

Organizador
Msc. Gean Carlos Fermino



FUNDAÇÃO
InoversaSul 



fapesc
Fundação de Amparo à
Pesquisa e Inovação do
Estado de Santa Catarina



GOVERNO DE
SANTA
CATARINA
SECRETARIA DA CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Instituição Executora
Fundação Inoversasul - (InoversaSul)

Apoio
Fapesc
Governo de Santa Catarina

Capa
Rafael Pessi

Suporte Editorial
Luciana Mara Silva e Rafael Pessi

Coordenação Geral
Msc. Gean Carlos Fermino

Comissão Científica
Msc. Gean Carlos Fermino – Coord. Geral
Dra. Clésia da Silva Zapelini
Dr. Geovan Martins Guimarães
Dr. Jonas Schneider
Dra. Luciana Mara Silva
Dra. Monique Michels
Dra. Patricia Menegaz de Farias
Msc. Madelon Peters
Msc. Tatiane dos Santos Leal
Msc. Rudiney Marcos Herdt

Comissão Organizadora
Valter Alves Schmitz Neto
Gean Carlos Fermino
Fernando Scremin Menegaz
Alexandre Henrique Paes
Alex Sandro Sotero Isidoro
Clara Lais Santos de Melo
Emília Pasquali Gerondina
Gustavo Valgas Silvestri
Ildo Silva da Silva
Jonas Schneider
Lucimar Rousseng
Richard Salvalaggio Schmitz
Sheila Duarte

C749 Congresso Nacional da Indústria na AMUREL (1.: 2025: Tubarão, SC) / Organizador
Gean Carlos Fermino – Tubarão: Fundação InoversaSul, 2025.
58 p.

Anais do 1º Congresso Nacional da Indústria na AMUREL, 04 de junho de 2025,
Tubarão, SC.

Tema do evento: CT&I na AMUREL

Gean Carlos Fermino: Beneficiário do Projeto e Coordenador e Organizador Geral
do Congresso.

ISBN-e: 978-65-986210-1-8

1. Inovação Tecnológica. 2. Ciência & Tecnologia. 3. Indústria. 4. Pesquisa
e Desenvolvimento. 4. Tubarão. 5. Associação de Municípios Região de Laguna
-AMUREL. I. Fermino, Gean Carlos. II. Fundação InoversaSul.

CDD: 338.064

SUMÁRIO

A CONSERVAÇÃO E O RESTAURO DE LOCOMOTIVAS A VAPOR NO MUSEU FERROVIÁRIO DE TUBARÃO: VALORIZAÇÃO DO PATRIMÔNIO INDUSTRIAL SUL-CATARINENSE	8
--	----------

Silvana Silva de Souza

GESTÃO AMBIENTAL INDUSTRIAL: OPORTUNIDADES PARA A SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL	13
---	-----------

Anabel Meneguel da Silva , Douglas dos Santos da Silva, Luana Cargnin Anselmo e Patrícia Menegaz de Farias

IMPLEMENTAÇÃO DE S&OP PARA MELHORIA DA PREVISIBILIDADE E REDUÇÃO DE BACKLOG EM MULTINACIONAL DE BENS DE CONSUMO	17
--	-----------

Carlos Ernando Guedes

IMPLEMENTAÇÃO DE WMS NA INDÚSTRIA METALÚRGICA: OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA INTEGRADA	21
--	-----------

Carlos Ernando Guedes

METODOLOGIA PARA A ESTIMATIVA DE VIDA RESIDUAL EM COMPONENTES DE ALTA ENERGIA EMPREGADOS EM USINAS TERMELÉTRICAS	26
---	-----------

Franco Wronski Comeli, Yuri de Souza Alves, Raul de Souza Severino Corrêa e Murilo Camisão Schwinden

MODERNIZAÇÃO DE LOCOMOTIVAS GENERAL MOTORS MODELO G-12	38
---	-----------

Luis Mário Novochadlo, Marcel Dartora e Victor Gustavo Cachoeira Guimarães

PROJETO INTEGRADOR: MEDIDOR DE PRESSÃO PARA MANGUEIRAS DE INCÊNDIO	45
---	-----------

Leonardo Drews Montibeller, Ramon Batista Machado, Amadio Vettoretti Filho, José Carlos De Oliveira, Arthur Serafim Da Silva e Giovana Cantelli Nunes Côrtes

REDUÇÃO DAS INTERRUPÇÕES NA LINHA DE PRODUÇÃO POR MEIO DA ALTERAÇÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO	50
---	-----------

Nivaldo Andrade Martins Filho

REDUÇÃO DOS ESTOQUES POR MEIO DA REPARAMETRIZAÇÃO DO MRP, ALTERAÇÕES DE PROJETO E VENDA DIRETA	54
---	-----------

Nivaldo Andrade Martins Filho

APRESENTAÇÃO

O 1º Congresso Nacional da Indústria na AMUREL, realizado em 4 de junho de 2025 em Tubarão (SC), contou com aproximadamente 150 participantes, sendo 118 cadastrados. Impactando 50 municípios e 4 regiões vizinhas, ao Sul e ao Norte, o evento se consolidou como um marco para o setor produtivo regional. Promovido pela Fundação InoversaSul, em parceria com a FAPESC e o apoio do Governo do Estado de Santa Catarina, o evento reuniu lideranças empresariais, políticas, acadêmicas e ainda técnicos para debater temas estratégicos como neoindustrialização, inovação, economia do mar, agronegócio e transporte e logística 4.0.

A abertura contou com a presença de autoridades e representantes de entidades como FIESC, ACIT, CDL, SENAI e AMUREL, além do prefeito de Tubarão, Estêner Soratto da Silva Júnior, que destacou a valorização da indústria local e anunciou a doação de um terreno para a instalação de uma unidade do Senai, reforçando o compromisso com a qualificação profissional e o desenvolvimento regional. O evento deu continuidade ao ciclo iniciado pelo 1º Congresso Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, promovendo a integração entre ciência, pesquisa, tecnologia e indústria para fortalecer o ecossistema de inovação da AMUREL e de Santa Catarina.

O Congresso reuniu mais de 65 representantes de grupos das mais diversificadas áreas do conhecimento, negócios e atividades econômicas relacionadas ao setor industrial, entre as quais destacamos:

- Administradores
- Advogados Setoriais
- Agroindústria (gado de corte e arroz)
- Alimentício
- Alumínio
- Arqueólogos
- Arquitetos 3D com soluções industriais
- Assessores
- Biblioteconomista
- Centro de Inovação - Sigma Park

- Cerâmica
- Cientistas de Dados
- Comunicação/Jornalismo
- Conselheiros de empresas
- Construção Civil
- Contadores
- Cultura
- De famílias / de sucessão
- Doutores e mestres pesquisadores
- Economia
- Educação: escolas técnicas, institutos, universidades
- Energia Térmica
- Engenheiros de várias áreas (Produção, Mecânicos, Eletricistas, Cíveis, Agrônomos, Ambientais e Químicos)
- Esporte
- Fármacos
- FIESC
- Fios
- Forças de Segurança (Cia de Engenharia do Exército de Tubarão; Comando do Corpo de Bombeiros Militar; Marinha do Brasil - Capitania dos Portos de Laguna; Polícia Civil e Defesa Civil)
- Gás
- Gestão de Pessoas
- Gestores de Pessoas e Recursos Humanos
- Lojas de Ferros Pesados
- Madeireiro
- Metalmecânico
- Moveleiro
- Museólogos
- Poder público: Prefeito, secretários municipais e Presidente da Câmara de Vereadores de Tubarão
- Presidentes / presidentas de associações empresariais

- Previdência Privada
- Químicos
- Representante de Deputado estadual
- Saneamento
- Saúde
- Transporte Aquaviário - Portos
- Transporte Ferroviário
- Transporte Rodoviário

A região impactada de forma indireta cobre 50 cidades, incluindo as áreas da AMUREL, AMREC (municípios da região carbonífera) e AMESC (extremo sul de Santa Catarina, na divisa com o Rio Grande do Sul), com cerca de 1 milhão de pessoas. Também alcança, ao norte, cidades da AEMFLO, que é a associação empresarial da região metropolitana de Florianópolis.

Os temas das palestras do congresso abordaram questões estratégicas para o desenvolvimento industrial e econômico, contando com a participação de especialistas de destaque em suas áreas.

O diretor de Inovação e Competitividade da FIESC, José Eduardo Azevedo Fiates (Santa Catarina), discutiu os desafios da industrialização e desindustrialização no Brasil, ressaltando a importância da integração e da inovação para o setor. Na sequência, Ricardo Alexandre Diogo, engenheiro mecatrônico e doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento, especialista em Indústria 4.0 e professor da PUC Curitiba (Paraná), apresentou a palestra sobre a indústria nacional, mundial e as parcerias com universidades norte-americanas.

O tema da Economia do Mar foi explorado por Paulo Freire, gerente geral de operações portuárias do Terminal Marítimo da Ponta da Madeira (Maranhão), e Luís Nunes, gerente de infraestrutura portuária e recursos ambientais do Corredor Norte da Vale S.A. (Maranhão), uma das maiores mineradoras do mundo. A agroindústria no Brasil, suas realidades e tendências, foi tema da palestra de Francisco Cleber Sousa Vieira, engenheiro agrônomo, mestre em Biotecnologia e analista de mercado da Agroconsult (São Paulo).

Por fim, Luis Cláudio Martão, executivo sênior, consultor de multinacionais e cofundador da ILOGG Inteligência Logística (São Paulo), abordou os desafios do transporte, logística e indústria no cenário nacional e internacional.

O congresso também foi palco para a apresentação de 9 trabalhos entre 10 trabalhos inscritos, estudos científicos e relatos técnicos que evidenciam a diversidade e a relevância da pesquisa aplicada na região.

Esses trabalhos, que compõem esta publicação, ilustram o compromisso da região com a inovação tecnológica, a sustentabilidade e a valorização do patrimônio histórico, além de demonstrar a articulação entre academia, setor produtivo e poder público.

Em relação aos relatos, 3 trabalhos receberam destaques técnico-científicos. Foi o caso do trabalho *Modernização de Locomotivas General Motors Modelo G-12* (apresentado pela empresa Ferrovia Tereza Cristina); do trabalho *Metodologia para a Estimativa de Vida Residual em Componentes de Alta Energia Empregados em Usinas Termelétricas* (apresentado pela empresa Diamante Energia) e por fim do *Projeto Integrador: Medidor De Pressão para Mangueiras de Incêndio* (apresentado pela Instituição IFSC).

A Fundação InoversaSul reafirma seu compromisso com a promoção da educação, ciência, tecnologia, inovação e desenvolvimento regional, anunciando a continuidade desse ciclo de debates e iniciativas transformadoras para o futuro da indústria catarinense.

Boa leitura!

Os Organizadores

A CONSERVAÇÃO E O RESTAURO DE LOCOMOTIVAS A VAPOR NO MUSEU FERROVIÁRIO DE TUBARÃO: VALORIZAÇÃO DO PATRIMÔNIO INDUSTRIAL SUL-CATARINENSE

Silvana Silva de Souza¹

RESUMO

O presente relato técnico apresenta o contexto histórico da implantação da malha ferroviária sul-catarinense, a partir de 1884, como elemento fundamental para o desenvolvimento econômico, social e urbano, impulsionando a exploração do carvão mineral e a industrialização na região. Destaca também a importância das locomotivas a vapor para a preservação da memória ferroviária de Santa Catarina, sobretudo na região sul, atuando como representações simbólicas do progresso, além de servirem como testemunhos históricos do trabalho técnico e da cultura ferroviária, carregando memórias do passado industrial da região. Também é apresentado o trabalho realizado pelo Museu Ferroviário de Tubarão na área de conservação e restauração de locomotivas a vapor e sua importância para a valorização do patrimônio cultural industrial sul-catarinense, por meio do relato do processo de restauro da locomotiva a vapor modelo Santa Fé, classe 2-10-2, prefixo 202, fabricada em 1949 pela SKODA na República Tcheca, atualmente em exposição no Museu Histórico Municipal de Pedras Grandes.

Palavras-chave: preservação de locomotivas a vapor; memória ferroviária; mecânica ferroviária.

1 INTRODUÇÃO

O território sul-catarinense foi marcado por diversos acontecimentos históricos, sociais, econômicos e culturais durante o século XIX, causando profundas mudanças na sociedade. Dentre esses acontecimentos destacam-se a descoberta do carvão mineral, a implantação da ferrovia e a imigração europeia (Vettoretti, 1992). Esse conjunto de fatores ofereceu o contexto socioeconômico favorável para o início do processo de industrialização no sul de Santa Catarina. Tais atividades não apenas transformaram a economia regional, mas deixaram marcas profundas na configuração urbana e nas relações sociais

A história ferroviária sul-catarinense iniciou-se com a implantação da The Donna Thereza Christina Railway Company, em 1884, ligando a região portuária de Imbituba às áreas de extração do carvão mineral localizadas na região de Minas, atual Lauro Muller (Zumblick, 1987). Desde então, a ferrovia vem desempenhando um papel determinante na formação

¹ Museu Ferroviário de Tubarão. programaeducamft@gmail.com

econômica e social da região, moldando o ritmo das comunidades que cresceram ao longo das vias férreas. Responsável pela circulação do minério, das pessoas, das mercadorias e demais riquezas produzidas pela região, a ferrovia tornou-se símbolo de desenvolvimento e progresso, movimentando uma complexa cadeia de produção industrial, a partir da exploração do carvão mineral (Teixeira, 2004). Desse modo, surgiu também o trabalho operário que moldou as comunidades que compunham essa cadeia.

