



## ANAIS

### INTEGRAÇÃO DAS TECNOLOGIAS LCT E SOP LAGOON NA GESTÃO AMBIENTAL DA PECUÁRIA: POTENCIALIDADES, RISCOS E CONDIÇÕES DE IMPLEMENTAÇÃO

RENATO PEREIRA

renato.m.pereira@unesp.br

UNESP JABOTICABAL

LESLEY CARINA DO LAGO ATTADIA GALLI

lesley.attadia@unesp.br

UNESP

RAFAEL ALTAFIN GALLI

rafaelaltafin@gmail.com

CENTRO UNIVERSITÁRIO ESTÁCIO DE RIBEIRÃO PRETO - FATEC

SHEILA FARIAS ALVES GARCIA

sheila.garcia@unesp.br

UNESP FCAV

**RESUMO:** Este relato tecnológico analisa como as tecnologias Low Carbon Technology (LCT) e SOP Lagoon podem ser articuladas em uma proposta de gestão ambiental empresarial para a Empresa Alpha do Brasil, organização atuante no setor de melhoramento genético bovino. O estudo adota abordagem qualitativa, de caráter exploratório e descritivo, fundamentada em pesquisa bibliográfica e documental. Os materiais técnicos e institucionais foram examinados por meio de análise qualitativa de conteúdo, orientada por cinco dimensões: mecanismos de atuação; benefícios ambientais potenciais; repercussões econômicas e sociais; requisitos de mensuração e governança; e condições de implementação. Os resultados indicam uma complementaridade potencial entre as tecnologias. O SOP Lagoon atua no manejo e na valorização dos dejetos animais, enquanto o LCT oferece mecanismos de mensuração, rastreabilidade e certificação das emissões de gases de efeito estufa. A articulação entre essas soluções pode apoiar a integração entre intervenção operacional, avaliação do desempenho ambiental e diferenciação de mercado. Entretanto, sua implementação depende da definição de linhas de base, da adequação dos parâmetros ao contexto brasileiro, da adoção de procedimentos de monitoramento, reporte e verificação, da governança dos dados e dos benefícios ambientais, da capacitação das equipes e da verificação independente dos resultados. Os benefícios econômicos, ambientais e sociais identificados correspondem a projeções ou resultados reportados na documentação, não tendo sido diretamente mensurados na empresa. Como contribuição prática, o relato propõe uma estrutura analítica e indicadores preliminares para orientar projetos-piloto e a posterior avaliação empírica das tecnologias.

**PALAVRAS CHAVE:** Gestão ambiental empresarial. Ecoinovação. Pecuária de baixo carbono. Gestão de dejetos. Governança ambiental.

**ABSTRACT:** This technological report analyzes how Low Carbon Technology (LCT) and SOP Lagoon technologies can be integrated into a corporate environmental management proposal for Empresa Alpha do Brasil, an organization operating in the cattle genetic improvement sector. The study adopts a qualitative approach—exploratory and descriptive in nature—grounded in bibliographic and documentary research. Technical and institutional materials were examined using qualitative content analysis, guided by five dimensions: operational mechanisms; potential environmental benefits; economic and social repercussions; measurement and governance requirements; and implementation conditions. The results indicate potential complementarity between the technologies. SOP Lagoon focuses on the management and valorization of animal waste, while LCT offers mechanisms for the measurement, traceability, and certification of greenhouse gas emissions. Integrating these solutions can support the alignment of operational intervention, environmental performance assessment, and market differentiation. However, implementation depends on defining baselines, adapting parameters to the Brazilian context, adopting monitoring, reporting, and verification procedures,

establishing governance for data and environmental benefits, training teams, and independently verifying results. The identified economic, environmental, and social benefits correspond to projections or results reported in the documentation, rather than values directly measured within the company. As a practical contribution, the report proposes an analytical framework and preliminary indicators to guide pilot projects and the subsequent empirical evaluation of the technologies.

**KEY WORDS:** Corporate environmental management. Eco-innovation. Low-carbon livestock farming. Waste management. Environmental governance.

## 1. INTRODUÇÃO

A ampliação das preocupações relacionadas às mudanças climáticas, ao uso intensivo dos recursos naturais e à transparência socioambiental tem modificado a forma como as organizações planejam suas atividades e avaliam seu desempenho. Nesse contexto, os resultados econômicos deixaram de constituir o único parâmetro de avaliação empresarial, passando a ser considerados em conjunto com os impactos ambientais e sociais decorrentes das operações. A gestão ambiental empresarial assume, assim, caráter estratégico ao reunir políticas, práticas, processos e tecnologias destinados à prevenção, ao controle e à mitigação dos impactos provocados pelas atividades organizacionais (BARBIERI; CAJAZEIRA, 2020).

Essa compreensão está associada à perspectiva do *Triple Bottom Line*, segundo a qual a sustentabilidade empresarial depende da articulação entre as dimensões econômica, social e ambiental. Para Elkington (1998), a permanência das organizações no longo prazo requer a conciliação entre geração de resultados econômicos, responsabilidade social e preservação ambiental. Sob essa perspectiva, a sustentabilidade não se limita ao atendimento de exigências legais ou à adoção de ações isoladas, mas passa a integrar as decisões estratégicas, os processos produtivos e os relacionamentos mantidos com diferentes partes interessadas.

