

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM UTILIZAÇÃO DE MANUFATURA DIGITAL APLICADA A UMA LINHA DE PRODUÇÃO

Alunos: Abner Raphael Bezerra dos Santos | Gabriel dos Reis Hendel Silva | Gabrielle Santos de Araujo | Maria Clara Paschoal Bazalia | Rebeca Camargo Amorim Figueiredo

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lima | flima@fei.edu.br



Introdução

De acordo com o Dicionário Aurélio, a palavra “indústria” significa “aptidão, habilidade para criar ou fazer alguma coisa [...] Atividade (ou conjunto de atividades) de produção de mercadorias, abrangendo a extração de produtos naturais e sua transformação” (FERREIRA, 2010).

A cada revolução industrial há a disruptividade humana frente a uma nova tecnologia, orientada a mudanças de comportamentos e condutas frente a uma nova maneira de fazer uma tarefa. Uma dessas mudanças é a indústria 4.0, que é a conexão entre rede entre humanos, máquinas, produtos, objetos e sistemas de tecnologia da informação e comunicação (GIMENEZ; SANTOS, 2019)

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), em países como a Coreia do Sul, os Estados Unidos, Israel e a Alemanha, o conceito da indústria 4.0 está aplicado em 15% do total das indústrias, sendo no Brasil esse percentual de apenas 2% (CASTRO, 2018).

A demanda brasileira por energia final tem projeção de obter, no período 2015 a 2050, a taxa de crescimento médio de 1,4% a.a. de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética. Também, o custo da energia elétrica torna-se cada vez maior, sendo um importante fato a ser considerado para a competitividade industrial (EPE, 2018).

Os estudos sobre eficiência energética contribuem não só para a empresa, mas também para uma produção mais sustentável. Segundo o Balanço Energético Nacional de 2021, publicado pela EPE no ano de 2020, o setor industrial foi o maior consumidor de energia, com 32,1% do consumo total do país. Além disso, o setor industrial é o segundo maior emissor de Gases do Efeito Estufa (GEE), sendo responsável pela emissão de 17,8% do total emitido pelo Brasil (EPE, 2021).



Indústrias
32,1%



Transportes
31,2%



Setor Energético
11,2%



Residências
10,8%



Agropecuária
5,1%



Serviços
4,7%

Portanto, a proposta deste trabalho contribui para evidenciar como os estudos feitos podem melhorar os resultados energéticos de uma empresa, permitir que os processos produtivos sejam aperfeiçoados com menos impacto ao meio ambiente e à sociedade.

Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é aplicar a modelagem e simulação em uma linha de produção de uma indústria fabricante de filtros automotivos, utilizando um software de manufatura digital para analisar os resultados operacionais, sua eficiência energética e identificar possíveis pontos de melhorias.

Derivam-se deste objetivo geral, os seguintes objetivos específicos:

- mapear o processo produtivo do centro de trabalho a ser estudado;
- analisar a consistência dos dados disponibilizados pela empresa sobre a célula de produção pesquisada;
- transpor as informações da linha de produção para o software e simular o sistema;
- identificar o potencial de melhoria de eficiência energética a partir dos resultados operacionais;
- avaliar custos derivados das melhorias de eficiência energética propostas.

Metodologia

Abordagem Mista

- Qualitativo
- Quantitativo

Estudo de Caso, Modelagem e Simulação

- Levantamento dos dados experimentais e observação do local de trabalho
- Construção do modelo de simulação

Software de Manufatura Digital *Plant Simulation*

- Avaliação de cenários
- Obtenção dos resultados operacionais e propostas de melhorias, com foco na eficiência energética

Estudo de caso

Com o intuito de aplicar a modelagem e simulação, o estudo foi feito em uma empresa líder do mercado de filtros automotivos no Brasil e a maior fábrica da América Latina.

A produção escolhida foi de filtro de óleo de motor, sendo as linhas estudadas o Elemento 4 e a Pintura 5.

PRODUTO FINAL



ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM UTILIZAÇÃO DE MANUFATURA DIGITAL APLICADA À UMA LINHA DE PRODUÇÃO

Alunos: Abner Raphael Bezerra dos Santos | Gabriel dos Reis Hendel Silva | Gabrielle Santos de Araujo | Maria Clara Paschoal Bazalia | Rebeca Camargo Amorim Figueiredo

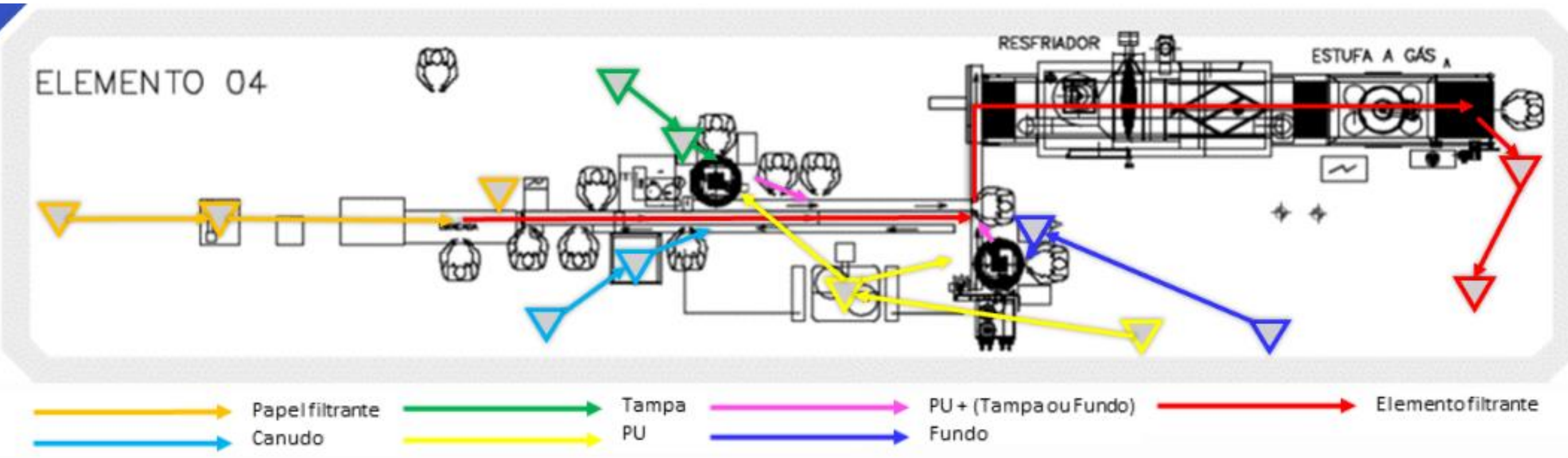
Orientador: Prof. Dr. Fábio Lima | flima@fei.edu.br

As linhas de produção consideradas neste estudo foram:

- Elemento 4
Responsável por fabricar o elemento filtrante do filtro de óleo.

