (conclusão). | 56 |
| Figura 5.15: Exemplos de equipamentos para a dessedentação dos suínos: Chupeta, <i>Bite Ball</i> e Taça/Concha ecológica. | 59 |
| Figura 5.16: Componentes do sistema de filtração da água da chuva para dessedentação animal. | 60 |
| Figura 5.17: Pavilhão de engorda com lâmina d'água. | 61 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.18: Exemplo de sistema automatizado de distribuição de ração..... | 62 |
| Figura 5.19: Uso do biogás na forma na queima e geração de energia térmica: aquecimento de creches (A e B) e utilização do gás em cozinha (B e C). | 64 |
| Figura 5. 20: Uso do biogás na forma na queima e geração de energia térmica. | 65 |
| Figura 5. 21: Análise preliminar de complexidade das ações propostas. | 66 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 3.1: Período de exaustão de alguns elementos em anos após 2050..... | 17 |
| Tabela 5.1: Principais ganhos econômicos gerados pelos <i>cases</i> da Granja Barreirinho. | 53 |
| Tabela 5.2: Principais ganhos ambientais gerados pelos <i>cases</i> da Granja Barreirinho. . | 54 |
| Tabela 5.3: Consumo médio de água em sistemas especializados de produção de suínos. | 58 |
| Tabela 5.4: Água necessária para produção de suínos e vazão mínimas recomendadas nos bebedouros em função da fase produtiva dos suínos..... | 59 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------------|--|
| CDI – MG - | Companhia de Distritos Industriais de Minas Gerais |
| CE100 - | <i>Circular Economy 100</i> |
| CNI - | Confederação Nacional das Indústrias |
| CODEMIG - | Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais |
| CTI - | <i>Circular Transition Indicators</i> |
| DI - | Distrito Industrial |
| EC - | Economia Circular |
| EMF - | <i>Ellen MacArthur Foundation</i> |
| ESG - | <i>Environmental, social and governance</i> |
| FAPEMIG - | Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais |
| FEAM - | Fundação Estadual do Meio Ambiente |
| FIEMG - | Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais |
| GEE - | Gases de Efeito Estufa |
| ISO - | Organização Internacional de Normatização |
| ODS - | Objetivos do Desenvolvimento Sustentável |
| PIB - | Produto Interno Bruto |
| PMSI - | Programa Mineiro de Simbiose Industrial |
| PNRS - | Política Nacional de Resíduos Sólidos |
| RGE - | Recursos Globais Extraíveis |
| SEBRAE - | Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 16 |
| 2.1 | Objetivo geral | 16 |
| 2.2 | Objetivos específicos..... | 16 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO | 17 |
| 3.1 | Economia Circular..... | 17 |
| 3.2 | Oportunidades na Economia Circular | 21 |
| 3.3 | Políticas Públicas Mundiais e Nacionais e incentivos para a Economia Circular | 25 |
| 3.4 | Distritos Industriais | 27 |
| 3.5 | Programa de Economia Circular em Distritos Industriais..... | 28 |
| 3.6 | Setor Suinícola..... | 30 |
| 3.7 | Indicadores de Circularidade | 32 |
| 3.8 | Método <i>Circulytics</i> e Método <i>Circular Transition Indicators</i> | 33 |
| 3.9 | Análise SWOT..... | 34 |
| 4 | METODOLOGIA | 36 |
| 4.1 | Caracterização da área de estudo..... | 36 |
| 4.2 | Análise dos processos circulares e ferramenta SWOT..... | 38 |
| 4.3 | Orientações e sugestões para implementação de processos circulares para empresas do setor suinícola. | 39 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 41 |
| 5.1 | Levantamento e análise dos <i>cases</i> de Economia Circular praticados..... | 41 |
| 5.2 | Orientações e sugestões de implantação de processos circulares para empresas do setor suinícola..... | 57 |
| 6 | CONCLUSÕES..... | 68 |
| 7 | RECOMENDAÇÕES | 69 |

| | | |
|---|----------------------------------|----|
| 8 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 70 |
| | APÊNDICE A | 79 |

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é visto como componente fundamental para o crescimento econômico e, dessa forma, há uma crescente pressão sobre as reservas de recursos naturais para manter a demanda de bens de consumo próprias dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Em 2019, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R\$ 1,55 trilhão ou 21,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Dentre os segmentos, a maior parcela é do ramo agrícola, que corresponde a 68% desse valor (R\$ 1,06 trilhão), sendo que a pecuária corresponde a 32%, ou R\$ 494,8 bilhões. Em Minas Gerais, segundo estado mais populoso do país e terceiro maior PIB do Brasil, o PIB do agronegócio corresponde a 36% do PIB estadual e assim como observado no cenário nacional, o agronegócio foi impulsionado principalmente pelo ramo pecuário, cujo PIB em 2019 avançou 8,51% (CEPEA, 2019).

Segundo pesquisadores do Cepea (2019), o excelente resultado do ramo pecuário em 2019 atrelou-se especialmente ao bom desempenho das exportações de carnes, já que a demanda interna ficou enfraquecida em grande parte do ano no país. A ocorrência do surto de Peste Suína Africana nos países asiáticos causou forte aumento na demanda mundial por carnes, com destaque para a China, e os preços internacionais das proteínas animais subiram expressivamente, o que se refletiu nos preços domésticos. A suinocultura é, sem dúvida, uma atividade importante do ponto de vista social, econômico e, especialmente, como instrumento de fixação do homem no campo. No entanto, sua atividade é considerada pelos órgãos de controle ambiental, como “atividade potencialmente causadora de degradação ambiental”, sendo enquadrada como de grande potencial poluidor (OLIVEIRA, 2002). Isso revela que uma gestão sustentável, que prese pela saúde das reservas de recursos naturais, se faz cada vez mais necessária, com foco em formas inovadoras de produção e consumo e que, ainda assim, atendam a demanda crescente por melhor qualidade de vida.

Diante da crescente pressão causada pelo agronegócio nas reservas naturais, Unido (2020) ressalta que a escassez de recursos é agravada pelo modelo econômico linear vigente e que mesmo com adoção de medidas de solução de curto prazo para minimizar os impactos, continuar com esse modelo culminará em um colapso na capacidade de recuperação dos ecossistemas.

Para atingir um desenvolvimento econômico sustentável, uma das medidas que pode ser tomada é adotar um modelo econômico circular, que associa o crescimento econômico a um ciclo de desenvolvimento positivo contínuo, que preserva e aprimora o capital natural, otimiza a produção de recursos e minimiza riscos sistêmicos, com a administração de estoques finitos de recursos e fluxos renováveis (EMF, 2015).

Com o intuito de fomentar e acelerar a transição para uma economia mais circular, em 2017, a Federação das Indústrias de Minas Gerais (FIEMG) lançou o Programa de Economia Circular em Distritos Industriais que visa identificar oportunidades de negócios coletivos dentro de um Distrito Industrial (DI), cujas tipologias de empresas são as mais diversas, incluindo empresas suinícolas. Com esse programa, a FIEMG aumenta a competitividade das empresa e promove um ambiente de cooperação e sustentabilidade. Em dois anos de implantação observou-se diversos ganhos econômicos, ambientais e sociais tanto para as indústrias aderentes como para a sociedade envolvida (FIEMG, 2017).

As motivações desse trabalho passam pela grande relevância que o tema da Economia Circular tem tido, bem como a importância do setor suinícola para a sociedade e dessa forma, para que iniciativas como essas sejam cada vez mais recorrentes, faz-se necessário que haja uma análise dos processos circulares já adotados pelas empresas avaliando-se a efetividade destes e a proposição de orientações e sugestões que facilitem a implantação desse modelo em empresas do setor suinícola do estado de Minas Gerais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as ações de Economia Circular de uma granja suinícola participante do Programa de Economia Circular da FIEMG de acordo com metodologias específicas.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar um levantamento dos *cases* de Economia Circular praticados pela granja através de avaliação *in loco*.
- ✓ Propor melhorias nas práticas de Economia Circular adotadas na granja suinícola com base nos resultados apontados.
- ✓ Realizar análise SWOT quanto à adoção de ações nos processos que contribuem para a transição para a Economia Circular na granja suinícola.
- ✓ Elaborar orientações e recomendações para que outras granjas suinícolas possam desenvolver práticas circulares similares.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Economia Circular

A economia mundial, desde a Revolução Industrial e especialmente depois do final da 2ª Guerra Mundial, é baseada em um modelo linear de negócios que consiste em extrair, beneficiar, transformar, produzir, utilizar e descartar (pouco comumente a reciclagem e incineração entram neste modelo) (MCDONOUGH, et al., 2003; EMF, 2015). Diante das perspectivas de insustentabilidade deste modelo, a partir dos anos 1970 a preocupação com a escassez dos recursos naturais tornou-se crescente, constatando-se que tais recursos são finitos ou estão sujeitos às restrições impostas pela velocidade de renovação ou pela disponibilidade de terras para suprimento da população (WEETMAN, 2019). Essa insustentabilidade, segundo Leitão (2015), perdurará na sociedade uma vez que se prevê que em 2050 seja atingida a marca de 9 bilhões de pessoas e com expectativas de aumento do uso de matérias-primas nas próximas décadas (WBCSD, 2012). A escassez dos recursos indica que os modelos lineares de se fazer negócios estão chegando cada vez mais perto de seu limite e o risco de esgotamento dos recursos minerais com os atuais padrões de produção de consumo tende a aumentar, como pode ser visto na Tabela 3.1:

Tabela 3.1: Período de exaustão de alguns elementos em anos após 2050.

| Muito escasso (RGE* esgotado antes de 2050) | Escasso (RGE Tempo de exaustão <100 anos após 2050) | Moderadamente escasso (tempo de exaustão de RGE entre 100 e 1000 anos após 2050) | Não é escasso (tempo de exaustão RGE > 1000 anos após 2050) |
|--|---|---|---|
| Antimônio - 10 | Ouro 10 | Arsênico 400 | Alumínio 20000 |
| | Molibdênio 50 | Bismuto 200 | Bário 1000 |
| | Rênio 80 | Boro 200 | Lítio 9000 |
| | Zinco 50 | Cádmio 500 | Magnésio 30000 |
| | | Cromo 200 | Manganês 2000 |
| | | Cobre 100 | Mercúrio 400000 |
| | | Ferro 300 | Nióbio 2000 |
| | | Chumbo 300 | |
| | | Níquel 300 | |
| | | Prata 200 | |
| | | Estanho 200 | |
| | | Tungstênio 300 | |

*Recursos Globais Extraíveis (RGE)

Fonte: adaptado de Henckens et al. (2016).

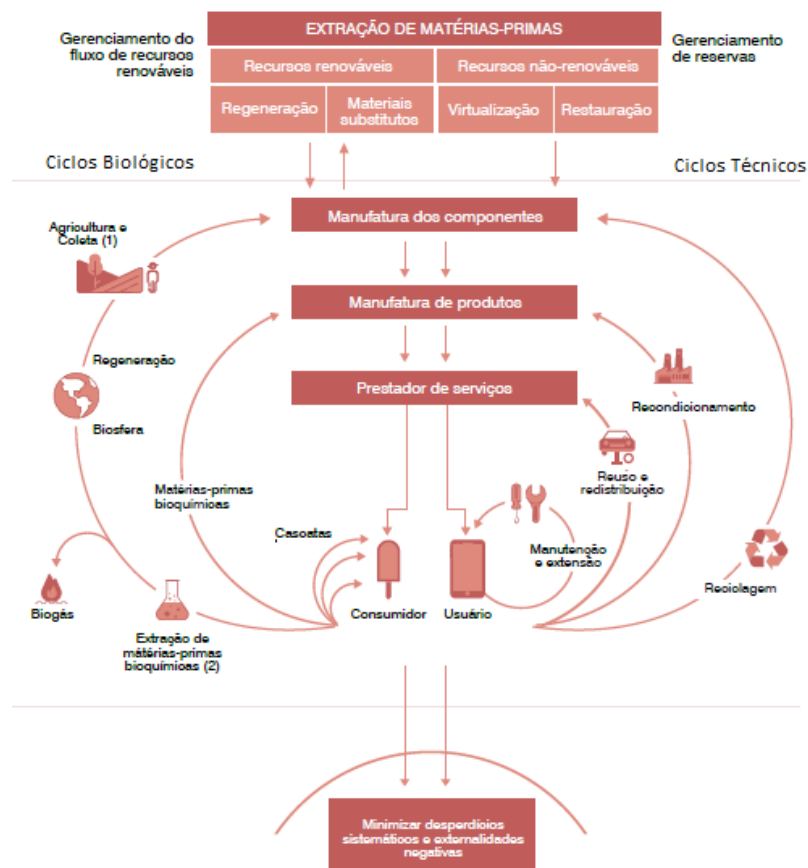
Para contrapor a economia linear, começa a surgir ainda no século XX o conceito de Economia Circular, porém apenas nas últimas décadas percebe-se o maior destaque atribuído a este modelo. O termo, citado pela primeira vez em 1966 pelo economista Kenneth E. Boulding em seu trabalho intitulado “*The Economics of The Coming Spaceship Earth*”, diz respeito à integração de várias áreas para a manutenção da vida humana na Terra (CALIXTO e CISCATI, 2017). O tema ganhou proporções mundiais quando a velejadora Dame Ellen MacArthur criou a *Ellen MacArthur Foundation* (EMF) no ano de 2010, tornando-se hoje a principal instituição que trata sobre Economia Circular. Ellen MacArthur quando, ao se tornar a velejadora solo mais rápida a circunavegar o globo terrestre, tomou a consciência sobre a necessidade de planejar e racionar os diversos recursos que são de natureza finita, o que a fez afastar-se da navegação profissional e lançar a fundação com o intuito de acelerar a transição rumo a uma economia circular (EMF, 2015).

Com o avanço do tema e dada a grande relevância que a Economia Circular (EC) tem tomado mundialmente, muitos autores têm buscado conceituá-la tanto no âmbito acadêmico, como empresarial e institucional. De maneira mais genérica entende-se por EC como uma combinação de atividades de redução, reutilização e reciclagem, prejudicando assim a visão mais aprofundada desse modelo que trata, sobretudo, de uma mudança sistêmica em toda a cadeia de produção ou prestação de serviço, desde a mudança de mentalidade da direção empresarial até o consumo, além disso a EC é vista ainda, como um modelo que prioriza os aspectos econômicos, ficando, assim, os aspectos ambientais e sociais como prioridades secundárias (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017), o que é uma visão inadequada deste modelo.

De acordo com a *Ellen MacArthur Foundation* (2015), a economia circular é restaurativa e regenerativa por princípio. Seu objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor pelo maior período, diferenciando os ciclos técnicos e biológicos. Os ciclos técnicos reinserem os produtos e suas partes, enquanto o ciclo biológico reintroduz de maneira segura os nutrientes na biosfera para decomposição que, conseqüentemente serão incorporados em matérias-primas de valor para um novo ciclo. Ela é composta por, basicamente, três princípios voltados para a preservação e aprimoramento do capital natural, por meio do controle de estoques finitos e equilíbrio dos fluxos de recursos renováveis e para o estímulo da efetividade do sistema, revelando

e reduzindo externalidades negativas desde o começo dos ciclos. A Figura 3.1, a seguir, explicita melhor este conceito:

Figura 3.1: Diagrama dos fluxos de materiais na economia circular



Fonte: Adaptado de Ellen MacArthur Foundation (2015).