No agronegócio, essa discussão assume importância particular devido à dependência de recursos naturais e aos impactos ambientais relacionados às atividades agropecuárias. Embora a produção agropecuária seja essencial para a segurança alimentar e para o desenvolvimento econômico, ela também está associada à emissão de gases de efeito estufa, especialmente metano e óxido nitroso. Conforme a FAO (2021), a pecuária responde por parcela relevante das emissões globais, circunstância que amplia a necessidade de práticas produtivas capazes de combinar eficiência, redução de emissões e manejo adequado dos resíduos. O desafio não se resume, portanto, ao aumento da produtividade, mas envolve a transição para sistemas produtivos ambientalmente responsáveis e compatíveis com uma economia de baixo carbono.

A inovação tecnológica constitui um dos instrumentos utilizados pelas organizações para enfrentar esse desafio. Tecnologias limpas, sistemas de mensuração de emissões, processos de reaproveitamento de resíduos e mecanismos de certificação ambiental podem contribuir para a redução dos impactos ecológicos e para o aprimoramento do uso de recursos. Porter e Van der Linde (1995) argumentam que as exigências ambientais, quando acompanhadas por inovação, podem favorecer ganhos de eficiência e diferenciação competitiva. No agronegócio, essa relação manifesta-se no desenvolvimento de biotecnologias, sistemas de monitoramento ambiental e soluções direcionadas à redução de emissões e à valorização dos resíduos gerados pelos sistemas produtivos.

É nesse contexto que se insere a Empresa Alpha do Brasil, denominação fictícia utilizada para preservar a identidade da organização, atuante no setor de melhoramento genético de bovinos de produção. Conforme a documentação examinada, a empresa passou a relacionar sua atuação a soluções voltadas à redução dos impactos ambientais de suas operações e dos sistemas produtivos de seus clientes. Entre essas soluções, destacam-se o programa *Low Carbon Technology* (LCT) e o produto biotecnológico SOP Lagoon.

O LCT é apresentado nos documentos analisados como um programa direcionado à mensuração, rastreabilidade e certificação das emissões de gases de efeito estufa na produção pecuária. A proposta associa a quantificação da pegada de carbono à diferenciação ambiental dos produtos e à possibilidade de geração de valor por meio de certificações, prêmios de mercado e mecanismos relacionados ao carbono. O SOP Lagoon, por sua vez, é descrito como uma solução composta por minerais naturais, destinada ao tratamento e à valorização dos dejetos animais. De acordo com a documentação técnica, sua utilização pode favorecer a redução de odores e emissões, a fluidificação dos resíduos e o melhor aproveitamento dos nutrientes presentes nos efluentes (LOW CARBON TECHNOLOGIES, 2024).

Apesar dos benefícios potenciais atribuídos às duas tecnologias, sua inserção em uma proposta de gestão ambiental empresarial não decorre apenas da disponibilidade das soluções. A implementação exige a definição de critérios de elegibilidade, linhas de base, mecanismos de monitoramento, reporte e verificação, procedimentos de rastreabilidade e instrumentos contratuais que estabeleçam a titularidade dos benefícios ambientais gerados. Os documentos também evidenciam riscos relacionados à dupla contagem de reduções, à adequação das metodologias ao contexto brasileiro e à dependência de verificações independentes. No caso do SOP Lagoon, as projeções de economia e desempenho variam conforme o sistema produtivo, o manejo adotado e os preços dos insumos, não podendo ser interpretadas como resultados garantidos.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo consiste analisar como as tecnologias LCT e SOP Lagoon podem ser articuladas em uma proposta de gestão ambiental empresarial para a Empresa Alpha do Brasil, identificando seus mecanismos de atuação, benefícios potenciais, riscos e condições de implementação com base na documentação examinada. Para alcançar esse objetivo, o relato caracteriza as duas tecnologias, examina os benefícios econômicos, ambientais e sociais reportados, identifica condicionantes técnicos, regulatórios, metodológicos e contratuais e sistematiza indicadores aplicáveis ao acompanhamento de sua eventual implementação.

A elaboração do relato justifica-se pela necessidade de compreender não apenas as características técnicas das soluções ambientais, mas também as condições organizacionais e de governança necessárias para que elas possam integrar uma estratégia empresarial. A articulação entre mensuração de emissões, certificação ambiental e manejo de dejetos apresenta potencial para conectar eficiência operacional, mitigação de impactos e geração de valor. Entretanto, esse potencial depende da produção de dados verificáveis, da adequação dos protocolos às condições locais e da definição clara dos direitos e das responsabilidades dos agentes envolvidos.

Sob o ponto de vista gerencial, o estudo oferece uma sistematização dos aspectos que devem ser considerados na análise e na implementação das tecnologias pela Empresa Alpha do Brasil. No campo acadêmico, o relato aproxima os fundamentos da gestão ambiental empresarial, da sustentabilidade e da inovação tecnológica de uma situação organizacional concreta, sem assumir como comprovados os resultados apresentados nos documentos técnicos. Dessa maneira, o trabalho concentra-se na análise dos mecanismos, dos benefícios potenciais e dos condicionantes das soluções, estabelecendo uma base para sua posterior avaliação empírica no contexto da pecuária brasileira.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1 Gestão ambiental empresarial e sustentabilidade

A gestão ambiental empresarial compreende a incorporação de políticas, processos, práticas e instrumentos destinados à identificação, ao controle e à redução dos impactos ambientais associados às atividades, aos produtos e aos serviços das organizações. Nessa perspectiva, a dimensão ambiental deixa de ser tratada como uma função isolada ou restrita ao atendimento das exigências legais e passa a integrar o planejamento e a tomada de decisão empresarial (BARBIERI; CAJAZEIRA, 2020). Para Dias (2021), essa gestão constitui um processo contínuo de planejamento, implementação, monitoramento e aperfeiçoamento, por meio do qual o controle dos impactos ambientais deve ser articulado à eficiência organizacional.