O grande símbolo desse desenvolvimento passou a ser as locomotivas a vapor. Esses veículos de tração, enquanto artefatos técnicos, tornaram-se testemunhos históricos do processo de industrialização e expansão da malha ferroviária. Também testemunharam seus períodos mais difíceis e o impacto das mudanças causadas pela instabilidade da indústria carvoeira. Como documento histórico, as locomotivas a vapor que sobreviveram, hoje são preservadas pelo Museu Ferroviário de Tubarão e salvaguardam a memória, a história e o conhecimento técnico do trabalho ferroviário, bem como são registros materiais de todas as mudanças ocorridas ao longo do tempo, que culminaram na realidade atual. Desse modo, ao se abordar o tema da preservação desses bens culturais móveis, não se pode de modo algum negligenciar a necessidade de preservação também dos saberes e fazeres ferroviários ligados a esses equipamentos. Este relato técnico tem por objetivo examinar o trabalho desenvolvido pelo Museu Ferroviário de Tubarão na conservação e restauro desses bens culturais móveis, entendendo-o como um exemplo relevante de preservação do patrimônio industrial sul-catarinense.

2 CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O Museu Ferroviário de Tubarão, mantido pela Sociedade dos Amigos da Locomotiva a Vapor - SALV, é uma instituição museológica, sem fins lucrativos de gestão privada, com finalidade cultural, educativa, de preservação do patrimônio cultural ferroviário nacional, turística, pesquisa, fruição e entretenimento, estando em conformidade com a Lei 11.904/09 (Estatuto de Museus). Como instituição cultural que preserva o patrimônio museológico, as histórias, memórias, significados e materialidades das comunidades que representa, por meio de seu acervo, do Passeio Turístico Ferroviário e atividades desenvolvidas, é uma entidade a serviço da sociedade e de seu desenvolvimento. Seu acervo inclui locomotivas a vapor e diesel-elétrica, litorinas, vagões, equipamentos mecânicos, fotografias, biblioteca especializada e documentos técnicos, configurando um importante núcleo de preservação da memória ferroviária no país. O museu também opera locomotivas a vapor restauradas em passeios

turísticos, conciliando preservação técnica e acesso público. Tem como missão preservar, pesquisar e comunicar, por meio de diferentes ações, o patrimônio cultural material e imaterial representativo da memória ferroviária sul - catarinense, das empresas ferroviárias concessionárias (DTCRC - EFDTC - RFFSA - FTC), seus trabalhadores e seus territórios, com o objetivo de propiciar à sociedade a interpretação e a reinterpretação da realidade por meio de seus contextos cultural, histórico e simbólico.

A história da instituição iniciou-se em 1997, a partir de um trabalho de salvamento de um importante conjunto de bens culturais ligados a diferentes períodos da atividade ferroviária sul-catarinense. A mobilização para essa ação de preservação foi liderada por José Warmuth Teixeira, médico do trabalho que atuava na Rede Ferroviária Federal SA, e um grupo de ferroviários que entenderam que aquele importante legado cultural ligado à ferrovia estava sob risco de perda definitiva (Teixeira, 2004). Assim, o projeto angariou adeptos, apoio e um local: a área onde anteriormente estava localizada a sub estação de tratamento de dormentes de Rede Ferroviária Federal.

Além da infraestrutura necessária para conservar o acervo, o maior desafio era restaurar as locomotivas a vapor que foram resgatadas ao longo de todo o trecho ferroviário e trazidas para as dependências das oficinas do Museu Ferroviário de Tubarão. Todos os exemplares estavam em péssimo estado de conservação, apresentando perda de partes, oxidação e corrosão, comprometimento do sistema de funcionamento de caldeira e outras avarias.

A equipe técnica formada pelo Museu Ferroviário de Tubarão para desenvolver o trabalho de conservação e restauro de locomotivas a vapor foi composta de profissionais ferroviários com décadas de experiência na área e que trabalhavam nas oficinas mecânicas da própria ferrovia. Todo esse conhecimento técnico e prático, aliado ao acesso aos equipamentos necessários específicos para esse tipo de trabalho, foi imprescindível para que o trabalho de conservação e restauração pudesse ser executado.

Segundo Teixeira e Ghizoni (2012), o museu assume a responsabilidade por suas coleções, pelas condições de conservação, segurança, disponibilização à pesquisa e comunicação, de modo a permitir a democratização do acesso pela população. Assumindo essa responsabilidade, a equipe estruturou metodologias de preservação que atendessem às exigências desse trabalho, já que não haviam referências teóricas específicas para o restauro desse tipo de acervo, além da documentação ferroviária disponível. O objetivo foi não incorrer em mudanças na sua configuração original, adaptações que desrespeitassem o projeto original ou mesmo descaracterizassem o histórico técnico e mecânico da locomotiva. Desse modo, todo o processo de conservação e restauração desse equipamento em específico, possuía um estudo

prévio do histórico, um relatório diagnóstico e um memorial descritivo das etapas do restauro. Os princípios aplicados incluem autenticidade, reversibilidade e documentação. Além disso, o trabalho exige, frequentemente, a fabricação artesanal de componentes ausentes ou irrecuperáveis, baseando-se em projetos originais e fontes documentais da época.

3 RESULTADOS E ANÁLISE

Ao preservar os métodos tradicionais de trabalho ferroviário, o Museu Ferroviário de Tubarão preserva o legado do ofício e a história desses operários, valorizando também o patrimônio imaterial ferroviário, sem o qual não haveria como preservar sua materialidade.

Em 2022, a equipe de restauração assumiu um novo desafio: realizar a restauração em visual estática da locomotiva a vapor Santa Fé, 2-10-2, nº 202, fabricada pela SKODA na República Tcheca, em 1949. Esse trabalho foi feito em parceria com a Prefeitura Municipal de Pedras Grandes, cujo objetivo era instalar a locomotiva na área da antiga estação ferroviária, única ainda preservada em suas características originais e que foi erguida em 1884. A restauração foi realizada em 10 meses; A partir desse projeto, iniciou-se um importante trabalho de preservação da história ferroviária regional e valorização do patrimônio industrial sul-catarinense, uma vez que suas relações são imbricadas e indissociáveis. Em 2023, a Prefeitura Municipal de Lauro Muller também solicitou a restauração visual estática de uma locomotiva a vapor Santa Fé, 2-10-2, nº 2007, fabricada pela SKODA na República Tcheca, em 1949 a fim de instalar como equipamento turístico e cultural na área da estação ferroviária de Lauro Muller, atual sede do Ecomuseu Serra do Rio do Rastro.

4 CONCLUSÃO

Assim, o trabalho desenvolvido pelo Museu Ferroviário de Tubarão na conservação e restauro desses bens culturais móveis são de suma importância e representam um exemplo relevante de preservação do patrimônio industrial sul-catarinense, que serve de referência a outras regiões do país. Ao manter vivo esse legado, o Museu Ferroviário de Tubarão valoriza não apenas os equipamentos, mas os processos industriais e técnicos e o conhecimento desses trabalhadores. Também realiza um importante trabalho de valorização, preservação e reconhecimento da identidade industrial da região, muitas vezes negligenciada como parte importante da história regional em ambientes escolares.

REFERÊNCIAS

MEDEIROS, Rodrigo Althoff. **Cidades em crescimento**: a influência da Ferrovia Tereza Cristina nas cidades do sul – estudo de caso no município de Tubarão. Tubarão, SC: Copiart, 2007.

TEIXEIRA, Lia Canola; GHIZONI, Vanilde Rohling. **Conservação preventiva de acervos**. Florianópolis, SC: FCC Edições, 2012. (Coleção Estudos Museológicos, v. 1).

TEIXEIRA, José Warmuth. **Ferrovia Tereza Cristina**: uma viagem ao desenvolvimento. Tubarão, SC: Ed. do autor, 2004.

VETTORETTI, Amádio. **História de Tubarão**: das origens ao século XX. Tubarão, SC: Editora Incopel, 1992.

ZUMBLICK, Walter. **Teresa Cristina**: a ferrovia do carvão. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 1987.

GESTÃO AMBIENTAL INDUSTRIAL: OPORTUNIDADES PARA A SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL

Anabel Meneguel da Silva¹
Douglas dos Santos da Silva
Luana Cargnin Anselmo
Patrícia Menegaz de Farias

RESUMO

Introdução: Dentre os instrumentos regulatórios para garantir a sustentabilidade de atividades potencialmente poluidoras, como as indústrias, destaca-se o Plano de Gestão Ambiental (PGA).

Situação problema: Ausência de gestão ambiental de uma indústria de esquadrias de alumínio e vidros.

Desenvolvimento e análise dos resultados: Foi realizado um diagnóstico da atividade industrial, com foco nos quesitos ambientais e produtivos, os quais serviram de base para estruturar os programas ambientais. Esses programas ambientais foram desenvolvidos com metas e prazos com base no ciclo PDCA (Planejar-Fazer-Verificar-Agir), conforme a NBR ISO 14001 e alinhados as expectativas ambientais da empresa. Os principais eixos no desenvolvimento do PGA atuam diretamente na gestão de resíduos, efluentes, emissões atmosféricas, ruídos e educação ambiental. Durante a execução houve iniciativa espontânea de colaboradores dentro de seus respectivos setores na proposição de melhorias evidenciando o fortalecimento da cultura organizacional voltada à sustentabilidade. **Conclusão:** A sistematização das ações permitiu à empresa atender aos requisitos legais, reduzir desperdícios, melhorar a eficiência dos processos e estimular o engajamento dos colaboradores em práticas sustentáveis.

Palavras Chaves: diagnóstico ambiental; licenciamento ambiental; Plano de Gestão Ambiental (PGA); resíduos.

1 INTRODUÇÃO

¹ Nisus Inovação e Tecnologias Agroambientais. anabel@inissus.com.br

O Plano de Gestão Ambiental (PGA) é um instrumento essencial na implementação de medidas preventivas e mitigadoras que visam à sustentabilidade de empreendimentos com atividades potencialmente poluidoras, como é o caso das indústrias. No Estado de Santa Catarina, os órgãos ambientais competentes exigem a elaboração do PGA como condição para obtenção do licenciamento ambiental. Este instrumento deve atender, entre outros dispositivos, às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Federal nº 12.305/10 (Brasil, 2010), ao Código Estadual do Meio Ambiente, Lei nº 14.675/09 (SANTA CATARINA, 2009), à Resolução CONSEMA nº 114/17 (CONSEMA, 2017) e ao Plano de Gestão Ambiental do Licenciamento Ambiental Federal do IBAMA (2020). Nas fases de implantação e operação do empreendimento torna-se necessária a criação de uma estrutura de gerenciamento e de controle, a fim de permitir a aplicação de medidas sustentáveis, de forma a assegurar o atendimento integral às políticas constituintes desta atividade. Este relato descreve a aplicação do PGA em uma indústria do setor de esquadrias de alumínio e vidro localizada no município de Tubarão, SC, destacando o diagnóstico ambiental, o planejamento das ações e os resultados obtidos após a implantação do plano.

2 SITUAÇÃO PROBLEMA

A indústria em questão localiza-se no município de Tubarão, Santa Catarina, Brasil, atuando no setor de esquadrias de alumínio e vidro. Dentre os desafios enfrentados tinha-se a gestão integrada dos resíduos gerados no processo produtivo e ações de controle ambiental. Com isso, havia ausência de sistematização de ações ambientais e de um sistema estruturado de gestão ambiental, o qual não estava de acordo com o atendimento às condicionantes legais.

3 DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foi realizado um diagnóstico ambiental detalhado que envolveu a caracterização geral do empreendimento, incluindo localização, área útil, contexto ambiental, estrutura fabril e processo produtivo. Identificaram-se os principais insumos utilizados, o fluxo de produção e os resíduos gerados, com a respectiva quantificação. Também foram avaliados os requisitos legais e as expectativas ambientais da empresa.

A partir da análise, foram definidos os programas ambientais, metas e prazos com base no ciclo Planejar-Fazer-Verificar-Agir (PDCA), conforme preconizado pela NBR ISO

14001(ABNT, 2015). A fase “Planejar” incluiu a identificação dos impactos ambientais significativos e o planejamento de ações. Na etapa “Fazer”, iniciou-se a implantação dos programas com definição de lideranças internas, treinamentos técnicos e sensibilização dos colaboradores. Na fase “Verificar”, passaram-se a realizar checagens mensais dos setores operacionais e das metodologias aplicadas. Por fim, a etapa “Agir” busca propor melhorias contínuas a partir da análise dos resultados obtidos. Para implantação do PGA foi definida uma equipe de liderança que recebeu treinamentos específicos, durante os treinamentos foram realizadas divisão de atividades para sua implantação.

Dentre as ações executadas destacam-se: segregação bruta dos resíduos nos processos fabris e escritório, com posterior refinamento da segregação por equipe interna especializada; destinação adequada de resíduos recicláveis e perigosos junto a empresas licenciadas para reciclagem; comercialização de sobras e limalhas de alumínio, gerando assim renda extra para a indústria; adoção de um sistema de contenção de emissões atmosféricas com controles internos para monitoramento e troca de filtros de ar. Além disso, mantém-se uma comunicação constante entre os agentes, por meio da realização de reuniões periódicas para alinhamento e identificação de temas que demandam capacitações. Como resultado, são promovidos *workshops* com periodicidade quadrimestral, estes consistem em palestras e oficinas interativas direcionadas aos colaboradores e lideranças, abordando temas ambientais com foco na gestão de resíduos. As atividades incluem conteúdos teóricos e práticos, proporcionando um entendimento aprofundado sobre a importância, tanto em escala macro quanto micro, da correta segregação de resíduos.

