

UNIDADE CENTRAL DE EDUCAÇÃO FAEM FACULDADE LTDA - UCEFF
FACULDADE EMPRESARIAL DE CHAPECÓ – FAEM
ENGENHARIA MECÂNICA

**VIABILIDADE TÉCNICA DA AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE ENSAQUE DE
COMPOSTO DE NUTRIENTES PARA ANIMAIS**

Anderson Cappellari¹
Maria Regina Thomaz²
Maico Fernando Wilges Carneiro³
Euclésio Giuliani⁴
Simone Merlini⁵

RESUMO

Neste estudo foi efetuada uma análise de viabilidade técnica e econômica para a substituição de uma linha semiautomática de ensaque de composto de nutrientes para animais por um sistema automático em uma indústria de produção de ração localizada no oeste de Santa Catarina. Como base para a avaliação foram analisados a produtividade, ergonomia, segurança operacional e custos envolvidos. Para este estudo foram abordados dois cenários, um mantendo a produtividade atual, e outro com o acréscimo da capacidade de envase diária. Os resultados demonstraram que a instalação de um equipamento automático aumenta a capacidade de produção diária em 50% sendo possível reduzir um turno de trabalho mantendo a produção atual, além de reduzir a necessidade de mão de obra direta e minimizar a exposição dos colaboradores à poeira e a esforços físicos. Já no aspecto econômico, o investimento de R\$ 1.650.000,00 apresenta economia anual de até R\$ 340 mil, resultando em um *Payback* aproximado de 4 anos, com um ROI de até 26,37%. Conclui-se que a implantação da ensacadeira automática é tecnicamente e financeiramente vantajosa, eleva a eficiência operacional e promove condições mais seguras e padronizadas de produção.

Palavras-chave: Ensaque de composto de nutrientes para animais. Viabilidade econômica. Equipamento automático.

1 INTRODUÇÃO

Devido a um mercado globalizado e extremamente competitivo, a busca por produtos com qualidade é fundamental para manter-se competitivo frente às demais empresas. Em Santa Catarina, um dos ramos de negócios que leva destaque é a produção de proteína animal, especialmente de suínos. Neste cenário as fábricas de rações exercem papel fundamental nesta

¹ Graduando em Engenharia Mecânica (UCEFF, 2025). E-mail: anderson.cappellari.17@gmail.com.

² Mestre em Tecnologia e Gestão da Inovação. (UNOCHAPECÓ) - E-mail: maria@uceff.edu.br.

³ Docente da UCEFF Faculdades.

⁴ Mestre em Projetos e Processos de Fabricação – (UPF) – E-mail: euclesio@uceff.edu.br.

⁵ Docente da UCEFF Faculdades.

cadeia, pois, mesmo que os animais possuam uma genética avançada, uma nutrição deficiente impede a obtenção dos melhores resultados.

Para produzir insumos com qualidade, é imprescindível promover melhorias nos processos de fabricação de rações, para isso a busca por equipamentos que operem com maior confiabilidade e segurança é fundamental. Entre os processos que compõem a produção de rações e do composto de nutrientes para animais, o envase desempenha uma função essencial, pois garante a correta dosagem, proteção e conservação do produto até o consumo, favorecendo a máxima absorção de nutrientes.

A tecnologia empregada nesta etapa possui influência direta com a produtividade, segurança alimentar e a segurança dos colaboradores. Segundo Oliveira Júnior (2018), em empresas do setor de produção de rações, a implementação de tecnologias da Indústria 4.0 enfrentam barreiras estruturais, mas apresenta possibilidades de ganhos em eficiência e qualidade quando corretamente aplicada. Além disso, Menguer (2018) afirma que a implementação de equipamentos automáticos contribui para a redução do esforço físico dos colaboradores, melhora a ergonomia e minimiza a probabilidade de acidentes de trabalho.

O processo analisado ocorre em uma fábrica localizada no oeste de Santa Catarina, que produz ração e um composto de nutriente para animais. A unidade produz cerca de 1200 toneladas por dia entre rações e o composto de nutrientes, destas 220 toneladas são envasadas utilizando como equipamento uma ensacadeira de bolsas do tipo boca aberta composta por quatro roscas helicoidais que formam dois pares, uma rosca para macro dosagem e outra para micro dosagem, elas dosam o produto em duas balanças, enquanto uma está pesando o produto, a outra está sendo esvaziada para a sacaria. Após o enchimento utiliza-se uma máquina de costura industrial para efetuar o fechamento da sacaria.

Os equipamentos operam de forma semiautomática, porém apresentam limitações quanto à velocidade de produção devido a dependerem diretamente do operador para realizar o processo, devido à posição em que o operador precisa atuar no equipamento, à frente do bocal de saída do produto, o mesmo fica exposto a poeiras excessivas. Diante do cenário apresentado, surge a seguinte questão-problema: **é tecnicamente e financeiramente viável substituir a linha atual de ensaque por um equipamento automático que apresente ganhos técnicos e operacionais capazes de justificar o investimento?**

O objetivo principal deste estudo é verificar e analisar a viabilidade técnica e financeira para a substituição da linha existente por um sistema automático de ensaque de composto de nutrientes. Como objetivos específicos, o estudo analisa o desempenho do processo atual, identifica suas limitações operacionais, levanta características técnicas, como o número de

colaboradores, postos de trabalho e compara os equipamentos considerando produtividade e ergonomia.

A escolha do tema se justifica pelo aumento constante da produção, pelas legislações cada vez mais rigorosas, pela escassez de mão de obra e pela necessidade de produzir com maior segurança, confiabilidade e no menor tempo possível.

No setor de produção de rações e de composto de nutrientes para animais, melhorias operacionais podem gerar ganhos significativos em segurança, eficiência e lucratividade. A automação em sistemas de envase de composto de nutrientes demonstra benefícios tangíveis em termos de efetividade, controle de qualidade, rastreabilidade e redução de custos (Pereira; Ferrarezi Júnior, 2023).

Nesse sentido, Menguer (2018) destaca que a substituição de sistemas manuais ou semiautomáticos por equipamentos totalmente automáticos pode representar um diferencial competitivo, proporcionando maior consistência entre os lotes e reduzindo retrabalhos.

Com a implementação de um sistema automático para envase do composto de nutrientes, espera-se o aumento da produtividade, a redução do número de colaboradores diretamente envolvidos no processo, além de minimizar o esforço físico e a exposição à poeira gerada no processo atual. Assim, o estudo busca contribuir com evidências técnicas e operacionais que auxiliem na tomada de decisão quanto à modernização da linha existente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para atingir os melhores resultados possíveis na produção de proteína animal, a produção de rações e de composto de nutrientes exerce papel fundamental, pois influencia diretamente o desenvolvimento e a sanidade dos animais.