Ainda segundo a EMF (2015), os três princípios que embasam o conceito de Economia Circular, são:

1. Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis, este princípio remete à desmaterialização de produtos e serviços, bem como o aprimoramento do capital natural o que estimula o fluxo dos nutrientes dentro do sistema e criando as condições necessárias para a regeneração como, por exemplo, do solo.
2. Otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico. Dessa forma, no modelo circular os produtos e processos são projetados para a remanufatura, a renovação e a reciclagem, de modo que componentes e materiais técnicos continuem circulando e contribuindo para a economia.

3. Estimular a efetividade do sistema revelando e reduzindo as externalidades negativas desde o princípio, o que inclui a atenuação de danos a sistemas e áreas como alimentos, mobilidade, habitação, educação, saúde e entretenimento, e a gestão de externalidades, como uso da terra, ar, água e poluição sonora e da liberação de substâncias tóxicas.

No entanto, para a transição eficiente para a Economia Circular, se faz necessário o fomento das parcerias, uma vez que as indústrias, sociedade e meio ambiente estão fortemente interligados, e os ciclos se interpõem, não sendo proveitoso o isolamento de cada um deles. Com tais parcerias, cria-se um ambiente rico em oportunidades de aplicação das ideias da Economia Circular. Novos modelos de negócio, *ecodesign* e a preservação de materiais por meio da implantação do ciclo reverso são algumas das oportunidades trazidas pela Economia Circular. A Figura 3.2 apresenta os principais modelos de negócios que podem ser utilizados como alavancas para a transição da economia linear para a Economia Circular

Figura 3.2: Principais modelos de negócio da Economia Circular.

| Modelos de Negócios | Descrição |
|-------------------------------|---|
| Ecodesign | Design de produtos e processos circulares, contemplando a restauração e regeneração desde o início de vida do material. |
| Ciclo Reverso | Criação de valor a partir de materiais e produtos usados, por meio da coleta e devolução às suas origens. |
| Produto como Serviço | Oferecimento de serviços pela desmaterialização dos produtos. |
| Economia Compartilhada | Redução do tempo ocioso de recursos e produtos por meio do compartilhamento. |
| Extensão da Vida Útil | Aumento da vida útil do produto e partes por meio de reparações, manutenções e remanufatura. |
| Resíduo como Recurso | Utilização de resíduos como insumos e matérias-primas em diversas cadeias de produção. |
| Uso de Renováveis | Utilização de energia e combustíveis renováveis em detrimento daqueles não renováveis. |

Fonte: adaptado de CNI (2017, p. 42) e EMF (2015).

Desta forma, a Economia Circular visa a transformação de materiais que atingiram o final da vida útil, em recursos para produção de outros bens, fechando os ciclos nos ecossistemas industriais, minimizando os impactos ambientais. Esta transformação altera a lógica econômica porque substitui a produção pelo uso adequado e suficiente de recursos onde é desejado reutilizar o que for possível, reciclar o que não pode ser reutilizado, consertar o que está quebrado e remanufaturar o que não pode ser consertado (STAHEL, 2015). Este modelo se mostra altamente atrativo não só do ponto de vista ambiental, mas principalmente do ponto de vista econômico, envolvendo os mais variados setores, organizações e governos.

3.2 Oportunidades na Economia Circular

O conhecimento sobre os modelos de negócio circulares e suas tecnologias utilizadas neles podem ser vislumbradas como oportunidades para as empresas por meio da redução de insumos utilizados e dos custos de produção, menor custo com destinação de resíduos, atração de consumidores conscientes, possibilidades de financiamentos, novos mercados etc. Além disso, o entendimento de que o resíduo, boa parte das vezes, pode ser um recurso, e os modelos de negócio circulares leva à uma gestão que o valoriza, inserindo-o em uma cadeia de valor (CNI, 2019).

Segundo a EMF (2015), a Economia Circular possui alguns objetivos e características que a compõem, como pode ser visto na Figura 3.3 a seguir:

Figura 3.3: Objetivos e características da Economia Circular (continua).

| Objetivos da Economia Circular |
|---|
| O1. Estimular o crescimento econômico inteligente, sustentável e integrador. |
| O2. Eliminar o uso de produtos químicos tóxicos. |
| O3. Restaurar a riqueza da natureza, reutilizando e reciclando recursos o máximo possível para evitar a extração de materiais virgens. |
| O4. Melhorar a qualidade do produto. |
| O5. Reduzir os custos com matéria-prima a fim de explorar os recursos em seu nível máximo de capacidade. |
| O6. Manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo, fazendo distinção entre os ciclos técnicos e biológicos. |

Figura 3.3: Objetivos e características da Economia Circular (continua).

| Características da Economia Circular |
|--|
| C1. Eficiência na utilização de materiais e energia, assegurando crescimento econômico menos dependente dos recursos naturais e a diminuição e/ou eliminação da geração de resíduos. |
| C2. Transitar para o uso de energia proveniente de fontes renováveis, reduzindo a dependência de novos recursos. |
| C3. O poder do uso em cascatas, diversificando o reuso de um produto em toda a cadeia de valor para que um mesmo produto possa ser reutilizado várias vezes por vários usuários até explorar seu valor máximo. Após isso, é devolvido com segurança para a biosfera. |
| C4. Pensamento sistêmico, de forma que diferentes partes deverão estar fortemente ligadas a cada uma das outras. |
| C5. Economia restauradora com a utilização de energia renovável e a eliminação do uso de produtos químicos tóxicos. |
| C6. Eliminação do desperdício em todos os processos de produção, com o intuito de que todos os materiais possam ser reaproveitados, acarretando redução dos custos com matéria-prima. |
| C7. Design sem resíduos, criando produtos que sejam projetados para a remanufatura, renovação e reciclagem. |
| C8. Geração de vantagem competitiva para as organizações por meio de novas possibilidades de mercados e da criação de novos negócios. |
| C9. Geração de novos empregos, resultado do aumento dos gastos estimulado por preços mais baixos em todos os setores e ao uso intensivo de mão de obra para as atividades de reciclagem e remanufatura. |
| C10. Abordagem promissora para redução dos problemas ambientais e sociais, garantindo melhor qualidade de vida à sociedade. |
| C11. Desenvolvimento por meio de um ciclo técnico, de forma que o consumo seja substituído pelo uso e os materiais sejam recuperados e restaurados, onde o que antes era tido como resíduo, torna-se matéria prima de outro processo. |

Figura 3.3: Objetivos e características da Economia Circular (conclusão).

| |
|---|
| C12. Desenvolvimento por meio de um ciclo biológico, onde, após o uso ou consumo, parte do material seja reconduzido à natureza como fonte de nutrientes, de modo a transformá-los em nutrientes biológicos. |
| C13. Sistema regenerativo e restaurativo por natureza possibilitando que as operações industriais se desenvolvam conforme o ciclo biológico da natureza, tido como um fluxo cíclico, reduzindo a procura por matéria-prima, o consumo excessivo de energia e, conseqüentemente, a produção de resíduos não reaproveitáveis, seja de maneira técnica ou biológica. |
| C14. Abordagem das três dimensões: ambiental, econômica e social de maneira que todas trabalhem de forma simultânea. |
| C15. Sofre influências diretas por meio da mudança de padrões de consumo. |
| C16. Apoia-se nos conceitos de ecologia industrial, no sentido em que a produção industrial aconteça de forma a preservar o meio ambiente. |
| C17. Integração de atividades de redução, reutilização e reciclagem durante a produção, troca e consumo explorando ao máximo as potencialidades de cada produto para substituir o conceito do fim de vida útil. |
| C18. Desenvolvimento da resiliência por meio da diversidade. |
| C19. Substituição do conceito de consumidor para usuário de forma a repensar a propriedade, seguindo um modelo onde os produtos passem a ser alugados aos consumidores que, por sua vez, se tornarão utilizadores de um serviço. |

Fonte: EMF (2015).

Sihvonen e Partanen (2017) apresentam que uma das ambições da economia circular é prolongar o ciclo de vida dos produtos em seu processo de desenvolvimento, defendendo a manutenção de produtos e materiais com o intuito de manter o valor deles pelo tempo máximo possível. Nessa fase, deve-se levar em consideração a dimensão ambiental, que será uma das principais beneficiadas pela extensão da utilização do produto.

Visando a transição para a economia circular, a EMF (2015) identificou um conjunto de seis ações específicas (Quadro 02) a serem adotadas por empresas e governos. Tais ações foram desenvolvidas por meio de pesquisas realizadas em estudos de caso e entrevistas com especialistas. Regenerar, compartilhar, otimizar, ciclar, virtualizar e trocar são as

ações que formam a estrutura RESOLVE, com o enfoque de proporcionar para as empresas e governos uma ferramenta que contribua para geração de estratégias circulares e iniciativas voltadas ao crescimento (EMF, 2015; MANNINEN et al., 2018). EMF (2015) afirma que essas ações aumentam a utilização dos ativos físicos, prolongam a vida e promovem a substituição do uso de recursos finitos por novas fontes renováveis, de forma que cada ação reforce e acelere o desempenho das outras.

Para um bom desempenho da estrutura RESOLVE (Figura 3.4), devem-se levar em consideração as informações expostas por Sihvonen e Partanen (2017) quando mencionam que o desenvolvimento de um produto deve ser compreendido em um processo informal multidisciplinar que agrega novas ideias para o mercado, buscando sempre o direcionamento ao desenvolvimento de produtos com design ecológico.

Figura 3.4: Estrutura RESOLVE.

| Ações | Exemplos |
|------------------------------------|---|
| <i>REGENERATIVE</i> (REGENERAR) | <ul style="list-style-type: none"> • Mudar para energia e materiais renováveis; • Recuperar, reter e restaurar a saúde dos ecossistemas; • Devolver recursos biológicos recuperados à biosfera. |
| <i>SHARE</i> (COMPARTILHAR) | <ul style="list-style-type: none"> • Compartilhar ativos (p. ex.: automóveis, salas, eletrodomésticos); • Reutilizar/usar produtos de segunda mão; • Prolongar a vida dos produtos por meio de manutenção, projetar visando à durabilidade, possibilidade de atualização, etc. |
| <i>OPTIMISE</i> (OTIMIZAR) | <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar o desempenho/eficiência do produto/processo; • Remover resíduos na produção e na cadeia de suprimentos; • Alavancar big data, automação, sensoriamento e direção remotos. |
| <i>LOOP</i> (CICLAR) | <ul style="list-style-type: none"> • Remanufaturar produtos ou componentes; • Reciclar materiais; • Usar digestão anaeróbia; • Extrair substâncias bioquímicas dos resíduos orgânicos. |

| | |
|--|---|
| <p><i>VIRTUALISE</i> (VIRTUALIZAR)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Desmaterializar diretamente (p. ex.: livros, CDs, DVDs, viagens); • Desmaterializar indiretamente (p. ex.: compras on-line). |
| <p><i>EXCHANGE</i> (TROCAR)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Substituir materiais não renováveis antigos por outros mais avançados; • Aplicar novas tecnologias e optar por novos produtos/serviços |

Fonte: EMF (2015).

3.3 Políticas Públicas Mundiais e Nacionais e incentivos para a Economia Circular

Visando uma efetiva transição do modelo linear para o modelo circular, faz-se necessário uma extensa atuação dos governos e órgãos governamentais frente ao tema, trabalhando para que haja instrumentos legais que normatizem e promovam os conceitos de Economia Circular. Em âmbito mundial os principais instrumentos de política públicas que estão sendo adotados são os instrumentos regulatórios, ações fiscais, medidas de amparo à pesquisa, educação e informação, plataformas colaborativas, auxílios financeiros, investimentos em infraestrutura e subsídios a negócios (DE GROENE ZAAK, 2019).

A Confederação Nacional das Indústrias – CNI (2019) reuniu as principais medidas e políticas que têm sido implementadas mundialmente em termos de Economia Circular. A primeira lei específica sobre o tema foi promulgada em 2009 na China, a *Circular Economy Pomotion Law* é apoiada em instrumentos fiscais, subsídios financeiros e regulamentações que adotam como base o princípio de responsabilidade compartilhada do produto (CHINA, 2008).

A União Europeia lançou um plano de ação denominado *Closing the Loop*. O plano envolve um pacote econômico que tem como objetivo a implementação da economia circular nos países europeus pertencentes ao bloco. Como principal ferramenta econômica do plano, foram concedidos mais de 650 milhões de euros para projetos inovadores que tinham como enfoque a promoção da economia circular. (EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY, 2015).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, é a que está mais alinhada aos conceitos de circularidade, mesmo que de forma indireta, estimulando a redução de geração de resíduos, a logística reversa e a reciclagem, compartilhando as responsabilidades pela gestão e destinação de resíduos. A política reforça a responsabilidade dos geradores de resíduos incluindo toda a cadeia envolvida: fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. A responsabilização levanta a preocupação com a destinação correta de forma não prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente. A preocupação com a destinação final e o impacto do resíduo aumenta ainda mais a importância de instrumentos contidos na política como a implementação da logística reversa, a promoção da reutilização, da reciclagem e de processos produtivos mais eficientes (BRASIL, 2010). Além da PNRS, outras políticas que contêm preceitos da economia circular são a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009), a Política Energética Nacional (Lei nº 9.478/1997), entre outras.

Além disso, com a necessidade de se estabelecer uma normatização sobre o assunto, em 2019, a ISO (Organização Internacional de Normalização, em português) formou um comitê de economia circular (ISO/TC 323). Essa norma, prevista para o lançamento em 2023, compreenderá o desenvolvimento de estruturas, orientações e ferramentas de suporte relacionadas à implementação de projetos de economia circular, no que concerne terminologia, requisitos, diretrizes e generalidades (ABNT, 2020).

Diante do exposto, observa-se que a política pública nacional ainda é muito incipiente no que tange à transição para a economia circular, estando o conceito presente em diversas legislações, mas de forma descentralizada. Sendo assim a nível mundial, a CNI (2019) afirma a importância da criação de um plano estratégico nacional que contenha medidas concretas de fomento de pesquisas, tecnologias e modelos de negócio que promovam o desenvolvimento da economia circular de forma compatível com a necessidade de desenvolvimento econômico.

A nível mundial, destaca-se também o alinhamento entre a Economia Circular e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estes são uma agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em setembro de 2015 composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030.

Nesta agenda estão previstas ações mundiais nas áreas de erradicação da pobreza, segurança alimentar, agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, redução das desigualdades, energia, água e saneamento, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudança do clima, cidades sustentáveis, proteção e uso sustentável dos oceanos e dos ecossistemas terrestres, crescimento econômico inclusivo, infraestrutura, industrialização, entre outros. O objetivo 12 (Produção e Consumo Sustentáveis) em sua meta 12.5 trata especificamente do tema Economia Circular, já que se refere a reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da Economia Circular e suas ações de prevenção, redução, reciclagem e reuso de resíduos, até o ano de 2030 (SILVA, 2018).