Como resultados, observou-se que os próprios colaboradores tomaram iniciativas dentro de seus respectivos setores através da identificação de possíveis melhorias. Dentre estas pode-se citar: incorporação de resíduos em etapas do processo produtivo, como a reutilização de papel para confecção de máscaras de pintura, uso de limalhas ferrosas no preenchimento de estruturas e reciclagem de latas de tinta para confecção de lixeiras.

4 CONCLUSÃO

A implementação do PGA contribuiu significativamente para o fortalecimento da cultura organizacional voltada à sustentabilidade ambiental. A sistematização das ações permitiu à empresa atender aos requisitos legais, reduzir desperdícios, melhorar a eficiência dos processos e estimular o engajamento dos colaboradores em práticas sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR ISO 14001:2015**: Sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

CONSEMA. **Resolução nº 114, de 6 de dezembro de 2017**. Estabelece diretrizes para o PGRS. Diário Oficial do Estado de Santa Catarina: Florianópolis, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 3 ago. 2010.

IBAMA. **Plano de gestão ambiental do licenciamento ambiental federal**. Brasília: IBAMA, 2020.

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente. Diário Oficial do Estado de Santa Catarina: Florianópolis, 14 abr. 2009.

IMPLEMENTAÇÃO DE S&OP PARA MELHORIA DA PREVISIBILIDADE E REDUÇÃO DE BACKLOG EM MULTINACIONAL DE BENS DE CONSUMO

Carlos Ernando Guedes¹

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo de caso sobre a implementação do processo Sales and Operations Planning (S&OP) em uma multinacional de bens de consumo. A iniciativa foi motivada pela necessidade de integrar a gestão empresarial, alinhando objetivos estratégicos de curto, médio e longo prazo entre as áreas de Finanças, Vendas, Operações e Supply Chain. Além do propósito estratégico de sustentabilidade e consistência nos resultados, buscava-se otimizar as informações de demanda para equilibrar a cadeia de suprimentos, com foco operacional na melhoria da previsibilidade e na redução do backlog (pedidos não atendidos no prazo). A metodologia adotada seguiu o modelo de cinco etapas mensais proposto por Wallace e Stahl (2006), complementado pelas melhores práticas da Association for Supply Chain Management (ASCM/APICS): (1) Data Close (consolidação de dados históricos); (2) Forecasting (planejamento de demanda); (3) Supply Planning (planejamento de suprimentos); (4) Integration (integração interdepartamental); e (5) Executive Meeting (consenso estratégico). Os resultados demonstraram que a reestruturação do S&OP não apenas otimizou a cadeia de suprimentos, mas também fortaleceu a tomada de decisão estratégica, permitindo a escalabilidade do modelo para outras unidades na América Latina. O estudo contribui para a literatura ao apresentar um caso prático de aplicação do S&OP em um ambiente complexo de bens de consumo, validando seu impacto na integração gerencial e na eficiência operacional e gestão de inventário (King, 2011).

Palavras-chave: backlog; planejamento de demanda; previsibilidade; Gestão Integrada; Sales and Operations Planning; S&OP; Supply Chain.

1 INTRODUÇÃO

A previsibilidade da demanda e a capacidade de resposta operacional são pilares fundamentais para a excelência no atendimento ao cliente em cadeias de suprimentos complexas. Diante de um cenário de elevado *backlog* (ordens de venda não atendidas no prazo) e baixa previsibilidade da demanda de vendas, foi necessário reestruturar o processo de *Sales and Operations Planning* (S&OP) em uma multinacional do setor de bens de consumo, com o objetivo de alinhar todas as áreas envolvidas no planejamento de demanda, capacidade da operação e suprimentos, promovendo maior integração e alinhamento estratégico. Este trabalho tem como objetivo apresentar a revisão e reimplementação do processo de S&OP nesta

¹Multinacional de Bens de Consumo. carlos.guedes.bus@outlook.com

multinacional no Brasil, alinhado às melhores práticas da *Association for Supply Chain Management* (ASCM – APICS).

2 CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

A organização em questão é uma multinacional de bens de consumo, com presença em todo o território brasileiro e cerca de 2.000 colaboradores. No período analisado, a empresa enfrentava uma situação crítica em sua cadeia de suprimentos: o volume de pedidos em atraso (*backlog*) correspondia entre 20% e 30% do faturamento mensal, refletindo uma incapacidade recorrente de atender à demanda dos clientes de forma confiável e dentro dos prazos estabelecidos.

Esse cenário era agravado por planos de vendas que não se concretizavam, com baixa acuracidade e gerando inventários desbalanceados, o que comprometia tanto o planejamento de produção quanto o abastecimento dos centros de distribuição. Além disso, havia uma evidente falta de integração entre as áreas comercial, industrial, logística e suprimentos, o que resultava em decisões operacionais reativas, desalinhadas e de curto prazo, frequentemente gerando custos adicionais com fretes emergenciais, horas extras e perdas de vendas.

A ausência de um processo estruturado e disciplinado de *Sales and Operations Planning* (S&OP) era um fator central nesse contexto, impedindo a empresa de antecipar variações de demanda, otimizar recursos produtivos e alinhar suas decisões táticas e sobretudo estratégicas do ponto de vista de recursos e capacidade fabril. Diante disso, tornou-se imprescindível revisar e reimplementar o processo de S&OP, buscando maior previsibilidade, alinhamento intersetorial e confiabilidade nos resultados planejado de operações e vendas.

3 RESULTADOS E ANÁLISE

O projeto de reimplementação do S&OP foi conduzido com base no modelo proposto por Wallace e Stahl: *Sales and Operations Planning, the executive guide* (Wallace; Stahl, 2006), Wallace e Stahl: *Sales and Operations Planning, the how-to handbook* (Wallace; Stahl, 2008) e em diretrizes e melhores práticas da ASCM (APICS), estruturado em cinco etapas mensais:

- a) Data Close: Consolidação de informações do mês anterior, criando a base para os planejamentos de demanda e financeiro dos 18 meses seguintes;

- b) Planejamento de Demanda: Projeção de volume e receita com base em análises estatísticas e inputs de Vendas e Marketing, servindo como insumo para decisões de recursos, capacidade fabril, capacidade logística e suprimentos;
- c) Planejamento de Suprimentos: Integração de áreas como PCP, Compras e Logística para avaliar níveis de estoque, identificar gaps e definir estratégias de reposição e produção;
- d) Integração: Consolidação dos planos entre Vendas, Logística e Indústria, garantindo alinhamento entre oferta e demanda, além de antecipação e mitigação de riscos;
- e) Reunião Executiva: Apresentação ao Board das estratégias de atendimento, incluindo decisões de investimentos, turnos, outsourcing e prioridades de atendimento para os 18 meses futuros.

Principais resultados obtidos:

- a) Redução do backlog de aproximadamente 20–30% para 1,5% em 7 a 10 meses;
- b) Aumento da previsibilidade nos planos de demanda e suprimentos, com maior confiabilidade dos dados utilizados para tomada de decisão;
- c) Fortalecimento da integração entre áreas (Vendas, Operações, Logística, Finanças, Industrial), com decisões mais ágeis e alinhadas ao planejamento estratégico da companhia;
- d) Estabelecimento de cultura de responsabilidade compartilhada, reforçando a disciplina de execução e planejamento colaborativo.

4 CONCLUSÃO

A reimplementação do processo de S&OP proporcionou à organização uma transformação significativa em sua capacidade de planejar, alinhar e executar suas operações de acordo com o seu planejamento estratégico e com foco no cliente e na sustentabilidade do negócio. O novo modelo trouxe maior previsibilidade, integração e clareza na tomada de decisão, sendo essencial para a redução do backlog e para o crescimento estruturado da companhia, sobretudo no planejamento de longo prazo para decisões de investimento na operação. Em sequência o modelo pôde ser estendido a outras unidades da América Latina, ampliando e replicando os ganhos obtidos no Brasil.

REFERÊNCIAS

KING, P. L. Crack the code: understanding safety stock and mastering its equations. **APICS Magazine**, jul./ago. 2011.

WALLACE, T. F.; STAHL, R. A. **Sales and operations planning**: the executive guide. 2006.

WALLACE, T. F. **Sales and operations planning**: the how-to handbook. TF Wallace & Co, 2008.

IMPLEMENTAÇÃO DE WMS NA INDÚSTRIA METALÚRGICA: OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA INTEGRADA

Carlos Ernando Guedes¹

RESUMO

Este artigo apresenta a implementação de um Warehouse Management System (WMS) integrado ao SAP R/3 em uma indústria metalúrgica, visando otimizar processos logísticos durante a migração do ERP da companhia de base Oracle para SAP. O projeto focou na digitalização dos processos de almoxarifado e expedição, rastreabilidade de materiais (via códigos de barras) e reorganização do layout priorizando itens de alto giro. A metodologia baseou-se em três pilares: (1) coleta de dados pré e pós-implementação, (2) análise de KPIs (acuracidade de estoques, tempo de picking, custos operacionais) e (3) validação por ferramentas sistêmicas (WMS e SAP), alinhando-se aos princípios de Ballou (2006) sobre gestão logística integrada. O projeto apresentou resultados demonstrados de aumento da acuracidade de estoques, redução de tempo de picking e otimização da gestão operacional. Conclui-se que a implementação do WMS potencializou a eficiência operacional, com ganhos quantificáveis e escalabilidade para outras unidades. O estudo contribui para a literatura ao detalhar um caso prático de sucesso na indústria metalúrgica, validando a sinergia entre WMS e ERP (Ackerman, 2011; Alvarenga; Novaes, 2000).

Palavras-chave: gestão de estoques, picking, almoxarifado, expedição, WMS, SAP, logística.

1 INTRODUÇÃO

Este relato técnico descreve a implementação de um sistema de gerenciamento de armazém Warehouse Management System (WMS) em uma indústria metalúrgica de ferramentas durante o processo de migração de ERP Oracle para SAP R/3. O projeto, aprovado pela diretoria da empresa, teve como foco a digitalização, rastreabilidade e melhoria dos processos logísticos nos almoxarifados, planta fabril e área de expedição.

¹ carlos.guedes.bus@outlook.com

2 CONTEXTO DO PROJETO

Com a transição para o SAP R/3, foi identificado o potencial de ganhos com a adoção de um WMS robusto. A solução implementada envolveu: endereçamento estático e dinâmico dos SKUs (matéria-prima, insumos, materiais em processo e produtos acabados), criação de códigos de barras para rastreabilidade dos materiais, parametrização do sistema para refletir os processos físicos e suporte à contagem e acuracidade dos estoques.

A abordagem incluiu também a reorganização do layout físico dos estoques, priorizando materiais de alto giro nas proximidades das áreas de separação e faturamento, com impacto direto na produtividade da operação.

SEÇÃO METODOLÓGICA

A metodologia usada para comprovação dos resultados foi objetiva e incluiu 3 pilares: 1. Coleta de Dados (pré-implementação do Sistema WMS, validações durante a implementação e pós implementação do Sistema WMS), 2. Critérios de Avaliação considerando os KPIs do setor de Logística vigentes (acuracidade de estoques, tempo de picking, custos operacionais) e 3. Ferramentas de Análise. Segue abaixo um detalhamento do processo de validação dos resultados.

3 COLETA DE DADOS

1 Diagnóstico do Processo Vigente (Pré-Implementação):

- Considerados os processos logísticos existentes: rotina de fluxos de materiais e métodos de pagamento de matéria prima pelo almoxarifado e do processo de picking para faturamento e expedição no setor de expedição.
- Análise de indicadores históricos: acuracidade de estoques (auditorias físicas anuais), tempo médio de separação no almoxarifado e de picking por ordem na expedição e horas extras dedicadas à expedição.

2 Implementação do WMS:

- Coleta de dados em tempo real durante a parametrização do sistema, incluindo testes de rastreabilidade via códigos de barras e ajustes nos endereçamentos (estático e dinâmico). Cabe mencionar que no ERP (Oracle) anterior a atualização do sistema era diária, portanto, as movimentações durante o dia só seriam contabilizadas após o job do MRP do sistema Oracle que era diário às 23h de cada dia.

- Durante a implementação houve treinamento dos times operacionais e de gestão da Fábrica, Logística, Controladoria, Manutenção e Planejamento considerando o tempo de adaptação dos funcionários da operação e de apoio ao sistema e também na eficiência nas primeiras contagens cíclicas.

3 Pós-Implementação:

- Monitoramento contínuo por um período de 8 meses, com foco em:
 - **Acuracidade de estoques:** contagens cíclicas diárias (novo processo) com auditoria periódica para garantir conformidade e governança.
 - **Eficiência do picking:** Tempo médio de separação de ordens e redução de erros, medidos por relatórios do WMS.
 - **Produtividade na expedição:** Horas extras eliminadas e cumprimento de prazos de carregamento.

Critérios de Avaliação

Os resultados foram avaliados com base nos seguintes indicadores-chave de desempenho logístico (KPIs):

- **Acuracidade de estoques:** Percentual de divergências entre estoques físico e sistêmico.
- **Tempo de picking:** Redução do tempo médio por ordem, comparado ao baseline pré-WMS.
- **Custos operacionais:** Redução de horas extras e eliminação de paradas para inventário anual.