Como em todas as áreas, a busca por melhorias nos processos produtivos é constante, e na produção de rações não é diferente, essa busca é focada principalmente na padronização, segurança alimentar e eficiência operacional.

Um dos pontos mais críticos dentro dessa cadeia é o envase do composto de nutrientes, pois dependendo do equipamento utilizado a mão de obra é determinante para a velocidade em que o processo ocorre, além de ser um ponto crítico para a saúde ocupacional, pois acaba gerando um nível elevado de poeiras suspensas no ar.

Conforme Pereira e Ferrarezi Júnior (2023), a adoção de equipamentos automáticos no sistema de envase industrial contribui para a otimização do uso de matéria-prima e aprimoramento das condições de trabalho, com controle de qualidade mais rigoroso, uma

excelente rastreabilidade e uma maior produtividade operacional além de minimizar falhas humanas.

De acordo com Menguer (2018) a adoção de equipamentos automáticos não só eleva a qualidade do processo, mas também minimiza a exposição do trabalhador a condições insalubres.

Segundo Pereira e Ferrarezi Júnior (2023), a adoção de sistemas automáticos de envase possibilita maior controle de qualidade, redução de desperdícios e aumento da produtividade, configurando-se como diferencial competitivo no setor.

Desta forma, a revisão bibliográfica destaca que a substituição de maquinários manuais ou semiautomáticos em linhas de ensaque de composto de nutrientes é um tema de extrema relevância, pois a adoção de equipamentos mais modernos tende a otimizar a produtividade, reduzir custos, minimizar impactos ocupacionais e aumentar a segurança alimentar e dos colaboradores.

2.1 INDÚSTRIA 4.0

Dentre os desenvolvimentos industriais, a indústria 4.0 pode ser vista como uma nova etapa evolutiva dos processos produtivos, caracterizada pela junção entre sistemas automáticos, tecnologias inteligentes e integração digital, o que promove uma operação industrial por meio de conectividade avançada e auxilia nas tomadas de decisão baseadas na coleta de dados.

De acordo com Rocha (2022), esse novo modelo produtivo envolve o emprego intensivo de automação, sistemas ciberfísicos e cadeias produtivas conectadas globalmente, permitindo maior eficiência, capacidade de adaptação e rastreabilidade operacional, o que contribui diretamente para a competitividade organizacional.

2.2 AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA DE RAÇÕES

Para produzir com uma maior eficiência e competitividade nos dias atuais a instalação de equipamentos que operam de forma automática é de suma importância para modernizar processos produtivos. Rocha (2022) destaca que esse recurso possibilita a integração de processos produtivos, com uma maior velocidade de produção além de operar com menos custos operacionais, pois um dos maiores custos para produzir está relacionado à mão de obra. Mesmo sistemas mais simples de automação já apresentam ganhos relevantes, visto que, segundo Raizer (2014), é possível assegurar o envase de produtos acabados sem exigir a

presença constante de um colaborador durante todo o expediente.

2.3 TIPOS DE ENSACADEIRAS

O processo de envase de composto de nutrientes pode ser realizado em diferentes tipos de embalagens, sendo mais comuns as sacarias de 25 kg, amplamente utilizadas por atenderem às exigências ergonômicas estabelecidas pela Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17).

Para que se possa garantir a qualidade final do produto acabado, o envase deve ser executado com equipamentos que assegurem precisão, confiabilidade e segurança no manuseio, visto que a uniformidade do peso e a preservação da integridade da carga são fatores diretamente relacionados à competitividade e à conformidade do setor (Schmitt, 2020). Nesse contexto, as ensacadeiras configuram-se como soluções tecnológicas que podem ser classificadas em três configurações: manuais, semiautomáticas e automáticas (Ferreira, Oliveira e Rodrigues, 2019).

2.3.1 Ensacadeiras manuais

As ensacadeiras manuais representam os modelos mais simples, nos quais o operador desempenha papel fundamental em todas as etapas, pois o mesmo posiciona o saco, aciona o enchimento que geralmente é feito por sistemas mecânicos ou pneumáticos, controla o peso da sacaria e realiza a retirada do saco cheio para costura ou selagem.

Tais equipamentos destacam-se pelo baixo custo de aquisição e manutenção, além da flexibilidade para atender a pequenas produções. Entretanto, apresentam diversas limitações pois apresentam uma baixa produtividade, exigência de maior esforço físico do trabalhador, com riscos ergonômicos associados e maior variabilidade no peso final, em razão da dependência da atenção do operador.

Embora ainda utilizadas em empresas de pequeno porte, as ensacadeiras manuais vêm sendo gradativamente substituídas por sistemas semiautomáticos ou automáticos, que oferecem maior controle do processo, melhor produtividade e conformidade com as exigências de rastreabilidade cada vez mais rigorosas no setor de produção de rações (Schmitt, 2020).

2.3.2 Ensacadeiras semiautomáticas

As ensacadeiras semiautomáticas são uma solução intermediária entre um ensaque

totalmente dependente do operador e algo totalmente feito de forma automática. Elas já possuem um sistema no qual o operador permanece responsável pelo posicionamento e retirada da sacaria, enquanto o enchimento é realizado por mecanismos de dosagem que podem ser por rosca helicoidal, sopro ou gravidade controlados eletronicamente e integrados a balanças digitais.

Esse tipo de sistema proporciona dosagens mais precisas e redução nos tempos operacionais, embora não atinjam a produtividade de modelos totalmente automáticos, sendo geralmente mais vantajosos para empresas de médio porte (Neiva, 2021).

2.3.3 Ensacadeiras automáticas

As ensacadeiras automáticas operam de maneira semelhante a semiautomática, a diferença é que ela opera de maneira contínua no processo de envase. Este processo ocorre com o mínimo de intervenção dos colaboradores, sendo eles apenas responsáveis por alimentar os equipamentos com embalagens, pois estes sistemas realizam o posicionamento, enchimento, pesagem precisa, a selagem ou costura das sacarias e o transporte por esteiras.

A automação completa garante altos índices de produtividade e mínima variação no peso dos sacos, além de permitir integração com paletizadores automáticos, o que otimiza a logística interna e reduz drasticamente a necessidade de intervenção do colaborador.

Todavia, esse tipo de equipamento demanda investimento inicial elevado, manutenção especializada e infraestrutura adequada, fatores que restringem sua aplicação a indústrias de grande porte, voltadas para produções em larga escala (Schmitt, 2020).

2.4 ERGONOMIA E SAÚDE OCUPACIONAL

A adoção de equipamentos que operem de forma automática é de suma importância para modernizar processos produtivos e evitar riscos ergonômicos durante a realização de atividades cotidianas dos colaboradores. De acordo com Bento, Schuldt e Carvalho (2020), práticas como a integração de fornecedores e a adoção de métodos enxutos favorecem melhorias nos indicadores operacionais, tais como custos, qualidade, flexibilidade e velocidade, implicando ganhos significativos de eficiência.

