

Metodologia Lean Six Sigma aplicada à Eficiência Energética em âmbito industrial.

Aplicação prática em uma fábrica de Tampas no centro-sul fluminense.

Lucas Mateus da Silva Pinto
Prof. Me. Luis Gustavo Schröder e Braga (orientador do trabalho)

RESUMO

No cenário global, o aquecimento global é uma preocupação destacada, prevendo-se um aumento de 1,8°C a 4,0°C na temperatura média global nos próximos 100 anos, segundo o INPE (2015). Após a assinatura do Acordo de Paris em 2015, as indústrias adaptam-se, focando na redução de emissões e consumo de energia. O Lean Seis Sigma destaca-se como ferramenta eficaz nesse contexto, aplicado em uma fábrica de tampas para reduzir o indicador de kWh/000. O projeto resultou em notável redução de 12% no consumo total de energia e 51% no indicador de kWh/000, demonstrando a eficácia do DMAIC em abordar desafios similares e contribuir para práticas mais sustentáveis.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Lean Seis Sigma. Eficiência Energética.

Scientific study on Lean Six Sigma applied to Energy Efficiency in an industrial context.

Practical application in a can ends factory in the south center of Rio de Janeiro.

Lucas Mateus da Silva Pinto
Prof. Me. Luis Gustavo Schröder e Braga (professor advisor)

ABSTRACT

In the global scenario, global warming is a prominent concern, with a projected increase of 1.8°C to 4.0°C in the global average temperature over the next 100 years, according to INPE (2015). After the signing of the Paris Agreement in 2015, industries are adapting by focusing on reducing emissions and energy consumption. Lean Six Sigma stands out as an effective tool in this context, applied in a bottle cap factory to reduce the kWh/000 indicator. The project resulted in a notable 12% reduction in total energy consumption and a 51% decrease in the kWh/000 indicator, demonstrating the effectiveness of DMAIC in addressing similar challenges and contributing to more sustainable practices.

Keywords: Sustainability. Lean Six Sigma. Energy Efficiency.

1- INTRODUÇÃO.

No atual âmbito social é notória a preocupação com os efeitos do aquecimento global e seus impactos nos próximos anos. As projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que nos próximos 100 anos poderá haver um aumento da temperatura média global entre 1,8°C e 4,0°C, e um aumento do nível médio do mar entre 0,18 m e 0,59 m, o que pode afetar significativamente as atividades humanas e os ecossistemas terrestres. (INPE,2015).

Além da questão ambiental a geração do carbono tornou-se um atrativo econômico com o advento do mercado de carbono. Esse mercado é uma iniciativa global que tem como objetivo incentivar a redução de emissões de gases de efeito estufa através de mecanismos financeiros (ONU, 2022). Funciona através da compra e venda de créditos de carbono, onde empresas que reduzem suas emissões de CO2 podem vender seus créditos para outras empresas que precisam compensar suas emissões.

Entretanto como reduzir o consumo energético de uma indústria sem impactar sua performance e qualidade dos produtos? Neste artigo científico, será apresentado uma ferramenta que tem mudado a forma de gerenciar e encontrar soluções para problemas cuja as causas raízes ainda não são conhecidas: O Lean Seis Sigma.

2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

Nesse tópico será apresentado e dissertado quatro temáticas fundamentais para a estruturação do trabalho, são eles: sustentabilidade, eficiência energética, metodologia Lean Six Sigma e processo de fabricação de tampas. Durante a fundamentação teórica será abordado vários pontos de vista de especialistas sobre os assuntos.

2.1 - SUSTENTABILIDADE.

A sustentabilidade é um tema cada vez mais presente no mundo contemporâneo. A preocupação com o meio ambiente, a economia e a sociedade se tornou essencial para garantir a sobrevivência das futuras gerações. No século 21, os desafios da sustentabilidade são muitos, incluindo a crescente demanda por recursos

naturais, o aumento das emissões de gases de efeito estufa, o consumo excessivo e o desperdício de alimentos e produtos.

Para enfrentar esses desafios, diversos fóruns foram criados para discutir e propor soluções para questões ambientais. Um dos principais é a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), realizada em 2012 no Rio de Janeiro, Brasil. Neste evento, líderes mundiais se reuniram para discutir o desenvolvimento sustentável e adotar uma série de compromissos para promover a sustentabilidade.

2.2 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

A eficiência energética é uma estratégia que busca otimizar o consumo de energia, reduzindo o desperdício e aumentando a produtividade. Isso é feito através da adoção de tecnologias e práticas que consomem menos energia para fornecer o mesmo nível de serviço.

A eficiência energética na indústria surgiu na década de 1970, em resposta à crise do petróleo. Na época, os preços do petróleo estavam em alta e muitas indústrias estavam enfrentando dificuldades financeiras devido ao alto custo da energia. Como resultado, elas começaram a buscar formas de reduzir o consumo de energia e tornar suas operações mais eficientes.