Outra ferramenta que contribui para a Economia Circular está o ESG (*Environmental, Social and Governance*) que em português pode ser traduzido como ambiental, social e governança. Essa ferramenta é usada como uma espécie de métrica para nortear boas práticas de negócios e sua adoção exige adaptação das empresas a processos mais sustentáveis e ligados à Economia Circular, o que pode ser uma boa forma de atrair o público crescente interessado no consumo consciente (HARVARD LAW SCHOOL FORUM ON CORPORATE GOVERNANCE, 2020).

3.4 Distritos Industriais

No final do século XIX, na Inglaterra, surgiu o conceito de Distritos Industriais (DI) para designar “concentrações de pequenas e médias empresas ao redor dos grandes centros industriais” (OLIVEIRA, E., 2006). Após a segunda guerra mundial, vários países utilizaram este conceito para fortalecer a atividade industrial. No Brasil, os Distritos Industriais foram construídos com o objetivo de descentralizar a atividade industrial das áreas centrais das cidades, bem como fomentar a instalação de indústrias em áreas previamente planejadas por governos, reduzindo as desigualdades regionais, com a atração de indústrias para novos polos industriais (OLIVEIRA, E., 2006).

Em Minas Gerais, estado pioneiro na implementação do modelo, os Distritos Industriais foram implantados visando impedir o congestionamento e a desorganização espacial da capital, Belo Horizonte, e para desenvolver as outras regiões do estado. O Distrito Industrial Coronel Juventino Dias, em Contagem, inaugurado em 1946, foi o primeiro do país (PREFEITURA DE CONTAGEM, 2017). Para apoiar a industrialização mineira, foi criada a Companhia de Distritos Industriais de Minas Gerais (CDI-MG), que foi

posteriormente incorporada pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG). Hoje, o estado possui 53 distritos industriais distribuídos em 44 municípios (CODEMIG, 2018).

Atualmente, estes espaços enfrentam problemas quanto à invasão de terrenos e ocupação do espaço por outros segmentos além da indústria, que não contribuem para a produção do setor; à falta de segurança; à infraestrutura inadequada de redes de energia e telecomunicações e às pendências com licenciamentos ambientais (VIEIRA, 2017).

Algumas iniciativas vêm sendo executadas para valorizar essas áreas. Dentre elas, destaca-se a iniciativa conjunta entre CODEMIG, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, FIEMG, e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE-MG), de Revitalização e Modernização de Distritos Industriais (CODEMIG, 2018), lançado em 2015. Em 2017, também foi lançado o Programa de Economia Circular em Distritos Industriais, iniciativa da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG), com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e parceiros locais, que visa identificar oportunidade de negócios coletivos dentro de um DI, aumentando a competitividade das indústrias e promovendo um ambiente de cooperação e sustentabilidade (FIEMG, 2017).

3.5 Programa de Economia Circular em Distritos Industriais

Desde o ano de 2009, a FIEMG investe em projetos que visam implementar os conceitos de Simbiose Industrial e Economia Circular nas indústrias do estado. O pioneiro neste aspecto foi o Programa Mineiro de Simbiose Industrial (PMSI) realizado de 2009 a 2016, envolvendo mais de 760 empresas no estado de Minas Gerais. O objetivo do programa foi promover interações lucrativas entre empresas de todos os setores da indústria, estabelecendo negócios a partir dos recursos utilizados nos processos de produção como água, energia, resíduos e outros materiais provenientes das indústrias que podiam ser recuperados, reprocessados e reutilizados (FIEMG, 2016).

Em 2017, a FIEMG criou o Programa de Economia Circular em Distritos Industriais como uma evolução do PMSI implementando o Projeto Piloto no Distrito Industrial de Sete Lagoas. O novo modelo buscou identificar oportunidades de negócios coletivos dentro de um DI em suas áreas de influência, aumentando a competitividade das

indústrias e promovendo um ambiente de cooperação e sustentabilidade. A metodologia utilizada contou com três fases principais, são elas: sensibilização das partes interessadas, mapeamento de recursos e oportunidades e elaboração e acompanhamento de Planos Negócios Coletivos (Figura 3.5).

Figura 3.5: Etapas do Programa de Economia Circular em Distritos Industriais da FIEMG.



Fonte: Fadel, Zanforlin, Soares (2020, p. 06).

Em 2018, após o bom desempenho do Projeto Piloto no Distrito Industrial de Sete Lagoas, a FIEMG expandiu o programa para o município de Uberaba na região do Triângulo Mineiro em Minas Gerais. Segundo Fadel, Zanforlin e Soares (2020), desde a implantação do projeto piloto em Sete Lagoas, o programa atingiu 44 empresas aderentes, 25 *cases* de Economia Circular já aplicados pelas empresas foram mapeados e 19 Planos de Negócios foram elaborados contemplando a negociação de madeira, compostagem, higienização coletiva de vasilhames, sucata metálica, efluentes, análises coletivas de qualidade da água, lâmpadas e papelão.

Segundo Tonaco (2020), após realizar uma avaliação do Projeto Piloto de Sete Lagoas por meio da ferramenta SWOT (do inglês *Strength*, força; *Weakness*, fraqueza; *Opportunity*, oportunidade; e *Threat*, ameaça), existem ainda muitos desafios a serem superados para a transição para a economia circular, demandando tempo para as empresas amadurecerem o tema e vislumbrarem os benefícios gerados. Dentre eles, destacam-se: a dificuldade de implantação de mudanças de processos produtivos, a substituição de matérias-primas, o compartilhamento de recursos e alteração de modelos de negócios. Além disso, destaca-se a dificuldade de comunicação das empresas em relação às ações

benéficas geradas para a sociedade, como para o meio ambiente. Um dos grandes motivos para as empresas engajarem em questões ligadas à economia circular é a divulgação junto aos seus *stakeholders*, seja em forma de relatórios de sustentabilidade, relatórios para acionistas, plataformas de divulgação, propagandas, dentre outros, trazendo ganhos de imagem e reputação. Por outro lado, as empresas participantes do programa, demonstraram resistência em divulgar as ações de economia circular, por tratarem-se de dados sensíveis das empresas.

Dentre as empresas aderentes ao programa no município de Sete Lagoas, destaca-se a Granja Barreirinho que tem como atividade principal a criação de suínos para abate, além de contar com a fabricação própria da ração dos animais (GRANJA BARREIRINHO, 2015). A empresa possui oito processos enquadrados como circulares: 1) fertirrigação com efluentes do biodigestor e de efluentes de outras empresas; 2) geração de energia a partir de biogás gerado no biodigestor; 3) aquecimento das baias da creche com a queima do biogás; 4) instalação de chupetas para fornecimento de água aos suínos; 5) utilização de sistema de captação de água de chuvas; 6) redução da lâmina d'água em galpões de criação de suínos; 7) Incorporação de resíduos de indústria alimentícia em ração animal. Além disso, a empresa implantou um sistema de compostagem mecanizada a fim de receber e processar resíduos compostáveis das empresas do distrito industrial (8) (FIEMG, 2017).

3.6 Setor Suinícola

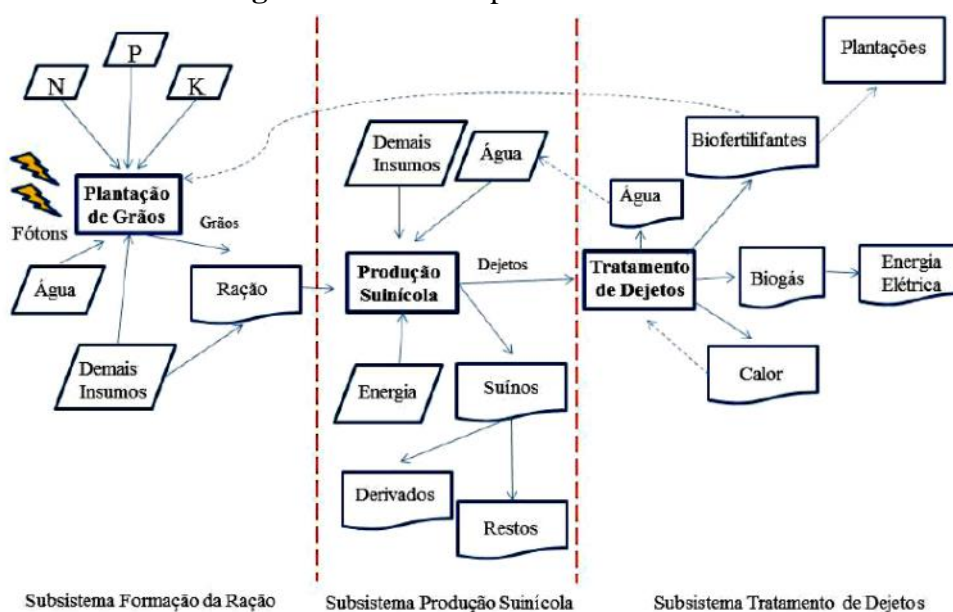
O mercado de suínos no Brasil é um dos que mais se destaca entre o mundo. Com grandes números de produção e exportação, trata-se de um mercado altamente rentável. Conforme a Embrapa (2019), o Brasil está na 4ª posição em relação à produção de carne suína mundial, atrás apenas da China, União Europeia e Estados Unidos. Na exportação o país também ocupa a 4ª posição, já em relação ao consumo, encontra-se na 5ª posição. Da produção total do Brasil, 81% é destinada ao mercado interno, enquanto 19% é direcionada às operações de exportação.

No Brasil, a produção suinícola caracteriza-se como um subsistema que tem como principal objetivo a produção de proteína animal. Nele ocorre a assimilação de ração, de água, de energia, de medicamentos e de demais insumos (entradas) pelos suínos, que, após adquirirem certo peso, estão aptos à comercialização. Quanto às saídas, o manejo adequado dos resíduos gerados pela atividade suinícola (fezes, urina, resíduos de ração e

água) é fundamental para minimizar os impactos ambientais (DOS SANTOS et al., 2014). Na fase creche, que compreende suínos entre 21 e 63 dias de vida, os mesmos iniciam consumindo 1,41 litros de água por dia e terminam com um consumo de 5,11 litros por dia. Quanto aos resíduos, os animais nessa mesma fase, geram em média 3 litros por dia e na fase adulta cerca de 6 litros (GUERINI et al., 2015).

O sistema de produção suinícola é composto por três subsistemas. O primeiro consiste na formação da ração, considerado entrada do sistema. O segundo, situado no meio, denomina-se produção suinícola. O terceiro, tratamento de resíduos. Na fase inicial ocorre a transformação de nutrientes, água, energia solar e demais insumos em grãos, estes, são convertidos em ração e disponibilizados ao subsistema de produção suinícola. As fases da produção suinícola são classificadas de acordo com a idade ou com o estado no qual o animal se encontra e o tratamento de resíduos tem seu processo influenciado pela temperatura e a quantidade de água presente. A composição e a quantidade de resíduos variam de acordo com o manejo adotado, idade dos animais, alimentação, temperatura, métodos utilizados para coletar e armazenar os resíduos, umidade e quantidade de água utilizada para limpar as instalações (MAPA, 2016). Desta forma, é necessário adequar os resíduos da cadeia produtiva suinícola para sua utilização e/ou redução do poder poluente, através de um subsistema de tratamento, localizado na extremidade de saída de todo o sistema. A Figura 3.6 ilustra uma visão simplificada do sistema produtivo suinícola.

Figura 3.6: Sistema produtivo suinícola.



Fonte: Dos Santos et al. (2014).

A produção de suínos em ciclo completo é a mais usual no setor, ela abrange todas as fases de produção e tem como produto final o suíno terminado. De maneira geral, a criação de suínos em ciclo completo é dividida em três fases, sendo elas: 1) Reprodução/Gestação/Maternidade onde é iniciada a fertilização das fêmeas, abrange o período de gestação até o nascimento dos leitões e desmame; 2) Creche: após o desmame, os leitões são levados às creches onde são mantidos até estarem pesando, aproximadamente, 20kg; 3) Terminação: fase final da criação onde animais permanecem nela até atingir o peso de mercado. Essa fase ainda é subdividida em outras duas: recria, em que os nutrientes absorvidos têm como objetivo o crescimento dos animais e deposição de carne magra; e terminação, até que atinjam o peso de abate (MAPA, 2016).

3.7 Indicadores de Circularidade

Atualmente, muitos têm sido os esforços para se estabelecer indicadores que são capazes de mensurar a circularidade de processos e organizações. Um indicador pode ser definido como um fator qualitativo ou quantitativo que fornece um meio simples e confiável de mensurar algo e levar à reflexão de mudanças relacionadas a uma intervenção, para auxiliar na avaliação de desempenho de um ator (OECD, 2014). Um indicador, também torna visível um problema, sensibiliza o público, amplia as oportunidades de tomadas de decisões (DAHL, 2012) e auxilia na descrição de sistemas complexos, multifacetados e interdependentes (MCCOOL; STANKEY, 2004).

Tratando-se da Economia Circular, os indicadores ou métricas para avaliar a circularidade ainda são escassos, tanto os indicadores no âmbito da gestão como indicadores quantitativos. Além disso, não existe um método sistemático padronizado mundialmente para mensurar a Economia Circular de produtos, logo, as exigências em providenciar indicadores que atendam mais aspectos em termos de economia circular são recomendados (LINDER; SARASINI; VAN LOON, 2017).

Nesse sentido, Geng e Doberstein (2008) destacam que os indicadores podem ser categorizados em medidas quantitativas de desempenho econômico, ambiental e social. Conforme apresentado por Zhu, Geng e Lai (2011), os indicadores de abrangência podem ser divididos em três níveis: (1) eco-regiões no nível macro, (2) parques eco-industriais no nível meso e (3) eco-empresendimentos nível micro (Figura 3.7). Essa classificação pode ser quantificada a partir de diferentes parâmetros (como valor econômico, massa,

energia) e em função de diferentes variáveis (fluxos, ações, mudanças de estoque) ou proporções.

Figura 3.7: Indicadores de abrangência de Economia Circular.

| Nível | Descrição |
|-----------|--|
| Micro (1) | As práticas de Economia Circular neste nível afetam a organização, seus produtos e seus consumidores, abrangem os requisitos de proteção ambiental relacionados à redução, reutilização e reciclagem (3 R's), com ênfase no alcance das duas metas de desempenho de melhoria ambiental e econômica. As atividades típicas incluem um conjunto de níveis corporativos, como por exemplo: projeto ecológico de fábricas, minimização de resíduos, produção mais limpa e sistemas de gerenciamento ambiental. |
| Meso (2) | Este nível abrange os parques industriais e cadeias de suprimentos, com operações como energia térmica, águas residuais e resíduos industriais. Pautado no gerenciamento da cadeia de suprimentos ecológica e a logística reversa (ou seja, tudo, desde a reciclagem ou redesenho de materiais de embalagem até a redução da energia e poluição causadas pela entrega do produto). |
| Macro (3) | Diferente dos dois primeiros níveis, este nível atende às preocupações de produção e consumo que impactam a sociedade. Do ponto de vista da produção, o conceito de economia circular incentiva o estabelecimento de redes eco industriais regionais e busca criar uma sociedade circular otimizando a ecoeficiência do uso de materiais. Como exemplos: a recuperação, reutilização, reparo e remanufatura de resíduos, e empresas de 'decompositores', que permitem a reciclagem dividindo resíduos complexos em resíduos orgânicos reutilizáveis, metais, plásticos e plásticos |

Fonte: Adaptado de Geng e Doberstein (2008).