No âmbito empresarial, a sustentabilidade pressupõe a integração das dimensões econômica, social e ambiental às estratégias e aos processos organizacionais. Elkington (1998)

sistematizou essa compreensão por meio do *Triple Bottom Line*, segundo o qual o desempenho das organizações deve considerar, simultaneamente, a continuidade econômica, os efeitos sociais das atividades e a preservação ambiental. A dimensão econômica relaciona-se à viabilidade e à eficiência das operações; a social abrange as condições de trabalho e os impactos sobre trabalhadores e comunidades; e a ambiental envolve o uso responsável dos recursos naturais e a prevenção ou mitigação dos impactos provocados pelas atividades produtivas.

A incorporação dessas dimensões não ocorre apenas pela declaração de compromissos ambientais. Engert e Baumgartner (2016) argumentam que a sustentabilidade corporativa precisa ser integrada à estratégia e traduzida em processos organizacionais. A passagem da formulação para a implementação depende de fatores relacionados à estrutura organizacional, à cultura, à liderança, aos sistemas de controle, à qualificação dos trabalhadores e à comunicação. Essa perspectiva é particularmente pertinente à análise de tecnologias ambientais, pois indica que os benefícios esperados de uma solução tecnológica dependem de sua inserção nas rotinas, nas responsabilidades, nos instrumentos de mensuração e nos mecanismos decisórios da organização.

A articulação entre sustentabilidade e estratégia também requer indicadores que permitam acompanhar os resultados e orientar o aperfeiçoamento das práticas adotadas. Donaire (2020) destaca a necessidade de integrar o planejamento ambiental à estrutura organizacional, à capacitação e aos processos de controle. Os critérios ambientais, sociais e de governança (ESG) ampliam essa perspectiva ao enfatizarem a mensuração, a transparência e a prestação de contas sobre os compromissos socioambientais assumidos pelas organizações (KPMG, 2023).

## 2.2 Eco inovação e tecnologias ambientais no agronegócio

A inovação tecnológica constitui um dos meios de operacionalização da gestão ambiental empresarial, especialmente quando promove mudanças em produtos, processos ou formas de organização capazes de reduzir impactos e melhorar o aproveitamento dos recursos. Porter e Van der Linde (1995) argumentam que as exigências ambientais podem estimular soluções que, além de reduzir riscos e custos, favorecem ganhos de eficiência e diferenciação competitiva. Essa relação, contudo, depende da capacidade da organização de incorporar a inovação às suas atividades e de demonstrar os resultados ambientais obtidos.

Essa perspectiva está associada ao conceito de eco inovação, entendido como a introdução de inovações que contribuem para a redução dos impactos ambientais e para a utilização mais eficiente dos recursos ao longo do ciclo produtivo (OCDE, 2022). A eco inovação pode envolver tecnologias, produtos e processos, mas também modificações organizacionais necessárias à integração da sustentabilidade às decisões empresariais. Para Manzini e Vezzoli (2019), a inovação sustentável não se restringe à adoção de equipamentos ou insumos, pois demanda aprendizagem, colaboração e revisão da forma pela qual a organização estrutura suas atividades e gera valor.

No agronegócio, as tecnologias ambientais incluem biotecnologias, sistemas de monitoramento de emissões, soluções para o manejo de resíduos e processos direcionados ao uso mais eficiente dos insumos (Embrapa, 2023). Essas aplicações podem apoiar a transição para sistemas produtivos de menor impacto ambiental, particularmente em atividades relacionadas à geração de gases de efeito estufa e dejetos animais. Entretanto, os resultados dependem das características do sistema produtivo, das condições locais de implementação e da existência de mecanismos de mensuração e acompanhamento.

A adoção de uma tecnologia ambiental, portanto, não assegura isoladamente a melhoria do desempenho organizacional. Sua contribuição precisa ser avaliada a partir dos mecanismos de atuação, dos benefícios potenciais, dos recursos necessários, dos riscos envolvidos e da

confiabilidade das informações produzidas. Barbieri (2016) ressalta que a sustentabilidade pode fortalecer a resiliência e a competitividade empresarial quando integrada à gestão e às condições concretas de funcionamento da organização. Dessa forma, a análise das tecnologias LCT e SOP Lagoon deve considerar não apenas suas características técnicas, mas também os requisitos organizacionais, metodológicos e de governança necessários à sua implementação.

### 2.3 Estrutura analítica do relato tecnológico

A incorporação de tecnologias ambientais somente se converte em uma prática efetiva de gestão quando suas funções são articuladas à estratégia, aos processos e às responsabilidades da organização. Conforme já explicitado, Engert e Baumgartner (2016) identificam uma lacuna entre a formulação das estratégias de sustentabilidade e sua implementação e apontam seis fatores associados a essa transição: estrutura organizacional, cultura organizacional, liderança, controle gerencial, motivação e qualificação dos trabalhadores e comunicação. Esses elementos indicam que a adoção de uma solução tecnológica não depende apenas de suas características técnicas, mas também das condições internas necessárias para integrá-la às rotinas e aos processos decisórios.

No contexto deste relato, essa perspectiva permite compreender que a eventual integração entre o LCT e o SOP Lagoon requer mais do que a disponibilidade das tecnologias. Sua implementação pressupõe a definição de responsabilidades, a capacitação das equipes, a comunicação entre os agentes envolvidos e a adoção de mecanismos de controle capazes de acompanhar as ações realizadas. Também exige procedimentos de mensuração, rastreabilidade e governança que assegurem a consistência dos dados ambientais, a definição da titularidade dos benefícios gerados e a prevenção de conflitos ou dupla contagem relacionados às reduções de emissões.