Em resumo, a eficiência energética é uma estratégia importante para a indústria, que busca otimizar o consumo de energia e reduzir o desperdício. Ela é aplicada através da adoção de tecnologias e práticas que consomem menos energia e aumentam a produtividade. A eficiência energética surgiu na indústria na década de 1970, em resposta à crise do petróleo, e desde então tornou-se uma prioridade cada vez maior, tanto por motivos econômicos quanto ambientais.

"A eficiência energética é uma das maneiras mais fáceis e econômicas de combater a mudança climática e reduzir nossas emissões de gases de efeito estufa." - Christine Todd Whitman, ex-administradora da Agência de Proteção Ambiental dos EUA.

"A eficiência energética é um investimento que paga dividendos em termos de economia de energia, redução de custos, proteção ambiental e melhor qualidade de vida." - Maria van der Hoeven, ex-diretora executiva da Agência Internacional de Energia.

2.3 - METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA.

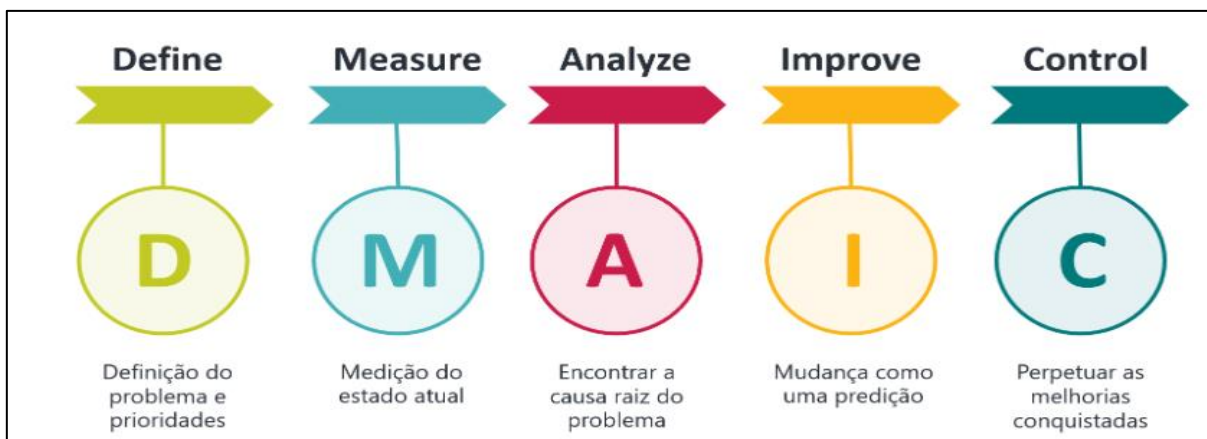
O Lean Six Sigma (LSS) é uma abordagem de gestão que combina duas metodologias diferentes: o Lean Manufacturing e o Six Sigma. O Lean Manufacturing é uma abordagem que visa maximizar a eficiência do processo de produção, eliminando desperdícios e reduzindo o tempo de ciclo. Já o Six Sigma é uma metodologia que visa reduzir a variação nos processos e melhorar a qualidade dos produtos e serviços.

Juntas, essas duas metodologias formam o Lean Six Sigma, que tem como objetivo melhorar a qualidade, aumentar a eficiência e reduzir os custos de uma organização. O Lean Six Sigma utiliza uma abordagem baseada em dados e estatísticas para identificar e eliminar desperdícios e defeitos nos processos, além de buscar a melhoria contínua.

2.3.2 – Aplicação do DMAIC.

O Lean Six Sigma segue um processo em cinco etapas, conhecido como DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), que orienta os projetos de melhoria de processos. Tais etapas seguem um fluxo, conforme pode ser observado na figura 1.

Figura 1 - Fluxograma DMAIC resumido.