3.8 Método *Circulytics* e Método *Circular Transition Indicators*

O avanço do tema de Economia Circular pelo mundo está fomentando a criação de vários métodos que visam medir o quão circulares são os processos de empresas independente do setor, complexidade ou porte.

Com o intuito de apoiar e avaliar o processo de transição das empresas para uma economia circular, a Fundação Ellen MacArthur, em colaboração com parceiros globais e membros do Circular Economy 100 (CE100), desenvolveu o método Circulytics. Esse método se baseia no trabalho de várias organizações e analisa os viabilizadores de mudanças para uma economia mais circular.

Essa ferramenta permite ir além da avaliação de produtos e fluxos de materiais demonstrando como a circularidade foi alcançada também em termos de gestão (ELLEN MACARTHUR, 2020). Este método tem como objetivo medir a circularidade de uma empresa, não só de seus produtos e dos fluxos de materiais, mas também apoia a tomada de decisões visando a adoção da economia circular, destaca os pontos fortes e áreas de melhoria e proporciona transparência para a investidores, oportunidades e, assim, aumenta a competitividade das empresas.

O *Circulytics* emite uma pontuação a partir de uma análise feita por meio de categorias, sendo elas “viabilizadores” e “resultados”. A categoria “viabilizadores” indica a probabilidade de uma empresa capturar oportunidades comerciais de economia circular no futuro. Já a categoria “resultados” mostra um panorama de entradas e saídas de energia, insumos, água e etc. e do processamento de materiais. Essas categoriais são divididas em temas e cada tema possui uma série de indicadores qualitativos e quantitativos.

Assim como a Fundação Ellen MacArthur, a World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) também realizou um trabalho conjunto com empresas membros para criar uma metodologia para avaliar os processos circulares de empresas de todos os setores, portes e tipologias. O Circular Transition Indicators (CTI) é uma autoavaliação que determina o desempenho circular da empresa, ele se concentra principalmente no fluxo de massa nos processos da empresa, no design dos produtos e processos e em quais modelos de recuperação a empresa realiza (WBCSD, 2020).

3.9 Análise SWOT

SWOT é um acrônimo em inglês para Strength (força); Weakness (fraqueza); Opportunity (oportunidade) e Threat (ameaça), também conhecida como FOFA, em português. Apesar de possuir um pouco mais de meio século de relatos literários, o termo SWOT possui origem desconhecida (HELMS; NIXON, 2010). A análise SWOT é uma

ferramenta que pode ser utilizada para avaliar negócios, empresas, projetos, processos e até mesmo para realizar análises individuais e pessoais. É mais utilizada na área da gestão, auxiliando a tomada de decisão, pois ao avaliar os quatro fatores elencados acima, é possível traçar estratégias levando em consideração fatores internos (forças e fraquezas) e externos (oportunidades e ameaças), além de analisar ao mesmo tempo, pontos positivos (forças e oportunidades) e negativos (fraquezas e ameaças) de um processo (GAO et al., 2017). Devido à sua simplicidade, esta análise pode ser feita por empresas de todos os portes e setores, trazendo uma maior eficiência e competitividade ao se analisar as deficiências e potencialidades. A matriz SWOT é a forma mais disseminada de utilização e consiste em uma diagramação da análise (SEBRAE, 2009).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo.

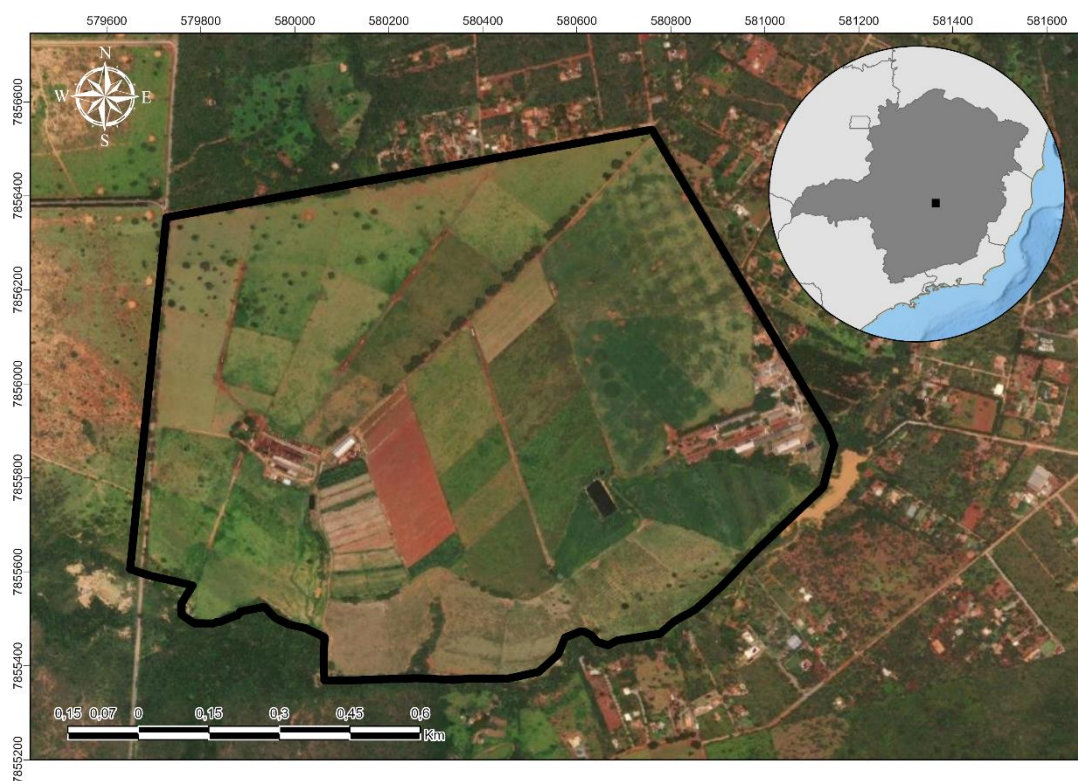
Sete Lagoas possui dois distritos industriais. O mais antigo é o Distrito I que foi inaugurado em 1974 e possui uma área total de 1.512.230m². Já o Distrito II, que se encontra em implantação, possui uma área de 266.067m².

O Distrito I possui 133 empresas instaladas, distribuídas entre indústrias, comércio e prestação de serviços, sendo a maioria de micro e pequeno porte. Apesar de conter o menor número de empresas, o segmento industrial, empregava em 2016 cerca de 60% dos 3.619 trabalhadores do distrito. Ele é circundado principalmente por áreas residenciais, e apresenta problemas de infraestrutura como acesso viário precário, sinalização em más condições e dificuldade de acesso à energia e tratamento de efluentes além de necessitar de melhorias na drenagem pluvial (CODEMIG, 2018).

Mesmo com os problemas apresentados, a FIEMG realizou seu Projeto Piloto do Programa de Economia Circular em Distritos Industriais neste local levando em consideração sua maturidade, 44 anos desde a sua implantação e a quantidade e porte das indústrias no distrito, contando com 23 empresas em sua delimitação, além das 31 empresas em sua área de influência (TONACO, 2020).

Dentre as empresas participantes do programa a Granja Barreirinho foi escolhida para ser avaliada em termos de Economia Circular no presente trabalho. Ela está situada na área de influência do Distrito Industrial I, à cerca de nove quilômetros da região industrial do município de Sete Lagoas - MG. De acordo com os documentos do processo de licenciamento ambiental na Superintendência Regional de Meio Ambiente Central Metropolitana - SUPRAM CM (2019), a granja está localizada na zona rural do município, nas coordenadas UTM, fuso 23k: X 581 000 Y 7.855.800 (Figura 4.1).

Figura 4.1: Área do empreendimento - Granja Barreirinho.



Fonte: A autora.

A atividade principal exercida pelo empreendimento é a suinocultura com capacidade máxima de alojamento de 6750 animais, caracterizado como empreendimento de porte médio e potencial poluidor médio, logo classificado como um empreendimento classe 3 de acordo com a Deliberação Normativa do Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais 217/2017. Além disso, existem também outras atividades, a saber: criação de bovinos em regime extensivo em 112,7 ha de pastagens, fabricação de ração para animais com 20t/dia voltada para consumo próprio e desenvolve compostagem de resíduos industriais com área útil de 0,5 ha, que recebe os dejetos de bovinos coletados na área de confinamento e a fração sólida do tratamento do efluente líquido da suinocultura. A fração líquida, após tratamento composto por uma fase de biodigestão anaeróbia, seguida de lagoa de estabilização é destinada à fertirrigação das áreas de pastagem. (SUPRAMCM, 2019).

O empreendimento possui área total do empreendimento 133,69 ha, sendo subdividida em 107,48 ha de pastagens, capineira com 5,18ha, área e preservação permanente correspondendo a 6,47 ha, galpões de suínos e acessos/estradas totalizando 5,26 ha,

tanque de dejetos para fertirrigação com 1,33 ha, área de compostagem com 0,42 ha, sistema de biodigestor com 4,61 ha e área de confinamento de bovinos que corresponde a 2,85 ha.

Segundo o proprietário, o sistema de produção da granja é de ciclo completo, com, aproximadamente, 500 matrizes. O sistema de criação é intensivo de confinamento total, onde as diferentes fases são desenvolvidas em galpões separados. Atualmente, existem 6.750 animais na granja, distribuídos em 12 galpões, sendo 1 galpão de gestação, 2 galpões de maternidade, 1 galpão de recria, 1 galpão de creche, 6 galpões de terminação e 1 galpão de reposição. Cada galpão apresenta dimensão de 90 m x 7,0 m x 2,5 m e sistema de ventilação natural, a partir de cortinas instaladas nas paredes.

4.2 Análise dos processos circulares e ferramenta SWOT.

Saidani et al. (2019) afirmam que, como não há uma única definição do conceito de Economia Circular, é de suma importância saber o que medem os indicadores disponíveis para utilizá-los de forma adequada. Muitos dos indicadores desenvolvidos nos últimos tempos, os quais tem-se acesso, não abrangem a totalidade das empresas, pois focam em apenas alguns aspectos da gestão ambiental como por exemplo, gestão de resíduos (HUYSMAN et al., 2017).

Para analisar as práticas circulares implementadas pela granja, foi realizada uma avaliação *in loco* no empreendimento em que se aplicou um questionário elaborado com base em duas metodologias, são elas: os Indicadores de Circularidade de Materiais para produtos e empresas desenvolvido pela Fundação Ellen MacArthur e Granta Design (FOUNDATION, 2020) indicando as ações correspondentes da Estrutura RESOLVE para cada *case* implementado pela granja e os Indicadores de Transição Circular (CTI) desenvolvidos pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2020) com os aspectos quantitativos de cada *case* contemplando os seguintes resultados: redução dos custos, aumento de receita, redução de uso de matéria prima virgem, reuso de efluentes, redução de consumo de água, reciclagem e reuso de resíduos, e desvio de aterros. Além disso, foi avaliada a abrangência de cada *case* segundo os indicadores propostos por Geng e Doberstein (2008). Estas duas metodologias foram utilizadas para realizar um diagnóstico dos processos circulares da granja e assim, se necessário, propor melhorias. Adaptou-se as metodologias supracitadas levando-se em consideração o porte

da empresa e sua estrutura organizacional, já que a administração da empresa é familiar, além disso o questionário também conta com alguns pontos levantados a partir da experiência obtida com implantação do Programa de Economia Circular em Distritos Industriais da FIEMG. O questionário utilizado encontra-se no Apêndice A.

Ademais, com intuito de verificar as possíveis forças e fraquezas, oportunidades e ameaças quanto à adoção de ações de transição para Economia Circular, foi realizada a análise SWOT durante a avaliação *in loco* realizada na empresa (Figura 4.2):

Figura 4.2: Formulário de preenchimento da análise Swot.

| ADOÇÃO DE AÇÕES NOS PROCESSOS QUE CONTRIBUEM PARA A TRANSIÇÃO PARA A ECONOMIA CIRCULAR | |
|--|-----------|
| FORÇAS | FRAQUEZAS |
| | |
| OPORTUNIDADES | AMEAÇAS |
| | |

Fonte: A autora.

4.3 Orientações e sugestões para implementação de processos circulares para empresas do setor suinícola.

A partir dos resultados obtidos através da avaliação dos processos circulares da Granja Barreirinho, foram elaboradas sugestões e orientações para empresas do ramo suinícola que almejam implementar e manter processos circulares.

Essa proposta contempla sugestões de implementação de melhorias de processos que contribuem para a transição para a Economia Circular pelas empresas desde a fase de elaboração e planejamento para, assim, propor medidas que visam o melhor aproveitamento dos recursos utilizados. Uma avaliação de complexidade de implementação também foi apresentada com o intuito de auxiliar no planejamento da implantação das ações das empresas. Essa avaliação foi realizada adaptando a metodologia do Programa de Economia Circular em Distritos Industriais da FIEMG para planos de negócios coletivos, como pode ser visto na Figura 4.3 a seguir:

Figura 4. 3: Classificação das ações de Economia Circular por complexidade.

| | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| Existência de solução no mercado | Sim | Sim | Não |
| Aquisição de equipamento/ Terceirização de serviços | Não | Sim | Sim |
| Pesquisa e Desenvolvimento | Não | Não | Sim |
| Investimento | Baixo | Médio | Alto |
| Concretização | Curto prazo | Médio prazo | Longo prazo |

* Considera-se: Curto Prazo: 0-3 meses; Médio Prazo: 3-6 meses; Longo Prazo: >6 meses; os níveis de investimento são avaliados de acordo com a realidade financeira da empresa.

Nível 1- Baixa complexidade, Nível 2 – Média complexidade, Nível 3- Alta complexidade.

Fonte: Adaptado de FIEMG (2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor exposição dos resultados, optou-se em dividi-los em duas seções, sendo elas: 1) Levantamento e análise dos processos circulares praticados pela empresa e 2) Orientações e sugestões de implantação de processos circulares para empresas do setor suinícola.

5.1 Levantamento e análise dos *cases* de Economia Circular praticados.

Nesta seção serão apresentados os *cases* de Economia Circular praticados pela granja, a avaliação através dos indicadores e sugestões de melhorias que podem ser adotadas.

1) Fertirrigação com efluentes do biodigestor e de efluentes empresas parceiras.

A granja dispõe de um sistema de tratamento composto por um conjunto de mecanismos físicos e biológicos para tratamento tanto do efluentes gerados nos processos de suinocultura, quanto de efluentes recebidos para destinação de outras empresas. Dentre os efluentes de terceiros destacam-se o lodo de tratamento de efluentes, óleos e gorduras vegetais alimentares, resíduos biodegradáveis de cozinha e cantina, etc. Todo o efluente tratado pela granja é aplicado na fertirrigação das pastagens existentes, mediante a realização de análises periódicas do solo. O sistema é dotado de um tanque de homogeneização do efluente bruto (Figura 5.1), biodigestor (Figura 5.2), tanque de alvenaria na saída do biodigestor para estabilização e uma lagoa (Figura 5.3).