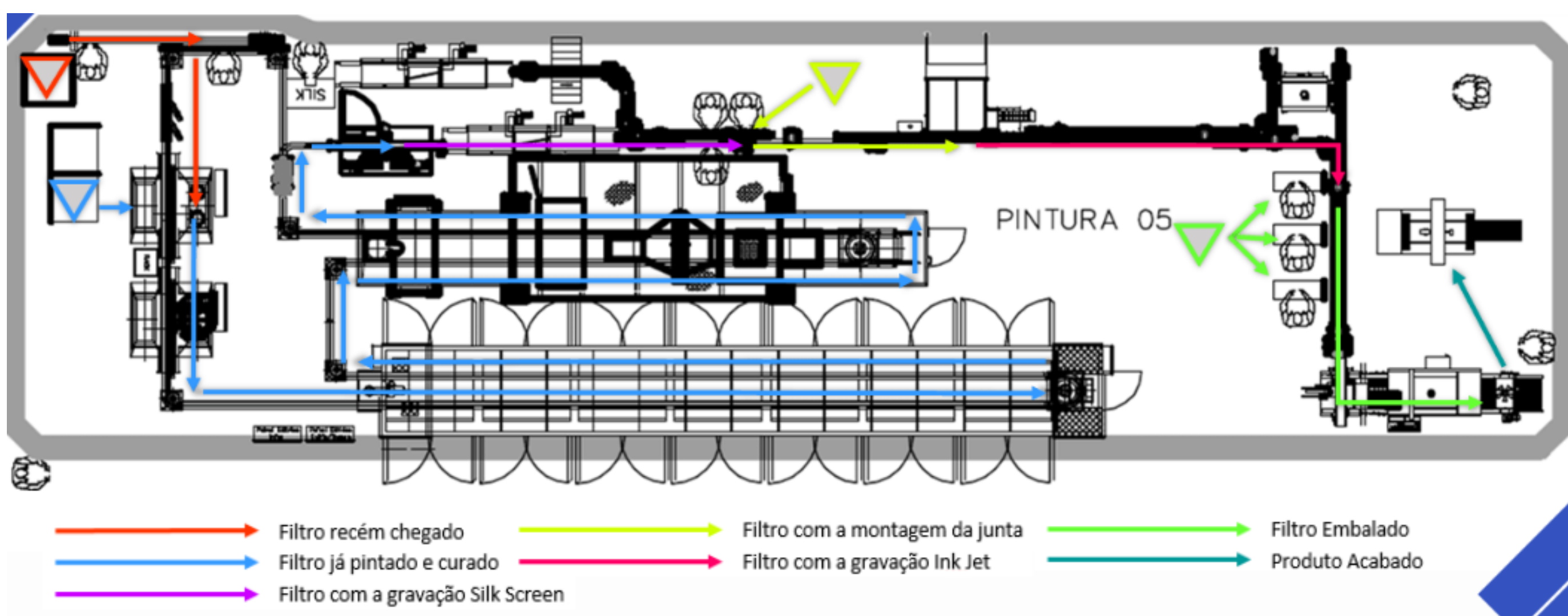


Fluxo de Materiais



- Pintura 5
Responsável por pintar, gravar a logo da empresa, verificar a qualidade para em seguida embalar o produto acabado.

Fluxo de Materiais



Ambiente de Simulação

O software de simulação utilizado neste trabalho é o *Plant Simulation*®, do pacote de manufatura digital *Tecnomatix*®, da empresa Siemens. O software permite modelar, simular, explorar e otimizar sistemas logísticos e seus processos, além de melhorar o uso de energia através de um analisador de energia integrado que mostra o consumo de energia atual, máximo e total. Para os equipamentos da linha estudada, são considerados os seguintes estados de energia:

Processamento	Equipamento está processando peças
Operacional	Mantém energizados todos os componentes necessários para voltar a produzir imediatamente caso solicitado
Standby	Apenas alguns componentes são mantidos ativos e consomem energia elétrica, a fim de reduzir o tempo de reativação do equipamento
Off	Nenhum consumo de energia elétrica é requerido

Cenários

Cenário 1: Linhas de produção simuladas normalmente e sem interrupções durante o tempo previamente definido de 1h50min, sendo 50 min para warm-up da linha. Também, há máquinas utilizando os estados de processamento e operacional.

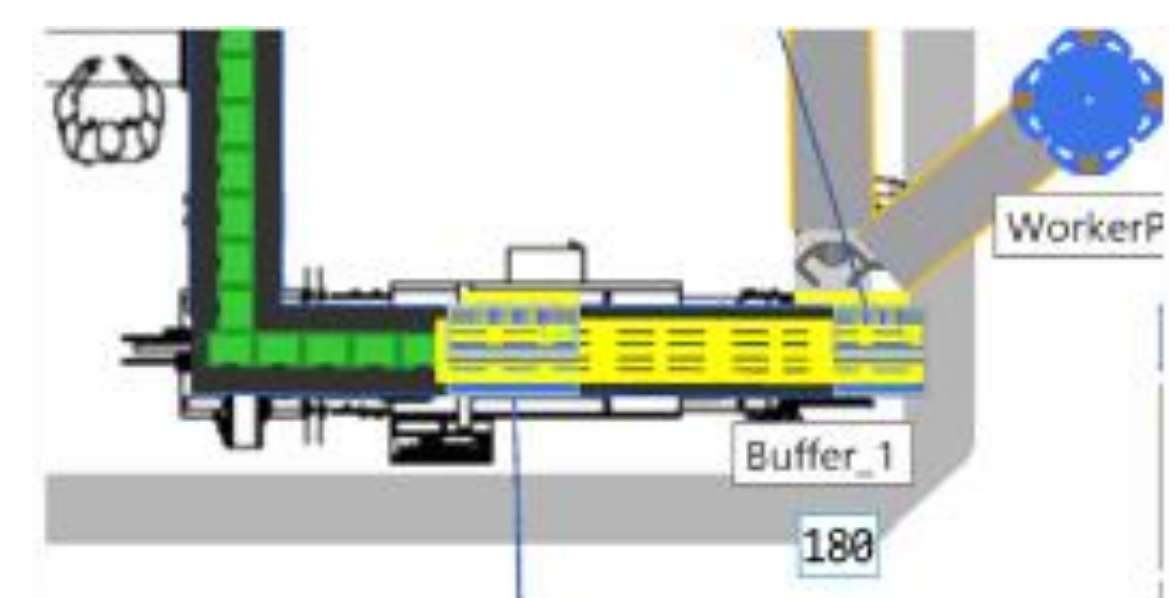
Cenário 2: Inclusão dos estados de *standby* e *off* em condições definidas:

- Elemento 4:



Comando de controle: uma vez que o "Est_L_Pap_Plissado" atinja 100 peças, a máquina anterior "Plissar" entra em modo *standby* até o *buffer* ter um nível de 5 peças.