Segundo a NR-17 “Não deverá ser exigido nem admitido o transporte manual de carga por um trabalhador cujo peso seja suscetível de comprometer sua saúde ou sua segurança” (Brasil, 2020, p. 3). Para suprir essa demanda a automatização de processos contribui para o

atendimento à norma além de contribuir para a saúde ocupacional do colaborador.

Além disso, outro ponto importante que é otimizado quando um processo é conduzido de forma automática, com mínima interferência dos colaboradores, é a redução dos riscos de acidentes. Nesse sentido, a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) estabelece que:

As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que resguardem proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores. (Brasil, 2019, p. 10).

Contudo, um equipamento automático, onde a intervenção humana é mínima este tipo de risco fica minimizado, pois para ter acesso às partes móveis do equipamento o colaborador precisa passar por uma série de barreiras, como sensores ou cortinas de luz que servem como proteção para caso de acionamento por humanos o equipamento venha a parar imediatamente.

2.5 PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA

A busca frenética por produzir mais com o mínimo de custos possíveis, é um dos, se não o principal desafio da indústria moderna. Com isto, a implementação de novas tecnologias surge como uma ferramenta estratégica para maximização dos processos e a minimização de falhas nos processos produtivos.

De acordo com Moreira (2014), a adoção de equipamentos automáticos constitui um fator imprescindível para alavancar o desempenho produtivo, visto que reduz drasticamente a dependência de intervenções humanas e ainda deixa o processo mais confiável.

O autor ainda ressalta que a implementação de sistemas automáticos confere flexibilidade às linhas de produção, assegurando melhor adequação às demandas do mercado, enquanto impulsiona a eficiência dos processos por meio da utilização otimizada dos recursos, possibilitando às empresas elevar sua produtividade, diminuir despesas e reforçar sua posição competitiva. Portanto, a automação não se limita a um processo de modernização tecnológica, mas constitui uma ferramenta fundamental para alavancar a eficiência e a competitividade da indústria.

2.6 VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE ENSAQUE AUTOMÁTICA

Mesmo com viabilidade econômica a médio e longo prazo, adquirir equipamentos automáticos apresenta ganhos significativos, como a redução de perdas de matéria-prima e o

aumento do rendimento acabam justificando o investimento em linhas automáticas de envase (Pereira; Ferrarezi Júnior, 2023).

Para validar a viabilidade de um investimento, é necessária uma série de análises financeiras que permitam identificar tanto o período de retorno do investimento quanto a rentabilidade do valor investido. Dentre os indicadores mais utilizados dois ganham destaque para este tipo de análise, o *Payback* e o Retorno sobre o Investimento (ROI). A forma correta para aplicar estes métodos é efetuar um levantamento de informações necessárias como o valor do investimento, projeções de receitas futuras e os custos envolvidos.

O *Payback* consiste no cálculo do tempo, geralmente em meses, necessário para restituir o valor investido a partir dos futuros fluxos de caixa. É um método difundido e amplamente utilizado devido a sua fácil compreensão por partes dos gestores, porém possui limitações significativas, como o desconsiderar dos fluxos de caixa após o prazo de retorno e a não consideração dos valores investidos no tempo (Assaf Neto, 1992).

O *Payback* pode expresso pela seguinte fórmula:

$$\text{Payback simples} = \text{Investimento Inicial} \div \text{Retorno por período} \quad (1)$$

O segundo método mede a eficiência do investimento em porcentagem. Isso envolve comparar o lucro líquido que se obteve com o capital que foi investido no começo. Tem muitos estudos que mostram como esse indicador é bastante usado para analisar projetos, já que ajuda o gestor a identificar qual aplicação pode oferecer o melhor retorno financeiro em relação ao que foi investido (Silva Junior; Barreto, 2019). O ROI pode ser expresso pela fórmula 2:

$$\text{ROI} = (\text{Lucro líquido} \div \text{Investimento inicial}) \times 100 \quad (2)$$

Resultando em um índice percentual de rentabilidade. Para Ritter (2022), a grande vantagem do ROI está na facilidade de interpretação e na aplicabilidade em diferentes contextos empresariais, desde projetos industriais até investimentos em marketing.

Entretanto, ambos os métodos apresentam limitações quando analisados de forma isolada. O *Payback*, apesar de útil na análise de liquidez e recuperação do capital, não considera a rentabilidade total do projeto, enquanto o ROI não contempla o valor do dinheiro no tempo nem as variações de risco e incerteza. De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2010) o ideal é a utilização conjunta desses indicadores, complementados por análises de sensibilidade que permitam simular diferentes cenários de taxas de desconto, receitas e custos. Assim, obtém-se

uma visão mais robusta da viabilidade, equilibrando tanto a liquidez de curto e médio prazo até mesmo para a rentabilidade de longo prazo.

2.7 VANTAGENS DE UMA ENSACADEIRA TOTALMENTE AUTOMATIZADA

A escolha de uma ensacadeira totalmente automatizada para o envase de composto de nutrientes deve considerar não apenas a produtividade, mas também ergonomia, segurança ocupacional, padronização do processo e viabilidade econômica. A automação mostra-se relevante por reduzir esforços físicos repetitivos, minimizar riscos ergonômicos e diminuir a exposição dos trabalhadores a agentes potencialmente nocivos, aspectos frequentemente observados em operações que envolvem manipulação manual ou semiautomática de materiais. (Araújo *et al.*, 2020).

Além disso, a integração das ensacadeiras automáticas com sistemas de transporte e paletização permite otimizar a logística interna e minimizar a necessidade de intervenção humana. Moreira (2014) destaca que a automação deve ser entendida não apenas como substituição de colaboradores por máquinas, mas como estratégia para aumentar eficiência, segurança e flexibilidade produtiva.

Apesar do investimento inicial mais elevado, os ganhos em produtividade, redução de perdas, conformidade com normas de segurança e melhoria das condições de trabalho indicam que a escolha por equipamentos automáticos é a que mais apresenta vantagens a médio e longo prazo. Casarotto Filho e Kopittke (2010) abordam que decisões de investimento em equipamentos automáticos devem equilibrar custos e benefícios, considerando indicadores como *Payback* e ROI, garantindo a sustentabilidade econômica do projeto.