Figura 5. 1: Tanque de agitação.



Fonte: A autora.

Figura 5. 2: Biodigestor (A) e casa de energia do tanque de alvenaria (B).



Fonte: A autora.

Figura 5.3: Lagoa da segunda fase de tratamento.



Fonte: A autora.

As fases sólidas são removidas em duas estruturas no ecofiltro (Figura 5.4) e o resíduo (Figura 5.5) é encaminhado para processamento na compostagem. Tem-se, portanto, que o tratamento primário é realizado por processo de decomposição anaeróbica no biodigestor. O tratamento secundário se dá por um conjunto de tanque de armazenamento temporário e lagoa que atuam dando sequência ao tratamento biológico.

De acordo com as informações coletadas durante a visita, cerca de 80m³/dia de efluente tratado são utilizados para fertirrigação. Com a implantação dessa tecnologia a eficiência do pasto para criação de bovinos passou de 1-2 cabeças/hectare para cerca de 6-8 cabeças/hectare.

Figura 5.4: Ecofiltro de separação de fases.



Fonte: A autora.

Figura 5.5: Fase sólida do efluente.



Fonte: A autora.

2) Geração de energia a partir de biogás gerado no biodigestor.

Com o tratamento anaeróbico do efluente no biodigestor é gerado em média cerca de 18.000m³ biogás mensalmente. Este é composto por uma mistura de gases que tem sua concentração determinada pelas características do resíduo e as condições de funcionamento do processo de digestão. Em geral, é constituído por cerca de 65% de metano (CH₄) e o restante por dióxido de carbono (CO₂) e alguns outros gases como nitrogênio, hidrogênio, monóxido de carbono dentre outros em menores concentrações (COLDEBELLA, 2008). Dessa forma, verificou-se o potencial de geração de energia elétrica com esse subproduto do tratamento do efluente com a instalação de um gerador (Figura 5.6).

Figura 5.6: Gerador de energia a biogás.



Fonte: A autora.

Anterior à implantação do *case*, parte do biogás era utilizado para aquecimento das baias de creche e o restante era queimado lançando gás carbônico na atmosfera. A energia gerada consegue suprir todas as instalações da granja, exceto a fábrica de rações, além disso, houve uma redução de 4000Kwh para 490Kwh o que corresponde a cerca de 88% do consumo de energia elétrica da concessionária.

3) Aquecimento das baias da creche com a queima do biogás.

O microclima no interior das instalações exerce efeitos diretos e indiretos em todas as fases de produção. Na criação de suínos as fases de maternidade e creche são de suma importância para a produtividade das fases subsequentes (FREITAS et al., 2015). Os leitões respondem às mudanças de temperaturas com alterações fisiológicas e comportamentais (BARROS, 2010). Adequar as instalações e o desempenho dos animais frente às variações meteorológicas são um desafio permanente dentro da suinocultura.

Visando suprir essa necessidade de maneira sustentável, parte do biogás gerado no biodigestor pelo tratamento anaeróbio é canalizado e enviado para as creches, salas onde os leitões jovens são confinados e desmamados (Figura 5.7), cuja temperatura ideal nesta fase, segundo Barros (2010), gira em torno de 28 a 30°C. Com a implantação dessa ação de Economia Circular houve a redução de cerca de R\$ 3000,00/mês nos custos com consumo de energia elétrica, bem como redução de cerca de 3,3 toneladas por ano na emissão de CO₂.

Figura 5.7: Salas de confinamento e desmame de leitões jovens.



Fonte: A autora.

4) Instalação de chupetas para fornecimento de água aos suínos.

O consumo de água e de outros insumos na suinocultura tem forte impacto ambiental, quer pelo seu consumo enquanto recurso natural quer pela intensidade do impacto relativo ao volume de dejetos gerados ao longo do ciclo produtivo dos animais (FERREIRA et al., 2007). Com a crescente intensificação da produção (aumento do número de animais na mesma área disponível) tem-se observado uma maior demanda no consumo de água, o que, em caso de má gestão do recurso, poderá afetar a sua disponibilidade e qualidade, gerando risco à sustentabilidade da própria produção.

Como forma de regulação do consumo de água, a Granja Barreirinho fez a substituição do sistema tradicional de bebedouros para os animais, de calhas, por chupetas, que liberam água apenas quando o animal precisa (Figura 5.8).

Figura 5.8: Chupetas para dessedentação dos suínos.



Fonte: A autora.

Essa ação também faz com que a ocorrência de feridas na pele dos suínos causadas pelo longo contato dos animais com o chão diminua, uma vez que os porcos precisam se movimentar até as chupetas melhorando, assim, o bem-estar animal. Com a instalação desses equipamentos de dessedentação mais eficientes houve uma redução de consumo de água de cerca de 500m³/mês.

5) Utilização de sistema de captação de água de chuvas.

A iniciativa de captação das águas pluviais nas diversas atividades pode ser considerada como uma fonte alternativa e sustentável reduzindo assim a degradação dos recursos naturais e, conseqüentemente, a demanda dos sistemas públicos de abastecimento (COHIM et al., 2008). A água pluvial coletada, pode ser destinada para diversos fins não potáveis, como por exemplo, a limpeza de instalações de unidades de produção de suínos.

Como forma de reduzir o consumo de água do poço artesiano, a granja instalou um sistema de captação de água de chuva, que compreende cerca de 400m² da área da unidade. A água é armazenada em tanques (Figura 5.9) e utilizada na lavagem de pisos e equipamentos da empresa, a empresa também utiliza parte dessa água para dessedentação animal. A implantação desse sistema causa uma economia de cerca de 1200L/semana de água.

Figura 5.9: Tanques de reservação de água de chuva.



Fonte: A autora.

6) Redução da lâmina d'água em galpões de criação de suínos.

Regular a temperatura para o bem-estar animal é um desafio constante para os produtores de suínos. E, em função disso, têm-se buscado alternativas com intuito de amenizar os problemas relacionados ao estresse por causa do calor nos suínos. Uma das formas de amenizar os problemas relacionados com as altas temperaturas é a utilização de baias com lâminas. A água nas baias facilita a termorregulação por meio da termólise e pelos processos de condução e convecção, o que viria a beneficiar o consumo de ração e o ganho de peso, visto que a redução no consumo de ração é um dos principais indicativos de estresse calórico nos suínos (THUY, 2005).

Com a ampliação de capacidade do empreendimento, houve a necessidade da construção de novos galpões de criação de suínos (Figura 5.10). Estes novos galpões foram construídos com uma configuração que possibilita uma lâmina d'água 30% menor que o convencional que é de cerca de 7 cm (THUY, 2005). Com esta melhoria implementada houve uma economia de cerca de 2400L/semana de água.

Figura 5.10: Galpões de engorda com lâmina d'água reduzida.



Fonte: A autora.

7) Incorporação de resíduos de indústria alimentícia em ração animal.

A indústria de alimentos gera uma série de resíduos com alto valor de reutilização e existem muitas possibilidades de reaproveitamento. A gestão ambiental que prioriza a reutilização de resíduos minimiza o impacto ambiental destes tipos de indústrias na região onde estão localizadas, contribui para o aumento da vida útil de aterros e traz benefícios econômicos tanto para os geradores como para os destinadores que implementaram técnicas de reaproveitamento.

A granja possui uma fábrica de ração cuja capacidade de produção é de 20t/dia. Sendo assim, a empresa recebe de duas indústrias alimentícia resíduos de alimentos fora do padrão de qualidade para incorporação à ração animal (Figura 5.11). Em média, houve uma economia de cerca de 50t/mês no consumo de matéria prima virgem para produção de ração, bem como cerca de redução de 10% nos custos com a compra desse insumo. Além disso, a incorporação de resíduos de indústria alimentícia melhora a qualidade da ração e sua palatabilidade e, como consequência, há melhoria no desempenho animal.

Figura 5.11: Resíduos de indústria alimentícia para incorporação na ração: resíduos de salgadinhos (A) e óleo de palma (B).



Fonte: A autora.

8) Compostagem mecanizada de resíduos da granja e demais resíduos de empresas parceiras.

Quando se utiliza um sistema de separação de sólidos do efluente, é necessário ter em mente que a fração sólida retida ainda tem elevado potencial poluidor e necessita de tratamento adequado, antes de ser destinado no meio ambiente. A compostagem seria uma forma de tratar a fração sólida (menos degradável) dos dejetos, restando como produto final um composto orgânico. Após a participação no Programa de Economia Circular em Distritos Industriais da FIEMG, a granja investiu em um projeto de compostagem mecanizada (Figura 5.12) para, além de continuar com os processos de compostagem de resíduos próprios, como carcaça de animais, dejetos da bovinocultura e fase sólida dos efluentes da suinocultura, destinar os resíduos de outras indústrias parceiras e também aderentes ao programa.

Figura 5.12: Composteira mecanizada (A) e composto em fase de produção (B).



Fonte: A autora.

Atualmente, há um plano de negócio coletivo em que sete empresas destinam seus resíduos para a granja. Todos os resíduos encaminhados para a granja são acompanhados do Manifesto de Transporte de Resíduos e a gestão administrativa destes é feita virtualmente pelo sistema estadual. Dentre os resíduos compostados estão: óleos e gorduras vegetais alimentares, resíduos biodegradáveis de cozinha e cantinas, misturas de gorduras e óleos, da separação água/óleo, contendo apenas óleos e gorduras alimentares e lodos de tratamento local de efluentes. São produzidos mensalmente cerca de 150m³ de composto que é utilizado para uso próprio da granja, enviado para hortas comunitárias e também propriedades rurais. As análises para aferir a qualidade do composto são realizadas periodicamente.

Todos os *cases* de Economia Circular praticados pela granja geram diversos ganhos tanto econômicos, como ambientais e sociais, por estarem de acordo com os indicadores da estrutura RESOLVE (EMF, 2015) que compõem o conceito de Economia Circular, além de gerar impactos tanto no nível micro, como nos níveis meso e macro (GENG E DOBERSTEIN, 2008), como pode ser visto na Figura 5.13, a seguir.

Figura 5.13: Quadro de indicadores dos *cases*.

| CASES | INDICADORES ESTRUTURA RESOLVE (EMF, 2015) | ABRANGÊNCIA (GENG E DOBERSTEIN,2008) | | |
|---|---|---|------|-------|
| | | MICRO | MESO | MACRO |
| Fertirrigação com efluentes do biodigestor e de efluentes empresas parceiras. | Devolve recursos biológicos recuperados à biosfera; Usa digestão anaeróbia. | | X | |
| Geração de energia elétrica a partir de biogás gerado no biodigestor. | Mudar para energia e materiais renováveis; | | | X |
| Aquecimento das baias da creche com a queima do biogás. | Mudar para energia e materiais renováveis; | X | | |
| Instalação de chupetas para fornecimento de água aos suínos. | Aumentar o desempenho/eficiência do produto e processo. | X | | |
| Utilização de sistema de captação de água de chuvas. | Recuperar, reter e restaurar a saúde dos ecossistemas. | X | | |
| Redução da lâmina d'água em galpões de criação de suínos. | Recuperar, reter e restaurar a saúde dos ecossistemas. | X | | |
| Incorporação de resíduos de indústria alimentícia em ração animal. | Reciclar materiais; Remover resíduos na produção e na cadeia de suprimentos; | | X | |
| Compostagem mecanizada de resíduos da granja e demais resíduos de empresas parceiras. | Aplicar novas tecnologias; Devolver recursos biológicos recuperados à biosfera; Compartilhar ativos; Desmaterializar diretamente. | | | X |

Fonte: A autora.

Por meio da análise dos indicadores adotados, a granja possui ações que se enquadram nas seis ações que compõem a Economia Circular: Regenerar, Compartilhar, Otimizar, Ciclar, Virtualizar e Trocar, além de atingir os três níveis dos indicadores de abrangência.

A prática de fertirrigação com efluentes do biodigestor e de efluentes de empresas parceiras se enquadra nas ações de **regeneração** e **ciclagem**, pois devolve o efluente tratado por digestão anaeróbia à biosfera, e, além de utilizarem essa forma de destinação para os efluentes gerados internamente, a granja também colabora com a destinação correta dos efluentes de empresas parceiras. Essa prática confere abrangência “meso”, pois atinge uma cadeia de indústrias da região e é pautada no gerenciamento ambiental sustentável, tanto internamente como externamente.

Com a geração de energia elétrica a partir do biogás gerado no biodigestor e com o aquecimento das baias da creche com a queima do excedente do biogás, a empresa alcança a ação que contribui para a transição para a Economia Circular de **regenerar**. No entanto, a abrangência dessas duas ações é distinta, a geração de energia elétrica capaz de suprir boa parte da demanda interna a partir de fontes renováveis, atende às preocupações de produção e consumo que impactam a sociedade, atingindo, assim, o nível macro de abrangência. Já a queima do biogás para aquecimento das baias afeta apenas à própria empresa e sua produção, atingindo assim, um nível micro.

Tratando-se de eficiência hídrica como ação que contribui para a transição para a Economia Circular, a empresa possui *cases* que aumentam o desempenho /eficiência do produto e processo e recuperam, retêm e restauram a saúde dos ecossistemas, atendendo aos indicadores de **regeneração** e **otimização**, são eles: instalação de chupetas para fornecimento de água aos suínos, utilização de sistema de captação de água de chuvas, redução da lâmina d'água em galpões de criação de suínos. Como são ações que geram impactos apenas nos processos internos da empresa, abrangem um nível micro quanto à Economia Circular.

O *case* de compostagem mecanizada de resíduos da granja e demais resíduos de empresas parceiras se destaca por ter sido elaborado a partir de uma negociação coletiva do Programa de Economia Circular em Distritos Industriais da FIEMG contribuindo para a transição para a Economia Circular engajando outras empresas de diversos tipos e portes. Por aplicar novas tecnologias, devolver recursos biológicos recuperados à biosfera,

compartilhar ativos e desmaterializar diretamente, este *case* atende aos indicadores de **regeneração, virtualização, troca e compartilhamento** com abrangência nível em escala macro. Diante disso, Zhuo e Ji (2019) indicam que usando a coordenação da cadeia de suprimentos, as empresas transferem suas boas práticas sustentáveis para outras partes interessadas da cadeia, especialmente para os agricultores com os quais colaboram, como por exemplo as empresas que destinam seus resíduos para a granja estudada. Com essa integração e coordenação da cadeia de suprimentos, o compartilhamento de melhores informações e técnicas entre os agentes, contribui para que a cadeia esteja alinhada com a Economia Circular.