Ferramentas de Análise

- **Sistemas:** Dados quantitativos extraídos diretamente do WMS (relatórios de movimentação, contagens cíclicas) e do SAP R/3 (relatório de movimentação de estoques, baixas de materiais atualizados on-line).

Esta abordagem foi executada sempre com alinhamento aos objetivos estratégicos da empresa e validada nas reuniões semanais com a diretoria de operações, a metodologia adotada permitiu uma análise abrangente, combinando dados quantitativos (objetivos) e qualitativos (subjetivos), alinhando-se aos princípios de Ballou (2006) sobre gestão logística baseada nos dados coletados durante o projeto e validados pela controladoria da empresa. A escolha dos KPIs reflete as prioridades do projeto: controle de estoques, eficiência operacional e integração sistêmica.

4 RESULTADOS

Acuracidade de Estoques & Contagem Cíclica: Implantação de contagem cíclica diária, eliminando a necessidade de parada fabril para inventário físico anual (de 3 a 4 dias) reduzindo custos e impactos na produção.

Otimização do Picking & Expedição: Organização aprimorada dos produtos permitiu localizar e separar itens de forma mais eficiente, aumentando a produtividade e reduzindo a necessidade de horas extras para fechamento de cargas.

Reorganização do Layout Logístico: Posicionamento estratégico de materiais de alto giro próximo às áreas de separação de ordens de produção (PCP) e faturamento, otimizando fluxos e reduzindo movimentações desnecessárias.

5 CONCLUSÃO

A implementação do WMS transformou a gestão logística da fábrica, com ganhos significativos de eficiência, controle e rastreabilidade. Além disso, fortaleceu a integração com o sistema SAP, possibilitando a expansão futura da solução para outras unidades da empresa.

6 REFERENCIAL TEÓRICO

A logística moderna exige integração e visibilidade em tempo real dos fluxos de materiais, o que tem levado empresas industriais à adoção de sistemas WMS integrados a ERPs. O WMS (Warehouse Management System) é um sistema especializado na gestão de armazéns, que permite controle detalhado das movimentações, rastreabilidade de materiais, otimização de picking e acuracidade de estoques (Ackerman, 2011).

Por sua vez, os sistemas Enterprise Resource Planning (ERP), como o SAP R/3, oferecem a espinha dorsal dos processos corporativos, integrando áreas como produção, finanças, vendas e logística. A sinergia entre WMS e ERP proporciona uma cadeia de suprimentos mais fluida, permitindo decisões baseadas em dados e redução de custos operacionais (Alvarenga; Novaes, 2000).

A escolha do SAP R/3 para substituir o Oracle foi pautada pela necessidade de integração mais robusta com as funções industriais, além da possibilidade de incorporar nativamente soluções logísticas como o módulo de WMS. Conforme Ballou (2006), a gestão

logística integrada depende de visibilidade, tempo de resposta e custo — todos elementos diretamente impactados por soluções tecnológicas como ERP e WMS.

REFERÊNCIAS

ACKERMAN, Ken. **350 Dicas para gerenciar seu armazém**. São Paulo: IMAM, 2011.

ALVARENGA, Antonio Carlos; NOVAES, Antonio Galvão N. **Logística aplicada: suprimento e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 2000.

BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 2006.

METODOLOGIA PARA A ESTIMATIVA DE VIDA RESIDUAL EM COMPONENTES DE ALTA ENERGIA EMPREGADOS EM USINAS TERMELÉTRICAS

Franco Wronski Comeli
Yuri de Souza Alves
Raul de Souza Severino Corrêa
Murilo Camisão Schwinden

RESUMO

As usinas termelétricas, caldeiras e refinarias nacionais e mundiais estão “envelhecendo”, e seus componentes têm vida finita devido à exposição prolongada à elevadas temperaturas, pressões e ambientes agressivos. O tempo de vida e a operação em regime cíclico tornam necessárias a realização de avaliações de integridade nestas usinas. Dado o elevado custo dessas plantas industriais e a dificuldade de obtenção de licenças ambientais, a substituição dos componentes nem sempre é viável, tornando-se necessário prolongar sua vida útil. Desta forma, recomenda-se análise dos seus componentes para garantir a continuidade operacional segura e ou recomendar reparos e modificações nos componentes de alta energia. A metodologia desenvolvida neste projeto prevê a degradação “artificial” dos aços empregados nas caldeiras do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda St35.8, 15Mo3, 13CrMo44, 10CrMo910 e X20CrMoV121 empregando uso do modelo Toft & Marsden para avaliar os estágios de degradação microestrutural devido ao envelhecimento. A metodologia proposta consiste na simulação por elementos finitos para obtenção da região de maior tensão do componente, remoção de uma amostra física do material por meio de um método não destrutivo, análise química e avaliação da microestrutura dos materiais por microscopia óptica e eletrônica de varredura para avaliar o grau de degradação metalúrgica, medição de dureza e finalmente a realização de ensaio de fluência por *small punch creep testing* (SPCT) visando estimar a vida residual do componente. Como principais produtos deste projeto incluem-se a criação de uma infraestrutura laboratorial para a realização de ensaios e caracterizações microestruturais, além de testes de fluência miniaturizados voltados para a estimativa da vida residual desses equipamentos que operam em regime constante sob pressão e temperatura.

Palavras-chave: fluência, geração de energia, microestrutura, vida residual.

1 INTRODUÇÃO

As plantas térmicas e refinarias do mundo estão envelhecendo, e seus componentes têm vida finita devido à exposição prolongada a elevadas temperaturas, pressões e ambientes agressivos. O desenvolvimento industrial tem provocado aumento das condições operacionais das plantas de processos, alavancados por uma demanda crescente por equipamentos de alta

performance e confiabilidade, onde concomitantemente exista uma busca por redução de prazos e custos, sem perda de foco da segurança operacional dos ativos – Figuras 1 e 2.

O tempo de vida e a operação em regime cíclico tornam obrigatórios a realização de avaliações de integridade nível III nestas usinas, objetivando a análise dos seus componentes de forma a garantir a continuidade de uma operação segura ou recomendar reparos e ou modificações que permitam a retomada da operação por um período pré-determinado ou a extensão da vida útil das unidades geradoras.

Figura 1 – Coletor de saída e serpentinas de vapor superaquecido da Unidade Geradora 5 – UTLB, abril/2025



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

Figura 2 – Tubulação de vapor superaquecido da Unidade Geradora 5 – UTLB, abril/2025



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

A integridade dos equipamentos é crucial para garantir a segurança operacional destas plantas industriais, falhas nos equipamentos podem levar a acidentes, interrupções na produção e danos materiais significativos com acidentes ampliados. A integridade dos equipamentos também está diretamente relacionada à eficiência operacional das plantas, equipamentos danificados, submetidos a desgaste excessivo, degradação estrutural etc., podem resultar em perda de desempenho, aumento de custos de manutenção e redução da eficiência energética.

Identificar, avaliar e monitorar os mecanismos de falhas dos equipamentos e a vida residual é necessário sob o aspecto da confiabilidade operacional e de segurança destas plantas industriais.

O Brasil possui aproximadamente mil usinas termelétricas em operação, além de inúmeras caldeiras, petroquímicas e unidades de processamento. As unidades termelétricas do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda localizadas em Capivari de Baixo, SC já ultrapassaram 250 mil horas em operação, necessitando-se conhecer as condições metalúrgicas e mecânicas atuais dos componentes que operam sob regime de elevadas pressões e temperaturas – fluência.

Evidencia-se a inexistência da metodologia inovadora proposta para estimativa de vida residual de usinas termelétricas, similar no mercado nacional. Os esforços desenvolvidos em trabalhos de mestrado e doutorado em instituições públicas nacionais, estabeleceram métodos de caracterização mecânica, entretanto, não se chegou a resultados conclusivos com relação a aplicabilidade dos estudos.

Com base nesse cenário, a Diamante Geração de Energia LTDA, em parceria com a Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC), desde junho de 2023 desenvolvem um projeto de pesquisa científica (P&D submetido à ANEEL PD-11592-0123/2023) com três grandes objetivos: (i) desenvolver uma metodologia segura e padronizada para extração e preparação de amostras com vistas à realização de análises metalográficas e ensaio miniaturizado de fluência (*small punch creep testing* – SPCT); (ii) obter dados técnico-científicos que permitam caracterizar o grau de degradação por fluência em componentes de alta energia; e (iii) realizar estudo de viabilidade técnica e mercadológica para aplicação da metodologia nos setores de geração de energia, petróleo e gás, indústria química, petroquímica e alimentícia.

O projeto visa à criação de uma metodologia não destrutiva e economicamente viável para estimar, de forma precisa, a vida útil remanescente de componentes críticos e de alto custo, com foco em usinas termelétricas, refinarias e siderúrgicas. O diferencial da proposta está na aplicação dos ensaios SPCT, que permitem a retirada de amostras com dimensões reduzidas sem comprometer a continuidade operacional do equipamento, eliminando a necessidade de

reparos subsequentes. Apesar de seu grande potencial técnico, essa metodologia ainda é restrita a centros de pesquisa e universidades em razão do elevado grau de complexidade envolvido.

Entre os produtos esperados do projeto, destacam-se: (i) a implantação de infraestrutura laboratorial para prestação de serviços técnicos especializados em caracterização microestrutural e mecânica; (ii) a realização de ensaios de fluência miniaturizados com foco na estimativa da vida útil de componentes de alta energia; e (iii) a formação e capacitação de profissionais em todas as etapas do processo, desde a extração da amostra até a interpretação dos resultados para tomada de decisão quanto à continuidade operacional segura.

2 METODOLOGIA

A metodologia pretende adicionar boas e confiáveis práticas na execução da avaliação de integridade nível III das unidades geradoras de energia elétrica, mantendo a segurança dos ativos além de estimar a vida residual destes componentes de alta energia (temperatura e pressão) via análise das amostras reais extraídas dos próprios componentes.

- a) Análise de Elementos Finitos – análise MEF (método de elementos finitos) pode ser realizada a partir de um modelo tridimensional de elementos finitos construído em programa apropriado (sugere-se o *ANSYS WORKBENCH*). O modelo deve contemplar os principais componentes definidos no planejamento, contemplando os principais componentes da linha e dos coletores de vapor, incluindo suportes. Para a análise MEF é necessário levantamento dos dados sendo que a linha, coletor e suporte devem passar por uma inspeção visual, visando confirmar o posicionamento dos componentes e suportes. O resultado da análise MEF serve para indicar os pontos de máxima solicitação termomecânica, sendo estes os locais onde devem ser retiradas as amostras para as análises;
- b) Extração das Amostras – a análise de elementos finitos realizada irá definir os pontos mais críticos do componente a ser estudado, ou seja, os pontos de maior solicitação mecânica e térmica. Nestes pontos serão removidas amostras reais para os ensaios subsequentes em amostras reduzidas a saber: análise da composição química, medição de micro dureza, caracterização microestrutural e ensaio de fluência pelo método de SPCT. Para que o ensaio em amostra reduzida seja considerado não destrutivo é fundamental que a quantidade de material a ser removida não comprometa a seção resistente do componente, o acabamento

superficial seja de boa qualidade de forma a não introduzir concentradores de tensão e alterações microestruturais por efeitos térmicos;

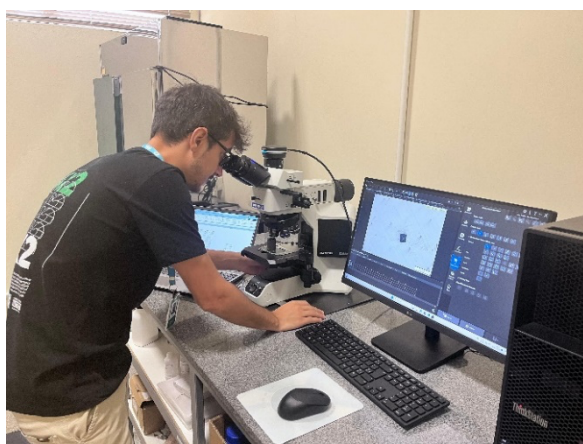
- c) **Análise da Composição Química** – em uma etapa preliminar, antes de se retirar qualquer amostra do componente em estudo é relevante se possível verificar se o material utilizado para confecção do componente em estudo está de acordo com sua especificação nominal. Para tal, uma sugestão é utilizar o analisador de campo portátil por fluorescência de raios X ou a partir das amostras extraídas realizar a determinação da composição química por espectrometria de absorção atômica;
- d) **Análise Microestrutural** – a microscopia óptica empregada na metodologia tem como objetivo verificar a degradação microestrutural, que geralmente ocorre através da esferoidização de carbonetos e pela formação de vazios de fluência. Em função do grau de degradação microestrutural, o material pode ser classificado de acordo com os seis estágios pré-estabelecidos por Toft e Marsden. O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) é utilizado de maneira complementar ao microscópio de luz visível para observar os carbonetos e os vazios de fluência;
- e) **Medição de Dureza** – a dureza fornece uma indicação da degradação do material do ponto de vista de perda de sua resistência mecânica. Para cada corpo de prova onde são realizadas as análises metalográficas, devem ser realizados ensaios de microdureza Vickers, uma vez que as áreas inspecionadas, em função do seu tamanho reduzido, não comportam medidas de dureza. Os resultados de microdureza serão convertidos para dureza, comparados com os resultados de dureza medidos em campo e com os valores de dureza nominais do material utilizados na confecção do componente inspecionado de forma a se ter uma noção da evolução da dureza em campo;
- f) *Small Punch Creep Test* – este ensaio mecânico é realizado em uma pequena amostra em forma de disco através da aplicação de uma carga mecânica em uma das superfícies da amostra através de indentador ou punção, com o objetivo de investigar sua resposta à carga. Como a forma de sollicitação mecânica do SPCT (deformação por punção) é diferente do ensaio uniaxial é necessário estabelecer uma relação entre as tensões para que sejam equivalentes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos principais resultados até o presente momento podemos citar a realização de uma revisão bibliográfica sobre os aços cromo-molibdênio empregados em unidades de geração termoeletrica além de estudar os mecanismos causadores da fluência metalúrgica nestes aços que possibilitou entendermos a metalurgia dos aços bem como o mecanismo de fluência atuante.

