

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA QUALIDADE**

**BRUNA LUPEPSA LATYKI**

**MINIMIZAÇÃO DO USO DE SOLVENTES PARA LIMPEZA EM UMA  
INDÚSTRIA QUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2018**

**BRUNA LUPEPSA LATYKI**



**MINIMIZAÇÃO DO USO DE SOLVENTES PARA LIMPEZA EM UMA  
INDÚSTRIA QUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia da Qualidade, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Fábio José Ceron Branco

**PONTA GROSSA**

**2018**

	<p><b>Ministério da Educação</b> <b>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO</b> <b>PARANÁ</b> <b>CÂMPUS PONTA GROSSA</b> Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção</p>	
---	---	---

## **TERMO DE APROVAÇÃO DE TCCE**

Minimização do uso de solventes para limpeza em uma Indústria Química: um estudo de caso

por

*Bruna Lupepsa Latyki*

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (TCCE) foi apresentado em sete de dezembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Qualidade. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Dr. Fábio José Ceron Branco**  
Prof. Orientador

---

**Prof. Dra. Joseane Pontes**  
Membro titular

---

**Prof. Dr. Evandro Eduardo Broday**  
Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

## RESUMO

LATYKI, Bruna Lupepsa. **Minimização do uso de solventes para limpeza em uma Indústria Química:** um estudo de caso. 2018. 19 f. Monografia (Especialização em Engenharia da Qualidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

O uso de solventes na indústria química é utilizado em grande escala, visando aumentar a produção, visto que é de utilidade para que produtos sejam fabricados a partir da limpeza por meio da utilização de solventes. Estes solventes são responsáveis por purificar o local onde é realizada a limpeza. Assim, como causas da sua utilização, a saúde dos colaboradores pode estar em risco, o aumento nos custos de produção podem ser aumentados e qualidade oferecida por ser baixa. Com isso, o objetivo principal deste trabalho foi minimizar a utilização de solventes para a limpeza de reatores em uma indústria química. A empresa é responsável por produzir 25 produtos e, para isso, alguns não são compatíveis após a produção, sendo necessário a utilização de solventes após o término de produção. Os dados pertinentes à pesquisa foram coletados durante seis meses. Para findar o objetivo, foi utilizado o software Excel, junto à funções que minimização de acordo com o problema definido. Assim, como resultados, houve considerável redução no número de reatores que careciam da utilização de solventes para prosseguir a produção. Isto implica na qualidade do serviço, na redução dos custos e no benefício à saúde dos colaboradores.

**Palavras-chave:** Solventes. Minimização. Indústria Química.

## ABSTRACT

LATYKI, Bruna Lupepsa; **Minimizing the use of solvents for cleaning in a Chemical Company**: a case study. 2018. 19 p. Monograph (Especialization in Quality Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2018.

The use of solvents in the chemical industry is used on a large scale to increase production, as it is useful for products to be manufactured from cleaning using solvents. These solvents are responsible for purifying the place where the cleaning is performed. Thus, as causes of their use, the health of employees may be at risk, the increase in production costs can be increased and quality offered by being low. With this, the main objective of this work was to minimize the use of solvents for the cleaning of reactors in a chemical industry. The company is responsible for producing 25 products and, for this, some are not compatible after production, requiring the use of solvents after the end of production. The data pertinent to the research were collected during six months. To finish the objective, Excel software was used, along with the functions that minimization according to the defined problem. Thus, as a result, there was a considerable reduction in the number of reactors that lacked the use of solvents to proceed with production. This implies the quality of the service, the reduction of costs and the health benefit of employees.

**Keywords:** Solvents. Minimization. Chemical Company.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 SEQUENCIAMENTO DE MÁQUINAS .....</b>	<b>8</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>18</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes líquidos requer o auxílio de pesquisas para que o método utilizado seja o mais adequado para o meio ambiente, respeitando as legislações vigentes e mantendo os custos razoáveis para a empresa. Antes de tratar qualquer efluente industrial deve-se primeiro caracterizá-lo para definir as condições nas quais este deve ser disponibilizado.