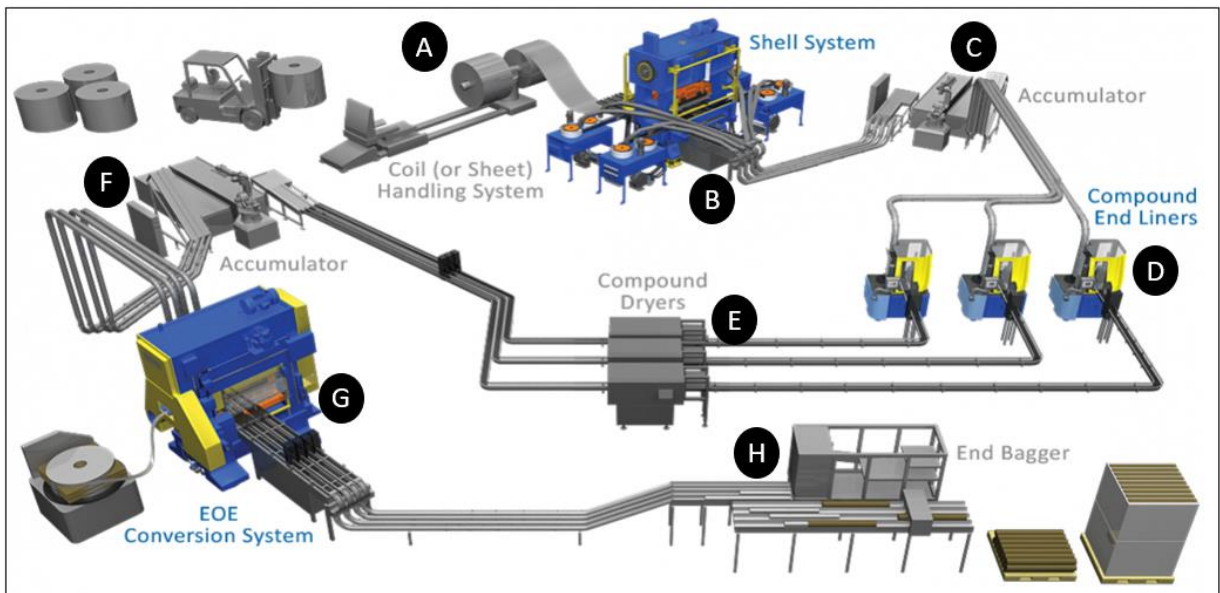


Fonte: Lean Mastery Collection: 8 Books in 1, adaptado. (2018)

2.4 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TAMPAS.

Segundo o ABRALATAS (2012), o processo de fabricação de tampas é constituída de três etapas conforme exemplificado na figura 2. Observação o fluxograma do processo foi obtido através do principal fabricante de máquinas desse segmento: Stolle Machinery.

Figura 2 - Processo de fabricação de Tampas.



Fonte: Stolle Machinery, (2023).

Formação da tampa básica (processos A e B, fig.5): A primeira etapa do processo de fabricação da tampa é chamado de formação da tampa básica. Na prensa (*Shell System*), é cortado um disco que é moldado através de várias etapas. Por fim, é formada a reborda, numa etapa em que são moldadas as partes da tampa que irão garantir sua recravação, ou seja, sua fixação na lata.

Aplicação do composto selante (processos C, D e E, fig.5): As tampas básicas recebem uma quantidade controlada de selante, sobre uma área específica da reborda através de um equipamento chamado *Compound Ends Line*. O selante ajuda a garantir a perfeita vedação no momento da recravação, evitando, assim, vazamentos ou perda de gás.

Formação do anel e conversão da tampa básica em tampa acabada (processos F, G e H, fig.5): Agora, as tampas básicas se transformam em tampas acabadas (*Conversion System*). Também conhecido como processo de conversão, é um processo que envolve minuciosas operações de conformação do metal para a

formação dos relevos, do rebite para sustentação do anel e da linha de corte que permite a abertura da tampa. Trata-se de uma etapa extremamente complexa e que exige rigoroso controle. Após esse processo são realizados os testes de qualidade da produção.

3- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que possa ser feita uma medição da eficiência de um equipamento, é de suma importância a criação de um indicador (coeficiente de consumo) onde possa ser possível correlacionar o consumo de energia em kWh pelo volume ou unidade produzida. Por exemplo: vamos considerar que uma fábrica gastou 1.000 kWh para produzir 1.000 pregos; ao fazermos uma relação de Kwh/milheiro, teremos um consumo de 1 kWh/mil.

Porém, caso essa mesma fábrica consiga reduzir para 900 kWh, não significa que ela foi mais eficiente, é necessário fazer a relação com a quantidade produzida: se ela conseguir produzir a mesma quantidade de 1.000 pregos, houve uma redução para 0,9kWh/mil. Caso a fábrica venha a ter um consumo maior, com uma produção de 1.000 pregos, a eficiência piorou e precisa ser feita uma análise e encontrar os equipamentos que impactaram no aumento deste consumo.

Nas indústrias são utilizados esses coeficientes de consumo para certificar que um processo de fato está eficiente ou não. Para efeitos desse estudo, consideraremos o coeficiente de consumo kWh/000 (milheiro de tampas produzido).

3.1 – BASE LINE: HISTÓRICO DO PROBLEMA.

Após os países terem assinado o acordo de Paris, a companhia em questão, anunciou para os acionistas a redução de 55% de suas emissões para 2030 utilizando como baseline o ano de 2021. Desta forma o time do Brasil, tem repassado a meta para as unidades, afim de, atingir esse objetivo.