Para as análises de dureza e da microestrutura o projeto adquiriu e construiu um laboratório com os seguintes equipamentos: micro durômetro Vickers HV modelo HMV-G31-FA, com medições completamente automáticas usando estágio XYZ e software do fornecedor SHIMADZU, microscópio óptico OLÍMPUS BX53M com software e câmera integrada – Figura 3.

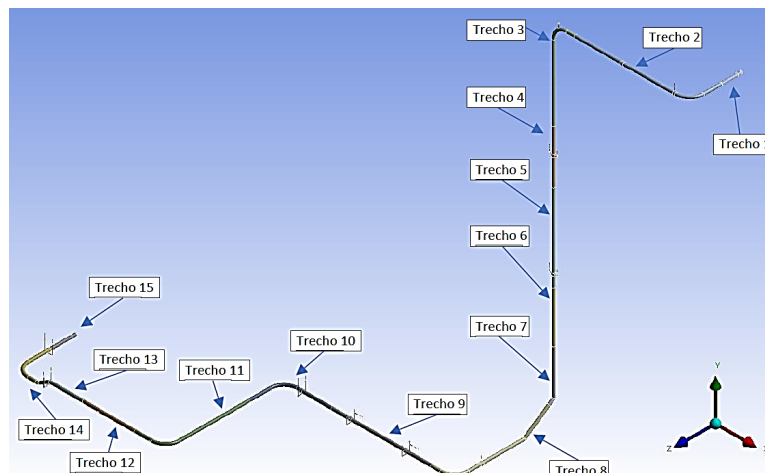
Figura 3 – Análise da microestrutura e medição de dureza de amostras de aço cromo-molibdênio, março/2025



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

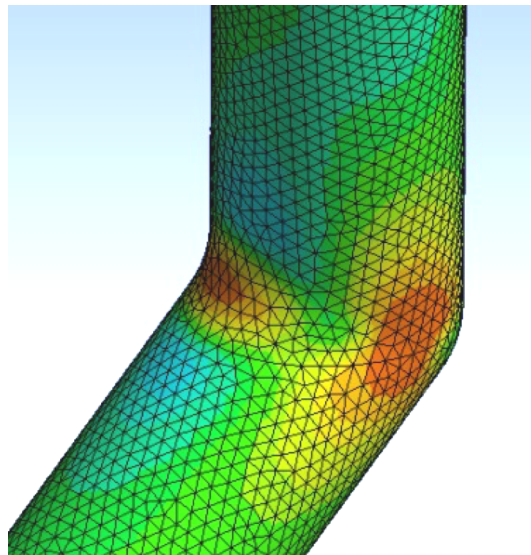
No campo das análises das tensões e simulação estrutural de uma linha de vapor foi possível identificar as regiões críticas com tensões de Von Mises superiores a 100 MPa, sendo a máxima registrada pontualmente 307 MPa em um dos trechos. A malha foi refinada com elementos de 25mm após estudo de independência, garantindo precisão com custo computacional viável. As tensões mais elevadas concentraram-se em curvas e regiões com suportes. As condições de contorno consideraram temperatura de 545°C, pressão interna de 16 MPa e peso próprio da tubulação estudada – Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Vista isométrica do modelo da linha de vapor



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

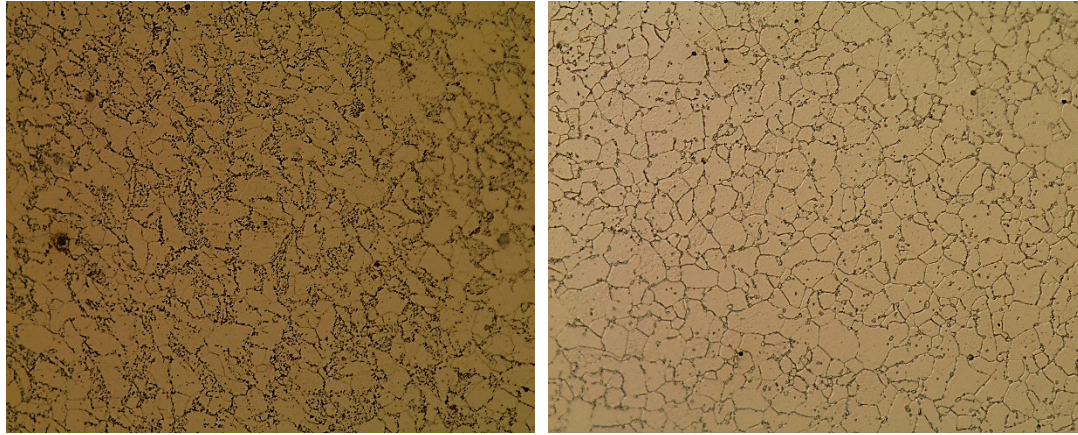
Figura 5 – Contorno de tensões encontradas na posição estudada



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

Após a ciclagem procedeu-se análise metalográficas (microscopia óptica e eletrônica de varredura) para a interpretação das variações da microestrutura em relação ao estado original, o mesmo ocorreu com a determinação da dureza Vickers comparando-se as durezas das condições cicladas com a condição original das amostras. Para todos os aços estudados há uma tendência da degradação da microestrutura e redução da dureza com o aumento do tempo e temperatura de ciclagem – Figura 6.

Figura 6 – (a) Aço DIN 17175 tipo 13CrMo44 em seu estado de fornecimento. (b) Aço 13CrMo44 apresentando microestrutura degradada após ciclagem térmica – Microscopia óptica 500 X



(a)

(b)

Fonte: Elaboração dos autores (2025).

Outro desafio importante para o projeto foi a remoção de materiais dos componentes em condições reais, primeiramente alguns testes foram realizados em laboratório e já foram removidas em duas oportunidades materiais do superaquecedor final da UTLA Unidade 2 em dezembro de 2024 e do superaquecedor final da UTLB em abril de 2025 para estes testes e remoções de amostras o projeto adquiriu uma máquina sistema de amostragem por colher – Scooper UTM com os acessórios: ferramenta para fabricação de amostras – GE 76TMe – Figura 7.

Figura 7– (a) Montagem do Scooper para remoção de amostras na linha de vapor superaquecido UTLB – Diamante Geração de Energia LTDA. (b) Região das amostras removidas. (c) Detalhe da área removida, maio/2025



(a)



(b)



(c)

Fonte: Elaboração dos autores (2025).

4 CONCLUSÕES

Foi realizada uma ampla revisão bibliográfica sobre aços cromo-molibdênio empregados em usinas termoeletricas e seus mecanismos de fluência, o que permitiu compreender a metalurgia desses materiais e o comportamento sob temperatura e tensão de longo prazo. Para caracterização de dureza e microestrutura, foi montado um laboratório equipado com um microdurômetro Vickers HV HMV-G31-FA e um microscópio óptico Olympus BX53M com câmera integrada além de todos os equipamentos para preparação metalográfica.

Em simulações estruturais de uma linha de vapor, foi possível identificar regiões críticas com tensões de Von Mises superiores a 100 MPa (máximo de 307 MPa), o que permitiu a localização com pontos de maior tensão.

Após ciclagens térmicas, análises metalográficas e ensaios de dureza Vickers mostraram degradação progressiva da microestrutura e redução de dureza com o aumento de tempo e temperatura. Foram realizados testes de remoção de amostras em laboratório e, em campo foram extraídas amostras do superaquecedor final na UTLA Unidade 2 (dezembro/2024) e na UTLB (abril/2025). Está previsto para o mês de maio de 2025 a instalação da máquina de ensaio SPCT (*Small Punch Creep Testing*) adquirida junto a Kobe Material Testing, Japão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Diamante Geração de Energia LTDA, Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC) e aos integrantes do projeto P&D 2023-29160 pela viabilização e participação do projeto.

REFERÊNCIAS

VISWANATHAN, R. **Life-assessment technology for fossil power plants**. Sadhana, v. 20, p. 301-329, 1995.

[2] VISWANATHAN, R. **Damage mechanisms and life assessment of high temperature components**. ASM international, 1989.

- [3] Mc NAUGHTON, W. P. et al. **Generic guidelines for the life extension of fossil fuel power plants**. Daedalus Associates, Inc., Mountain View, CA (USA); Delian Corp., Monroeville, PA (USA); Electric Power Research Inst., Palo Alto, CA (USA), 1986.
- [4] FURTADO, H. C et al. **Avaliação de Integridade e Estimativa de Vida Útil de Componentes de Caldeiras em UTES**. Grupo de trabalho de manutenção de usinas térmicas – GTMT/ABRAGE, Recomendação Técnica, Belo Horizonte, 2013.
- [5] DYSON, C. C. et al. **Use of small specimen creep data in component life management: a review**. Materials Science and Technology, v. 32, n. 15, p. 1567-1581, 2016.
- [6] NONAKA, I. **Activities to advance residual life evaluation techniques for highly aged power boiler materials**. Materials at High Temperatures, v. 40, n. 2, p. 134-141, 2023.
- [7] SUN, W. et al. **Uncertainties in and recommendations to small punch tensile and creep tests for ductile materials**. Engineering Fracture Mechanics, v. 289, p. 109443, 2023.
- [8] TONTI, A.; DE BLASI, P. **The New Italian Standard on the Life Assessment of Martensitic Steels—First Results of the Experimental Validation Activity of XRD by Testing P91 and P92 Samples from Interrupted Uniaxial Creep Tests**. In: Micro. MDPI, 2023. p. 274-307.
- [9] KIM, S. et al. **Evaluation of creep properties considering the friction effect of the small punch test**. Engineering Fracture Mechanics, p. 109879, 2024.
- [10] KARTHIK, V. et al. **Miniaturized testing of engineering materials**. CRC Press, 2016.
- [11] FURTADO, H. C. et al. **Power plant remaining life evaluation**. Key Engineering Materials, v. 588, p. 232-242, 2013.
- [12] Relatório de inspeção CEPEL 5037/2019, **Avaliação de integridade da unidade B da usina termelétrica de Jorge Lacerda – caldeira 5**.

- [13] TOFT, L.H, MARSDEN, R.A. **Structural Processes in Creep: Special Report No. 70**. Iron & Steel Institute; pp. 238-244; London; 1961.
- [14] European Committee for Standardization - CEN. **CWA 15627: Small Punch Test Method For Metallic Materials**, CEN, 2007.
- [15] ASTM E3205 –20. **Standard Test Method For Small Punch Testing of Metallic Materials**, ASTM, 2020.
- [16] EN 10371. **Metallic Materials - Small punch Test method**. Technical Committee CEN/TC 459/SC 1 “Test Methods For Steel (other than Chemical Analysis)”, AFNOR, 2021.
- [17] HYDE, T.H., and SUN, W., “**Small Punch Creep Testing**”. Metallurgical Journal, vol. LXIII, 2010.

MODERNIZAÇÃO DE LOCOMOTIVAS GENERAL MOTORS MODELO G-12

Luis Mário Novochadlo¹

Marcel Dartora

Victor Gustavo Cachoeira Guimarães

RESUMO

O artigo apresenta o projeto de modernização das locomotivas GM modelo G-12 da Ferrovia Tereza Cristina (FTC), em operação no sul de Santa Catarina. Diante do alto custo de aquisição de novas locomotivas e da boa aplicabilidade das G-12, optou-se pela sua modernização, visando maior eficiência, segurança e ergonomia na operação ferroviária. As melhorias incluíram alterações no layout da cabine para proporcionar melhor visibilidade, aumento da potência do motor diesel de 1310HP para 1500HP, lastreamento da estrutura para maior tração, e instalação de microprocessadores eletrônicos para controle de tração. Além disso, diversas adaptações foram realizadas, como nacionalização de componentes, instalação de ar-condicionado, novos sistemas de freios, comunicação digital, ampliação da autonomia de combustível e melhorias no conforto e segurança operacional. Como resultado, obteve-se um aumento de 22,2% na capacidade de tração, redução nas emissões de gases, maior segurança nas operações e menor custo de manutenção. O projeto reafirma o compromisso da FTC com a inovação, o respeito aos colaboradores e comunidades e a sustentabilidade ambiental.

Palavras Chave: ferrovia; melhoria; operação; projeto; transporte.

1 INTRODUÇÃO

Criadas em 1953, em London, Canadá, pela empresa General Motors, as locomotivas de modelo G-12 vieram para substituir as locomotivas a vapor e rapidamente se tornaram um sucesso de produção e venda para o ramo de veículos ferroviários. Estas mesmas locomotivas começaram a chegar em grande quantidade no Brasil já no ano de 1956.