Com base nessa articulação teórica, a análise das tecnologias LCT e SOP Lagoon será conduzida por cinco dimensões:

- a) A primeira corresponde aos mecanismos de atuação, considerando a forma como cada solução se propõe a atuar sobre emissões, resíduos e recursos produtivos;
- b) A segunda abrange os benefícios ambientais potenciais reportados na documentação;
- c) A terceira contempla as possíveis repercussões econômicas e sociais, como redução de custos, diferenciação de mercado e melhoria das condições associadas ao manejo dos dejetos,
- d) A quarta dimensão reúne os requisitos de mensuração e governança, incluindo indicadores, rastreabilidade, monitoramento, reporte, verificação e definição de responsabilidades;
- e) A quinta compreende as condições de implementação, relacionadas à estrutura, à cultura, à liderança, ao controle, à qualificação e à comunicação organizacional.

Essa estrutura orienta a interpretação da base documental e a sistematização dos resultados do relato tecnológico. Não se trata de um modelo empiricamente validado na Empresa Alpha nem de uma comprovação dos benefícios atribuídos às tecnologias. Sua finalidade é organizar a análise das características, dos benefícios potenciais, dos riscos e dos requisitos necessários à eventual articulação entre as soluções, distinguindo as informações reportadas nos documentos técnicos dos resultados que dependerão de implementação, mensuração e verificação no contexto organizacional. Os próprios materiais analisados indicam que a integração entre certificação e manejo de dejetos está condicionada à definição de protocolos, à governança dos dados e créditos e à realização de monitoramento independente.

Assim, vale ressaltar, que a utilização de Engert e Baumgartner (2016) deve ser feita como referência analítica sobre implementação organizacional, e não como evidência de que

os mesmos fatores já estejam presentes na Empresa Alpha, já que o estudo original foi realizado em uma organização do setor automotivo e os próprios autores reconhecem os limites decorrentes da análise de um caso único.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho caracteriza-se como um relato tecnológico, desenvolvido por meio de abordagem qualitativa, com finalidade exploratória e descritiva. O relato concentra-se na análise de duas soluções vinculadas à gestão ambiental da Empresa Alpha do Brasil: o programa Low Carbon Technology (LCT), direcionado à mensuração, à rastreabilidade e à certificação de emissões de gases de efeito estufa, e o SOP Lagoon, destinado ao tratamento e à valorização de dejetos animais. A organização é identificada por nome fictício, com o propósito de preservar sua identidade.

A abordagem qualitativa foi adotada porque o estudo busca compreender os mecanismos de atuação, os benefícios potenciais, os riscos e as condições de implementação das tecnologias, sem realizar mensuração estatística de seus efeitos. Quanto aos objetivos, a pesquisa possui caráter exploratório por examinar soluções ambientais ainda não avaliadas empiricamente no contexto organizacional investigado, e descritivo por sistematizar suas características, finalidades e requisitos de aplicação. Conforme Gil (2021), a pesquisa exploratória contribui para tornar o problema mais explícito, enquanto a pesquisa descritiva permite identificar e organizar as características do fenômeno analisado.

O relato foi estruturado com base em pesquisa bibliográfica e documental, empregadas com funções distintas. A pesquisa bibliográfica forneceu a sustentação conceitual sobre gestão ambiental empresarial, sustentabilidade, *Triple Bottom Line*, ecoinovação e implementação organizacional. Para essa finalidade, foram utilizados livros, artigos científicos e publicações institucionais já incorporados à base teórica do trabalho. A pesquisa documental, por sua vez, constituiu a fonte das informações sobre os mecanismos, os resultados reportados e as condições de aplicação do LCT e do SOP Lagoon. A distinção entre essas fontes é necessária para evitar que conceitos provenientes da literatura sejam tratados como evidências do caso ou que afirmações presentes em documentos técnicos sejam interpretadas como resultados empiricamente comprovados.

O corpus documental compreendeu os materiais técnicos e institucionais disponibilizados sobre as duas tecnologias, incluindo documentos do programa LCT, ficha técnica do SOP Lagoon, informações institucionais da Empresa Alpha, conteúdos de sites corporativos e documentação referente ao Process Verified Program do United States Department of Agriculture. Também foram examinados documentos de organismos como FAO, Embrapa, ONU e OCDE quando utilizados para contextualizar a gestão ambiental e a sustentabilidade no agronegócio. O recorte temporal abrangeu documentos publicados ou utilizados entre 2023 e 2025, período delimitado no trabalho original para representar a fase de incorporação e divulgação dessas soluções no contexto analisado.

A unidade de análise corresponde à possível articulação entre as tecnologias LCT e SOP Lagoon como componentes de uma proposta de gestão ambiental empresarial para a Empresa Alpha do Brasil. O LCT foi examinado como mecanismo de mensuração, certificação, rastreabilidade e potencial valorização das reduções de emissões. O SOP Lagoon foi analisado como tecnologia de manejo e valorização de dejetos, associada à redução de emissões, odores e custos operacionais reportados nos materiais técnicos. A análise integrada considerou a complementaridade potencial entre uma solução voltada à mensuração e certificação ambiental e outra direcionada à intervenção sobre o processo produtivo.

Os documentos foram examinados por meio de análise qualitativa de conteúdo, orientada pelas categorias definidas na fundamentação teórica. A primeira categoria,

denominada mecanismos de atuação, abrangeu a finalidade e o funcionamento atribuído a cada tecnologia. A segunda, benefícios ambientais potenciais, reuniu as informações relacionadas à redução de emissões, ao tratamento de dejetos e ao aproveitamento de nutrientes. A terceira, repercussões econômicas e sociais, contemplou as projeções de redução de custos, diferenciação de mercado, melhoria das condições de manejo e demais efeitos reportados nos documentos. A quarta categoria, mensuração e governança, incluiu rastreabilidade, monitoramento, reporte, verificação, titularidade dos benefícios ambientais e prevenção da dupla contagem. A quinta, condições de implementação, considerou estrutura organizacional, liderança, controle, qualificação, comunicação e integração das tecnologias às rotinas empresariais, conforme a perspectiva de Engert e Baumgartner (2016).