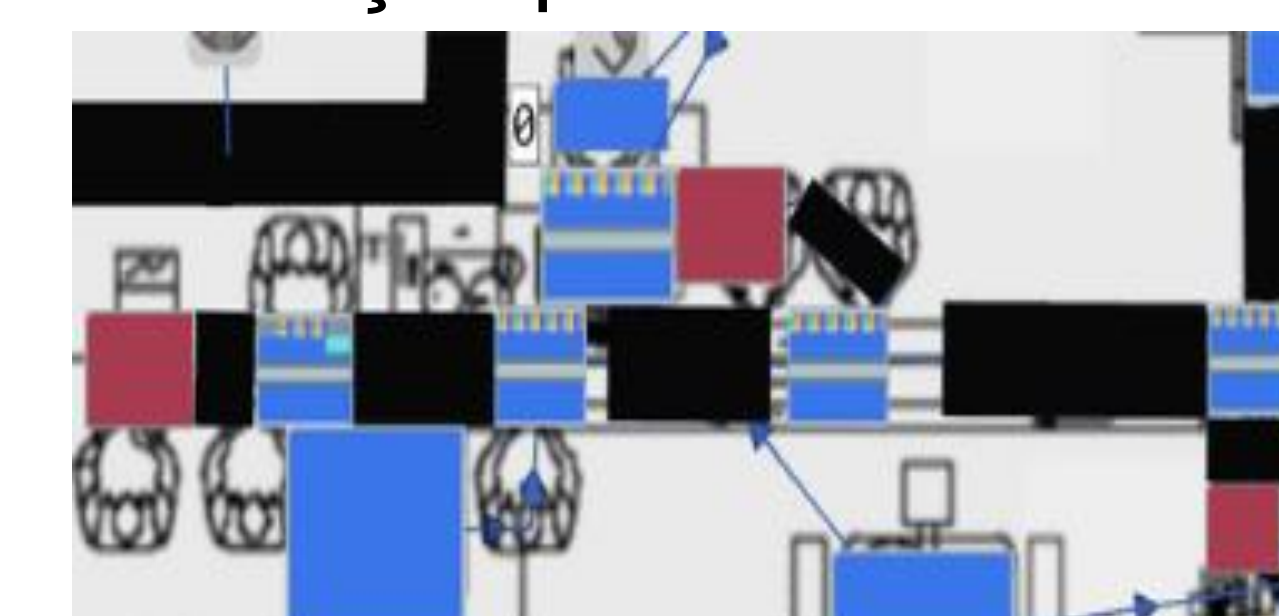
- Pintura 5:



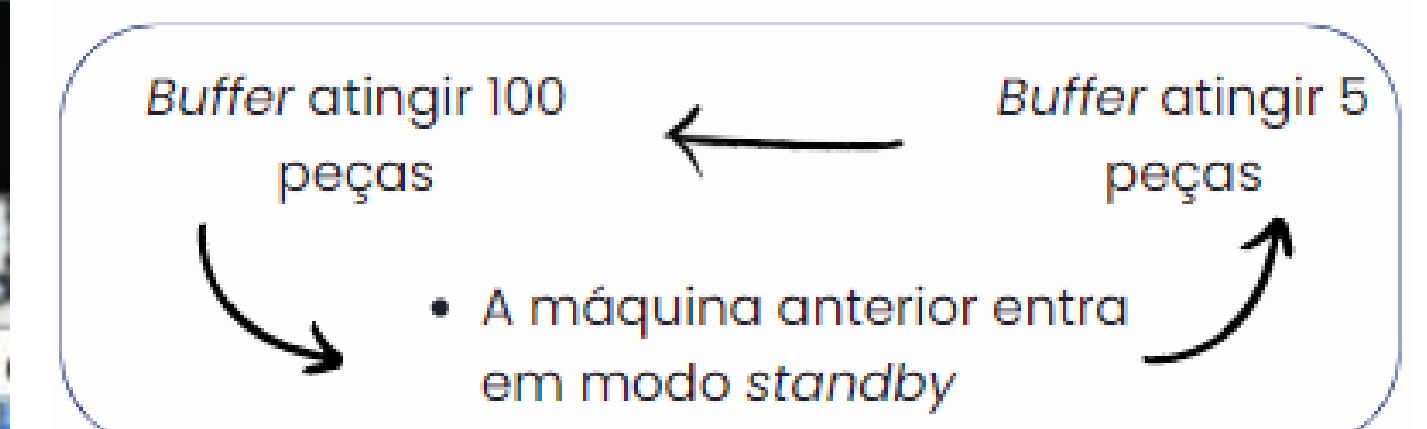
Inclusão de um "Buffer_1" com o comando de controle: uma vez que atinja 200 peças, todas as máquinas entram em modo *standby* e as esteiras em *off* até o *buffer* ter um nível de 50 peças.

Cenário 3:

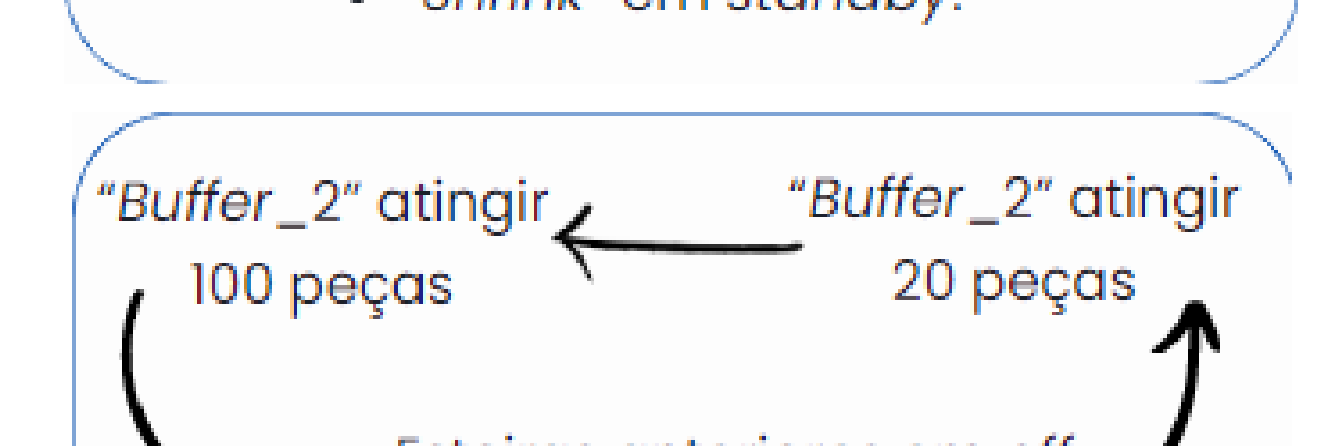
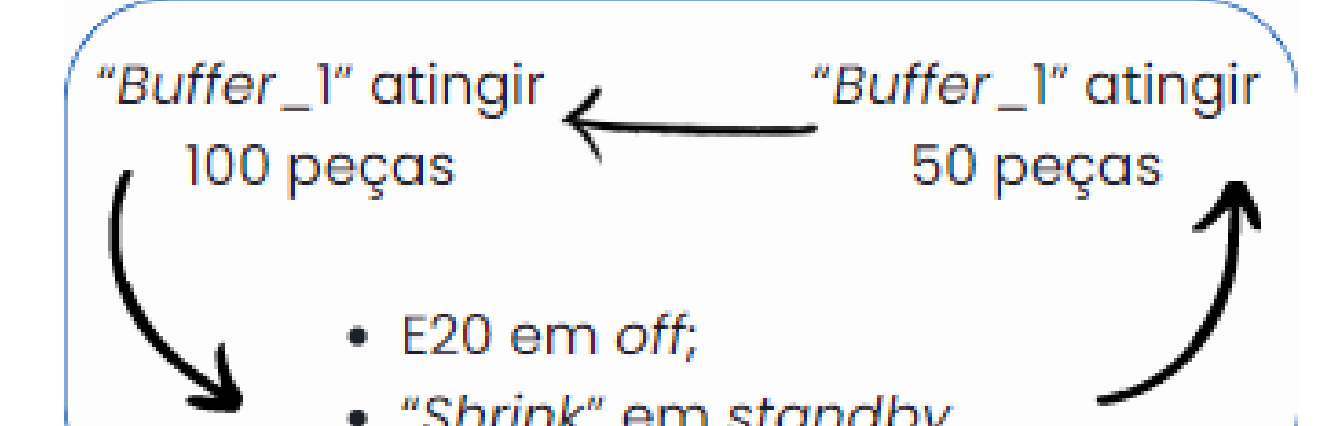
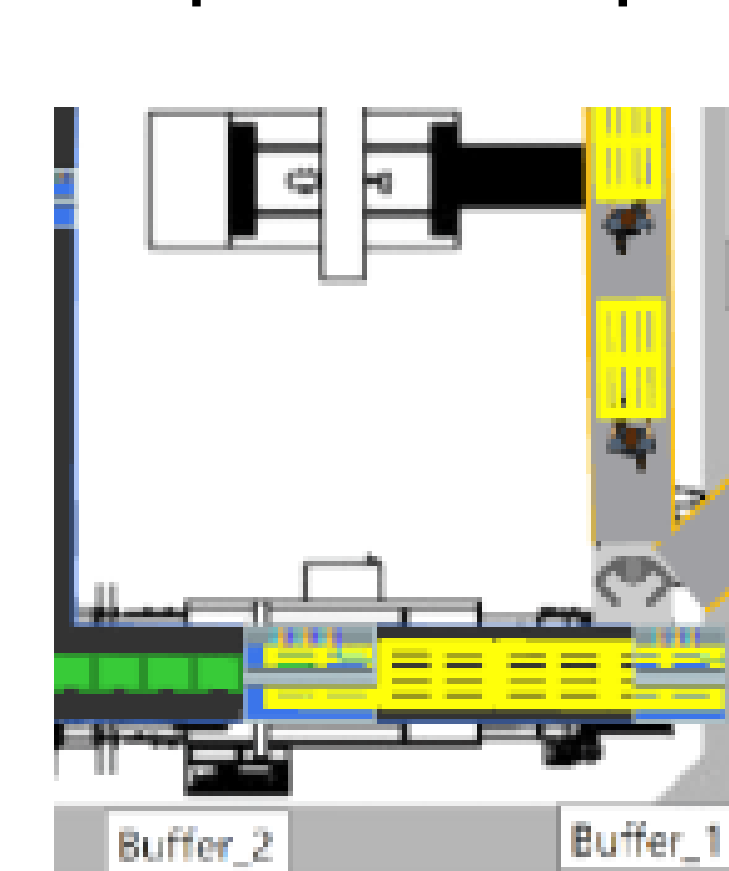
- Elemento 4: Foram identificados alguns bloqueios de máquinas que mantinham o estado de energia "operacional", com isso o *buffer* "Est_L_Pap_Plissado" foi realocado para depois das máquinas "Plissar" e "Melitar". Também, para as estações "Dosar_PU_Fundo" e "Dosar_PU_Tampa" foram adicionados *buffers* após cada estação para evitar esse estado.



3 Buffers:



- Pintura 5: Para a célula da pintura, foi identificado alguns bloqueios antes da etapa de "Shrink", que possui o maior tempo de operação entre as máquinas. Nesse sentido, foi proposto em adição ao cenário 2, um "Buffer_2" logo após a esteira E19. Visando também o aumento de produtividade, houve a inclusão de mais um operador para o transporte dos produtos até o estoque final.



ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM UTILIZAÇÃO DE MANUFATURA DIGITAL APLICADA À UMA LINHA DE PRODUÇÃO

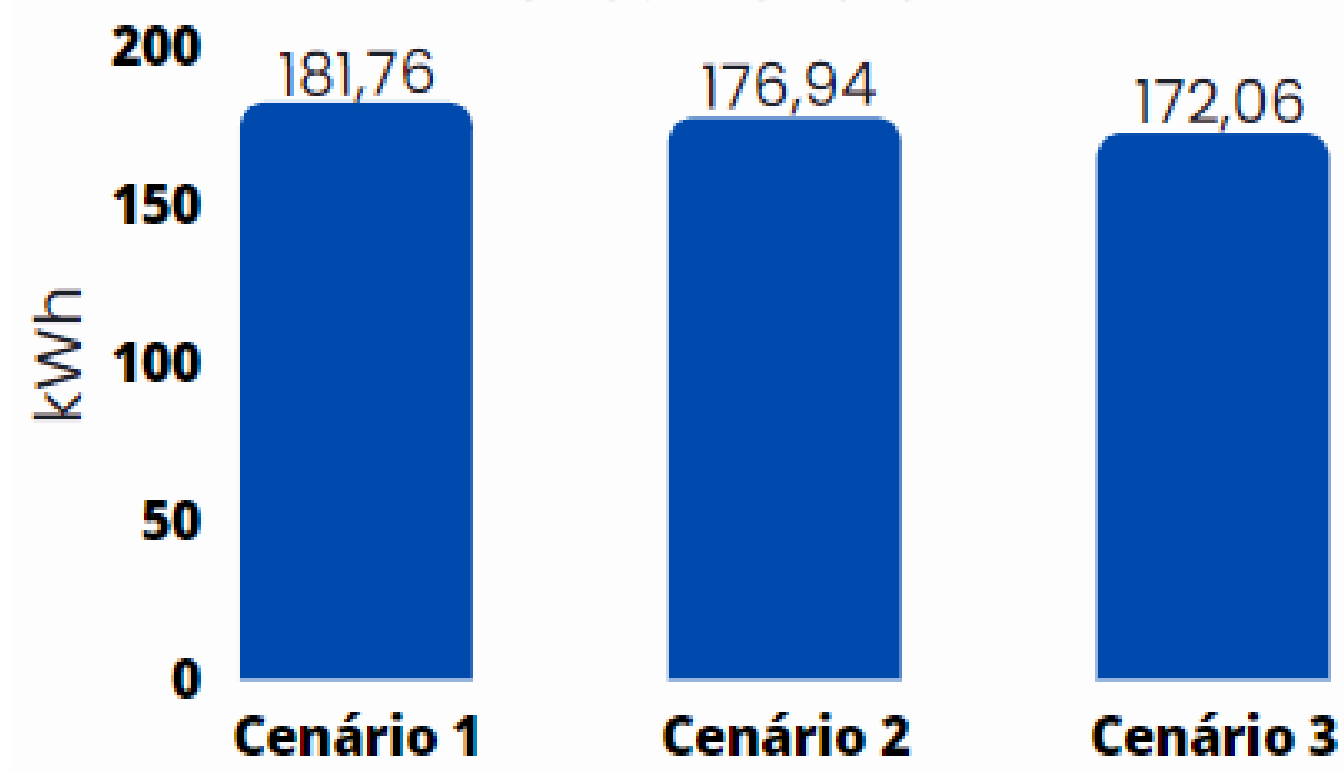
Alunos: Abner Raphael Bezerra dos Santos | Gabriel dos Reis Hendel Silva | Gabrielle Santos de Araujo | Maria Clara Paschoal Bazalia | Rebeca Camargo Amorim Figueiredo