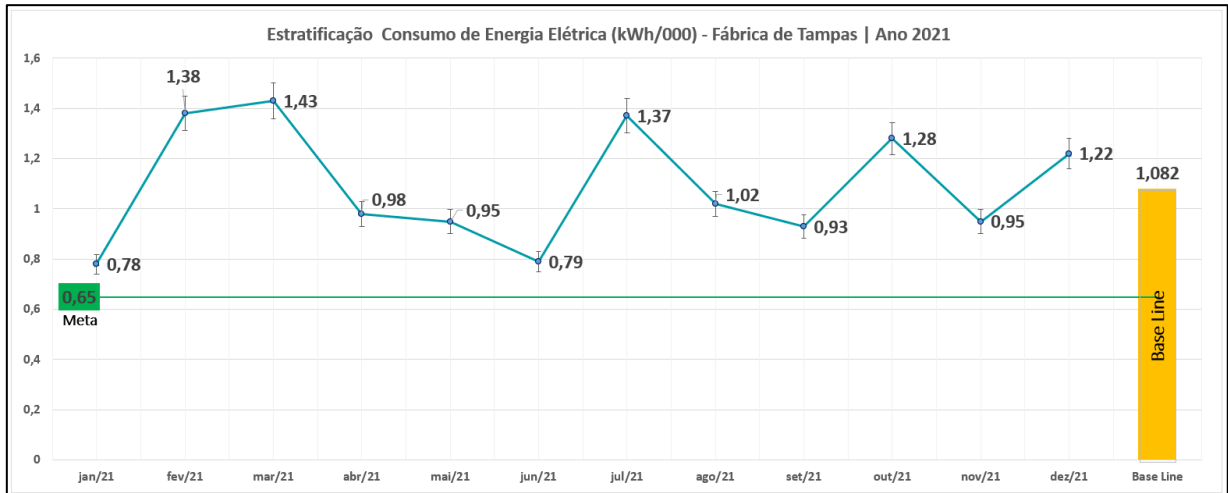
Logo, o KPI de kWh/000 (Consumo x Produção) deixa de ser apenas um indicador corporativo a ser uma meta global e impactando diretamente nas ações da companhia.

Neste cenário a Planta de Tampas do centro-sul fluminense encontra-se em uma situação que requer atenção e investimento. Esse projeto é necessário visto que ano de 2021 o baseline de kWh/000 da Fábrica de Tampas fechou em 1,082 kWh,

sendo que a meta para aquele ano era de 0,65 kWh/000, conforme pode ser observado na figura 3.

Desta forma iniciou -se o projeto na estrutura de “Green Belt – Lean Six Sigma”, com a supervisão de um Black Belt executando o papel de “coach” de projeto.

Figura 3 - Base Line Consumo de Energia (kWh/000) em 2021.



Fonte: Autor (2023).

Um dos maiores desafios desse projeto foi diminuir o consumo energético da planta de tampas sem impactar na alta produtividade da fábrica, visto que, a planta por muitas vezes operava acima do Target produção de tampas. Por esse motivo foi utilizado o DMAIC.

3.2 – ESTRUTURAÇÃO DO DMAIC.

Conforme apresentado, no tópico anterior, foi usado como saída desse projeto a utilização da metodologia DMAIC, visto que outras ferramentas como SMED e Kaizen não surtiram efeito.

O DMAIC consiste em passos bem estruturados que norteiam o Belt para a tomada de decisões assertivas. Basicamente um projeto Lean Seis Sigma visa identificar as causa (x's) que influenciam em um determinado efeito (Y).

Ou seja, no início do projeto teremos que mapear quais são as principais variáveis que influenciam no nosso processo para atingirmos nosso objetivo.

Para fins de conhecimento esse projeto iniciou em outubro de 2021 e foi finalizado em março de 2022.

3.2.1 – Estruturação da fase *Define*:

O primeiro passo do DMAIC é o “*Define*”. A etapa *define* consiste em definir o escopo do projeto para isso é necessário entender o problema e como é seu processo (SIPOC), coletar a voz do cliente (VOC) e transforma-la em um indicador mensurável (CTQ). Através dessas informações compreender quem são as partes interessadas (Stakeholders), após isso formar uma equipe técnica e gerencia-la através de Plano de Comunicação, Matriz de Risco e Matriz RACI.

Após essas etapas consolidadas o Belt apresenta para o Sponsor (patrocinador do projeto) o contrato do projeto (Project Charter). No Project Charter deverá conter o caso de negócio (histórico do problema), meta, delimitação dos limites do projeto, a equipe do projeto, prazo e ganho financeiro projetado. O Belt deve apresentar para o Sponsor o Project Charter para que seja aprovado e assim continuar com o projeto.

Durante *Kickoff* é apresentado o *base line* do indicador de Kwh/000 de tampas produzidas para o Sponsor. Nessa etapa o *sponsor* informar quais são suas expectativas e na sequência o *belt* recolhe essas informações e traduzem para o CTQ.

Esse grupo deve ser o mais heterogêneo possível afim de que tenhamos as mais diferentes visões dos processos. Nesse Green Belt o time foi composto por: Gerente e Supervisor de Produção, Supervisor de Manutenção Elétrica, Black Belt (Coach), Mecânicos Especializados, Mecânicos, Eletrônicos, eletricitas e operadores.