Os aspectos quantitativos estimados de ganhos econômicos relacionados a cada *case* descrito acima podem ser visualizados na Tabela 5.1, a seguir:

Tabela 5.1: Principais ganhos econômicos gerados pelos *cases* da Granja Barreirinho.

| <i>CASES</i> | GANHOS ECONÔMICOS |
|---|---|
| Fertirrigação com efluentes do biodigestor e de efluentes empresas parceiras. | Aumento de 70% na receita mensal. |
| Geração de energia elétrica a partir de biogás gerado no biodigestor. | Redução de R\$5.500,00 nos custos mensais. |
| Aquecimento das baias da creche com a queima do biogás. | Redução de R\$3.000,00 nos custos mensais. |
| Instalação de chupetas para fornecimento de água aos suínos*. | - |
| Utilização de sistema de captação de água de chuvas*. | - |
| Redução da lâmina d'água em galpões de criação de suínos*. | - |
| Incorporação de resíduos de indústria alimentícia em ração animal. | Redução de 20% nos custos mensais. |
| Compostagem mecanizada de resíduos da granja e demais resíduos de empresas parceiras. | Aumentos de R\$10.500,00 na receita mensal. |

*A empresa possui outorga para captação de água em corpo hídrico.

Fonte: A autora.

Os aspectos quantitativos aproximados referentes a redução do uso de matéria-prima virgem, reuso de efluentes, redução no consumo de água, bem como de reciclagem/reuso de resíduos e desvio de aterro estão explicitados na Tabela 5.2, a seguir:

Tabela 5. 2: Principais ganhos ambientais gerados pelos *cases* da Granja Barreirinho.

| CASES | GANHOS AMBIENTAIS |
|---|---|
| Fertirrigação com efluentes do biodigestor e de efluentes empresas parceiras. | Reuso de 2480m ³ /mês de efluentes. |
| Geração de energia elétrica a partir de biogás gerado no biodigestor. | Redução de 87,75% no consumo de energia elétrica da concessionária. |
| Aquecimento das baias da creche com a queima do biogás*. | - |
| Instalação de chupetas para fornecimento de água aos suínos. | Redução de 500m ³ /mês no consumo de água. |
| Utilização de sistema de captação de água de chuvas. | Redução de 4,8m ³ /mês no consumo de água. |
| Redução da lâmina d'água em galpões de criação de suínos. | Redução de 4,8m ³ /mês no consumo de água. |
| Incorporação de resíduos de indústria alimentícia em ração animal. | Reuso de 50t/mês de resíduos da indústria alimentícia. |
| Compostagem mecanizada de resíduos da granja e demais resíduos de empresas parceiras. | Reciclagem de 140t/mês de resíduos orgânicos. |

*Não há dados anteriores à implantação do *case* para comparação.

Fonte: A autora.

Os ganhos descritos acima ressaltam a importância da adoção de práticas e ações que colaborem para a transição para uma Economia Circular. As ações de melhoria focadas nas atividades de valorização eficiente de resíduos e efluentes demonstraram ser muito vantajosas, bem como as ações de eficiência hídrica. Nesse sentido, processos e atividades que utilizam como estratégia a perspectiva da Economia Circular levam a maior eficiência econômica e a uma melhor performance ambiental, conforme afirma Noya et al., (2017).

Diante do exposto e do que foi observado durante a avaliação feita na empresa, quanto aos aspectos operacionais dos processos circulares praticados pela empresa, pode-se ainda sugerir algumas melhorias. A primeira refere-se ao atual sistema de captação de água de chuva que não é executado de acordo com a norma NBR 15.527 (ABNT, 2007), pois não existe sistema de descarte de primeiras águas, não há dispositivos de filtração e não realizam a cloração d'água anterior ao uso. Assim, é de suma importância que a empresa adeque seu sistema de captação de águas pluviais de acordo com os requisitos

da norma, principalmente se a água for utilizada para dessedentação animal, implementando estruturas de captação e armazenamento mais modernos e fazendo o tratamento mínimo recomendado pela norma.

Outra sugestão possível de ser realizada é a elaboração de Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Essa ferramenta permite que as empresas conheçam o perfil de suas emissões e a sua responsabilidade em relação às mudanças climáticas, pois possibilita o gerenciamento das emissões de GEE através da quantificação e monitoramento de suas fontes emissoras. Além disso, o inventário permite às organizações visualizar oportunidades de novos negócios no mercado de carbono, atrair novos investimentos, ou ainda planejar processos que garantam eficiência econômica, energética ou operacional. Soma-se isso, o fato de os inventários serem fontes importantes para comunicação externa com a população, órgãos e centros acadêmicos para atuação em conjunto para mitigação dos impactos já citados (MELO, 2017).

Outra ferramenta utilizada para analisar as ações praticadas pela granja foi a ferramenta SWOT, cujos resultados podem ser vistos a seguir (Figura 5.14):

Figura 5. 14: Formulário de preenchimento da análise Swot (continua).

| Adoção de ações que contribuem para a transição para a Economia Circular | |
|--|--|
| FORÇAS | FRAQUEZAS |
| <ul style="list-style-type: none"> • Engajamento da direção da empresa; • Mantêm treinamentos regulares acerca do tema para colaboradores. • Possui procedimentos de comunicação interna e externa sobre as ações adotadas. • Prestação de serviços adicionais à atividade principal da empresa como destinação de resíduos e efluentes. | <ul style="list-style-type: none"> • Não possui procedimentos operacionais bem estabelecidos e documentados; • Não possui procedimentos de monitoramento e melhoria do desempenho. |

Figura 5. 15: Formulário de preenchimento da análise Swot (conclusão).

| OPORTUNIDADES | AMEAÇAS |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Participação em programas e parcerias com instituições diversas. • Mercado potencial para troca de resíduos entre as empresas que estão na região de influência. | <ul style="list-style-type: none"> • Fornecedores e clientes não engajados com o tema. • Entraves burocráticos; • Falta de normatização externa para implementação interna. |

Fonte: A autora.

Quanto aos fatores internos, a empresa relatou que o engajamento da direção da empresa com o tema, bem como os treinamentos periódicos para com a equipe e os procedimentos de comunicação interna e externa sobre as ações adotadas são impulsionadores para a adoção de ações que contribuem para a transição para a Economia Circular, o que reitera o exposto pela CNI (2019) em pesquisa junto a empresas industriais em que constatou-se que apenas 30% das empresas participantes responderam já terem ouvido falar sobre Economia Circular antes da pesquisa, enquanto 70% foram apresentadas ao tema pela primeira vez. Essa vanguarda sobre o conhecimento do tema contribui para que a empresa identifique e execute outras ações consideradas circulares.

Ainda sobre os fatores internos, a empresa diagnosticou que os processos circulares implementados não possuem procedimentos operacionais bem estabelecidos e documentados, sendo executados de forma não padronizada e informalmente, além disso, também não possuem procedimentos de monitoramento e melhoria bem estabelecidos. Essas fraquezas impedem a empresa de identificar as possíveis falhas nos processos e de estabelecer metas para que haja melhoria contínua das ações. Sendo assim, é de suma importância que a empresa estabeleça uma metodologia sistematizada para monitorar, medir, analisar e avaliar o desempenho de suas ações de transição para a Economia Circular.

Tratando-se dos fatores externos à empresa, a granja relatou que as principais oportunidades para adoção de processos circulares estão na participação em programas e parcerias com instituições diversas, além de estar localizada próxima a distritos industriais onde o potencial de mercado para troca de resíduos entre as empresas é

significativo. Dessa forma, O engajamento e a interlocução entre os stakeholders são fundamentais para que ações mais eficazes possam ser aplicadas desde o pequeno produtor ao grande empreendedor. O monitoramento ambiental das granjas contribui para a formação de propriedades sustentáveis (GOMES et al., 2014).

Sobre as ameaças externas a empresa relatou que as dificuldades passam pelo não engajamento de fornecedores e clientes em geral, bem como os entraves burocráticos e falta de normatização externa para implementação interna. Nesse aspecto, muito já tem sido discutido e realizado pelas instituições nacionais e internacionais para diminuir os entraves burocráticos, capacitar os empreendedores, desenvolver a produção científica e de normatização sobre o tema para facilitar a adesão das empresas ao conceito de Economia Circular, como por exemplo, a ISO (Organização Internacional de Normalização, em português) que formou um comitê de economia circular (ISO/TC 323). A norma, prevista para o lançamento em 2023, compreenderá o desenvolvimento de estruturas, orientações e ferramentas de suporte relacionadas à implementação de projetos de economia circular, no que concerne terminologia, requisitos, diretrizes e generalidades (ABNT, 2020).

5.2 Orientações e sugestões de implantação de processos circulares para empresas do setor suinícola.

Com base na experiência e bons resultados alcançados pela Granja Barreirinho ao implementar ações em seus processos produtivos de transição para a Economia Circular, além de levantamento bibliográfico que tratam de boas práticas na produção de suínos, foram elaboradas algumas orientações e sugestões com a indicação de ações que podem ser implementadas em empresas do setor suinícola de diversos portes. Este tópico foi dividido em cinco ações, de acordo com os principais aspectos e impactos ambientais da produção de suínos, além de propor sugestões para o monitoramento e melhoria das ações indicadas.

- **DESPERDÍCIO DE ÁGUA E EQUIPAMENTOS PARA DESSEDENTAÇÃO DOS ANIMAIS.**

A importância em se conhecer o volume gasto de água na produção de suínos é para que produtores e técnicos tenham uma base para poder avaliar se o consumo de água da propriedade em questão está compatível com o recomendado. Existe uma variação muito

grande no consumo de água entre as granjas de suínos, basicamente em função do manejo adotado e dos equipamentos utilizados. Além dos custos adicionais gerados, o consumo excessivo de água aumenta a produção de dejetos e o custo com o seu tratamento (CARDOSO, 2014).

De acordo com o volume médio de água consumido diariamente na criação de suínos, conforme dados da FATMA (2014) (Tabela 5.3), pode-se estimar o consumo médio considerando cada fase de desenvolvimento do animal e verificar se há desperdícios no caso de os indicadores de consumo apresentarem valores muito discrepantes da média.

Tabela 5.3: Consumo médio de água em sistemas especializados de produção de suínos.

| Modelos de Sistemas de Produção de Suínos | Massa suínos (kg) | Consumo de água (L/animal/dia) |
|--|--------------------------|---------------------------------------|
| Ciclo Completo (CC) | - | 72,9 |
| Unidade de produção de leitões (UPL) | - | 35,3 |
| Unidade de Produção de Desmamados (UPD) | - | 27,8 |
| Crechários (CR) | 6-28 | 2,5 |
| Unidade de Terminação (UT) | 23-120 | 8,3 |

Fonte: FATMA- Fundação do Meio Ambiente de SC (2014, Anexo 7).

Um dos maiores desafios em relação ao consumo de água na suinocultura refere-se ao desperdício. O aumento do consumo de água pela granja nem sempre é devido a uma maior ingestão animal, mas sim pelo uso de equipamentos de dessedentação pouco eficientes como, por exemplo, as calhas e o desperdício que se observa no manejo desse recurso como, por exemplo, o tipo de bebedouros, altura de instalação, má localização, falhas de funcionamento, ângulo de instalação inadequados dos equipamentos, entre outros.

Dessa forma, a utilização de equipamentos adequados de acordo com os princípios do *ecodesign*, contribui para que se atinja a eficiência hídrica desejada e evite perdas no processo. Segundo Tavares (2012), o equipamento ideal oferece água limpa, fresca, *ad libitum* (abundante) e com desperdício mínimo, devendo fornecer o volume pretendido a uma velocidade baixa, como pode ser visto nas Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Água necessária para produção de suínos e vazão mínimas recomendadas nos bebedouros em função da fase produtiva dos suínos.

| Categoria de suínos | Aporte médio de água (L/dia) | Vazão de água (L/min) |
|---------------------|------------------------------|-----------------------|
| Leitão maternidade | 1,5 – 2 | 0,25 – 0,40 |
| Suíno (50kg) | 5 – 8 | 0,60 – 0,70 |
| Suíno (150kg) | 7 – 10 | 0,75 – 1,00 |
| Gestação | 15 – 20 | 1,00 – 1,50 |
| Lactação | 30 – 40 | 1,50 – 2,00 |

Fonte: Bonazzi (2001).

Muitas são as opções de bebedouros que atendem a esses critérios como por exemplo chupetas, *biteball*, taça/concha ecológica (Figura 5.15).

Figura 5.16: Exemplos de equipamentos para a dessedentação dos suínos: Chupeta, *Bite Ball* e Taça/Concha ecológica.



Fonte: Tavares (2012).

- CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E USO DE CISTERNAS NA SUINOCULTURA

A utilização de água proveniente de captação pluvial e armazenada em cisternas para dessedentação de animais é uma prática possível desde que seja observado o correto manejo e limpeza das instalações de captação, condução e armazenamento e a legislação relacionada à qualidade da água para o consumo de animais. Para a utilização dessa tecnologia deve-se observar a norma brasileira para aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, NBR 15.527 (ABNT, 2007) cujos conceitos também são aplicáveis para áreas rurais. O Brasil não possui nenhuma legislação que estabeleça padrões de qualidade da água armazenada em cisterna e sua utilização na dessedentação de animais. Sendo assim, faz-se necessário tomar como referência a Resolução nº 357, de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005), que determina que águas destinadas ao consumo de animais devem cumprir os padrões determinados de enquadramento Classe 3.

Para o uso de água de chuva para limpeza das instalações o simples descarte das primeiras chuvas e o uso de um sistema simplificados de filtragem para retirada dos sólidos grosseiros já compreende um manejo adequado do recurso. No entanto, para o aproveitamento para a dessedentação animal é necessário utilizar filtros para a retirar do material grosseiro e de matéria orgânica, bem como a cisterna de armazenamento de ser mantida limpa, sem penetração de raios solares e sem entradas para qualquer material ou tipo de água que não seja a captada pelo telhado, sendo que análises da qualidade da água devem ser feitas com frequência. Além disso, é necessário um tratamento básico com cloração, como previsto na NBR 15.527 (ABNT, 2007). Um esquema básico de sistema de utilização de água de chuva para dessedentação animal está representado na Figura 5.16, a seguir:

Figura 5.17: Componentes do sistema de filtração da água da chuva para dessedentação animal.



Fonte: Oliveira et al. (2012).

- EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA LIMPEZA DAS INSTALAÇÕES E PROCESSOS QUE UTILIZAM LÂMINA D'ÁGUA.

Cabe ainda ressaltar dois outros processos importantes que demandam na água na suinocultura, são eles: lavagem das instalações e manutenção de instalações de engorda que utilizam lâmina d'água. Essas duas rotinas demanda regularmente uma quantidade expressiva deste recurso, causando ainda o aumento expressivo de volume de dejetos produzidos pela unidade.

Sendo assim, sugere-se a substituição das bombas de lavagem de baixa pressão por bombas de alta pressão (1000 a 2000 libras) e baixa vazão e, se possível, com água aquecida com a energia térmica gerada pelo biogás. Também se recomenda que as construções sejam de superfície lisa, para evitar desperdício de água. O piso da baia deve possuir uma declividade entre 3% a 5%. Outra recomendação se refere à eliminação do uso de pavilhões com lâminas d'água (Figura 5.17) por baias vazadas (MAPA, 2016).

Figura 5.18: Pavilhão de engorda com lâmina d'água.



Fonte: MAPA (2016).

- INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA NA RAÇÃO E SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PRECISÃO.