2.8 ENCARGOS DE UM COLABORADOR CLT

Segundo Souza et al. (2012), os encargos incidentes sobre a folha de pagamento representam parcela expressiva do custo total de contratação no Brasil, especialmente em setores industriais. Os autores apontam que a alíquota do Seguro de Acidente de Trabalho (SAT/RAT) para atividades classificadas no grau de risco médio situa-se em aproximadamente 2%. Além disso, a contribuição patronal destinada ao Regime Geral de Previdência Social (INSS) corresponde a 20% do salário bruto. Souza et al. (2012) também destacam que as contribuições a terceiros, como o Sistema S e o INCRA, totalizam valores próximos que ficam entre 4,1% e 5,8%. Os mesmos autores afirmam que o depósito de 8% para o Fundo de Garantia

do Tempo de Serviço integra obrigatoriamente os encargos da folha, somando-se às provisões legais de férias acrescidas de um terço constitucional e ao 13.º salário, que juntos correspondem a 19,44%, o que amplia significativamente o custo anual de manutenção do trabalhador formalizado.

Conforme aponta Britto et al. (2024) a estrutura tributária brasileira se mantém entre as mais onerosas sobre a folha de pagamento em economias emergentes, atingindo com maior intensidade setores de uso intensivo de mão de obra, como é o caso da indústria de alimentos.

Considerando essas obrigações, os encargos superam 54% do salário nominal, podendo alcançar cerca de 70% quando incluem adicionais previstos em convenções coletivas, como insalubridade, periculosidade ou benefícios alimentares industriais. Dessa forma, um colaborador remunerado em R\$ 3.000,00 passa a custar entre R\$ 4.620,00 e R\$ 5.100,00 mensais à empresa, um resultado coerente com as análises estruturais de Neves (2022), que demonstram como encargos e provisões ampliam a distância entre a remuneração recebida pelo trabalhador e o custo integral assumido pelo empregador.

2.9 DEPRECIAÇÃO

A depreciação de equipamentos industriais representa a alocação sistemática do valor dos bens imobilizados ao longo de sua vida útil econômica estimada, de modo a refletir não apenas o desgaste físico, mas também a obsolescência e a perda de valor por uso. Em empresas do setor de bens industriais no Brasil, constatou-se que a taxa anual de depreciação para máquinas e equipamentos, conforme regulamento fiscal, era de 10% (equivalente a uma vida útil de aproximadamente 10 anos) para turnos normais de oito horas diárias, ainda que muitas empresas ajustem a vida útil com base no uso real e revisem periodicamente essa estimativa. (Silva; Kutianski; Scherer, 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma linha de ensaio de composto de nutrientes para animais pertencente a uma indústria de produção de rações localizada no oeste de Santa Catarina. A linha analisada utiliza uma ensacadeira de bolsas do tipo boca aberta, marca Muiyang, modelo LCS-25, equipada com quatro roscas helicoidais, onde estas roscas possuem motores elétricos de potências 3 KW e 1,5 KW, além de duas balanças, com capacidade nominal

de 400 bolsas por hora. O sistema conta ainda com uma máquina de costura Matisa modelo F-202, responsável pelo fechamento das embalagens.

Inicialmente, foi realizada uma descrição técnica dos equipamentos e do processo de ensaque. Durante os meses de outubro e novembro de 2025 foram coletados dados sobre a capacidade produtiva usando a cronometragem do número de bolsas ensacadas e costuradas em um minuto, para esta medição foi utilizado um cronômetro digital marca Kasvi, modelo K30-104, além da observação das condições ergonômicas e de segurança no trabalho foram observados também o tipo de dosagem e o sistema de fechamento utilizados foram especificados.

A coleta de dados envolveu observação direta dos processos, registro dos tempos de operação, levantamento do número de colaboradores envolvidos, e obtenção de informações financeiras referentes aos custos de operação e de mão de obra. Posteriormente a isso, foram levantadas soluções técnicas disponíveis no mercado para realizar o envase de composto de nutrientes, considerando características como, capacidade horária, tipos de fechamento automáticos e facilidade de operação. Essas informações foram obtidas por meio de orçamentos, catálogos e especificações de fabricantes e fornecedores especializados.

Para a análise técnica foi efetuada uma comparação entre as condições atuais e a projeção de uma linha automática, considerando produtividade, otimização de recursos humanos e melhorias ergonômicas. Já para a análise financeira, foram aplicadas ferramentas de avaliação de investimento, como o período de *Payback* e o retorno sobre investimento (ROI), a fim de determinar a viabilidade econômica da automação proposta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DESEMPENHO DA LINHA DE ENSAQUE ATUAL

A linha de ensaque de composto de nutrientes atualmente instalada na planta opera de forma semiautomática e apresenta capacidade média de 6 sacos por minuto, o que equivale a 360 sacos/hora, ou aproximadamente 9 toneladas/hora, considerando sacarias de 25 kg. Em regime contínuo de três turnos, essa produção atinge 72 toneladas por turno e 216 toneladas por dia, atendendo à demanda atual, porém com reduzida margem operacional para expansões ou variações de produção.

Na figura 1 é possível visualizar o bocal onde o operador posiciona a sacaria e aciona o dispositivo elétrico fim de curso, que por sua vez aciona dois cilindros pneumáticos para fixar

a bolsa e liberar o enchimento da sacaria. Pode ser observado também que existe o risco destes dispositivos pneumáticos prensarem as mãos do colaborador contra a estrutura do equipamento.

Figura 1 – Local de posicionamento da sacaria.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Este é um dos pontos críticos de emissão de poeira, mesmo com a exaustão instalada, o sistema não é eficiente devido as características do produto, o que acaba gerando um desconforto para os colaboradores no momento do ensaque.

Já na figura 2 nota-se que tanto o colaborador responsável pelo ensaque quanto o operador da máquina de costura, estão muito próximos a saída do produto pelo bocal da ensacadeira.

Devido a esta proximidade entre os colaboradores os mesmos ficam expostos a poeira de maneira constante, mesmo com a exaustão, proteções instaladas e a utilização de EPIs, ocorrem muitas reclamações relacionadas a este processo, sendo tema constante em entrevistas demissionais, onde de cada dez colaboradores, sete citam a exposição constante a poeiras como fator determinante para a desistência do posto de trabalho.

Figura 2 – Local de envase e de costura das sacarias.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Na figura 2 observa-se também a máquina de costura, onde o operador precisa manipular a sacaria cheia com 25 kg para posicionar a mesma para efetuar a costura, sendo necessário em muitas vezes erguer a mesma para efetuar o alinhamento com o equipamento, o que acaba gerando um desconforto ergonômico para o operador.

O funcionamento atual da linha exige três operadores por turno, totalizando nove trabalhadores para manter o sistema ativo durante 24 horas. Esses colaboradores desempenham atividades como posicionamento das sacarias vazias, acionamento manual da máquina de costura, movimentação interna das embalagens, movimentação das sacarias cheias e limpeza frequente da área devido à emissão de poeiras constantes durante o processamento.

Na Tabela 1, é possível ver o custo mensal de cada operador com base na média salarial do setor que é de R\$ 2.900,00, juntamente com os encargos trabalhistas típicos do ramo alimentício, que adicionam cerca de 54% ao salário nominal (Britto et al., 2024; Neves, 2022).