Para auxiliar o *Belt* no gerenciamento do time, dentro da fase do *define*, existem três ferramentas: Matriz de Risco, Matriz RACI e Plano de Comunicação. SIPOC é uma ferramenta de mapeamento de processo que visa ajudar o time a definir os limites do processo que será melhorado no projeto, suas entradas e saídas. O SIPOC permite que a equipe capture o estado de atual de do processo. Definir e comunicar os limites do projeto. Clarificar e comunicar escopo do projeto. Dar clareza quanto a: quem fornece as entradas, quais são as especificações das entradas, quem são os verdadeiros clientes do processo.

O Project Charter é um documento fundamental que define os detalhes essenciais do projeto, estabelece sua justificativa, identifica as métricas-chave e define as expectativas e limitações. descreve de forma clara e concisa os detalhes essenciais do projeto, incluindo sua finalidade, escopo, objetivos, cronograma e recursos necessários. Também é conhecido como contrato entre o Belt e o Sponsor onde é definido os limites e expectativas do projeto.

3.2.2 – Estruturação da fase *measure*:

A fase *Measure* tem como objetivo coletar dados relevantes e mensuráveis sobre o processo em questão, a fim de compreender seu desempenho atual e identificar oportunidades de melhoria, ou seja, definir quais as ações serão mais eficientes e onde o projeto tem que focar para diminuir o indicador kWh/000. Para isso utilizaremos três ferramentas: Fluxograma de Processo, Mapa de Processo e Matriz Causa & Efeito.

A partir do SIPOC elaborado juntamente com time de especialista, foi detalhado cada etapa do processo e como elas se interligam. No caso desse projeto os processos são: Conversão de Tampas, Utilidades e Operação.

O Mapa de processo, também conhecido como mapa de fluxo de valor ou Value Stream Map (VSM), é uma representação visual do fluxo de um processo, desde o início até o fim, incluindo todas as etapas, atividades, decisões, interações e fluxo de informações envolvidos. Ele mostra como o processo é executado e fornece uma visão holística de todas as partes envolvidas. Os processos são divididos novamente entre Input e Output seguindo o raciocínio do SIPOC e Fluxograma de Processo. Esses processos são classificados como controlados e se geram o valor ao produto.

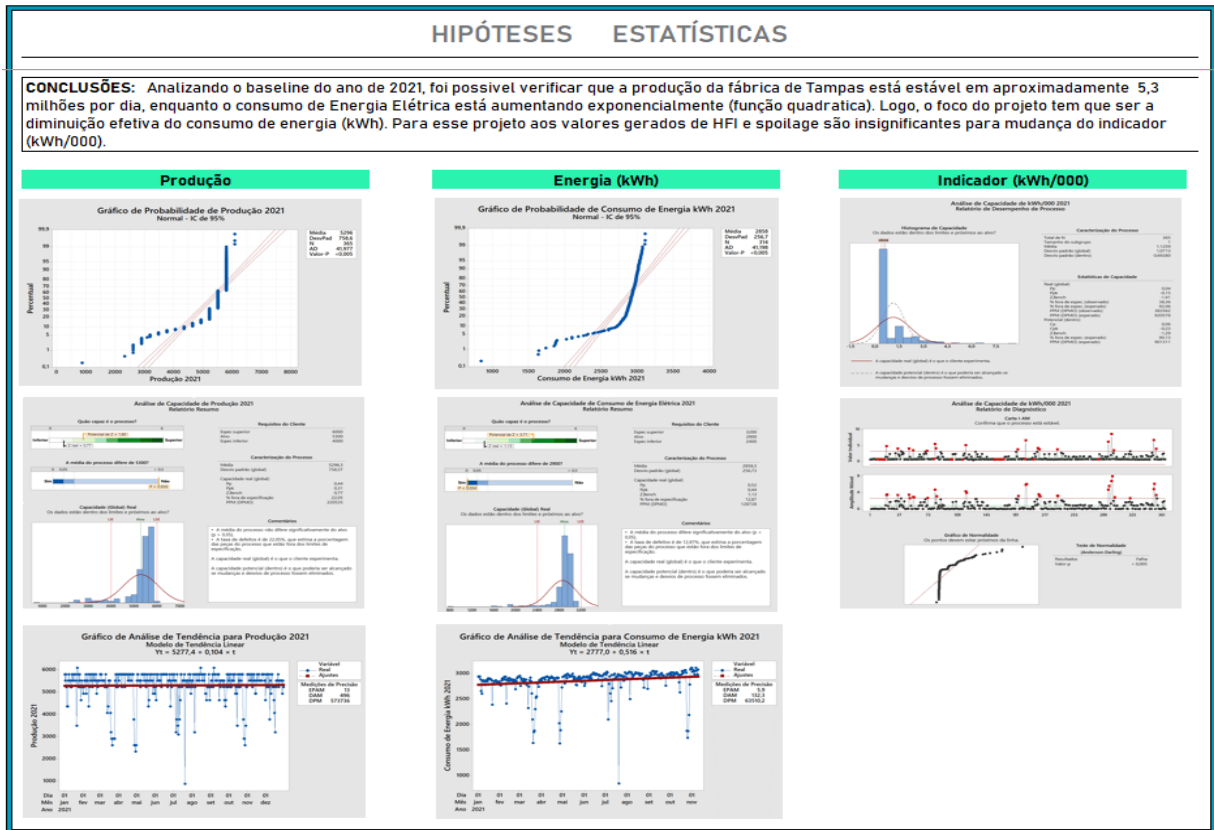
Após concluir as etapas anteriores, temos uma clareza maior sobre o processo, com isso, é possível afunilar e centralizar as ações realmente importantes para o sucesso do projeto de “Redução do Consumo de Energia Elétrica (Kwh/000) da fábrica de Tampas”.