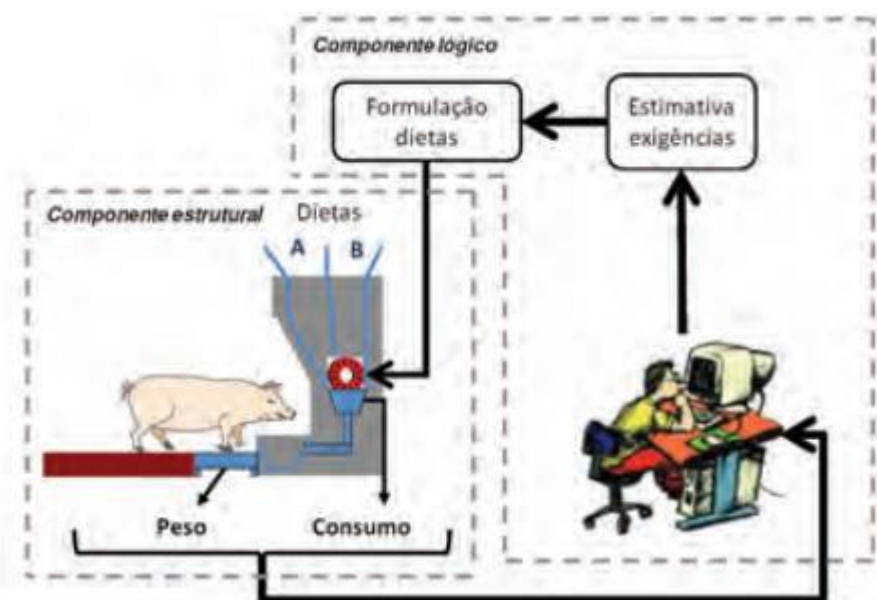
O conhecimento em nutrição animal, especificamente em suínos, atualmente é bem desenvolvido. Sabe-se de forma satisfatória quais as exigências nutricionais desses animais por categoria, genética e desempenho desejado, além do conhecimento na área

de alimentos em relação à sua composição, fatores antinutricionais e restrições de uso. Enfim, são diversas tecnologias que já estão à disposição para que se possa efetuar uma nutrição mais equilibrada envolvendo não apenas o animal e a lucratividade da atividade, mas também o meio ambiente (MAPA, 2016).

Dessa forma, uma alternativa que tem sido bastante satisfatória em relação à nutrição animal é a utilização de resíduos da indústria alimentícia na ração animal, como o exemplo da Granja Barreirinho. Essa ação melhora a palatabilidade da ração e conseqüentemente o desempenho animal. Além disso, contribui para uma gestão ambiental sustentável envolvendo demais empresas o que contribui, também, para uma transição para a Economia Circular. As proporções devem ser utilizadas de acordo com as necessidades de cada fase animal e de acordo com o já praticado pela empresa individualmente.

Quanto aos sistemas de alimentação de precisão, estes podem ser implementados de forma mais simples, como a utilização de sistemas mecânicos ou de forma mais tecnológica e automatizada (Figura 5.18).

Figura 5.19: Exemplo de sistema automatizado de distribuição de ração.



Fonte: Hauschild (2010).

A utilização de recursos tecnológicos como os alimentadores inteligentes (POMAR et al., 2009) é possível considerando que o animal não apresenta saltos na mudança de

necessidades e sim uma evolução contínua. O uso de sistemas de alimentação inteligentes pode permitir a aplicação de dietas múltiplas ao longo de um período de criação. A utilização destes mecanismos permite que a quantidade exata de ração seja disponibilizada evitando excedente ou déficit para os animais e também desperdícios.

- **TECNOLOGIAS PARA APROVEITAMENTO ECONÔMICO DE RESÍDUOS E EFLUENTES DOS PROCESSOS: COMPOSTAGEM E BIODIGESTOR.**

O aproveitamento econômico dos dejetos é um termo mais adequado para o que se convencionou chamar de “tratamento dos dejetos”, sendo que, em sistemas de produção animal raramente se utiliza sistemas de tratamento dos efluentes, e sim tecnologias e sistemas de manejo para aproveitamento ou simplesmente distribuição dos dejetos no solo. Sistemas de tratamento que permitem verter diretamente nos corpos d’água os efluentes do sistema de produção, em sua maioria, além de inviáveis economicamente, impedem a exploração do potencial econômico dos resíduos da produção.

Dessa forma, a implantação de biodigestores em granjas suínolas já é bastante comum. O investimento em um biodigestor e em um grupo motor-gerador pode apresentar viabilidade com um tempo de retorno ao investimento de 54 meses, com um plantel de aproximadamente 4.200 suínos e um mínimo de dez horas ao dia de geração de energia através do biogás (MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

O processo de biodigestão ocorre no interior de um biodigestor que é uma estrutura construtiva formada por uma câmara fechada em que é colocado o material orgânico para decomposição. Pode ser um tanque revestido e coberto por manta impermeável, o qual, com exceção dos tubos de entrada e saída, é totalmente vedado, criando um ambiente anaeróbio. Devido ao sistema de fermentação ocorrer obrigatoriamente em uma câmara hermética, investimentos são necessários, porém, além dos potenciais benefícios ambientais pela redução da emissão outros benefícios financeiros podem ser obtidos diretamente da queima controlada do biogás. As opções de uso direto de biogás podem representar a única alternativa em determinadas condições e/ou circunstâncias da granja. Entre essas opções destaca-se o aquecimento dos animais, uso doméstico na cozinha (granja e residências), utilização no aquecimento da água do banho (granja e residências), uso industrial no aquecimento da água de lavagem das instalações, uso doméstico e industrial no aquecimento da água da lavanderia, uso em secadores de grãos ou caldeiras de fábrica de rações (Figura 5.19).

Figura 5.20: Uso do biogás na forma na queima e geração de energia térmica: aquecimento de creches (A e B) e utilização do gás em cozinha (B e C).



Fonte: MAPA(2016).

Além disso, o efluente tratado pode ser encaminhado para áreas de pastagens sendo utilizado para fertirrigação o que também angaria bons resultados na eficiência das pastagens.

Outra sugestão é o investimento em composteiras mecanizadas que podem, inclusive, destinar resíduos de outras empresas. A compostagem é uma alternativa viável para propriedades que produzem volumes de dejetos líquidos superiores a capacidade econômica de distribuição em áreas cultivadas da própria granja ou em áreas circunvizinhas (Figura 5.20). Essa situação é corriqueira em regiões de pequenas propriedades rurais com alta densidade populacional de suínos. Com esse sistema o produtor pode transportar o composto com maior facilidade e economia, além de estocar para períodos do ano mais propícios para a adubação.

Figura 5. 21: Uso do biogás na forma na queima e geração de energia térmica.



Fonte: MAPA (2016)

- AVALIAÇÃO DE COMPLEXIDADE DE IMPLANTAÇÃO

Todas as ações sugeridas tem potencial de serem implantadas em qualquer região produtora de suínos do Brasil, sendo a escolha da melhor opção para cada propriedade um exercício técnico/econômico particular que cada unidade deve fazer, considerando as peculiaridades de cada empresa.

Para fins de planejamento por parte das empresas é importante considerar o grau de complexidade de implantação das ações sugeridas anteriormente. Com base nisso, foi realizada uma análise preliminar dessa complexidade como pode ser visto na Figura 5.21 a seguir:

Figura 5. 22: Análise preliminar de complexidade das ações propostas.

| <i>CASES</i> | Existência de solução de mercado | Aquisição de equipamentos /terceirização de serviços | Pesquisa e desenvolvimento | Investimento | Concretização | Complexidade |
|--|----------------------------------|--|----------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Implantação de biodigestor, incluindo fertirrigação. | SIM | SIM | NÃO | MÉDIO | MÉDIO PRAZO | NÍVEL 2 |
| Geração de energia elétrica a partir de biogás gerado no biodigestor. | SIM | SIM | NÃO | MÉDIO | MÉDIO PRAZO | NÍVEL 2 |
| Queima e geração de energia térmica a partir do biogás. | SIM | SIM | NÃO | BAIXO | IMEDIATA | NÍVEL 1 |
| Instalação de equipamentos mais eficientes para fornecimento de água aos suínos. | SIM | SIM | NÃO | BAIXO | IMEDIATA | NÍVEL 1 |
| Utilização de sistema de captação de água de chuvas. | SIM | SIM | NÃO | BAIXO | IMEDIATA | NÍVEL 1 |
| Redução da lâmina d'água em galpões de criação de suínos. | SIM | SIM | NÃO | MÉDIO | MÉDIO PRAZO | NÍVEL 2 |
| Utilização de equipamentos de alta pressão para limpeza. | SIM | SIM | NÃO | BAIXO | IMEDIATA | NÍVEL 1 |
| Compostagem mecanizada de resíduos. | SIM | SIM | NÃO | MÉDIO | MÉDIO PRAZO | NÍVEL 2 |
| Incorporação de resíduos na ração animal. | SIM | NÃO | NÃO | BAIXO | IMEDIATA | NÍVEL 1 |
| Sistemas de alimentação de precisão. | SIM | SIM | NÃO | BAIXO | IMEDIATA | NÍVEL 1 |

* Considera-se: Curto Prazo: 0-3 meses; Médio Prazo: 3-6 meses; Longo Prazo: >6 meses. Nível 1- Baixa complexidade, Nível 2 – Média complexidade, Nível

3- Alta complexidade.

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se observar que para nenhuma ação que contribui para a transição para Economia Circular foi atribuído nível 3 de complexidade, ou seja, a maior parte das ações sugeridas requerem baixo investimento e podem ser implementadas em curto prazo de tempo, desde que bem planejadas e orientadas. Cabe ressaltar ainda que ações de baixa complexidade (Nível 1) também geram resultados satisfatórios em termos econômicos e ambientais, como visto na avaliação dos *cases* da Granja Barreirinho.

6 CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que a adoção de ações que contribuem para a transição para a Economia Circular traz diversos benefícios nos âmbitos econômicos e ambientais e em todos os níveis de abrangência, sejam eles apenas nas delimitações da empresa estudada, como para as empresas na região onde a organização está localizada e também para situações que impactam a sociedade.

Outro ponto a se destacar é a importância da diversificação dessas ações. Pode-se perceber que quando a empresa adota processos circulares nas áreas de eficiência hídrica, emissão atmosféricas, gestão de resíduos e efluentes e ações de redução de matéria-prima virgem, maiores são as chances de realizar a transição da economia linear para a economia circular se comparado com uma gestão que prioriza apenas um desses aspectos. Diante disso, conclui-se que, para a granja estudada, as melhorias a serem feitas passam por adequar e modernizar alguns processos e implementar uma sistemática para garantir que os processos estejam documentados e monitorados a fim de identificar as oportunidades de melhorias.

Com a utilização da ferramenta SWOT percebe-se que há muito o que avançar em incentivos para a transição para uma Economia Circular por parte das instituições públicas e privadas em termos de formalização e normatização e pode-se destacar ainda a contribuição dessas instituições com incentivos financeiros para a adoção de processos circulares por empresas, principalmente, de micro, pequeno e médio porte.

Quanto às orientações e sugestões de implantação de processos circulares para empresas do setor suinícola, verificou-se que nenhuma ação sugerida se enquadra na categoria de alta complexidade, o que facilita a adesão dessas ações por empresas dos mais variados portes.

7 RECOMENDAÇÕES

Quanto a avaliação dos *cases* de Economia Circular, sugere-se que os próximos trabalhos sejam realizados com um maior número de empresas do setor suinícola, bem como com empresas de outras tipologias. Outro ponto a ser destacado é que a avaliação também seja feita no âmbito social, avaliando-se os ganhos para a população com a implantação de ações que contribuem para a Economia Circular.

A fim de se alcançar uma efetiva transição para uma Economia Circular, recomenda-se que as orientações e sugestões propostas neste trabalho sejam divulgadas em formato de guias e que sejam de fácil acesso para empresas de diversos portes e que haja o envolvimento de instituições de ensino superior para novos projetos de pesquisa e desenvolvimento nesta área. Além disso, sugere-se que sejam também elaborados guias de implantação de processos circulares para empresas de outros setores, inclusive industriais.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas -. Comissão de Estudo Especial de Economia Circular. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/abnt-cee-323-comissao-de-estudo-especial-de-economia-circular>. Acesso em: 11 set. 2020.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BARREIRINHO, Granja. **Quem somos**. 2015. Disponível em: <http://www.produtosbarreirinho.com.br/quem-somos>. Acesso em: 15 set. 2020.

BARROS, P.C.; DE OLIVEIRA, V.; CHAMBÓ, E.D.; SOUZA, L.C. Aspectos práticos da termorregulação em suínos. **Revista eletrônica Nutritime**. Artigo 114. V. 7, n.3, p.1248-1253, maio/junho, 2010.

BONAZZI, G. A. A. Liguami zootecnici: manuale per l'utilizzazione agronomica. Verona: L'Informatore Agrario, 2001.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 02 de novembro 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.> Acesso em: 15 de março de 2021.

CALIXTO, Bruno; CISCATI, Rafael. **Como a Economia Circular pode transformar lixo em ouro**. Época, Disponível em: <https://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do->

planeta/noticia/2016/06/como-economia-circular-pode-transformar-lixo-em-ouro.html.

Acesso em: 25 de setembro de 2020.

CARDOSO, Lucas Scherer. Na Medica Certa: pesquisas e novas tecnologias reduziram em 50% o consumo de água na suinocultura. **Ciência para a Vida**, p.27. set./dez. 2014. Disponível em: <http://revista.sct.embrapa.br/download/XXI_n8_pt.pdf>. Acesso em: 15 de março de 2021.

CEPEA. **PIB DO AGRONEGÓCIO DE MINAS GERAIS**. 2019. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-de-minas-gerais.aspx>. Acesso em: 03 de novembro 2020.

CHINA. **Circular economy promotion law**. 2008. Disponível em: http://www.fdi.gov.cn/1800000121_39_597_0_7.html. Acesso em: 02 de novembro. 2020.

CNI, Confederação Nacional das Indústrias -. **Economia circular: caminho estratégico para a indústria brasileira**. Disponível em: http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/?title=economia+circular&month=0&year=&data_geral=. Acesso em: 04 de setembro 2020.

CNI. **Economia Circular: uma abordagem geral no contexto da indústria 4.0**. 75 p. Confederação Nacional da Indústria – Brasília: CNI, 2017.

CODEMGE: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais. **Mapa dos Distritos**. Disponível em: < <http://www.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/di-sete-lagoas-plano-de-acao.pdf>> Acesso em 02 de novembro de 2020.

CODEMIG. Atuação: **Distritos Industriais**. Disponível em: <http://www.codemig.com.br/atuacao/distritos-industriais/>. Acesso em 02 de novembro de 2020.

COHIM, E., GARCIA, A., KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, v. 9, 2008.

COLDEBELLA, Anderson et al. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Informe Gepec**, v. 12, n. 2, p. 44-55, 2008.

DAHL, A. L. Achievements and gaps in indicators for sustainability. **Ecological Indicators**, v. 17, p. 14-19, 2012.

DE GROENE ZAAK. **Governments going circular: global scan best practices**. 2019. Disponível em: <http://www.govsgocircular.com/>. Acesso em: 02 de novembro. 2020.