O uso de solventes é nocivo a saúde e sua utilidade na indústria química é crucial para que processos ocorram de maneira eficaz. De acordo com o Ministério da Justiça (<https://obid.senad.gov.br/drogas-a-a-z/solventes-ou-inalantes>) “em geral, todo solvente é uma substância altamente volátil, ou seja, evapora-se naturalmente, por esse motivo pode ser facilmente inalado.” Ainda sobre o órgão público, “outra característica dos solventes ou inalantes é que muitos deles (mas não todos) são inflamáveis”.

Assim, como consequência do uso de solventes em indústria, outros autores (MONT'ALVERNE, CORONA, RÊGO, 2016; FUENTE, MCPHERSON, HORMAZABAL, 2013) trazem as consequências ao colaborador devido à exposição à solventes, o que acarreta a perda auditiva e demais efeitos prejudiciais à saúde.

Desta forma, faz-se necessário a minimização da utilização destes compostos, mesmo quando o seu uso seja de extrema importância.

Segundo Porto e Sgarbossa (2017) “os reatores, também conhecidos como vasos de pressão, são tanques ou cilindros fechados, que são utilizados para armazenar líquidos e gases perigosos, que possam criar pressão no seu armazenamento”. Esses reatores são utilizados para produção de diversos compostos químicos após a limpeza com solvente.

Essas operações de limpeza são responsáveis pela maior fonte de geração de efluentes líquidos numa indústria química. O subproduto gerado após a lavagem das máquinas apresenta altas concentrações de solventes e sólidos provenientes do processo de produção. Em relação à composição destes efluentes, existem variações significativas entre as empresas, sendo essa divergência atribuída principalmente à diversidade de matérias-primas envolvidas para a obtenção dos produtos e, também, às diferentes quantidades de solventes utilizados nas operações (NASCIMENTO, 2013).

No que tange o uso de solventes nas indústrias, o “poder de solvência, baixo teor de enxofre, ponto de fulgor razoavelmente seguro para manipulação (38°C a 45°C) e taxa de evaporação justificam sua ampla utilização na formulação de produtos à base solventes e diluente” (8° FÓRUM ABRAFATI, 2013).

É nessa facilidade no manuseio e uso dos solventes que as indústrias do setor químico usufruem deste produto, a fim de um melhor desempenho. Entretanto, quando há uma gama de solventes utilizados no processo produtivo, isso pode demandar altos custos entre a utilização de um solvente e outro, fazendo com que, além de prejudicial à saúde, seja oneroso à organização. Isso implica em “custos, qualidade, reputação da empresa, distribuição ampla com confiabilidade no tempo” (PORTO, SGARBOSSA, 2017) que devem ser priorizados pelas empresas.

Nas grandes indústrias e até mesmo em pequenas empresas, diversos processos fazem uso de solventes orgânicos. Como esses compostos apresentam elevado grau de toxicidade muitas delas trabalham para minimizar a geração de resíduos ou ainda recuperá-los e reutilizá-los.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi realizar o estudo para a minimização da utilização de solventes para limpeza em uma indústria química.

Assim, este trabalho divide-se da seguinte maneira: o primeiro item aborda a introdução, trazendo a revisão do tema e as causas do uso de solventes; o item 2 aborda as áreas da engenharia de produção e quais fazem parte desta pesquisa; o item 3 expõe a metodologia utilizada nesta pesquisa; o item 6 traz os resultados e discussões sobre o que foi encontrado na pesquisa; e o item 5 apresenta as principais conclusões retiradas por meio da pesquisa, bem como implicações para trabalhos futuros.

Nesta pesquisa, as áreas abordadas são a engenharia de qualidade, visto que a qualidade de serviços é otimizada para uma melhor alocação de recursos; projeto do trabalho, pois a segurança é essencial para garantir o bem-estar dos colaboradores que utilizam os solventes em seu dia-a-dia; e a pesquisa operacional, visando otimizar o uso de solventes para utilização das limpezas.