Tabela 1- Custo de colaboradores para a empresa.

Encargo / Provisão	Alíquota (%)	Valor (R\$)
Salário base	—	2900,00
INSS Patronal	20%	580,00
RAT/SAT (grau de risco 2)	2%	58,00
Terceiros (Sistema S, INCRA, Salário-Educação)	5% (média)	145,00
FGTS	8%	232,00
Provisão de 13.º salário	8,33%	241,57
Provisão de férias + 1/3 constitucional	11,11%	322,19
Total de encargos	54,44%	1.578,76
Custo total mensal para a empresa	—	4.478,76

Fonte: Elaboração própria (2025).

$$\text{Custo mensal de mão de obra} = 9 \text{ operadores} \times 4.478,76 = \text{R\$ } 40.308,84 \quad (3)$$

Além do custo direto elevado, identifica-se desgaste físico dos operadores, principalmente na movimentação das sacarias de 25 kg, contrariando recomendações ergonômicas previstas na NR-17 (Brasil, 2020). A exposição à poeira similar é apontada por Menguer (2018) como fator crítico de risco ocupacional e reforça os desafios ambientais e de saúde presentes na operação semiautomática.

O equipamento em uso possui mais de onze anos de utilização, e conforme Silva, Kutianski e Scherer (2014) o mesmo pode ser considerado depreciado. Um conjunto similar ao instalado composto por uma ensacadeira formada por quatro roscas helicoidais, acopladas a duas balanças eletrônicas juntamente com a máquina de costura, possui valor para a aquisição em torno de 300 mil reais, conforme orçamentos técnicos fornecidos.

Caso seja realizada a substituição, o equipamento usado poderá ser vendido, estimando-se um valor venal correspondente a 20% do valor de um equipamento novo, visto que o equipamento possui em bom estado de conservação. Dessa forma, a receita obtida com a venda contribuiria para um *Payback* mais favorável na análise de viabilidade.

Para os cálculos apresentados a seguir, foram considerados o valor do KW/h disponíveis no site da Companhia Catarinense de Energia Elétrica (Celesc), onde a empresa aonde o estudo foi efetuado se encaixa no grupo A4 devido a receber a energia em 23 KV, com isso o valor por KW/h fica em R\$ 0,62798 durante o horário de ponta, que segundo a Celesc é o período definido pela distribuidora, considerando a curva de carga de seu sistema elétrico e composto por três horas diárias consecutivas. Durante o restante do dia o valor por KW fica R\$ 0,44558.

Na Tabela 2 observa-se o consumo de energia gasto pelo sistema atual durante um ano de trabalho, considerando os quatro motores do equipamento semiautomático, trabalhando 21 horas no regime de horário normal, e 3 horas no horário de ponta, sendo considerados 20 dias de trabalho por mês ao longo do ano.

Tabela 2 – Consumo do equipamento durante o horário normal de trabalho.

Potência instalada	Dias trabalhados anuais	Valor do KW	Custo anual (R\$)
189	240	0,44558	20.211,50
27	240	0,62798	4.069,31
Total			24.280,81

Fonte: Elaboração própria (2025).

A Tabela 2 apresenta o consumo anual de energia elétrica dos equipamentos considerando a operação tanto no horário normal quanto no horário de ponta. Observa-se que

a operação durante o horário de ponta apresenta um custo de 40,9% superior ao horário normal, o que acaba elevando o custo operacional.

4.2 ANÁLISE DA LINHA AUTOMATIZADA PROPOSTA

A alternativa avaliada consiste na instalação de uma ensacadeira totalmente automática, da marca Insack, modelo Aplicador de boca aberta dupla Plus 1010 cujo investimento total é de R\$ 1.650.000,00, com base no orçamento fornecido pelo fabricante, neste valor está incluso a montagem, comissionamento e integração completa ao sistema produtivo existente além de treinamento para os operadores e manutenção. O novo equipamento apresenta capacidade de 9 sacos por minuto ou 540 sacos/hora, equivalente a 13,5 toneladas/hora o que representa um aumento de 50% na produtividade em relação à linha atual.

A ensacadeira é composta por alimentador automático de sacos, sistema de dosagem de alta precisão, costura automática e transportadores integrados. A mesma possui barreias físicas, sendo possível acessar somente com o equipamento parado devido às peças móveis do equipamento, com isso, a intervenção do operador é mínima limitando-se ao monitoramento e abastecimento do magazine de sacarias, deixando o colaborador afastado da área de ensaque, evitando que o operador fique exposto ao pó durante toda a sua jornada de trabalho. Elimina-se também a necessidade de movimentação das sacarias para direcionar para a costura, reduzindo drasticamente esforços repetitivos e carregamento manual de cargas.

Com a substituição do sistema, a operação passa a demandar apenas um operador por turno, totalizando três trabalhadores. Mantendo o mesmo custo total por operador (R\$ 4.478,76), o custo mensal de mão de obra na linha automática é:

$$\text{Custo mensal linha automática} = 3 \text{ operadores} \times 4.478,76 = \text{R\$ } 13.436,28 \quad (4)$$

Na Tabela 3 observa-se o consumo de energia gasto pelo sistema automático durante um ano de trabalho, considerando os 14 motores que somados possuem uma potência de 16,3 KW, considerado as potências informadas pelo fabricante, trabalhando 21 horas no regime de horário normal, e 3 horas no horário de ponta, sendo considerados 20 dias de trabalho por mês ao longo do ano.

Tabela 3 – Consumo do equipamento durante o horário normal de trabalho.

Potência instalada	Dias trabalhados anuais	Valor do KW	Custo anual (R\$)
342,3	240	0,44558	36.605,28
27	240	0,62798	7.369,97
Total			43.975,25

Fonte: Elaboração própria (2025).

4.3 COMPARATIVO DE PRODUTIVIDADE, ERGONOMIA E MÃO DE OBRA

Na Tabela 4 observa-se a comparação entre o sistema atual instalado na unidade e uma projeção com a instalação do sistema de envase e costura automático mantendo os três turnos de trabalho.

Tabela 4 – Comparativo entre os sistemas de ensaque com três turnos de trabalho.

Indicador	Sistema Atual	Sistema Automatizado	Variação (%)
Capacidade (sacos/h)	360	540	+50%
Produtividade (t/h)	9	13,5	+50%
Operadores totais	9	3	- 66,67%
Custo mensal de mão de obra	R\$ 40.308,84	R\$ 13.436,28	-66,65%
Custo de energia mensal	R\$ 2.023,40	R\$ 3.664,60	+ 81,1%
Exposição à poeira	Alta	Mínima	—
Esforço físico	Elevado	Baixo	—

Fonte: Elaboração própria (2025).