A análise foi conduzida em três etapas. Na primeira, os documentos foram organizados de acordo com sua natureza, origem e relação com cada tecnologia. Na segunda, as informações foram identificadas e agrupadas conforme as categorias analíticas. Na terceira, os conteúdos foram comparados e interpretados à luz da fundamentação teórica, buscando-se distinguir: a) características técnicas das soluções; b) benefícios e resultados reportados nos documentos; c) projeções econômicas ou ambientais; d) riscos e condicionantes; e e) recomendações decorrentes da interpretação do material. Esse procedimento permitiu construir uma síntese aplicada e formular indicadores para o eventual acompanhamento da implementação das tecnologias.

Em razão da natureza documental do relato, os dados econômicos, ambientais e operacionais apresentados não foram tratados como resultados diretamente observados na Empresa Alpha. Valores relativos à redução de emissões, economia por animal, créditos de carbono e desempenho do SOP Lagoon correspondem a estimativas, projeções ou resultados reportados nos materiais técnicos examinados. Por isso, a análise utilizou expressões como “benefícios potenciais”, “resultados reportados” e “projeções documentais”, preservando a diferença entre a proposição tecnológica e sua validação empírica.

O delineamento apresenta limitações decorrentes da utilização de um caso organizacional e da dependência de documentos produzidos ou divulgados pelas organizações relacionadas às tecnologias. Não foram realizadas entrevistas, observações diretas, medições independentes nem comparação entre indicadores anteriores e posteriores à implementação. Consequentemente, o relato não permite comprovar a efetividade das soluções, estabelecer relações causais ou generalizar seus resultados para outras organizações. Sua contribuição consiste em sistematizar as tecnologias, identificar riscos e requisitos de implementação e propor uma estrutura preliminar de análise e acompanhamento, a ser submetida posteriormente à aplicação e à verificação empírica.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise foi organizada conforme as cinco dimensões estabelecidas na fundamentação teórica: mecanismos de atuação; benefícios ambientais potenciais; repercussões econômicas e sociais; mensuração e governança; e condições de implementação. As informações apresentadas decorrem dos documentos técnicos e institucionais examinados. Portanto, os valores e benefícios mencionados não representam resultados diretamente mensurados na Empresa Alpha, mas projeções, estimativas ou evidências reportadas pelas organizações responsáveis pelas tecnologias.

### 4.1 Mecanismos de atuação das tecnologias

Os documentos analisados apresentam o *Low Carbon Technology* (LCT) e o SOP Lagoon como tecnologias que atuam em etapas distintas, mas potencialmente complementares da gestão ambiental aplicada à pecuária. O LCT concentra-se na mensuração, na rastreabilidade

e na certificação das emissões de gases de efeito estufa, enquanto o SOP Lagoon atua diretamente no manejo e na valorização dos dejetos animais.

O programa LCT utiliza uma metodologia baseada na avaliação do ciclo de vida para estimar as emissões associadas à produção de bovinos de corte e de leite. Conforme a documentação técnica, a metodologia está vinculada ao *Process Verified Program* do United States Department of Agriculture e estabelece como critério para certificação a apresentação de emissões de ciclo de vida pelo menos 10% inferiores ao *baseline* adotado. A quantificação permite o uso do selo *Certified Sustainable* e pode sustentar mecanismos de diferenciação comercial e valorização das reduções de carbono.

O SOP Lagoon, por sua vez, é descrito como um produto formado por minerais naturais e direcionado à biovalorização dos dejetos armazenados em lagoas. Segundo a ficha técnica examinada, a tecnologia atua na fluidificação dos sólidos, na redução de odores e na diminuição das emissões de amônia e gases de efeito estufa. A documentação também associa sua aplicação à melhoria do aproveitamento dos nutrientes dos efluentes e à redução da necessidade de agitação mecânica e de fertilizantes sintéticos.

A diferença entre os mecanismos evidencia uma possível relação de complementaridade. Enquanto o LCT fornece uma estrutura para quantificar, registrar e comunicar o desempenho ambiental, o SOP Lagoon constitui uma intervenção sobre o processo produtivo que pode contribuir para a redução de emissões e para o melhor aproveitamento dos resíduos. A integração entre ambas pode, portanto, conectar ação operacional e comprovação do desempenho, desde que os resultados sejam submetidos a procedimentos consistentes de mensuração e verificação.

#### 4.2 Benefícios ambientais potenciais

Na dimensão ambiental, a documentação do LCT atribui ao programa a capacidade de identificar animais e sistemas produtivos com emissões inferiores à linha de base estabelecida. O critério mínimo de redução de 10% em relação ao *baseline* é utilizado como referência para a certificação. Contudo, a aplicação desse parâmetro ao contexto brasileiro depende da adequação dos fatores de emissão às características locais, incluindo raças, dietas, clima, fontes de energia e condições logísticas.

Em relação ao SOP Lagoon, os materiais técnicos reportam redução de 58% nas emissões de amônia após 16 semanas de aplicação. Também são mencionados efeitos sobre a diminuição de odores, a fluidificação dos resíduos e a melhoria do aproveitamento de nutrientes na aplicação dos efluentes ao solo. Esses resultados indicam o potencial da tecnologia para atuar sobre impactos ambientais relacionados ao manejo de dejetos. Entretanto, não foram identificadas, na base documental utilizada, informações suficientes sobre o delineamento completo dos testes, as condições produtivas, o número de unidades avaliadas ou a realização de validação independente.