3.2.3 – Estruturação da fase *analyze*:

O principal foco deve ser na Conversion Press e Conveyors. Foi utilizando as ferramentas de gráfico de probabilidade, análise de capacidade e análise de tendência através do software Minitab para realizar as análises do estudo.

Após as análises chegou-se à seguinte conclusão: “Analisando o baseline do ano de 2021, foi possível verificar que a produção da fábrica de Tampas está estável, enquanto o consumo de Energia Elétrica está aumentando Logo, o foco do projeto tem que ser a diminuição efetiva do consumo de energia (kWh). Para esse projeto aos valores gerados de HFI e spoilage são insignificantes para mudança do indicador (kWh/000)”, figura 4.

Figura 4 - Hipóteses Estatísticas



Fonte: Autor (2022)

4- RESULTADO E DISCUSSÕES

Nesse tópico será apresentado as duas últimas etapas do DMAIC: *Improve* e *Control*.

4.1 – ESTRUTURAÇÃO DA FASE IMPROVE

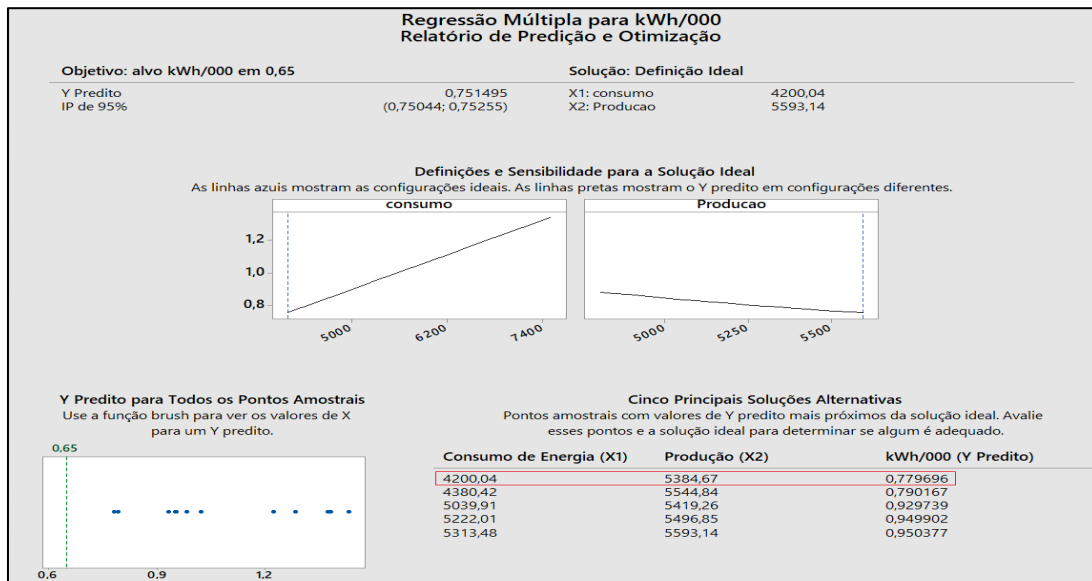
Nessa etapa do DMAIC, todas as análises feitas até o momento se tornam efetivamente ações que resultaram na redução do indicador kWh/000 de tampas.

4.2.1 – Alteração do KPI Formato Corporativo

O processo de fabricação da fábrica localizada no centro-sul fluminense só possui metade do processo, sendo que as tampas bases (*shells*) vem de outras unidades. Após uma regressão múltipla (figura 5) foi constatado que o valor de kW atribuídos a planta estava 38,14% em média a mais do que o supervisorio interno. O

corporativo apresentava um valor médio de 4850 kW e em contrapartida o supervisor interno da unidade 3000 kW.

Figura 5 - Regressão Múltipla kWh/000



Fonte: Autor (2022)

Foi constatado que no fechamento oficial estava sendo considerado parte do consumo de energia das plantas que fornecem as tampas bases.

Em face dos novos fatos, o Belt levou o cenário para a alta administração que marcou um fórum com o corporativo; Após esse fórum ficou definido que cada planta ficaria responsável pelo seu consumo energético, ainda que, as tampas bases sejam enviadas para outras unidades. Motivo alegado foi de que as unidades que recebem as tampas bases pagam integralmente por elas.