Os nove colaboradores, são dois operadores por turno, além de um terceiro que é responsável pela retirada dos pallets prontos para serem envoltos com filme *stretch* na saída da ensacadeira, com a adoção de um sistema automático, não há necessidade de o operador permanecer todo o período ao lado do equipamento durante o processo, sendo assim o mesmo pode exercer as duas funções, visto que o tempo para retirada do pallet é de aproximadamente 150 segundos.

Já na Tabela 5 é demonstrado um comparativo mantendo a mesma produção diária, porém com a redução de um turno de trabalho, com isso diminui o valor do custo de energia no sistema automático, devido à redução de um turno de trabalho, onde acaba gerando um custo anual de R\$ 27.889,74.

Tabela 5 – Comparativo entre os sistemas de ensaque com dois turnos.

Indicador	Sistema Atual	Sistema Automatizado	Variação (%)
Capacidade (sacos/h)	360	540	+50%
Produtividade (t/h)	9	9	0
Operadores totais	9	2	-77,78%
Quantidade de turnos de trabalho	3	2	-33,33%
Custo mensal de mão de obra	R\$ 40.308,84	R\$ 8.957,52	-77,77%

Indicador	Sistema Atual	Sistema Automatizado	Variação (%)
Custo de Energia Mensal	R\$ 2.023,40	R\$ 2.324,14	+ 14,86%
Exposição à poeira	Alta	Mínima	—
Esforço físico	Elevado	Baixo	—

Fonte: Elaboração própria (2025).

A avaliação econômica da substituição da linha semiautomática de ensaque pela linha totalmente automática baseia-se, principalmente, na comparação entre o investimento inicial necessário e na economia gerada na operação ao longo do tempo. No cenário estudado, o novo sistema demanda um investimento de R\$ 1.650.000,00, contemplando fornecimento do equipamento, montagem, integração à planta existente e comissionamento. Em contrapartida, no melhor cenário o equipamento reduz de nove para dois o número de operadores necessários para manter a mesma produtividade, porém com o processo em regime dois turnos, resultando em economia mensal de R\$ 31.351,32 e economia anual de R\$ 376.215,84 em custos de mão de obra direta.

Com a adoção do sistema automático os colaboradores não ficam expostos a poeira constante gerada a partir do ensaque, além de não ser necessário a movimentação de sacarias para o fechamento por meio de costura. Esses efeitos, somados aos ganhos em produtividade, indicam que a implementação de um equipamento automático não apenas reduz despesas operacionais, como também aumenta a eficiência do uso do capital investido. Dessa forma, a análise financeira, apoiada em indicadores tradicionais como *Payback* e ROI, permite concluir se o fluxo de caixa gerado pela economia anual é suficiente para compensar o investimento inicial em um horizonte de tempo aceitável para a empresa.

O método do *Payback* simples foi utilizado para estimar o tempo necessário para que a economia anual proporcionada pela automação compense o valor investido na nova linha de ensaque. Considerando o investimento de R\$ 1.650.000,00 somado ao custo adicional de energia elétrica anual de R\$ 3.608,87, e a economia anual de R\$ 376.215,84, somado ao valor de R\$ 60.000,00 de uma futura venda do equipamento usado, para este chegar a este valor foi considerando 20% do valor venal de equipamento novo com as mesmas características que segundo orçamento do fabricante o mesmo custa R\$ 300.000,00, têm-se um período de retorno aproximado de 3,79 anos, ou cerca de 45 meses mantendo a produção atual, com o acréscimo de 50% de produtividade, o *Payback* sobe para 4,36 anos, em torno de 52 meses. Esse resultado indica que, a partir desse horizonte, o projeto tende a gerar caixa líquido positivo para a empresa, sob a ótica da economia de mão de obra e dos principais ganhos operacionais diretos.

No contexto da fábrica analisada, um *Payback* em torno de quatro anos pode ser considerado aceitável, sobretudo quando se leva em conta que a vida útil esperada de uma linha de ensaque automatizada normalmente supera esse horizonte, possibilitando que o equipamento continue gerando benefícios econômicos por vários anos após o retorno do capital investido.

Abaixo está apresentado o cálculo do *Payback* mantendo a mesma produção diária.

$$\text{Payback} = 1.653.608,87 \div 436.215,84 = 3,79 \text{ anos} \quad (5)$$

Abaixo está apresentado o cálculo do *Payback* com o acréscimo de 50% na produção diária.

$$\text{Payback} = 1.669.694,39 \div 382.470,72 = 4,36 \text{ anos} \quad (6)$$

O Retorno sobre o Investimento (ROI) complementa a análise do *Payback* ao expressar, em termos percentuais, a relação entre o ganho anual obtido com o projeto e o capital aplicado. Para o caso estudado com o aumento de produtividade, o ROI calculado foi de 22,90% ao ano, considerando a economia anual de R\$ 322.470,72 mais os R\$ 60.000,00 da futura venda da ensacadeira usada, frente ao investimento inicial de R\$ 1.650.000,00 além dos custos adicionais de energia elétrica.

Ao manter a produtividade atual, o ROI calculado foi de 26,37% ao ano, considerando a economia anual de R\$ 376.215,84 mais os R\$ 60.000,00 da futura venda da ensacadeira usada, frente ao investimento citado anteriormente mais os custos adicionais com energia elétrica.

Quando comparado a alternativas usuais de aplicação de capital na indústria, esse nível de retorno pode ser considerado atrativo, especialmente em um cenário de forte competição e necessidade de modernização tecnológica. Além disso, o ROI calculado refere-se apenas às economias diretas com mão de obra, não incorporando potenciais benefícios adicionais, como redução de perdas de produto e diminuição de paradas por falhas operacionais. Dessa forma, a tendência é que o retorno efetivo do projeto seja ainda mais favorável do que o estimado pelos indicadores conservadores utilizados nesta análise.