Foram anos de produção e comercialização e atualmente muitas locomotivas G-12 ainda estão em operação no nosso território nacional. Isso por serem veículos

¹ Ferrovia Tereza Cristina S.A. luis.mario@ftc.com.br

eficientes para atender necessidades específicas de empresas que atuam no ramo ferroviário, assim como empresas que usam equipamento ferroviário na operação logística interna de suas plantas.

A Ferrovia Tereza Cristina, por sua vez, ainda faz aquisição e uso de locomotivas de modelo G-12 em sua logística de transporte, porém são locomotivas estas que foram submetidas a um importante projeto de modernização conforme será apresentado neste trabalho (Neves, 2024).

2 CONTEXTO DO PROJETO - MODERNIZAÇÃO

Conforme divulgado em seu Balanço Social (2024), no sul de Santa Catarina, a Ferrovia Tereza Cristina (FTC) é um exemplo no avanço de investimentos, modernização e eficiência no transporte de cargas. Desde 1997, a Concessionária tem desempenhado um papel fundamental na logística da região Sul Catarinense, conectando indústrias, portos e centros de distribuição com segurança e confiabilidade.

Em 27 anos de operação, a FTC transportou mais de 80 milhões de toneladas de cargas, sendo 75,5 milhões de toneladas de carvão mineral, essencial à matriz energética catarinense e segurança do abastecimento elétrico no Brasil. Além disso, 4,43 milhões de toneladas de cargas containerizadas foram movimentadas pelo Terminal Intermodal Sul (TIS), permitindo a integração rodoviária e ferroviária ao Porto de Imbituba, impulsionando a economia regional e fortalecendo a cabotagem no país. Com 164 km de trilhos, a ferrovia já investiu mais de R\$87,6 milhões em melhorias operacionais e estruturais, garantindo eficiência e confiabilidade no transporte. Além disso, mais de R\$355 milhões foram arrecadados ao Tesouro Nacional, evidenciando a importância econômica da FTC à região, ao Estado e ao Brasil.

Com um compromisso contínuo com a excelência, a FTC é certificada pelas normas ISO 9001 (Gestão de Qualidade), ISO 14001 (Gestão Ambiental) e ISO 45001 (Gestão de Saúde e Segurança), assegurando altos padrões operacionais. Ao longo de sua trajetória, a Ferrovia Tereza Cristina segue conectando cidades, impulsionando o desenvolvimento e reforçando sua posição como um dos principais agentes logísticos de Santa Catarina.

Devido ao alto custo de investimento para a aquisição de novas locomotivas, estimado em R\$ 21.000.000,00 por unidade, e também pelo fato de as locomotivas modelo G12 serem fabricadas no exterior e de uma geração passada, apesar de ainda ser

de grande aplicação em sua operação na FTC, possuíamos dificuldade em atender a necessidade de aumento da carga a ser transportada, além disso, ela oferecia menor ergonomia e segurança durante a operação de um trem, quando comparada às locomotivas mais atuais. (FERROVIA TEREZA CRISTINA. Balanço Social. Tubarão: [s. n.], 2024.)

3 RESULTADO E ANÁLISE - REALIZAÇÃO DO PROJETO DE MODERNIZAÇÃO DE LOCOMOTIVAS GM MODELO G-12

Baseado no contexto relatado, a FTC, iniciou estudos para habilitar as locomotivas G-12 a atender as demandas de uma melhor movimentação de cargas, bem como da operação e segurança.

Na ocasião dos estudos também foi analisada a possibilidade de aquisição de locomotivas de maior potência, o que apontou como inviável em função do modelo da operação no recebimento e na descarga do carvão e também pelo elevado custo de aquisição, importação e manutenção dessas novas locomotivas.

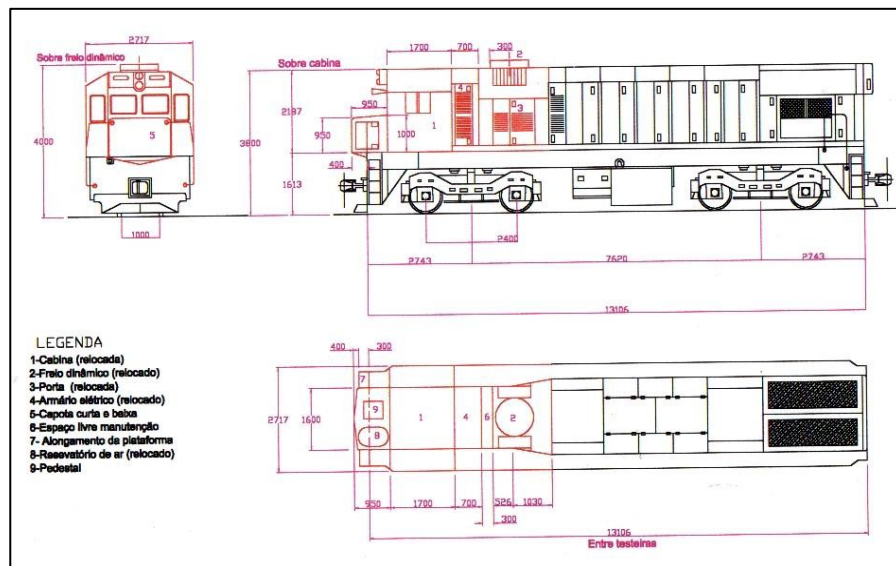
Com isso, apresentou-se como opção mais adequada a reforma e modernização das locomotivas modelo G-12 que já estavam em operação na FTC. Esta opção encontrou-se em consenso com o contexto da empresa e com a necessidade da operação, o que também foi ratificado por meio do uso de ferramentas administrativas de gestão.

A modernização das locomotivas, realizada conforme o Plano de Manutenção de Locomotivas Diesel elétricas G12 (Plano [...], [2024], contemplou várias atividades, sendo as principais destas aplicadas de imediato, já no primeiro Reparo Geral de uma locomotiva após o projeto. Estas atividades são:

1) Alteração do Layout da Cabine:

Alteração do layout foi realizada para considerar a mudança da posição do painel elétrico, que saiu da frente da cabine e foi reposicionado na parte de trás dela. Para que isso fosse possível, a cabine removida e submetida à inversão de sua posição original, após esta inversão ela foi reinstalada sobre o chassi. Essa inversão foi realizada para jogar o alojamento do painel da parte da frente para trás e assim permitiu sua nova posição. Após essa alteração, a frente ficou liberada para instalação de novas janelas frontais que deu ao maquinista uma visão panorâmica da linha durante a operação.

Figura 1 – Projeto de alteração do layout da cabine



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

2) Aumento da Potência do Motor Diesel:

Originalmente o motor diesel da locomotiva modelo G-12 era um motor de classe 567C, que por sua vez, conseguia fornecer uma potência contínua de 1310HP. Porém, este motor foi submetido à troca de componentes internos que permitiram sua transformação para o modelo de classe 645E, fornecendo assim uma potência contínua superior, igual a 1500HP. A principal alteração do motor foi a troca dos “conjuntos de força” originais (conjunto contendo cabeçote, camisa do cilindro, anéis, pistão e biela), por conjuntos de maior dimensão na parte interna da câmara de combustão.

3) Lastreamento:

O lastreamento consistiu na adição de “peso” da locomotiva. Isso foi possível mediante a instalação de chumbo no interior do chassi da locomotiva, aumenta seu peso total de 72 toneladas para 80 toneladas. Este lastreamento foi necessário para aumentar a relação de “Esforço Trator” da locomotiva.

4) Adaptação e instalação de Microprocessador Eletrônico:

Este último item, o Microprocessador Eletrônico, consiste em um importante sistema eletrônico de controle de tração/aderência da locomotiva, seu funcionamento evita a “patinação de rodas” por meio do controle do

comportamento da “corrente de trabalho” usada para alimentar cada um dos quatro Motores de Tração que são instalados nos eixos da locomotiva e que são responsáveis por sua movimentação.

As atividades citadas anteriormente são atividades principais do projeto, mas fazem parte de um conjunto maior intitulado como projeto de modernização de locomotivas modelo GM G-12.

Com a realização deste projeto de modernização obtivemos um impacto positivo direto na produtividade e na segurança, o que pode ser comprovado mediante os seguintes resultados:

- Acréscimo de 22,2% no “Esforço Trator/Capacidade de Arraste de Cargas” das locomotivas, com Microprocessador e Lastreamento, permitindo que seja acrescidos mais vagões à quantidade de vagões máxima de um trem, que na ocasião do projeto era de 18 vagões;
- Com o acréscimo na quantidade de vagões de um trem, um mesmo volume periódico de cargas poderá ser transportado em um número menor de viagens. Com isso temos um menor consumo de combustível e, consequentemente, uma menor emissão de gases na atmosfera;
- Maior segurança na operação, proporcionado pela alteração do layout da cabine do maquinista, que por sua vez, ganhou mais janelas, aumentando o campo de visão panorâmica para o operador, contribuindo para evitar acidentes graves com o trem ao longo da linha, bem como acidentes com veículos rodoviários nas passagens em nível;
- Nacionalização de peças e componentes, o que reduziu o custo do processo de manutenção de uma locomotiva. Esta atividade consistiu na substituição de componentes importados por componentes nacionais e foi realizada mediante estudo de viabilidade e testes de emprego e durabilidade, o que também resultou em uma maior confiabilidade e consequente maior disponibilidade da locomotiva para operação;
- Maior ergonomia para o maquinista durante a operação. O que foi adquirido por meio de um novo layout de cabine, que agora também possui ar condicionado. O painel de comando do maquinista também sofreu alterações para melhorar o conforto na operação e o monitoramento dos instrumentos e dispositivos ativos

da locomotiva;

O projeto final de modernização da locomotiva G-12, além das atividades citadas anteriormente, hoje, também contempla outras atividades como:

- a) Alteração do sistema de freios tornando-o auto mantenedor, garantindo maior segurança durante as frenagens do trem;
- b) Ampliação do tanque de combustível, aumentando sua capacidade de 2.800L para 4.000L de diesel, melhorando sua autonomia;
- c) Novo layout do painel de comando do maquinista, para oferecer maior ergonomia e controle da operação de um trem;
- d) Confeção e instalação de manômetros digitais, com tela touchscreen e software de controle das pressões de aplicação do sistema de freios;
- e) Confeção e instalação de circuito de controle digital de temperatura do sistema de arrefecimento do motor diesel;
- f) Alteração do modelo e layout do painel elétrico da locomotiva e instalação de componentes de CLP no circuito para substituir compones importados de difícil aquisição;
- g) Alteração do sistema de arrefecimento, garantindo maior eficiência de refrigeração do motor diesel. Esta alteração tomou por base o sistema de locomotivas de maior potência;
- h) Confeção e instalação de painel de comando do compressor, com uso de pressostato para sincronizar o funcionamento de compressores de locomotivas conjugadas;
- i) Instalação de rádio de comunicação digital, para melhorar o sinal de comunicação;
- j) Confeção de passarela traseira na locomotiva, permitindo que o maquinista possa cruzar de um lado para outro da locomotiva com total segurança;
- k) Confeção e instalação de caixa de coleta de resíduos da locomotiva, evitando o risco de contaminação ao longo da linha;
- l) Instalação de acionamento elétrico da buzina, auxiliado pela instalação de giroflex e sirene de alarme, melhorando a sinalização das locomotivas para prevenir contra acidentes;
- m) Acionamento das sinaleiras ativas via rádio, promovendo acionamento automático e mais seguro das sinaleiras das passagens de nível;
- n) Estudo e instalação de vários novos acessórios na cabine da locomotiva,

como: ar condicionado, lâmpadas de led para iluminação interna, retrovisores, limpadores de para-brisa elétricos, leds externos de iluminação de segurança, cortinas e isolamento acústicos no interior das paredes da cabine do maquinista. Acessórios que melhoram a ergonomia do maquinista durante a operação;

4 CONCLUSÃO

O Projeto de Modernização de Locomotivas Modelo GM G-12 veio ao encontro de todas as necessidades oriundas do projeto original das locomotivas G-12. Melhorias na produtividade, segurança, ergonomia, no custo de manutenção e até no meio ambiente (pela menor emissão de gases na atmosfera), são pontos positivos marcantes que salientam a importância deste projeto de modernização para empresa.

Mas acima de tudo, este projeto é sinônimo de respeito a cada colaborador da FTC. E isso contempla desde a equipe técnica que ganhou com o reconhecimento e com o know-how adquirido no estudo e execução do projeto, até o próprio maquinista, que agora opera em uma locomotiva mais segura e ergonômica, priorizando seu conforto e integridade física.

Mas vale ainda lembrar que este projeto também é sinônimo de respeito às comunidades por onde passam os muitos quilômetros de linha da FTC, além de respeito ao próprio meio ambiente, o bem mais importante para vida de todos.

REFERÊNCIAS

FERROVIA TEREZA CRISTINA S.A. Balanço Social 2024. Tubarão: FTC, 2025.

NEVES, M. A. VLI conclui compra de locomotivas para FCA por R\$ 150 milhões. **Diário do Comércio**, 21 set. 2024. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/vli-conclui-compra-de-locomotivas-para-fca-por-r-150-milhoes/>. Acesso em: 25 ja. 2025.

PLANO de manutenção de locomotivas diesel elétricas G12 RFFSA: Divisão Operacional de Tubarão – SC. Tubarão, [2024].