4.2.2 – Instalação de Inversores de Frequência nos Blowers de Vácuo

O sistema de vácuo é importante para fixação das tampas na Prensa de Conversão. Antes o controle do vácuo era feito pelo Dumper. Foi instalado inversores de frequência para que o ajuste mecânico fosse substituído por ajuste elétrico (frequência).

Desta forma, os Dumpers foram todos abertos e a frequência dos inversores diminuídas mantendo o mesmo vácuo -5 hgv. Com essa ação foi possível gerar um ganho de 6,68 kW por prensa.

4.2.3 - Instalação do Inversores de Frequência no Scrap System

Durante o processo de fabricação de tampas existem várias etapas de conformação da bobina de alumínio para formação do anel. O processo de conformação ocorre no ferramental e durante essa conformação são geradas rebarbas de alumínio chamado de “Scrap”.

O Scrap é coletado do ferramentado e sugado para o Scrap System. Originalmente o acionamento dos dois motores era feito por apenas uma soft starter. A soft starter foi substituída por dois inversores de frequência, para acionamento individual de cada motor. Seguindo o mesmo conceito apresentado no tópico anterior, foi abaixado a frequência dos inversores e aberto os dumpers mantendo a mesma pressão negativa do vácuo.

4.2.4 – Modulação (*Line Control*)

Analisando o SIPOC, o time, identificou oportunidades de realizar algumas modulações para conseguir reduzir o consumo da fábrica em momentos de paradas.

Primeira modulação foi realizada nas esteiras de transportes que antes ficavam ligadas diretas mesmo com a prensa principal parada. Agora as esteiras só ficam ligadas em velocidade máxima com a prensa ligada, caso esteja parada a prensa as esteiras também param.

Segunda modulação, com a prensa de conversão em JOG (manual) as esteiras de transporte caem para o segundo setpoint (30Hz), velocidade reduzida.

Terceira modulação, com a prensa de conversão em JOG (manual), as bombas de vácuo que foram instaladas inversores de frequência também caem para o segundo setpoint no valor de (35 Hz). O valor de frequência foi estabelecida pelos especialistas após realização de testes.

Quarta modulação, quando as guardas de segurança são abertas após um tempo determinado (entre 10s a 30s) as bombas de vácuo parar.

4.3 - ESTRUTURAÇÃO DA FASE *CONTROL*

Mais importante que a implementação de uma melhoria é sua manutenção. Garantir que o projeto não se perda e o indicador volte ao base line antigo é necessário adotar algumas medias, para isso a fase *Control* norteia o que deve ser feito.

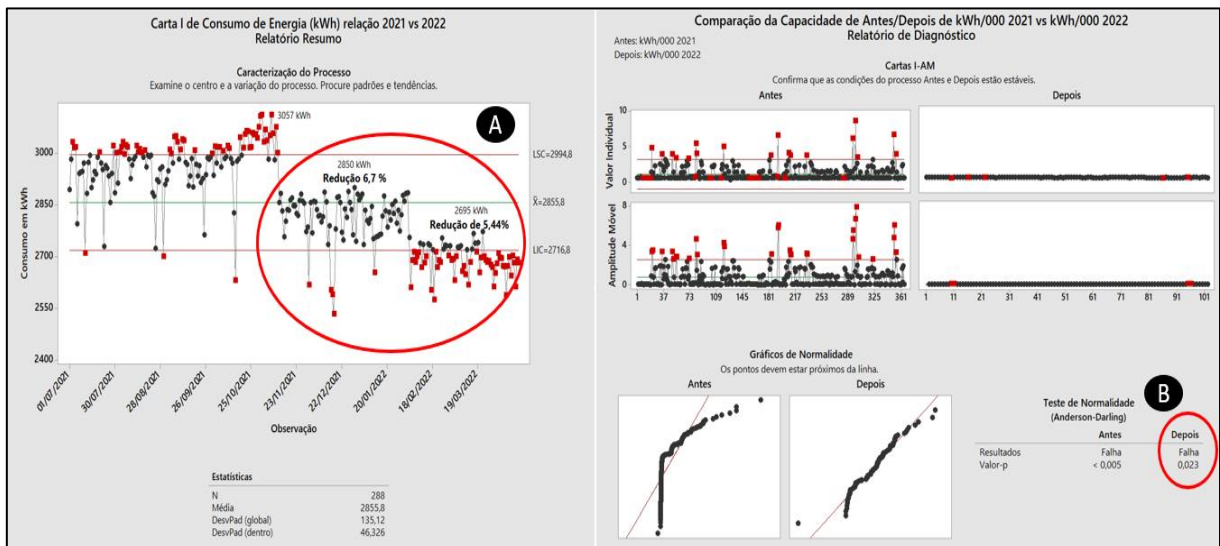
A fase *Control* é a última etapa do DMAIC. É a fase que consolida e garante a efetividade das ações.

As saídas dessa etapa foram: criação de um FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) robusto construído com o time, foram criados padrões visuais, rotina de preenchimento do KPI diariamente e apresentação na reunião temática, criação de procedimentos operacionais (PO) para limpeza semanal dos filtros e criação de PIP (procedimento de inspeção padrão) com os valores dos vácuos bem como o valor das frequências dos inversores.