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lima | flima@fei.edu.br

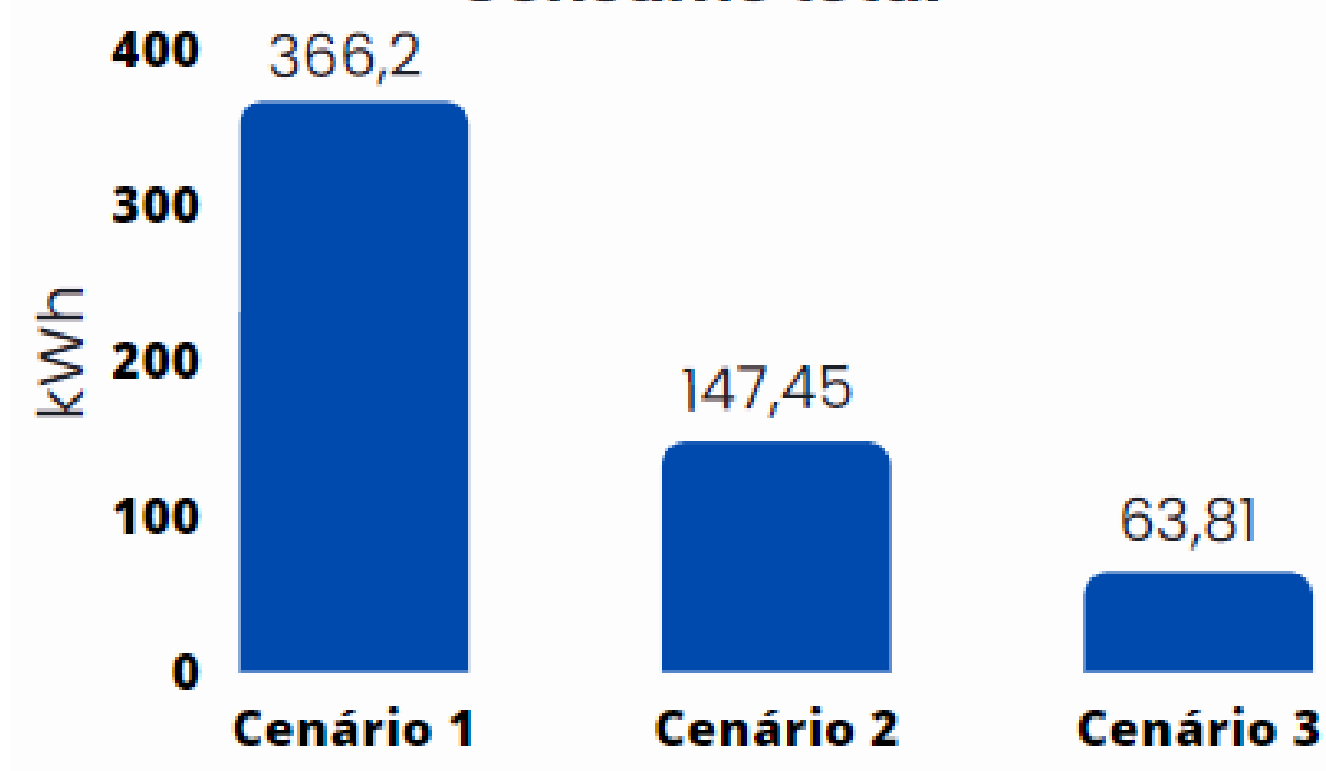
Resultados e melhorias

Por meio das alterações consideradas, foi possível reduzir o consumo total de energia das linhas.