Dessa forma, os percentuais reportados devem ser interpretados como evidências documentais do desempenho potencial da tecnologia, e não como resultados comprovados na Empresa Alpha. Sua confirmação exige aplicação controlada, definição de uma linha de base, acompanhamento periódico e comparação entre os indicadores anteriores e posteriores à adoção.

#### 4.3 Repercussões econômicas e sociais reportadas

Os documentos relacionados ao LCT associam a certificação ambiental à possibilidade de geração de créditos de carbono e à obtenção de prêmios comerciais. Para um bezerro oriundo do cruzamento *beef-on-dairy*, a documentação estima a geração de 2 a 2,5 toneladas de dióxido de carbono equivalente ao longo de 18 meses. Considerando a hipótese de dois créditos

comercializados a US\$ 75, o material projeta um valor bruto de US\$ 150, sujeito à dedução de custos e à divisão entre os participantes do programa. Também são mencionadas possibilidades de valorização da carcaça e de transferência parcial do prêmio ao produtor.

Esses valores não representam receitas realizadas pela Empresa Alpha ou por seus clientes. A monetização depende da validade da metodologia, da existência de compradores, das condições regulatórias, dos custos de certificação e da definição dos direitos sobre os créditos ou *insets* gerados. Por esse motivo, as projeções devem ser utilizadas como referência preliminar para estudos de viabilidade, e não como garantia de retorno financeiro.

No caso do SOP Lagoon, os documentos reportam possíveis reduções de custos relacionadas à menor necessidade de agitação, ao uso reduzido de fertilizantes sintéticos e ao controle de odores e pragas. A economia líquida estimada varia entre US\$ 10 e US\$ 12 por animal ao ano. Também é apresentado um exemplo de economia aproximada de US\$ 4 mil em nitrogênio em um sistema composto por 400 vacas. A própria documentação ressalta, entretanto, que esses valores derivam de observações e projeções e podem variar em função do manejo, da produtividade e dos preços dos insumos.

As repercussões sociais são menos diretamente documentadas. Os benefícios mencionados concentram-se na redução de odores, na possível melhoria das condições de trabalho e na diminuição da necessidade de agitação mecânica das lagoas. Tais efeitos podem favorecer o ambiente ocupacional e reduzir incômodos no entorno das propriedades, mas sua avaliação exige indicadores específicos e coleta de dados junto aos trabalhadores e às comunidades afetadas. Não há, nos documentos examinados, evidência empírica suficiente para afirmar que esses resultados sociais tenham sido alcançados pela Empresa Alpha.

#### 4.4 Integração das tecnologias e implementação organizacional

A análise conjunta indica que o LCT e o SOP Lagoon podem integrar uma proposta de gestão ambiental baseada em três movimentos articulados: intervenção sobre o processo produtivo, mensuração dos resultados e comunicação do desempenho ambiental. O SOP Lagoon atuaria sobre o manejo de dejetos e a redução potencial de emissões e custos, enquanto o LCT ofereceria a estrutura de cálculo, rastreabilidade e certificação necessária para demonstrar as reduções alcançadas.

Essa integração, entretanto, não ocorre automaticamente. Engert e Baumgartner (2016) argumentam que a passagem da formulação de uma estratégia de sustentabilidade para sua implementação depende de elementos organizacionais, como estrutura, cultura, liderança, controle gerencial, qualificação, motivação e comunicação. Aplicada ao contexto analisado, essa perspectiva indica que a Empresa Alpha precisaria definir responsabilidades, capacitar equipes técnicas, padronizar procedimentos, integrar informações e estabelecer mecanismos de acompanhamento antes de incorporar as tecnologias às suas operações ou à sua oferta aos clientes.

A implementação poderia ser organizada em três etapas. A primeira corresponde à elegibilidade e à caracterização inicial do sistema produtivo, incluindo inventário de base, dados zootécnicos e condições de manejo dos dejetos. A segunda envolve a aplicação técnica, com definição de dosagens, cronograma, inspeções e acompanhamento dos resultados. A terceira compreende a mensuração, a verificação e a eventual valorização dos benefícios ambientais, mediante certificação, diferenciação do produto ou comercialização de créditos, quando juridicamente e metodologicamente aplicável. Os documentos analisados sugerem avaliações em períodos de quatro, oito e 16 semanas para o acompanhamento do SOP Lagoon.

#### 4.5 Mensuração, governança e riscos

A credibilidade da proposta depende da qualidade dos dados utilizados para demonstrar os resultados ambientais. No caso do LCT, o uso de fatores de emissão e linhas de base desenvolvidos em outros contextos pode limitar a precisão das estimativas para a pecuária brasileira. Raças, dietas, clima, matriz energética, logística e sistemas de manejo podem alterar o perfil de emissões. Por isso, a aplicação do programa requer adequação metodológica ou demonstração de compatibilidade entre os parâmetros utilizados e as condições das propriedades avaliadas.

Outro risco identificado é a possível dupla contagem das reduções. Uma mesma redução pode ser reivindicada pelo produtor, pela Empresa Alpha, pelo fornecedor da tecnologia, pelo laticínio ou pelo processador. A documentação do SOP Lagoon registra a existência de reserva de direitos sobre créditos ou *insets* associados ao uso da tecnologia. Essa condição pode entrar em conflito com a monetização das reduções pelo LCT ou por outros integrantes da cadeia, caso a titularidade não seja previamente definida.