PROJETO INTEGRADOR: MEDIDOR DE PRESSÃO PARA MANGUEIRAS DE INCÊNDIO

Leonardo Drews Montibeller¹
Ramon Batista Machado
Amadio Vettoretti Filho
José Carlos De Oliveira
Arthur Serafim Da Silva
Giovana Cantelli Nunes Côrtes

RESUMO

Este projeto integrador desenvolveu um sistema inovador de monitoramento de pressão para mangueiras de combate a incêndios, denominado SPG 1.0 (*Smart Pressure Gauge*), visando auxiliar o 8º Batalhão de Bombeiros Militares de Tubarão-SC. A problemática identificada foi a dificuldade dos bombeiros em verificar a pressão da água diretamente no esguicho durante operações de combate a incêndios, gerando necessidade de comunicação constante com o operador da bomba e potenciais atrasos operacionais. O protótipo desenvolvido consiste em um módulo de acoplamento instalado entre a mangueira e o esguicho, composto por sistema de conexão mecânica em aço com conectores STORZ, sensor de pressão NPT 1/8" de 150 PSI, microcontrolador Arduino UNO R3 e display ST7789 para visualização. Os testes realizados confirmaram a funcionalidade do sistema para medição e exibição da pressão em tempo real. Foram exploradas tecnologias de comunicação wireless via ESP-NOW e Bluetooth HC-05 para transmissão de dados. O projeto atingiu os objetivos de desenvolver interface gráfica de visualização e construir adaptador mecânico funcional. Como limitações, identificou-se a necessidade de sensor com maior alcance de pressão (até 28 bar) e aprimoramento da comunicação sem fio. O trabalho demonstra potencial para otimização das operações de combate a incêndios através de solução tecnológica aplicada.

Palavras-chave: bombeiros; esguicho; protótipo; sensor de pressão.

1 INTRODUÇÃO

Durante o combate a incêndios, uma dificuldade enfrentada pelos bombeiros é a ausência de informação em tempo real sobre a pressão da água no esguicho. Essa carência de dados exige comunicação constante com o operador da bomba na viatura (ABTR) para verificar a situação do abastecimento, o que pode gerar atrasos e comprometer a eficiência da operação. Diante dessa problemática, o presente projeto buscou responder à seguinte questão: como

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC.
leonardo.drews@ifsc.edu.br

viabilizar a verificação da pressão da água diretamente no esguicho em situações de incêndio? Este trabalho, desenvolvido no âmbito de um projeto integrador com foco na comunidade, direcionou seus esforços para auxiliar o corpo de bombeiros, reconhecendo sua fundamental importância social. As fases iniciais do projeto empregaram metodologias ativas de pesquisa e desenvolvimento, como *brainstorming* e *design thinking*, para a concepção da solução.

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um sistema de acoplamento para ser instalado entre a mangueira e o esguicho, capaz de informar em tempo real a pressão da água. Como objetivos específicos, buscou-se: desenvolver uma interface gráfica em um display para visualização da leitura da pressão; explorar a possibilidade de compartilhamento *wireless* desses dados; e construir um adaptador mecânico funcional para a conexão entre o esguicho e a mangueira.

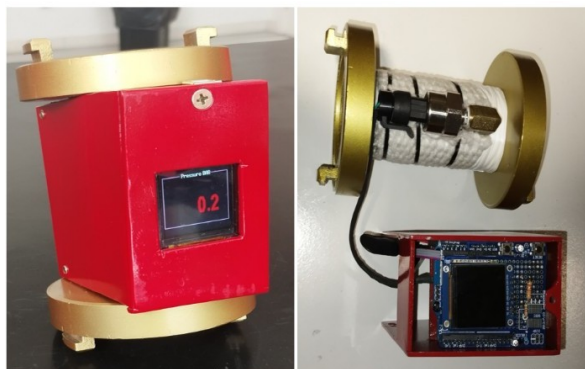
2 CONTEXTO DO PROJETO OU SITUAÇÃO-PROBLEMA

O presente relato técnico descreve o desenvolvimento de um protótipo para monitoramento de pressão em mangueiras de combate a incêndio, uma iniciativa voltada para o 8º Batalhão de Bombeiros Militares, localizado em Tubarão-SC, uma instituição de natureza pública essencial para a segurança da comunidade. A situação-problema identificada reside na dificuldade dos bombeiros em verificar a pressão da água diretamente no esguicho durante o combate a incêndios, o que pode levar a atrasos e ineficiências. O projeto foi desenvolvido por uma equipe de estudantes do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Embarcados do IFSC - Câmpus Tubarão durante a disciplina de Projeto Integrador. O desenvolvimento do projeto envolveu a criação de um módulo de conexão mecânica, o desenvolvimento de uma interface de visualização em display, a aquisição de dados de pressão e a exploração da comunicação via *ESP-NOW* e *Bluetooth* clássico. O projeto visa oferecer uma solução tecnológica para um problema prático enfrentado por profissionais que atuam em situações de risco, buscando otimizar suas operações e aumentar a segurança.

3 RESULTADOS E ANÁLISE

O desenvolvimento do projeto resultou no protótipo funcional da Figura 1, denominado SPG 1.0 -*Smart Pressure Gauge*-, composto por um módulo de conexão mecânica, um sistema de aquisição de dados de pressão e uma interface de visualização.

Figura 1 – Protótipo finalizado denominado SPG 1.0 (Smart Pressure Gauge).



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

O módulo mecânico, inicialmente prototipado em PVC e impressão 3D, foi posteriormente fabricado em aço com conectores do tipo *STORZ*, e demonstrou capacidade de acoplamento entre a mangueira e o esguicho. Testes de impressão 3D foram cruciais para o refinamento do design, embora desafios como a vedação inicial e a disponibilidade de água pressurizada no local de teste tenham sido identificados. Para a interface de visualização, optou-se pelo display ST7789 (Sitronix Technology Corp, 2024), programado em *Arduino*, que se mostrou superior ao *TFT LCD Shield* em termos de ângulo de visualização. A programação incluiu a implementação de um sistema de cores para indicar diferentes faixas de pressão (vermelho para 0-4 bar, amarelo para 5-7 bar, verde para 8-10 bar), testado inicialmente com um potenciômetro e, posteriormente, com um sensor de pressão NPT 1/8" 150 PSI (10 bar) (REVELTRONICS, 2024). A aquisição de dados se deu com o microcontrolador *Arduino UNO R3*. A conversão dos valores analógicos para tensão e, em seguida, para Bar foi realizada com base nas fórmulas fornecidas pelo fabricante do sensor, com uma compensação de 0,2 Bar aplicada no código para ajustar discrepâncias observadas em testes com um compressor de ar que confirmaram a capacidade do sistema em medir a pressão. A comunicação entre duas *ESP32* via protocolo *ESP-NOW* (Random Nerd Tutorials, [202-]) foi testada com sucesso em um circuito simples (botão acionando LED em outra placa), indicando potencial para transmissão de dados da pressão para um receptor. No entanto, o desenvolvimento a partir da *ESP32* (Cruz; Silva; Silva, 2022) se mostrou inviável devido dificuldades em comunicar com o *display*. Como o *Arduino* não possui nenhuma comunicação *wireless*, utilizou-se um módulo *Bluetooth HC-05*. Na montagem final do circuito eletrônico optou-se por uma *protoshield* de 170 pontos em detrimento de uma Placa de Circuito Impresso (PCI) devido à complexidade e tempo restrito de projeto. Os resultados demonstram a viabilidade da solução proposta, com a criação de um protótipo capaz de medir e exibir a pressão da água. As limitações encontradas,

como a necessidade de ajustes finos na fórmula de compensação do sensor, a complexidade da comunicação sem fio e desenvolvimento de app indicam pontos para trabalhos futuros.

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do projeto permitiu atingir o objetivo geral de criar um acoplamento entre a mangueira e o esguicho que informa a pressão da água, conforme testes *in loco* da Figura 2.

Figura 2 – Execução de testes pelo Sgt. Tonelli com o protótipo conectado entre esguicho e mangueira, leitura pelo aplicativo, informando a pressão em Bar lida no momento. Fonte: Autoria própria.



Fonte: Elaboração dos autores (2025).

Os objetivos específicos de desenvolver uma interface gráfica para visualização da pressão e construir um adaptador mecânico foram alcançados com sucesso. A leitura da pressão é exibida de forma clara no display ST7789, o módulo de conexão demonstrou funcionalidade nos testes de acoplamento. No entanto, o objetivo de compartilhar a leitura de pressão para uma nuvem e o desenvolvimento de um aplicativo móvel para monitoramento remoto não foram completamente atingidos devido à complexidade e ao tempo disponível, representando limitações do presente trabalho. Observou-se também a necessidade de calibração mais precisa do sensor de pressão e a importância de garantir a vedação completa do sistema em futuras iterações. Observa-se também a necessidade de um sensor com alcance maior de pressão pois a bomba pode chegar até 28 Bar. Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se o aprimoramento da comunicação sem fio, utilizando o potencial do *ESP-NOW* ou outras tecnologias, para transmitir os dados de pressão de forma confiável a um dispositivo remoto

ou sistema de gerenciamento. Adicionalmente, a finalização do aplicativo móvel e a integração com um sistema em nuvem agregariam valor significativo à solução, permitindo o monitoramento e registro histórico dos dados de pressão. A otimização do design mecânico para garantir robustez e facilidade de uso em campo, bem como a realização de testes em cenários reais de combate a incêndio, são passos importantes para a validação e eventual implementação da tecnologia.

REFERÊNCIAS

CRUZ, Hernani Batista da; SILVA, Sani de Carvalho Rutz da; SILVA, Silvio Luiz Rutz da. **Guia de programação ESP32**. [S. l.:s. n.], 2022. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/31330/4/roboticaaprendizagemprojetos_produto.pdf. Acesso em: 5 out. 2024.

RANDOM NERD TUTORIALS. **ESP-NOW with ESP32 using Arduino IDE (Wireless Communication)**. [S. l.:s. n.], [202–]. Disponível em: <https://randomnerdtutorials.com/esp-now-esp32-arduino-ide/>. Acesso em: 14 out. 2024.

REVELTRONICS. **Pressure sensor 150 PSI 10Bar 5V Datasheet**. [202–]. Disponível em: https://www.reveltronics.com/downloads/datasheet/REVELTRONICS_PRESSURE_SENSOR_150PSI_10BAR_5V_DATASHEET.pdf. Acesso em: 15 nov. 2024.

SITRONIX TECHNOLOGY CORP. **ST7789VW Datasheet**: version 1.0. 2017. Disponível em: <https://www.mouser.com/datasheet/2/744/ST7789VW-2320339.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2024.

REDUÇÃO DAS INTERRUPÇÕES NA LINHA DE PRODUÇÃO POR MEIO DA ALTERAÇÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO

Nivaldo Andrade Martins Filho¹

RESUMO

Este estudo de caso na unidade da JCI em Curitiba/PR aborda a redução de paradas na linha de produção de Unidades de Tratamento de Ar (AHUs), onde o principal problema eram interrupções mensais causadas por atrasos no fornecimento de peças de fixação (parafusos, arruelas, correias). Essas peças, embora representassem apenas 2% do custo direto do produto, causavam paradas que impactavam componentes críticos responsáveis por 70% dos custos (painéis, motores, perfis metálicos). A estratégia implementada substituiu a compra direta de múltiplos fabricantes por um único fornecedor integrado, que passou a operar sob regime de estoque consignado, realizando entregas semanais em pequenos lotes com embalagens fracionadas, abastecendo diretamente flow racks na linha de produção. Como resultado, embora o custo de aquisição dessas peças tenha aumentado 18% (elevando sua participação no custo total para 2,4%), as paradas de produção foram eliminadas, aumentando a produtividade em 12%. Esse ganho, combinado com a redução de custos indiretos (como o tempo de gestão dedicado a resolver as interrupções), gerou uma redução total de custos de aproximadamente 2%, principalmente pela economia na mão de obra (originalmente 20% dos custos). Ganhos indiretos significativos incluíram o cumprimento dos planos de produção, a estabilização dos níveis de estoque e a possibilidade de realizar manutenções programadas. A conclusão demonstra que um aumento pontual de custos na cadeia de suprimentos, aliado a uma mudança nos termos de fornecimento (como estoque consignado e entregas fracionadas frequentes), pode gerar economia global substancial, destacando a importância crucial de analisar trade-offs logísticos integrados em vez de focar exclusivamente na minimização do custo de aquisição individual.

Palavras-chave: Fluxo contínuo de produção, lean manufacturing, cadeia de abastecimento.

1 INTRODUÇÃO

A busca pelo fluxo contínuo de produção tem sido, há algumas décadas, o foco dos gestores da área de manufatura. Isto é devido importância dos custos, diretos, indiretos e de oportunidade, nos diferentes seguimentos do segundo setor. Os resultados financeiros da indústria têm, via de regra, margens baixas, comparadas a outros setores, e dependem muito da escala. Por este motivo estratégias que evitem paradas de linha, ou rupturas no abastecimento, são prioridade para manter a eficiência operacional e, reduzindo os custos e aumentando a lucratividade. A eficiência operacional é a essência da filosofia *Lean*. Segundo WOMACK e JONES (2004), o

¹ Consultor parceiro na W2M Gestão De Negócios - nivaldoamf72@gmail.com

objetivo da filosofia Lean é eliminar os diferentes tipos de desperdício e focar apenas naquilo que gera valor para o cliente.