Elemento 4:
Consumo total

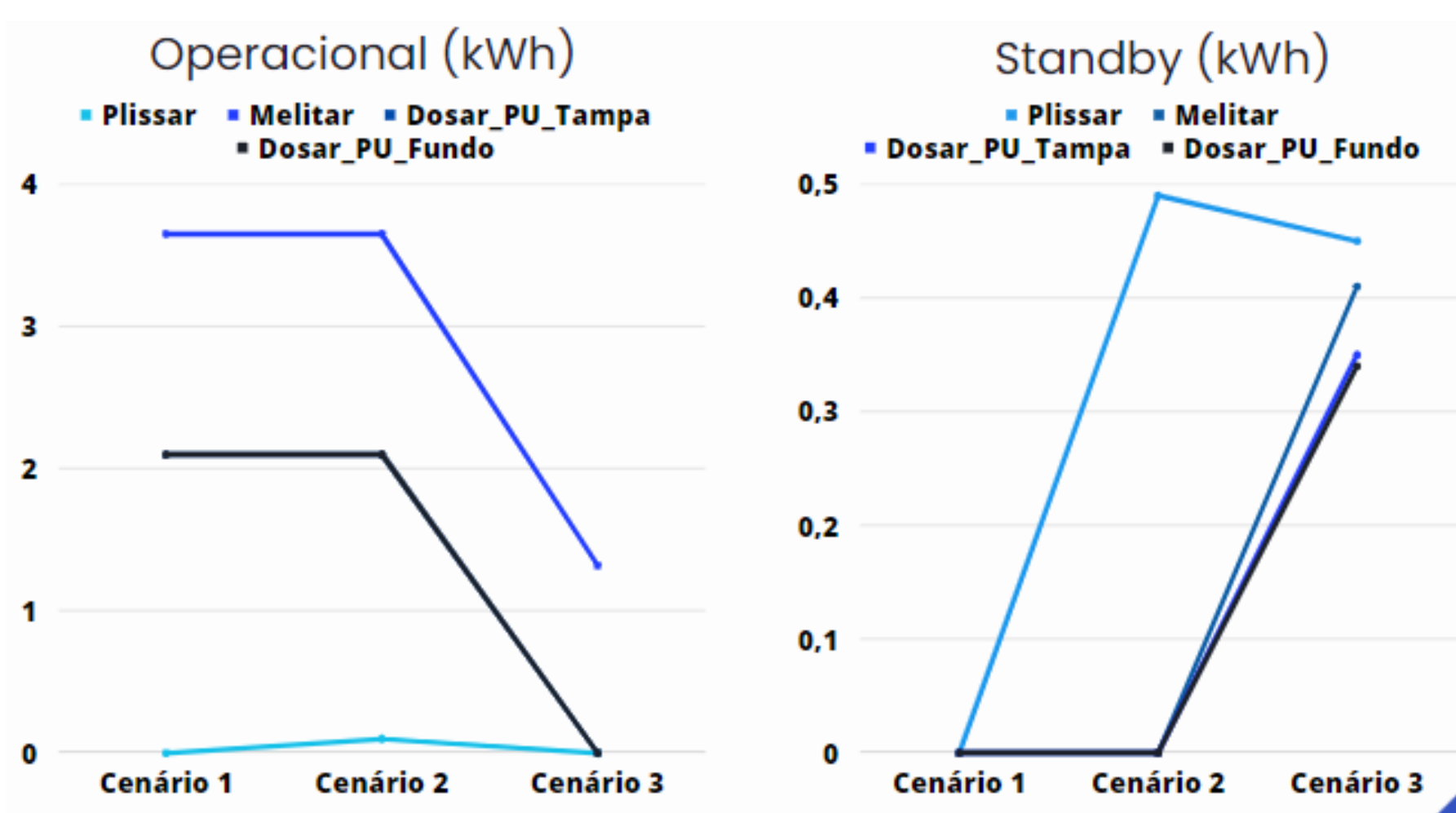


Pintura 5:
Consumo total

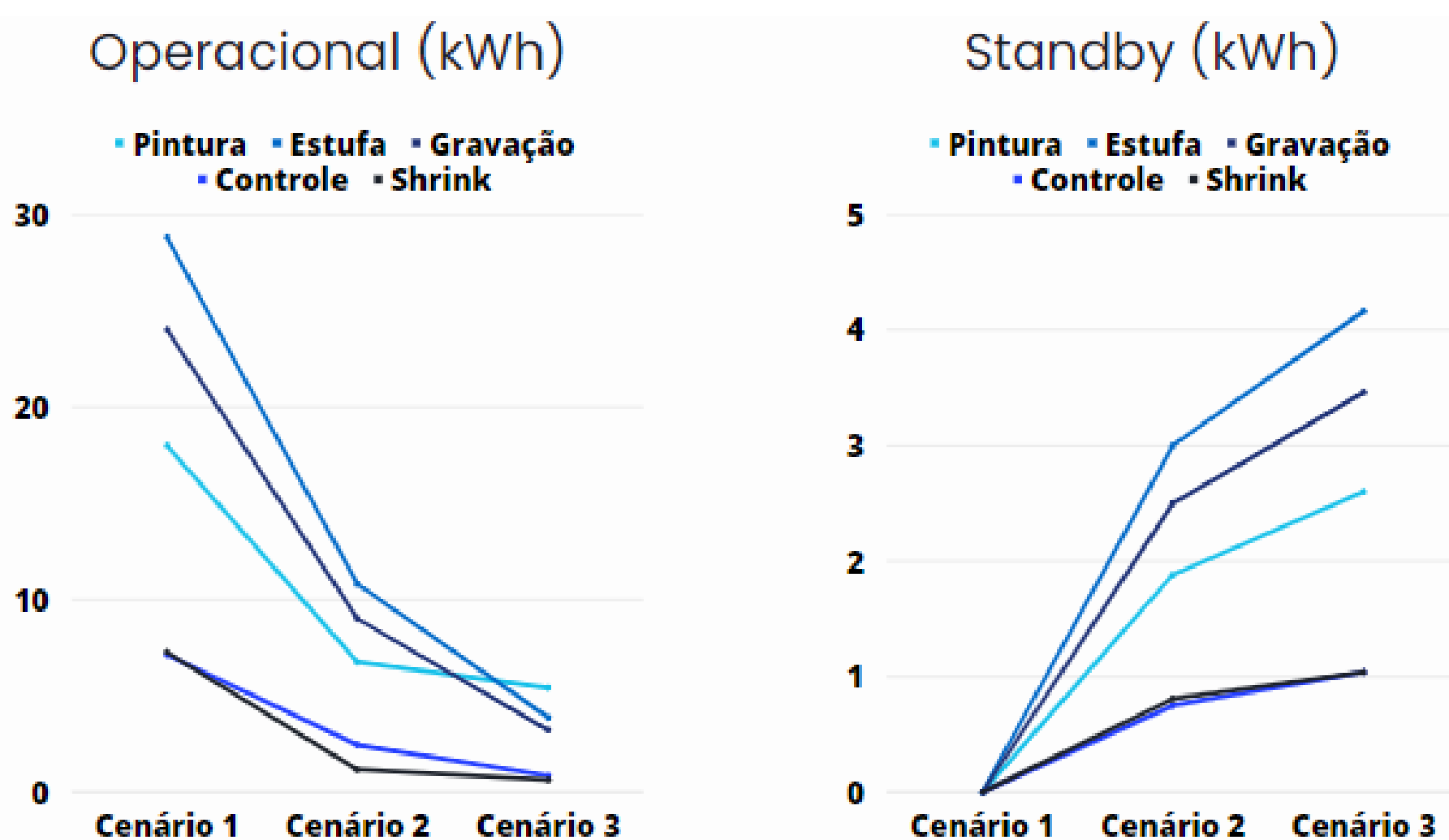


Essa diferença está totalmente atrelada às estratégias de controle determinadas nos *buffers* em busca de aumentar o tempo que as máquinas permanecem em estado de standby em relação ao estado operacional, já que esta última possui um maior consumo energético.