A implementação exige, portanto, governança contratual e informacional. Os contratos devem estabelecer critérios de elegibilidade, propriedade dos dados, titularidade das reduções, divisão dos benefícios e responsabilidades de monitoramento. Paralelamente, o sistema de MRV (monitoramento, reporte e verificação) deve registrar os métodos empregados, as fontes dos dados, os responsáveis pela coleta e a periodicidade das avaliações.

Os documentos recomendam a realização de projetos-piloto com verificação independente, contemplando indicadores como emissões de amônia e metano, intensidade de odores, tempo de agitação, consumo de combustível, substituição de nitrogênio sintético e produtividade da forragem. Também são indicados registros de campo, leituras periódicas e auditorias como mecanismos de padronização e controle.

#### 4.6 Proposição de indicadores para acompanhamento

Com base nos dados e nas métricas identificadas nos documentos, propõe-se um conjunto preliminar de indicadores para orientar a eventual implementação das tecnologias. Os parâmetros apresentados no Quadro 1 correspondem a referências documentais e deverão ser ajustados à linha de base e às condições de cada unidade produtiva.

**Quadro 1 - Indicadores propostos para acompanhamento das tecnologias LCT e SOP Lagoon**

| Dimensão    | Indicador                                   | Forma de acompanhamento                                                        | Referência documental                                           |
|-------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Econômica   | Redução dos custos operacionais por animal  | Comparação entre os custos anteriores e posteriores à aplicação                | Redução sugerida de pelo menos 10%                              |
|             | Economia no uso de fertilizantes sintéticos | Quantidade e custo do nitrogênio substituído                                   | Meta documental de redução mínima de 10%                        |
|             | Valor potencial associado ao carbono        | Toneladas de CO <sub>2</sub> e reconhecidas multiplicadas pelo valor aplicável | Estimativa de 2 a 2,5 tCO <sub>2</sub> e por animal em 18 meses |
| Ambiental   | Redução das emissões de amônia              | Comparação entre as medições iniciais e finais                                 | Redução reportada de 58% após 16 semanas                        |
|             | Redução de gases de efeito estufa           | Comparação da intensidade de emissões com a linha de base                      | Mínimo de 10% abaixo do <i>baseline</i> LCT                     |
| Operacional | Tempo de agitação das lagoas                | Registro de horas de equipamentos antes e depois da aplicação                  | Redução sugerida de 20%                                         |

|                   |                                            |                                                      |                                                      |
|-------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Social</b>     | Condições de trabalho e presença de odores | Registros operacionais e percepção dos trabalhadores | Necessidade de definição de instrumento de avaliação |
| <b>Governança</b> | Capacitação da equipe técnica              | Proporção de profissionais capacitados               | Meta proposta de 100% da equipe envolvida            |
|                   | Transparência ambiental                    | Elaboração de inventário ou relatório periódico      | Um documento de reporte por ano                      |
| <b>Dimensão</b>   | Indicador                                  | Forma de acompanhamento                              | Referência documental                                |

Fonte: elaborado com base em Low Carbon Technologies (2024), SOP Lagoon Tech Sheet (2024), Barbieri e Cajazeira (2020) e nos documentos examinados.

O quadro não representa um sistema de indicadores validado nem comprova o alcance das metas apresentadas, tendo como finalidade transformar as informações dispersas nos documentos em uma estrutura inicial de acompanhamento. A utilização desses indicadores exige a definição prévia das fontes de dados, das unidades de medida, da periodicidade, dos responsáveis e dos procedimentos de verificação.

A análise documental indica que as tecnologias apresentam mecanismos potencialmente complementares: o SOP Lagoon atua sobre o processo de manejo dos dejetos, enquanto o LCT se concentra na mensuração, na rastreabilidade e na certificação dos resultados ambientais. Essa articulação pode apoiar uma proposta de gestão ambiental que relacione redução de impactos, eficiência operacional e diferenciação, em conformidade com os princípios da gestão ambiental empresarial e da ecoinovação.

Os benefícios reportados, entretanto, são condicionais. As reduções de emissões, as economias operacionais e as receitas associadas ao carbono dependem das características das propriedades, da adequação das metodologias, da qualidade dos dados, da verificação independente e da definição contratual da titularidade dos benefícios. Portanto, a principal contribuição da análise não consiste em comprovar a efetividade das tecnologias, mas em identificar como elas podem ser integradas, quais riscos precisam ser administrados e quais condições devem ser estabelecidas para sua posterior aplicação e avaliação na Empresa Alpha.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relato tecnológico teve como objetivo analisar como as tecnologias LCT e SOP Lagoon podem ser articuladas em uma proposta de gestão ambiental empresarial para a Empresa Alpha do Brasil, considerando seus mecanismos de atuação, benefícios potenciais, riscos e condições de implementação. A análise documental indica que as soluções desempenham funções distintas e potencialmente complementares. Enquanto o SOP Lagoon atua sobre o manejo e a valorização dos dejetos animais, o LCT oferece uma estrutura voltada à mensuração, à rastreabilidade e à certificação do desempenho ambiental. Sua articulação pode, portanto, integrar intervenção operacional, avaliação dos resultados e comunicação dos atributos ambientais associados à atividade pecuária.

Os documentos examinados reportam benefícios ambientais relacionados à redução das emissões de amônia e gases de efeito estufa, ao controle de odores, ao melhor aproveitamento dos nutrientes e à diminuição da necessidade de agitação das lagoas. Também são apresentadas possíveis repercussões econômicas, como redução de custos operacionais, menor utilização de fertilizantes sintéticos e valorização comercial vinculada à certificação e ao carbono. Esses benefícios, contudo, correspondem a projeções, estimativas ou resultados relatados nos materiais técnicos, não tendo sido diretamente mensurados na Empresa Alpha. Por essa razão, não podem ser interpretados como resultados comprovados da implementação das tecnologias no contexto analisado.