Nas fórmulas 7 e 8 estão apresentados os cálculos do ROI para os dois cenários, com o acréscimo de 50%:

$$\text{ROI} = (382.470,72 \div 1.669.694,39) \times 100 = 22,90\% \text{ ao ano} \quad (7)$$

E mantendo a produção atual:

$$ROI = (436.215,84 \div 1.653.608,87) \times 100 = 26,37\% \text{ ao ano} \quad (8)$$

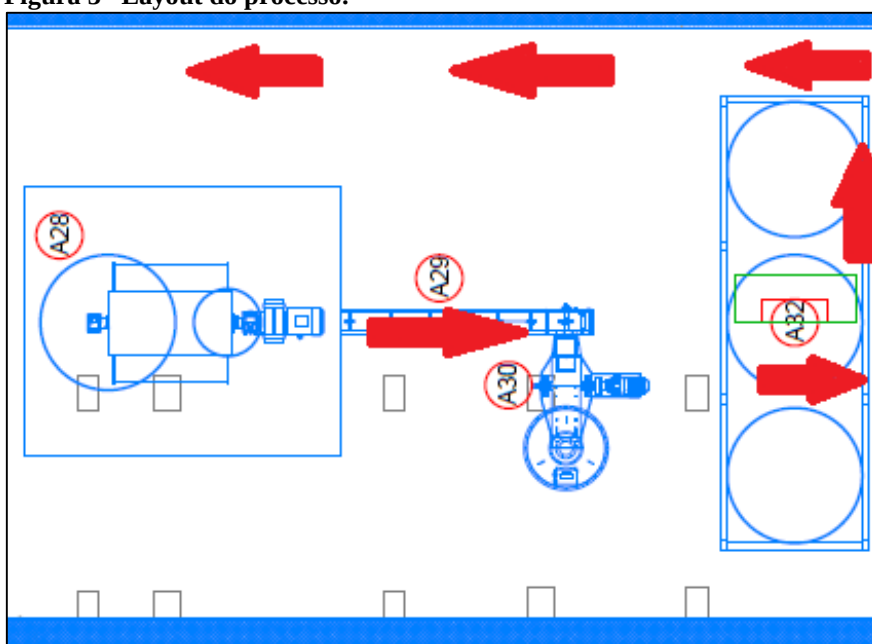
Esse retorno é considerado atrativo no setor industrial, situando-se acima da média dos investimentos de modernização típicos da indústria.

Já na análise do layout existente na planta, observa-se na Figura 3 uma demarcação em vermelho onde a ensacadeira e a máquina de costura estão instaladas atualmente, com cerca de 3,00 metros de largura, 4,00 metros de comprimento e 4,5 metros de altura total do equipamento.

Nota-se também os equipamentos como o misturador do composto de nutrientes (A28), o drag de transporte (A29), o elevador de canecas (A30), além do silo de armazenagem (A32) que abastece a ensacadeira com o produto. As setas vermelhas indicam o fluxo do produto, desde a saída até o misturador até o pallet formado. O transporte entre o elevador e o silo é feito por meio de tubulação que interliga os dois equipamentos.

Já a projeção do equipamento novo, ocupa mais espaço no layout produtivo, porém pode ser instalado sem maiores problemas, visto que o mesmo possui um comprimento de 5,6 metros, uma largura de 4,5 metros e uma altura de 4,25 metros, segundo o catálogo e desenho técnico fornecido pelo fabricante, sendo necessário alguns pequenos ajustes para interligar o equipamento com o silo de armazenagem do produto a ser ensacado, o sentido do fluxo do produto também pode ser mantido.

Figura 3 –Layout do processo.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com isto o espaço físico não será um problema para a implementação do equipamento automático no espaço existente.

4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos reforçam que a implementação do sistema automático da linha de envase constitui uma solução tecnicamente consistente e economicamente vantajosa. O aumento de 50% na capacidade produtiva, aliado à redução de 66 % nos custos de mão de obra, demonstra que o investimento proporciona benefícios operacionais imediatos e retorno financeiro em aproximadamente quatro anos.

Os ganhos indiretos também são significativos: redução de riscos ergonômicos, eliminação de exposição à poeira, maior estabilidade de processo e melhora do ambiente de trabalho. Esses efeitos qualitativos se alinham às análises de Pereira e Ferrarezi Júnior (2023) sobre adoção de equipamentos automáticos em fábricas de ração, bem como à visão de Moreira (2014) sobre automação como eixo estratégico competitivo. Além disso, corroboram as diretrizes da Indústria 4.0 descritas por Rocha (2022), que destacam a modernização como fundamental para a sustentabilidade produtiva e tecnológica.

Sendo assim, a adoção da ensacadeira automática representa uma alternativa sólida, consistente e alinhada às necessidades da planta, promovendo avanços estruturais em eficiência, ergonomia, segurança e rentabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado demonstrou que a modernização da linha de envase de composto de nutrientes para suínos por meio da implantação de uma ensacadeira automática representa uma alternativa tecnicamente consistente, operacionalmente vantajosa e economicamente viável para a indústria analisada.

A análise do sistema atual evidenciou limitações importantes relacionadas à produtividade e segurança ocupacional. Na linha semiautomática, a velocidade de ensaque está diretamente relacionada à destreza do operador, sendo que seu desempenho pode ser ainda menor do que apontado nesta análise, devido às constantes trocas de colaboradores no setor, além disso, esse equipamento exige nove operadores distribuídos entre três turnos, com certos níveis de esforço físico, exposição intensa a poeiras e exposição a partes móveis do equipamento, aspectos que contrariam diretrizes da NR-17 e NR-12. Além disso, o custo

mensal associado à mão de obra direta alcança mais de R\$ 40 mil, representando um impacto significativo no custo operacional da fábrica.

Com base no levantamento de dados e na análise comparativa, observou-se que a ensacadeira automática supera os limites produtivos da operação atual, elevando a capacidade de 360 para 540 sacos por hora um ganho de 50% ao mesmo tempo em que reduz a necessidade de operadores de nove para três colaboradores por dia. Esse avanço reduz em 66 % o custo operacional com mão de obra direta e elimina atividades de risco ergonômico e insalubre, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro, limpo e adequado às normas vigentes. Por outro lado, caso a produção diária seja mantida, é possível reduzir um turno de trabalho, visto que o equipamento automático, entrega 50% a mais de produção por hora, o que facilitaria o processo da unidade em geral, com um turno destinado a limpeza e manutenção do setor o que no regime atual de trabalho, requer paradas programadas, além de apresentar uma redução ainda mais atrativa financeiramente.

No aspecto econômico, a implementação de um sistema automático apresenta um desempenho favorável. Com economia anual superior a R\$ 320 mil, o investimento inicial de R\$ 1.650.000,00 resulta em um *Payback* aproximado de 4 anos e um retorno sobre investimento (ROI) de 22,90 % ao ano.

Além disso, o estudo confirmou que a adoção de equipamentos automáticos está de acordo com os princípios da Indústria 4.0 e às tendências de modernização industrial apontadas por diversos autores da literatura, como Moreira (2014), Rocha (2022), Pereira e Ferrarezi Júnior (2023) e Menguer (2018). As melhorias em eficiência, confiabilidade, ergonomia e segurança apontam que a substituição do equipamento semiautomático por um sistema totalmente automático contribui não apenas para o desempenho operacional, mas também para a sustentabilidade produtiva e para a competitividade da empresa no longo prazo.