Elemento 4:

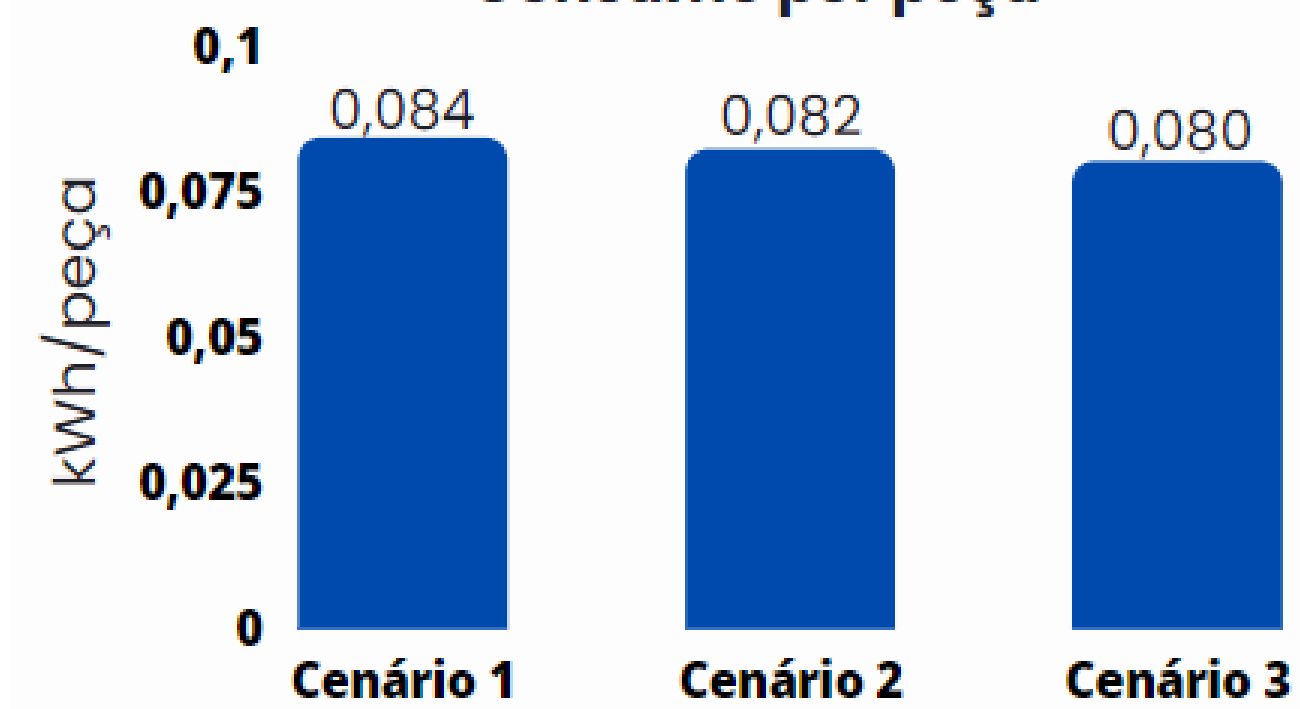


Pintura 5:

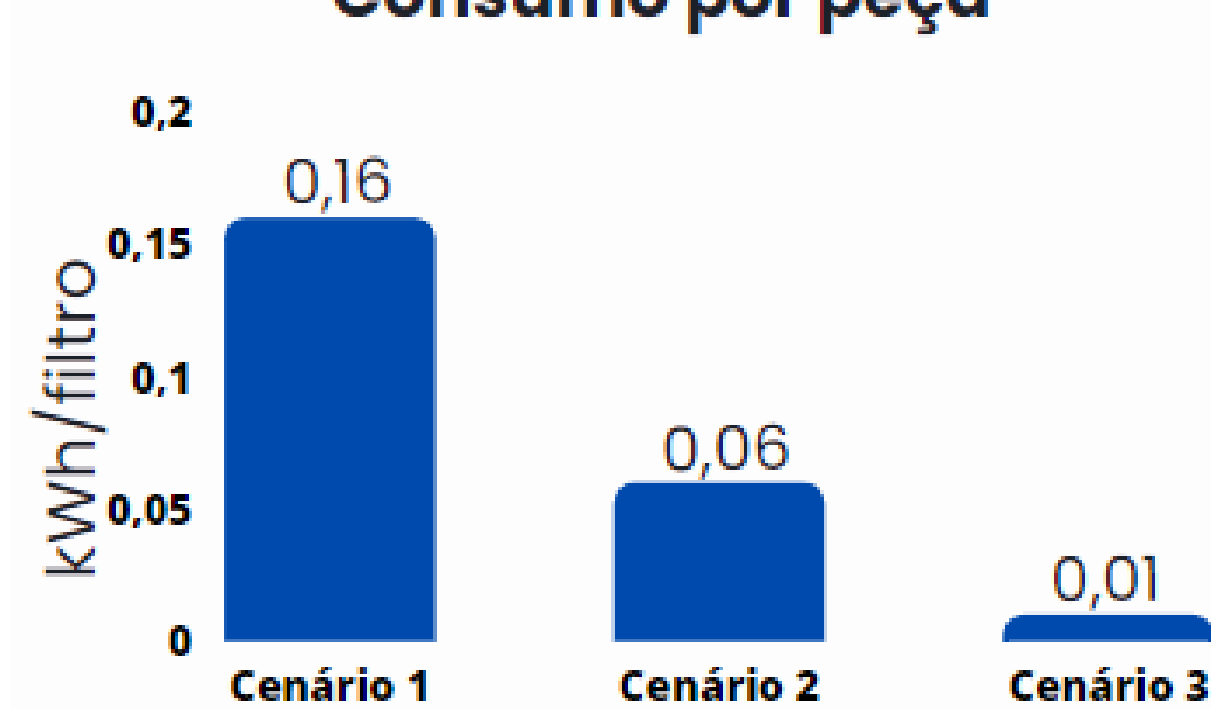


A taxa de produção se manteve a mesma nos 3 cenários estudados do elemento 4 e nos primeiros 2 cenários da pintura 5. O que indica que as alterações propostas visando uma eficiência energética eficaz não trouxe efeitos negativos na produtividade. Dessa forma, como o consumo total caiu, o consumo por peça também sofre uma redução considerável. No cenário 3 da pintura 5, com a inclusão de mais um operador, houve um aumento na produtividade, então o consumo por peça chega a uma redução de mais de 90%.