A análise também demonstrou que a adoção das soluções depende de condições que ultrapassam suas características técnicas. A eventual implementação requer definição de responsabilidades, capacitação das equipes, padronização dos procedimentos, integração das informações e estabelecimento de mecanismos de controle. No plano ambiental, exige a construção de linhas de base, a adequação dos fatores de emissão às condições brasileiras e a adoção de procedimentos de monitoramento, reporte e verificação. No âmbito da governança, torna-se necessário definir a propriedade dos dados, a titularidade das reduções e a divisão dos benefícios, prevenindo conflitos contratuais e a dupla contagem de créditos ou *insets* de carbono.

Como contribuição prática, o relato sistematiza os principais elementos que precisam ser considerados pela Empresa Alpha antes da incorporação das tecnologias à sua atuação ou à oferta de soluções aos clientes. A estrutura analítica e os indicadores propostos podem orientar a elaboração de projetos-piloto, o estabelecimento de responsabilidades e o acompanhamento dos resultados ambientais, econômicos e operacionais. Esses indicadores possuem caráter preliminar e deverão ser ajustados às características de cada unidade produtiva, às fontes de dados disponíveis e aos métodos de verificação adotados. Não constituem, portanto, um sistema validado de avaliação, mas uma base inicial para organizar a implementação e produzir evidências sobre seus resultados.

No plano conceitual, o trabalho aproxima a gestão ambiental empresarial e a ecoinovação das condições organizacionais necessárias à implementação de tecnologias sustentáveis. A análise reforça que a simples adoção de uma solução ambiental não assegura a obtenção de benefícios. A contribuição das tecnologias depende de sua integração à estratégia, às rotinas, aos sistemas de controle e aos processos decisórios da organização. Nesse sentido, a criação de valor ambiental, econômico e social está condicionada à capacidade de transformar características técnicas e projeções documentais em resultados mensuráveis, verificáveis e adequadamente governados.

As conclusões estão limitadas pela natureza documental do relato e pela dependência de materiais produzidos ou divulgados pelas organizações relacionadas às tecnologias. Não foram realizadas entrevistas, observações diretas, medições independentes ou comparações entre indicadores anteriores e posteriores à implementação. O estudo, portanto, não permite comprovar a efetividade das soluções, estabelecer relações causais ou generalizar os resultados para outras organizações e sistemas produtivos.

Como continuidade, recomenda-se a realização de projetos-piloto em propriedades selecionadas, com definição prévia de linhas de base e acompanhamento de indicadores relativos às emissões, ao manejo de dejetos, ao consumo de insumos, aos custos operacionais e às condições de trabalho. Também se mostra necessária a verificação independente dos resultados e a análise jurídica e contratual da titularidade dos benefícios ambientais. Esses procedimentos poderão oferecer evidências para avaliar a viabilidade da articulação entre LCT e SOP Lagoon e orientar sua eventual incorporação à gestão ambiental da Empresa Alpha.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI, José Carlos. *Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de negócios da sustentabilidade*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BARBIERI, José Carlos; CAJAZEIRA, Jorge Emanuel Reis. *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

DIAS, Reinaldo. *Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

DONAIRE, Denis. *Gestão ambiental na empresa*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

XI Simpósio em Gestão do Agronegócio (SGAgro).

“Cooperar para Competir: O Cooperativismo como Estratégia de Geração de Valor no Agronegócio.”

Jaboticabal, 19 e 20 de agosto de 2026

ELKINGTON, John. *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*. Oxford: Capstone, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. *Inovações tecnológicas e sustentabilidade na agropecuária brasileira*. Brasília, DF: Embrapa, 2023. <https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/handle/1/2285>

ENGERT, Sabrina; BAUMGARTNER, Rupert J. Corporate sustainability strategy: bridging the gap between formulation and implementation. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], v. 113, p. 822–834, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.11.094.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. *Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Rome: FAO, 2013.

GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

KPMG. *Relatório ESG Global 2023: tendências e perspectivas para negócios sustentáveis*. Londres: KPMG International, 2023. <https://kpmg.com/de/en/about/our-impact-report/our-impact-report-2023.html>

LOW CARBON TECHNOLOGIES. *Exploring sustainability partnerships: Brasil 2025*. Plain City, OH: LCT, 2024.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. *Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais*. Rio de Janeiro: E-Papers, 2008. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://instrumentosprojetuais.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/02/design-para-inovacca7acc83o-e-sustentabilidade\\_manzini.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://instrumentosprojetuais.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/02/design-para-inovacca7acc83o-e-sustentabilidade_manzini.pdf)

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nova York: ONU, 2015.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO — OCDE. *Eco-Innovation Policies in 2022: Fostering Green Transitions*. Paris: OECD Publishing, 2022.

PORTER, Michael E.; VAN DER LINDE, Claas. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 97–118, 1995.

LOW CARBON TECHNOLOGIES. *SOP Lagoon Tech Sheet*. Plain City, OH: LCT, set. 2024. [https://www.lowcarbontech.com/docs/default-source/product-techsheets/soplagoon\\_techsheets\\_0924.pdf](https://www.lowcarbontech.com/docs/default-source/product-techsheets/soplagoon_techsheets_0924.pdf).

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE — USDA. *Process Verified Program (PVP)*. Washington, D.C., 2023. Disponível em: <https://processverified.usda.gov/>. Acesso em: 8 out. 2025.