Portanto, conclui-se que a implementação da ensacadeira automática é recomendada tanto sob o ponto de vista técnico quanto financeiro, apresentando-se como uma solução eficiente para aumentar a capacidade produtiva, reduzir custos operacionais e maximizar a segurança ocupacional do processo de envase do composto de nutrientes. O investimento analisado demonstra coerência com as tendências industriais e com as necessidades específicas da planta estudada, visto a dificuldade na contratação de mão de obra qualificada no qual o setor vem sofrendo nos últimos tempos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Raquel Ferreira Araruna de; CARVALHO, Márcio Alves Marçal; XAVIER, Diego Mendes; OLIVEIRA, Rayane de Araújo; CASTRO, Janine Fernandes. **Riscos ergonômicos em uma linha de produção na indústria automotiva**. In: *Anais do XX Congresso Brasileiro de Ergonomia (ABERGO 2020)*. Virtual: Even3, 2020. Disponível em: <https://static.even3.com/anais/295557.pdf?v=638943554211883391>. Acesso em: 24 set. 2025.

ASSAF NETO, Alexandre. **Os métodos quantitativos de análise de investimentos (período de Payback simples vs. descontado)**. *Cadernos de Ensino, Tecnologia e Sociedade (CEST)*, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 51-66, 1992. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cest/a/mVqm4JCd8YFKs8JHcGBvX9L/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2025.

BENTO, Graziela dos Santos; SCHULDT, Klaus Siegmair; CARVALHO, Luciano Castro de. **A influência da integração do fornecedor e adoção de práticas lean no desempenho operacional**. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 27, n. 1, p. 1-21, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/ptVvCKMCsSqRQKkF6tRMcpt/?format=html&lang=en>. Acesso em 18 set. 2025.

BRASIL. **Norma Regulamentadora n.º 17 (NR-17) – Ergonomia: redação atualizada pela Portaria MTP n.º 423, de 7 de outubro de 2021, e Portaria MTP n.º 4.219, de 20 de dezembro de 2022**. Brasília, 2023. 22 p. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-17-atualizada-2023.pdf>. Acesso em: 10 set. 2025.

BRASIL. **Norma Regulamentadora n.º 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos: versão atualizada 2025**. Brasília, 2025. 165 p. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-12-atualizada-2025.pdf>. Acesso em: 4 set. 2025.

BRITTO, Gustavo; DE QUEIROZ STEIN, Alexandre; OLIVEIRA SANTOS, Diogo; RIBEIRO QUEIROZ, Arthur; PRATES ROMERO, João. **Payroll tax relief: a sectoral characterization based on RAIS and National Accounts data**. *Brazilian Keynesian Review*, v. 10, n. 1, p. 194-226, 2024. Disponível em: <https://bkr.emnuvens.com.br/BKR/article/view/367>. Acesso em: 11 nov. 2025.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CELESC. **Glossário**. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/glossario#h>. Acesso em: 03 dez. 2025.

CELESC. **Glossário**. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/glossario#g>. Acesso em: 03 dez. 2025.

CELESC. **Tarifas de energia**. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/tarifas-de-energia>. Acesso em: 03 dez. 2025.

FERREIRA, Davi; OLIVEIRA, Carolini Tana; RODRIGUES, Claudio Vilela. **Melhoria no processo de ensaio de ração animal: um Projeto de Pesquisa-Ação**. In: *Anais do CONBREPPO 2019*. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09292019_230950_5d916baab79f2.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.

MENGUER, Marcos Vinicius. **Análise de viabilidade econômica do projeto de substituição das caixas de abastecimento de microingredientes de uma fábrica de rações**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25245>. Acesso em: 17 ago. 2025.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

NEIVA, Marcos Vinicius Cotta. **Desempenho de mecanismos dosadores helicoidais com e sem adição de grafite agrícola ao fertilizante químico granulado**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/29581/1/2021_MarcosViniciusCottaNeiva_tcc.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.

NEVES, Daniela. **A exploração do trabalho no Brasil contemporâneo**. Revista Kriterion – Estudos Sociais, [S.l.], v. 38, n. 90, p. 123-140, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rk/a/RyBwcJVRVXSBzhfyd9hz9Xf/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 14 nov. 2025.

OLIVEIRA JÚNIOR, Libório de. **Modelo de maturidade para a indústria 4.0 para PME's brasileiras: um estudo de caso em uma indústria de ração animal**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4067>. Acesso em: 14 ago. 2025.

PEREIRA, Isabela Pires; FERRAREZI JÚNIOR, Edeimar. **A importância da automação no sistema de envase**. Revista Interface Tecnológica, Taquaritinga, SP, v. 20, n. 2, p. 896–906, 2023. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1764>. Acesso em: 14 ago. 2025.

RAIZER, Fernando. **Sistemas modulares para adição de premixes nas fábricas**. *Agrimídia*, 2014. Disponível em: <https://www.agrimidia.com.br/nutricao/sistema-modulares-para-adicao-de-premixes-nas-fabricas-por-fernando-raizer>. Acesso em: 31 ago. 2025.

RITTER, Eduardo. **Conheça o índice ROI, utilizado para calcular o retorno sobre o investimento**. *Superavit – Blog da UFPel*, 26 set. 2022. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/superavit/2022/09/26/conheca-o-indice-roi-utilizado-para-calculer-o-retorno-sobre-o-investimento/>. Acesso em: 4 set. 2025.

ROCHA, Ramon Gomes. **Importância da automação no processo industrial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade Pitágoras, Ipatinga, 2022. Disponível em:

https://repositorio.pgscogna.com.br/bitstream/123456789/58057/1/RAMON_GOMES_ROCHA.pdf. Acesso em: 17 nov. 2025.

SCHMITT, Thiago Roberto. **Propostas de layout para uma fábrica de rações: estudo de caso**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/218983/TCCSchmittThiago.pdf?isAllowed=y&sequence=1>. Acesso em: 22 set. 2025.

SILVA JÚNIOR, Aloysio Vianna. BARRETO, Bruno Rolemberg. **Gestão de valor em projetos de TI: um estudo sobre organizações no Brasil**. Fundação Getúlio Vargas – FGV, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/gp/a/wc9K7M5f7bsWc4DRpTV4FmD/?lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2025.

SILVA, Mônica Campos da; KUTIANSKI, Sandi; SCHERER, Luciano Marcio. **Fatores determinantes na variação da taxa de depreciação**: estudo empírico em empresas listadas do setor de bens industriais. In: *Anais do XXI Congresso Brasileiro de Custos*, Natal, RN, 17–19 nov. 2014. Disponível em:

<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/download/3834/3835>. Acesso em: 17 nov. 2025.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, André Portela; FIRPO, Sérgio P.; PONCZEK, Vladimir P.; ZYLBERSTAJN, Eduardo; RIBEIRO, Felipe Garcia. **Custo do trabalho no Brasil: proposta de uma nova metodologia de mensuração – Relatório Final**. São Paulo: Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 2012. Disponível em:

<https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/file/Custo%20do%20Trabalho%20no%20Brasil%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2025.