O presente trabalho relata as estratégias adotadas para evitar as frequentes paradas, em uma das linhas, de uma empresa multinacional de produção de equipamentos de refrigeração e conforto térmico.

A linha em questão era dedicada a produção de unidades de tratamento de ar (AHU – Air Handler Unit), utilizados para condicionamento de ar em grandes instalações prediais tais como, shopping centers, estádios fechados, centros comerciais, de lazer ou residenciais.

2 SITUAÇÃO-PROBLEMA

A situação relatada ocorreu na unidade de Curitiba/PR da empresa JCI (Johnson Controls Industries). A empresa é uma multinacional norte-americana que atua em seguimentos como HVAC (aquecimento, ventilação e condicionamento de ar), Refrigeração Industrial, Automação e Controle Predial. À época possuía unidades fabris nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande Do Sul.

A linha de produção em questão era destinada aos AHU (figura 1), compostos por “caixas” encerradas por painéis de tripla camada (chapa metálica-isolante térmico-chapa metálica) e perfis metálicos estruturantes. Os diferentes tipos de AHU podem conter ainda, motores elétricos, ventiladores centrífugos, correias, polias, trocadores de calor (água-ar) e peças de fixação como cantoneiras, porcas, parafusos, arruelas e rebites de diferentes tipos.

Os itens responsáveis por 70%, ou mais, dos custos, são os painéis, motores, ventiladores e perfis metálicos estruturantes. Pelas características dos itens, e dos fornecedores, os painéis e perfis eram comprados em grandes lotes, os motores e os ventiladores contavam com uma cadeia bem controlada e com fornecedores confiáveis. À época a JCI adquiria, para reduzir o custo de compra, as peças de fixação e correias direto dos fabricantes, tais como Ciser, Indufix, Warbel, etc. Como as distribuidoras adquirem volumes muito maiores destes itens, a JCI era um cliente pouco relevante, o que acarretava em frequentes atrasos no abastecimento e paradas de linha. Ou seja, um conjunto de itens que representava aproximadamente 2% do custo direto, era responsável por, pelo menos, uma parada de produção ao mês. A linha de produção dos AHU possuía 23 montadores.

3 ANÁLISE E RESULTADOS

A estratégia utilizada foi, ao contrário do senso comum, aumentar a cadeia de abastecimento. Uma proposta de compra foi feita a diversos fornecedores, considerando que os estoques seriam consignados, fornecidos em pequenos lotes, fracionados em embalagens plásticas (parafusos e arruelas) e abastecidos em *flow racks* pelo próprio fornecedor. Apenas um fornecedor seria o responsável por todos os itens de fixação. Os lotes foram calculados de forma a garantir que o fornecedor fizesse visitas semanais, mantendo o *flow rack* abastecido com uma quantidade de embalagens que garantia um fluxo contínuo sem riscos de abastecimento. Nesta proposta apenas um fornecedor seria responsável pelo abastecimento de todos os itens de fixação, polias, cantoneiras e correias.

Apesar do aumento de aproximadamente 18% no custo de aquisição das peças de fixação, aumentando a participação para 2,4% do custo total, o ganho com a redução para zero das paradas de produção viabilizou a alteração, e ainda os eventuais investimentos nos *flow racks*. Considerando que a mão de obra representava aproximadamente 20%, e a redução nas

interrupções aumentou a produtividade em aproximadamente 12%, temos uma redução no custo de aproximadamente 2,0% (tabela1).

Aparentemente um ganho percentual pequeno, no entanto, considerando a escala, o envolvimento dos gestores quando ocorriam as interrupções, e o aumento na taxa de serviço ao cliente, a estratégia se mostrou altamente efetiva. Outros ganhos indiretos também foram notados, como o cumprimento dos planos de produção, a estabilidade do fluxo, permitindo paradas programadas de manutenção e redução dos estoques de semiacabados.

4 CONCLUSÃO

A gestão, integrando diferentes áreas, normalmente lida com objetivos antagônicos. A maior disponibilidade possível de produtos é normalmente desejada pelo Comercial, no entanto baixos níveis de estoque e baixa imobilização de capital são desejados pela Logística e Financeiro respectivamente. Reduzir o custo de aquisição, apesar de ser o senso comum entre os gestores, pode trazer outros custos associados aos termos de fornecimento. No caso em questão o custo de aquisição foi acrescido, alterando os termos de fornecimento para garantir um fluxo contínuo na produção e níveis de estoques mais regulares, reduzindo o efeito “dente de serra” e as interrupções na produção, o saldo foi uma redução de aproximadamente 2% no custo total. Isso demonstra que alterações pontuais devem considerar o impacto na cadeia, como um todo, e o que chamamos de trade-off logístico.

REFERÊNCIAS

WOMACK, JAMES P.; JONES, DANIEL T. **Lean thinking: A mentalidade enxuta nas empresas**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ANEXO 1



Figura 1: Air Handler Unit (AHU)

Tabela 1: Participação percentual no custo total por grupo de itens.

Grupos	Antes	Variação	Depois
Painéis, ventiladores e perfis estruturantes	70,0%	0,0%	70,0%
Mão de obra	20,0%	-12,0%	17,6%
Peças de fixação e correias	2,0%	+18,0%	2,4%
Outros	8,0%	0,0%	8,0%
Total	100,0%	-	98,0%

REDUÇÃO DOS ESTOQUES POR MEIO DA REPARAMETRIZAÇÃO DO MRP, ALTERAÇÕES DE PROJETO E VENDA DIRETA

Nivaldo Andrade Martins Filho¹

RESUMO

Este estudo de caso na unidade da JCI em Curitiba/PR relata estratégias para reduzir estoques de matéria-prima e materiais de consumo, inicialmente avaliados em US\$ 7,9 milhões. O problema central era a obsolescência programada: 75% dos estoques (compressores, válvulas, painéis) não eram utilizados em novos projetos devido a mudanças tecnológicas e falta de padronização, gerando custos elevados de armazenagem e imobilização de ativos. Foram implementadas três ações integradas: 1) Reparametrização do MRP, ajustando estoque de segurança, lead times e lotes de compra para reduzir volumes; 2) Alterações de projeto via colaboração entre Engenharia, Produção e Vendas, permitindo reutilizar itens descontinuados em lotes controlados, mantendo padrões de qualidade; 3) Venda direta de itens obsoletos para rede de assistência técnica e distribuidores, com preços abaixo do mercado (cobrindo custo contábil). Adicionalmente, padronizaram-se itens similares (ex: parafusos com variações mínimas), reduzindo SKUs e custos de gestão. Os resultados, após 18 meses, reduziram estoques para US\$ 3,6 milhões, gerando ganhos financeiros anuais de ~US\$ 485 mil (considerando Selic de 11,29%). A conclusão destaca que sistemas de gestão (ERP) exigem parametrização precisa desde o projeto do produto, integrando lead times, estoques de segurança e planejamento de substituição para evitar obsolescência e otimizar custos logísticos.

Palavras-chave: Redução de Estoques, WMS, MRP, Projeto de Produto, Obsolescência Programada

1 INTRODUÇÃO

A redução de ativos em todos os seguimentos, e principalmente na indústria, é fundamental para garantir o retorno sobre o investimento e baixar os custos financeiros quando a empresa não está capitalizada. Na indústria os estoques representam uma parcela significativa dos ativos. Por este motivo a redução dos estoques de matéria prima é extremamente importante para reduzir os custos de captação financeira para as empresas tomadoras, reduzir os custos de armazenagem, de gestão de estoques e utilização de espaço, pois a área fabril deve ser destinada às atividades que geram receita.

O presente trabalho relata as estratégias adotadas para reduzir os estoques de matéria prima e material de consumo de uma empresa multinacional de produção de equipamentos de refrigeração e conforto térmico.

¹ Consultor parceiro na W2M Gestão de Negócios - nivaldoamf72@gmail.com

2 SITUAÇÃO-PROBLEMA

A situação relatada ocorreu na unidade de Curitiba/PR da empresa JCI (Jhonson Controls Industries). A empresa é uma multinacional norte-americana que atua em seguimentos como HVAC (aquecimento, ventilação e condicionamento de ar), Refrigeração Industrial, Automação e Controle Predial. À época possuía unidades fabris nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande Do Sul. Os estoques eram compostos basicamente de matérias primas utilizadas na produção de Chillers (figuras 1 e 2), e itens utilizados para assistência técnica em campo. Sendo, com base no custo, aproximadamente 75% de matéria prima, 20% de itens para a prestação de serviços e 5% itens de consumo interno, como itens de manutenção dos equipamentos da linha de produção, totalizando aproximadamente US\$ 7,9M. Dentre a matéria prima, a parte mais significativa era composta por compressores de gás refrigerante (entre 100 e 400 TR), conexões e válvulas de cobre, painéis de controle e trocadores de calor tubulares (água-ar). Os estoques não reduziam com o consumo pela produção pois grande parte dos itens não eram mais utilizados nos novos projetos ou foram substituídos por novas tecnologias, além de uma gama de itens não padronizados. Este cenário demandava áreas de segregação para itens descontinuados, controle rigoroso na classificação e identificação de itens, devido a semelhança entre eles, e um contingente de mão de obra capacitado, acarretando além da imobilização de ativos, a elevação dos custos operacionais.

3 ANÁLISE E RESULTADOS

Junto com a Engenharia de Produtos, Produção e Vendas, foi criado um plano para a padronização de itens e a utilização de itens descontinuados em lotes específicos e controlados. Através de reuniões mensais, entre Logística, Engenharia de Produto e a Produção, era analisada a viabilidade da utilização de compressores, válvulas, conexões e painéis de controle descontinuados. Esta análise foi necessária pois os projetos vinham definidos da matriz, fora do país, e o padrão de qualidade e as garantias ao cliente deveriam ser mantidas para as alterações feitas no produto final. Além da utilização dos itens descontinuados em lotes específicos, um levantamento acurado foi feito entre os itens utilizados para a prestação de assistência técnica. Como resultado deste levantamento foi identificado uma gama de equipamentos obsoletos por conta de alterações dos produtos acabados onde estes itens seriam empregados pela assistência técnica. Para solucionar esse problema foi feita uma oferta para toda a rede de assistentes técnicos autorizados, distribuidores e parceiros. Os valores ofertados cobriam o custo contábil mas estavam abaixo do preço de mercado, e incluíam itens de linha e itens fora de uso, criando um equilíbrio na negociação com os pretensos compradores. Em uma terceira etapa, foi feita uma padronização dos itens de fixação, pois haviam casos de itens com pequenas variações dimensionais em aplicações semelhante, como parafusos com o mesmo tipo de acionamento, diâmetro e corpo, mas com comprimento diferente. Esta padronização não teve um impacto significativo no custo total do estoque, mas reduziu a quantidade de referências (SKUs), reduzindo os custos de gestão de armazenagem e aquisição. Em paralelo a estas etapas, uma revisão dos parâmetros do MRP (Planejamento de Recursos da Produção), alterando variáveis como estoque de segurança, tempo de ressuprimento, tamanho do lote e unidade de medida, visando atender os objetivos de redução dos estoques de matéria prima. Estes parâmetros são responsáveis por definir qual o volume do estoque em mãos, e com que antecedência as compras devem ser feitas.

A união destas ações estratégicas resultou, ao longo de 18 meses, na redução do estoque para aproximadamente US\$ 3,6M. Considerando a taxa SELIC, acumulada no ano do projeto, em torno de 11,29%, os ganhos financeiros anuais do projeto foram em torno de US\$ 485K.

4 CONCLUSÃO

Os sistemas integrados de gestão (ERPs) são essenciais para viabilizar a gestão de processos complexos. No entanto a correta parametrização desses sistemas é fundamental para que os resultados desejados sejam obtidos. Parâmetros, como tempo de ressuprimento, estoque de segurança, unidade de fornecimento, devem ser corretamente definidos já na fase de projeto do produto, assim como devem ser considerados o estoque de matéria prima e produto acabado em mãos do(s) produto(s) que será(ão) substituído(s). Os parâmetros citados devem guiar a equipe de projetos na definição das datas de início da produção e lançamento do novo produto, evitando estoques excedentes e a obsolescência de matéria prima. Por consequência todos estes fatores e parâmetros citados serão guias a Logística, que segundo BOWERSOX e CLOSS (2001) é responsável por obter os níveis de serviço desejados ao menor custo possível.

REFERÊNCIAS

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

ANEXO 1



Figura: Chiller



Figura 2: Chillers instalados



O 1º Congresso Nacional da Indústria na AMUREL, realizado em 4 de junho de 2025 em Tubarão (SC), contou com aproximadamente 150 participantes, sendo 118 cadastrados, impactando 50 municípios e 4 regiões vizinhas, ao Sul e ao Norte, consolidando-se como um marco para o setor produtivo regional.

Promovido pela Fundação InoversaSul, em parceria com a FAPESC e o apoio do Governo do Estado de Santa Catarina, o evento reuniu lideranças empresariais, políticas, acadêmicas e ainda técnicos para debater temas estratégicos como neoindustrialização, inovação, economia do mar, agronegócio e transporte e logística 4.0.

O congresso também foi palco para a apresentação de estudos científicos e relatos técnicos que evidenciam a diversidade e a relevância da pesquisa aplicada na região. Esses trabalhos, que compõem esta publicação, ilustram o compromisso da região com a inovação tecnológica, a sustentabilidade e a valorização do patrimônio histórico, além de demonstrar a articulação entre academia, setor produtivo e poder público.