Além da implementação desses novos procedimentos, afim de garantir a manutenção do indicador, foi implementado a informação do consumo energético e o valor do kWh/000 nas reuniões diárias da produção da fábrica de tampas.

Ao final na conclusão do projeto, foram obtidos os seguintes resultados: redução do consumo de energia em 12% (destaque “A” na figura 6) e diminuição efetiva do desvio padrão do indicador (destaque “B” na figura 6). Nota-se que o processo ficou mais estável com Valor-p em 0,023, ou seja, valores considerados “Normais” dentro do teste de Normalidade de Anderson-Darling.

Figura 6 - Capacidade Consumo de Energia 2021 x 2022



Fonte: Autor (2022)

A meta primária desse projeto foi a redução efetiva do indicador de redução de kWh/000 lembrando que o base line de 2021 era 1,082 kWh e a meta 0,65 kWh/00 (redução de 39,93%). Ao final do projeto o valor do indicador fechou em 0,549 kWh (redução de 50,74%) superando a meta inicial.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo científico, foi explorado a aplicação do Lean Six Sigma através do DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve e Control) como uma abordagem eficaz para reduzir o indicador de kWh/000 na fábrica de tampas. Através da implementação dessa metodologia, foram identificadas oportunidades de melhoria, análise detalhada de dados e implementação de soluções para reduzir o consumo de energia.

Conforme evidenciado o projeto logrou êxito, superando a meta inicial de 0,65 kWh/000 (redução de 39,93%) para 0,549 kWh/000 (redução de 50,74%) e resultando em recorde anual no consumo de energia da planta de tampas. Importante reforçar que durante e após a implementação desse projeto não houve perdas significativas de produção e houve um ganho financeiro anual de \$56.447,65 dólares, resultados de um investimento único de \$13.181,10 dólares.

Entre as principais oportunidades encontradas destacam-se: validação do modelo de medição do indicador de consumo de energia pela produção de tampas (kWh/000), mapeamento do processo, automatização das bombas de vácuo e sistema de scrap system, padronização dos processos de manutenção dos filtros e acompanhamento diário do indicador durante as reuniões da produção.

Em conclusão, a aplicação do DMAIC como uma metodologia para redução de consumo de energia em um contexto científico mostrou-se altamente eficaz. Por meio de uma abordagem sistemática e baseada em dados, foi possível identificar, analisar e atuar nas causas raízes, resultando em uma redução significativa no consumo de energia. Essa abordagem pode ser aplicada em uma ampla variedade de contextos científicos, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência energética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INEP. **Perguntas Frequentes, 2.7. monitoramento do território: mudanças climáticas.** Disponível em: <<http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=9>>. Acessado dia 25/04/2023 às 20h35min.

Instituto Acende Brasil (2020). **Evolução das Tarifas de Energia Elétrica e a Formulação de Políticas Públicas.** White Paper 22, São Paulo, 28 p. Disponível em: <https://acendebrasil.com.br/wp-content/uploads/2020/04/WP22_WEB.pdf>. Acessado dia 25/04/2023 às 20h55min.

BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI; Reinaldo; GEDRA, Ricardo Luis. **Eficiência energética: técnicas de aproveitamento, gestão de recursos e fundamentos.** São Paulo: Érica, 2015.

SEEG. **Emissões Totais Gás CO₂e(t) GWP-AR5.** Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission>. Acessado dia 26/04/2023 às 17h05min.

ONU. **Acordo de Paris sobre o Clima. 11** Dezembro de 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/88191-acordo-de-paris-sobre-o-clima>>. Acessado dia 26/04/2023 às 19h32min.

RIO +20. **Sobre a Rio +20, A Conferência teve dois temas principais.** Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html>. Acessado dia 28/04/2023 às 18h20min.

PROJECT, Carbon Global. **Carbon Budget 2022, An annual update of the global carbon budget and trends, highlights and governance.** Disponível em: <<https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm>>. Acessado dia 29/04/2023 às 10h41min.

ABRALATAS. **O passo a passo na fabricação da lata de alumínio (2012).** Disponível em: <<https://www.abralatas.org.br/o-passo-a-passo-na-fabricacao-da-lata-de-aluminio/>>. Acessado dia 13/05/2023 às 10h07min.

ELEKTRO, Eletricidade e Serviços S.A; UNIFEI Universidade Federal de Itajubá; EXCEN - Centro de Excelência em Eficiência Energética; FUPAI - Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria. **Eficiência Energética: fundamentos e aplicações.** Campinas-SP, 2012.

RIES, Jeffrey. **Lean Mastery Collection: 8 Books in 1** - Lean Six Sigma, Lean Startup, Lean Enterprise, Lean Analytics, Agile Project Management, Kanban, Scrum, Kaizen: 9. DSDM XP & Crystal Book, 2018.