Elemento 4:
Consumo por peça

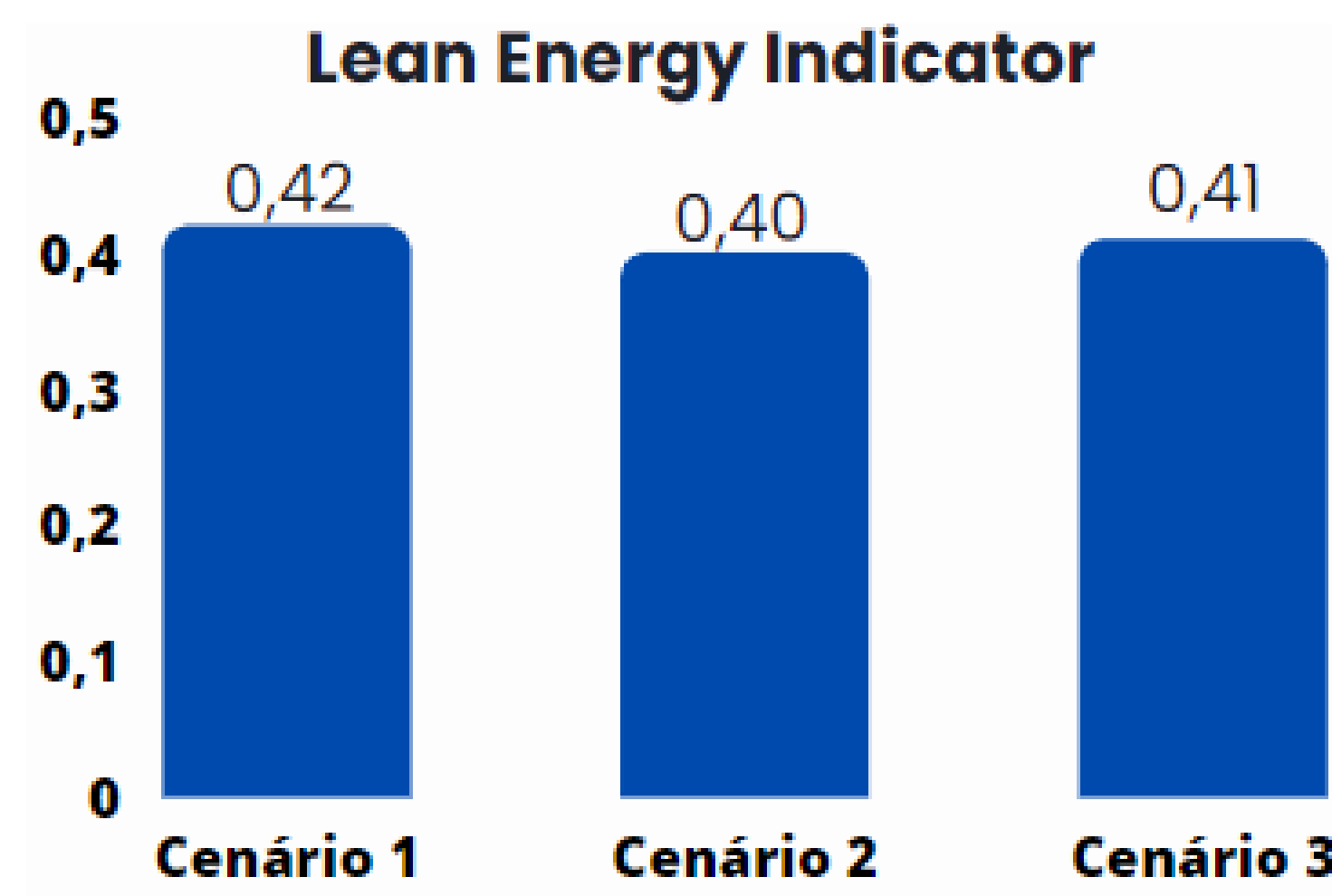


Pintura 5:
Consumo por peça



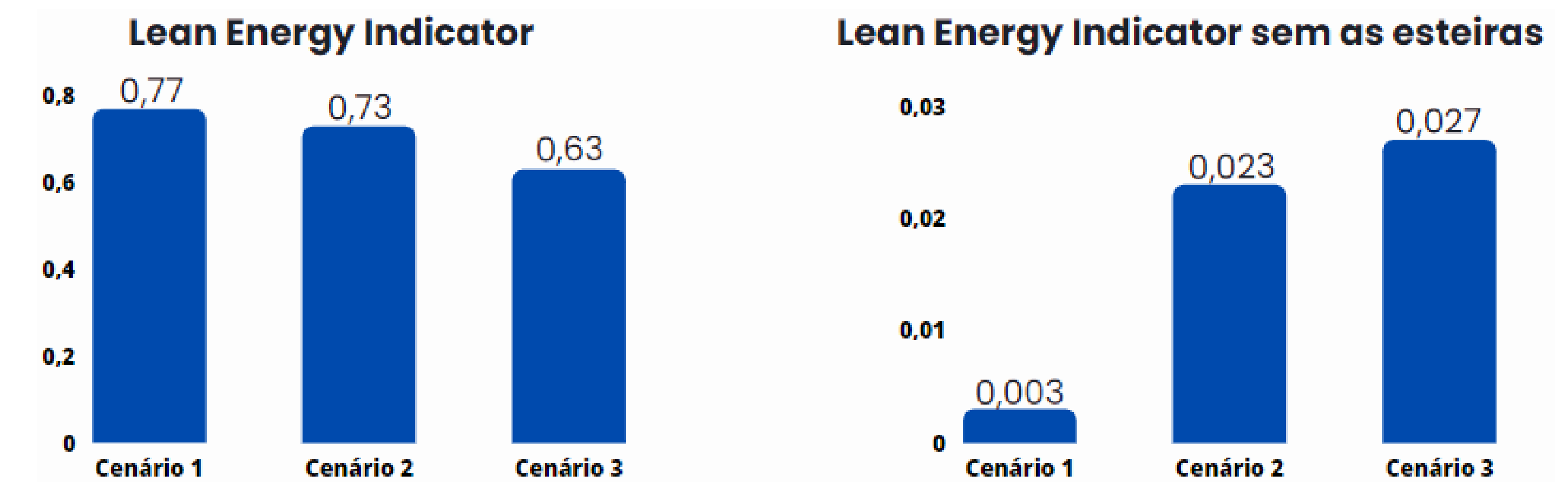
Para aprimorar o estudo de eficiência energética, foi possível mensurar o modo de utilização de energia direcionado para a confecção de peças, utilizando o indicador Lean Energy Indicator, que considera a energia para gerar valor no produto final em comparação com a energia total utilizada.

Elemento 4:



O indicador final sofreu redução, sendo que as máquinas não precisam ficar em processamento a mais do que o necessário e os buffers adicionados tanto no cenário 2 quanto no cenário 3 estão conseguindo conter essa produção. Logo, a energia de processamento (útil) sofre redução, assim como a energia total.

Pintura 5:



Análise financeira

Redução monetária total de cada cenário, sendo que a diminuição de capital foi maior comparando-se o cenário 1 com o 3, obtendo-se R\$867.931,83 de redução aproximada por ano.

Cenário	Custo energético anual Elemento 4	Custo energético anual Pintura 5	Custo energético total	Diferença entre cenários
3	R\$ 478.504,12	R\$ 177.457,56	R\$ 655.961,68	-
2	R\$ 492.075,55	R\$ 410.062,96	R\$ 902.138,51	R\$ 246.176,83
1	R\$ 505.480,12	R\$ 1.018.413,39	R\$ 1.523.893,51	R\$ 867.931,83

Conclusão

O presente trabalho conseguiu evidenciar a aplicação de modelagem e simulação em uma linha de produção para analisar os resultados operacionais, e principalmente, sua eficiência energética.

A partir da análise dos cenários do Elemento 4 e da Pintura 5, verificou-se que foi possível reduzir o consumo de energia da linha como um todo, por meio de comandos estratégicos de controle estabelecidos de acordo com a quantidade de peças em *buffers* intermediários. Além disso, a alteração dos estados de energia das máquinas analisadas e a observação os estados de produção dos equipamentos por meio da simulação foram fundamentais para os resultados obtidos de um consumo de energia mais consciente e eficiente.

Futuros trabalhos podem, a partir da modelagem e simulação, explorar mais cenários junto à empresa.