DOS SANTOS, L. D.; et al. Sistema produtivo suinícola: abordagens biológicas, de processos, sistêmica e logística. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 19, n. 2, p. 266-280, 2014.

EMBRAPA. **Estatísticas - Embrapa Suínos e Aves**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/suinos/mundo>. Acesso em: 10 abr. 2021.

EMF, Ellen Macarthur Foundation. **Rumo à Economia Circular: O racional de negócio para acelerar a transição**. 2015. Disponível em https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf. Acesso em: 03 de novembro de 2020.

EMF, Ellen Macarthur Foundation. **Circulytics - measuring circularity**. 2020. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/circulytics-measuring-circularity>. Acesso em: 23 de setembro de 2020.

EMF, Ellen Macarthur Foundation. **Rumo à Economia Circular: O racional de negócio para acelerar a transição**. 2015. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY. **Closing the Loop: an EU action plan for the circular economy**. 2015. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2015-0614-final>. Acesso em: 02 de novembro. 2020.

FADEL, Ana Luiza C., ZANFORLIN, Guilherme M., COSTA, Wagner S. **Economia circular em distritos industriais de Minas Gerais (BR)**. 2020. Disponível em: <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=981128&p=7143446>. Acesso em: 02 de novembro de 2020.

FERREIRA, L. M.; TAVARES, J.; DUARTE, E.; CRUZ, V. F. **A importância da gestão integrada da água – Novos desafios para a gestão ambiental no sector suinícola**. Congresso Nacional de AgroIngeniería, Albacete, Espanha, 2007, p. 104-106.

FIEMG, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais. **Rede de Economia Circular**. 2017. Disponível em: <https://www7.fiemg.com.br/produto/economia-circular>. Acesso em: 17 de setembro de 2020.

FIEMG. **Programa de Gestão de Resíduos Sólidos**. 2016. Disponível em: <https://www7.fiemg.com.br/fiemg/produto/programa-gestao-de-residuos-solidos>. Acesso em: 02 de novembro de 2020.

FREITAS, L.C.S.R., VILELA, M.O. CAMPOS, A.T., TINÔCO, L.F.F. **Ambiente térmico e frequência comportamental de leitões em duas tipologias de creche**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – (CONTECC – 2015) 2015.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE – FATMA. Instrução Normativa, nº 11. Suinocultura. Recomendações técnicas para aplicação fertilizantes orgânicos de suínos e monitoramento da qualidade do solo adubado. Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/ckfinder/userfiles/arquivos/ins/11/IN%2011%20Suinocultura.pdf>. Acesso em: 15 de março de 2021.

GAO, X. *et al.* **Employing SWOT analysis and normal cloud model for water resource sustainable utilization assessment and strategy development. Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 8, 2017.

GENG, Y.; DOBERSTEIN, B. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving “leapfrog development”. **International Journal of sustainable Development & world Ecology**, v. 15,3, n. 917036417, p. 231–239, 2008.

GOMES, L. P.; et al. Indicadores de sustentabilidade na avaliação de granjas suinícolas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 2, 2014.

GUERINI FILHO, M.; et al. Análise do Consumo de Água e do Volume de Dejetos na Criação de Suínos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n. 2, 2015.

HARVARD LAW SCHOOL FORUM ON CORPORATE GOVERNANCE. **The Age of ESG**. 2020. Disponível em: <https://corpgov.law.harvard.edu/2020/03/09/the-age-of-esg/>. Acesso em: 22 de março 2021.

HAUSCHILD, L. Modelagem individual e em tempo real das exigências nutricionais de suínos em crescimento. 2010. 142p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - UFSM/RS, Santa Maria, 2010.

HELMS, M. M.; NIXON, J. **Exploring SWOT analysis – where are we now?: A review of academic research from the last decade**. [s.l: s.n.]. v. 3

HENCKENS et al. Mineral resources: geological scarcity, market price trends, and future generations. **Resources Policy**, v. 49, p. 102–111, 2016.

HUYSMAN, Sofie et al. Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 120, p. 46-54, 2017.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. **Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions**. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, n. April, p. 221–232, 2017.

LEITÃO, A. **Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. Circular economy: a new management philosophy for the XXI st century**. Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting, v. 1, n. 2, p. 2183–3826, 2015.

LINDER, M.; SARASINI, S.; VAN LOON, P. A Metric for Quantifying Product Level Circularity. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 545–558, 2017.

MANNINEN, K.; KOSKELA, S.; ANTIKAINEN, R.; BOCKEN, N.; DAHLBO, H.; AMINOFF, A. Do circular economy business models capture intended environmental value propositions? **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 413-422, 2018.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-486, maio/jun. 2011.

MCCOOL, S. F.; STANKEY, G. H. Indicators of sustainability: challenges and opportunities at the interface of science and policy. **Environmental Management**, v. 33, n. 3, p. 294-305, 2004.

MCDONOUGH, William et al. Peer reviewed: Applying the principles of green engineering to cradle-to-cradle design. **Environmental Science and Technology**, p 434 – 441. 2003.

MELO, Vanessa Silva et al. A Importância Dos Inventários Do Programa Ghg Protocol Para A Gestão Das Emissões Atmosféricas Em Empresas No Estado Do Maranhão. 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos. **Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo**. - Brasília: MAPA, 100 p. ISBN 978-85-7991-100-2, 2016.

NOYA, I.; et al. Environmental assessment of the entire pork value chain in Catalonia- A strategy to work towards Circular Economy. **Science of The Total Environment**, v. 589, p. 122-129, 2017.

OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. 2014. Measuring and managing results in development cooperation. November 2014.

OLIVEIRA, Elias Mendes. **A Experiência Mineira na Implantação de Distritos Industriais de Pequeno Porte: O caso de Elói Mendes**. 2006. 19 f. Trabalho de

Conclusão de Curso (Bacharelado de Geografia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

OLIVEIRA, P. A.; NUNES, M. L. A. Sustentabilidade ambiental da suinocultura. 2013. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/administracao/artigos/sustentabilidade-ambiental-suinocultura-t1710/124-p0.htm>>. Acesso em: 15 de março de 2021.

OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de. Uso racional da água na suinocultura. **Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002a. Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis: treinamento**, p. 63-71, 2002.

POMAR, C. et al. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, supl especial, p. 266-237, 2009.

PREFEITURA DE CONTAGEM, MINAS GERAIS. **Em breve, Distrito Industrial Juventino Dias será municipalizado**. Disponível em: <http://www.contagem.mg.gov.br/?materia=692741>. Acesso em 02 de novembro de 2020.

SAIDANI, Michael et al. A taxonomy of circular economy indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 542-559, 2019.

SEBRAE: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Elaborar 1. SBA Fact Sheet**, p. 164, 2009.

SIHVONEN, S.; PARTANEN, J. Eco-design practices with a focus on quantitative environmental targets: An exploratory content analysis within ICT sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 769-783, 2017.

SILVA, Enid Rocha Andrade da Coordenadora. Agenda 2030: Ods-metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável. 2018.

STAHEL, Walter R.. **Circular Economy**. Nature, p. 6–9, 2015.

SUPRAMCM, Superintendência Regional de Meio Ambiente Central

Metropolitana. **Parecer Técnico de Licença Ambiental Simplificada (LAS) nº**

118/2019 – SIAM 0461415/2019. 2019. Disponível em:

<http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/uploads/yEDusJNGIN62Zc5vvrAzzLefp7XjYjXJ.pdf>. Acesso em: 17 de setembro de 2020.

TAVARES, J. M. R. **Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura**. 2012.

230 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

THUY, H.T.T. Heat stress in growing pigs. 2005. Disponível em:

<<http://library.wur.nl/wda/dissertations/dis3710.pdf>>. Acesso em: 17 de setembro de 2020.

TONACO, Adriano Scarpa. **Economia circular em distritos industriais: subsídios para aplicação à luz do estudo de caso do projeto piloto de Sete Lagoas**. 2020.

pg.146. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2020.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION – UNIDO.

Green growth: from labour to resource productivity: best practice examples, initiatives and policy options, 2013. Disponível em:

<<http://www.greengrowthknowledge.org/resource/green-growthlabour-resource-productivity-best-practice-examples-initiatives-andpolicy>>. Acesso em: 15 set. 2020.

VIEIRA, Marta. Distritos industriais começam a ser resgatados do abandono em Minas.

Estado de Minas, Belo Horizonte, 29 de Janeiro de 2017. Disponível em:

https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/01/29/internas_economia,843246/distritos-industriais-comecam-a-ser-resgatados-do-abandono-em-minas.shtml. Acesso em

02 de novembro de 2020

WBCSD, World Business Council For Sustainable Development. **Circular Transition Indicators V1.0 – Metrics for business, by business**. 2020. Disponível em:

<https://www.wbcd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Metrics->

Measurement/Resources/Circular-Transition-Indicators-V1.0-Metrics-for-business-by-business. Acesso em: 23 de setembro de 2020.

WBCSD. *Annual review 2012*. 2012. Disponível em:

<http://www.wbcd.org/Pages/EDocument/EDocumentDetails.aspx?ID=14852&NoSearchContextKey=true>. Acesso em: 17 de setembro 2020

WEETMAN, Catherine. **Economia circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. Autêntica Business, 2019.

ZHU, Q.; GENG, Y.; LAI, K. HUNG. Environmental supply chain cooperation and its effect on the circular economy practice-performance relationship among Chinese manufacturers. **Journal of Industrial Ecology**, v. 15, n. 3, p. 405–419, 2011.

ZHUO, N.; JI, C. Toward Livestock Supply Chain Sustainability: A Case Study on Supply Chain Coordination and Sustainable Development in the Pig Sector in China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, vol 16, nº 18, pg 3241, 2019.

APÊNDICE A

Questionários de avaliação *in loco*

| <i>CASES</i> | INDICADORES ESTRUTURA <i>RESOLVE</i> (EMF, 2015) | ABRANGÊNCIA (GENG E DOBERSTEIN,2008) | | |
|---|---|---|-------------|--------------|
| | | MICRO | MESO | MACRO |
| Fertirrigação com efluentes do biodigestor e de efluentes empresas parceiras. | | | | |
| Geração de energia elétrica a partir de biogás gerado no biodigestor. | | | | |
| Aquecimento das baias da creche com a queima do biogás. | | | | |
| Instalação de chupetas para fornecimento de água aos suínos. | | | | |
| Utilização de sistema de captação de água de chuvas. | | | | |
| Redução da lâmina d'água em galpões de criação de suínos. | | | | |
| Incorporação de resíduos de indústria alimentícia em ração animal. | | | | |
| Compostagem mecanizada de resíduos da granja e demais | | | | |

| | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|
| resíduos de empresas parceiras. | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|

Questionário de avaliação *in loco* (continuação)

| | | |
|--------|---|---|
| CASE 1 | FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DE BIODIGESTOR | Investimentos com equipamentos para implantação? |
| | | Houve financiamento? Se sim, qual o valor? Taxa de Juros? |
| | | Gastos com mão de obra (R\$/hora/homem). |
| | | Mão de obra própria ou terceirizada? |
| | | Qual destinação anterior dos efluentes à implantação do case? |
| | | Quais os custos com a destinação anterior? |
| | | Qual o destino dos efluentes? Quantos Km da empresa? |
| | | Qual era a eficiência do pasto anterior à implantação do case? (cbç/hec) |
| | | Qual a atual eficiência do pasto? (cbç/hec) |
| | | Qual a receita com a comercialização do gado? (R\$/cbç) |
| CASE 3 | INSTALAÇÃO DE CHUPETAS PARA FORNECIMENTO DE ÁGUA AOS SUÍNOS | Investimentos com equipamentos para implantação? |
| | | Houve financiamento? Se sim, qual o valor? Taxa de Juros? |
| | | Gastos com mão de obra (R\$/hora/homem). |
| | | Mão de obra própria ou terceirizada? |
| | | Qual a tarifa média paga anterior à implantação do case? (R\$/m ³) |
| | | Qual a quantidade de água gasta anterior à implantação do case? (m ³) |
| CASE 4 | REDUÇÃO DE LÂMINA D'ÁGUA EM GALPÕES DE | Investimentos com equipamentos para implantação? |
| | | Houve financiamento? Se sim, qual o valor? Taxa de Juros? |
| | | Gastos com mão de obra (R\$/hora/homem). |

| | | |
|--------|---|---|
| | CRIAÇÃO DE SUÍNOS | Mão de obra própria ou terceirizada? |
| | | Qual a tarifa média paga anterior à implantação do case? (R\$/m ³) |
| | | Qual a quantidade de água gasta anterior à implantação do case? (m ³) |
| CASE 5 | INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE ALIUMENTOS EM RAÇÃO ANIMAL | Investimentos com equipamentos para implantação? |
| | | Houve financiamento? Se sim, qual o valor? Taxa de Juros? |
| | | Gastos com mão de obra (R\$/hora/homem). |
| | | Mão de obra própria ou terceirizada? |
| | | Qual a quantidade de matéria-prima necessária anterior à implantação do case? (m ³) |
| | | Quais os custos com a matéria prima anterior à implantação do case? (R\$/ton) |
| | | O fornecedor de matéria prima está há quantos kms da granja? |
| | | Qual a quantidade de matéria prima por frete? |
| | | Qual empresa fornece os atuais insumos? |
| CASE 6 | UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVAS | Investimentos com equipamentos para implantação? |
| | | Houve financiamento? Se sim, qual o valor? Taxa de Juros? |
| | | Gastos com mão de obra (R\$/hora/homem). |
| | | Mão de obra própria ou terceirizada? |
| | | Qual a tarifa média paga anterior à implantação do case? (R\$/m ³) |
| | | Qual a quantidade de água gasta anterior à implantação do case? (m ³) |
| | | Qual a capacidade atual do reservatório (m ³) |
| CASE 7 | GERAÇÃO PRÓPRIA DE ENERGIA A PARTIR DO GÁS DO BIODIGESTOR | Investimentos com equipamentos para implantação? |
| | | Houve financiamento? Se sim, qual o valor? Taxa de Juros? |
| | | Gastos com mão de obra (R\$/hora/homem). |
| | | Mão de obra própria ou terceirizada? |
| | | Qual a tarifa média paga anterior à implantação do case? (R\$/mês) |
| | | Qual a quantidade de energia gasta anterior à implantação do case? |
| CASE 8 | COMPOSTAGEM MECANIZADA | Investimentos com equipamentos para implantação? |
| | | Houve financiamento? Se sim, qual o valor? Taxa de Juros? |
| | | Gastos com mão de obra (R\$/hora/homem). |

| | | |
|--|--|--|
| | | Mão de obra própria ou terceirizada? |
| | | Qual destinação anterior dos resíduos à implantação do case? |
| | | Quais os custos com a destinação anterior? |
| | | Qual era o destino dos resíduos? Quantos Km da empresa? |
| | | Quantas empresas participam do PNC? |
| | | Como é feito o transporte dos resíduos? |
| | | Qual a destinação do composto? |
| | | Qual a produção mensal do composto? |
| | | Qual o valor de venda do composto? |
| | | Gastos mensais com manutenção do sistema |