## 2 SEQUENCIAMENTO DE MÁQUINAS

Segundo Tilbury e Kahrgonekar (2017) um processo de produção agrupa pessoas e máquinas, em concomitância a processos e protocolos para implementação do processo de manufatura e cada etapa deste processo é atribuído à uma máquina para que seja realizado. Desta forma, surge o sequenciamento de máquinas, visto que um processo depende de outro para a produção do produto final.

Para Ebenlendr e Sgall (2015) buscam otimizar o tempo máximo de conclusão de uma atividade em máquinas sequenciadas, considerando o tempo total entre a entrada no processo (matéria-prima) e a saída (produto final).

A literatura dispõe de diversos trabalhos que estudam o sequenciamento de máquinas, sempre visando diminuir o tempo total de produção, otimizar o processo como um todo e dispor de menos custos de produção. Ma et al (2015) dizendo que o tempo de entrega de um produto é proporcional ao tempo de manufatura do mesmo, onde cada máquina possui um tempo de manutenção, o que acarreta atrasos na produção. Estes autores buscaram otimizar o tempo de produção, a carga do maquinário e tempo total de produção, minimizando os gastos desnecessários com produção por meio do sequenciamento de máquinas.

Assim como Ma et al (2015), Park et al (2017) consideraram as avarias causadas ao processos devido a necessidade de manutenção constante na produção de um produto, pois o tempo gastos e eventos imprevisto influenciam a produção, demandam tempo e mão-de-obra a mais, o que acarretam mais custos a produção. Park et al (2017) propõem uma heurística para diminuir o tempo gasto com manutenção devido aos imprevistos na produção.

Lin, Nayaranan e McCann (2018) descreveram algoritmos para otimização na sequenciação de máquinas, voltados à produção têxtil. Os autores utilizaram os algoritmos propostos para calcular os custos provenientes com os tempos gastos com os desperdícios gerados devido às avarias.

Santos e Arroyo (2015) fizeram trabalhos semelhantes ao de Park et al (2017), visando diminuir os desgastes das máquinas, o que requer um gasto maior com manutenção.

Todos estes autores supracitados utilizam o sistema schedulling, ou seja, o estudo entre os tempos total de produção de um determinado produto, desde a entrada da matéria-prima até a saída do produto final para a expedição.

Não obstante, schedulling não é a única maneira de se estudar o comportamento das máquinas. Existem outras meta-heurísticas, Cadeias de Markov, programação da produção e utilização de softwares para findar o objetivo de minimizar os tempos.

Nesta pesquisa, foi utilizado o processo de otimização por meio do uso de software (ver item 3), o que melhor atendeu as necessidades da pesquisa para findar o objetivo de minimizar a utilização dos solventes para limpeza em reatores.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como um estudo de caso, pois foi realizado com dados coletados em uma indústria do setor químico. Os dados utilizados foram tanto o histórico dos produtos fabricados em três reatores diferentes, como também a matriz de limpeza utilizada pela planta.

O histórico utilizado é pertinente aos meses de janeiro a junho de 2018 e conta com a fabricação de 25 produtos diferentes.

Os reatores selecionados no estudo são considerados iguais pois, além de possuir a mesma capacidade de produção, são capazes de manufaturar os mesmos itens.

Para que o reator esteja apto a produzir bateladas de produtos diferentes, a denominada matriz de limpeza deve ser utilizada para verificar a compatibilidade entre o produto anterior e o produto seguinte. Dependendo da compatibilidade entre os materiais, três possíveis resultados são encontrados: compatível (C), parcialmente compatível (P) e incompatível (I).

O Quadro 1 apresentado é uma adaptação da matriz de limpeza utilizada pela empresa. Por questões de sigilo, os nomes dos produtos foram substituídos por letras. O tipo de limpeza necessário entre os lotes é a interseção do produto anterior (linhas) com o produto seguinte (colunas).

Quadro 1 - Matriz de limpeza utilizada entre os lotes

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
A	C	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	I	P	I	P	P	P	P	P	P	I	I	P	P	P	
B	P	C	P	P	P	P	I	P	P	P	P	I	P	I	P	P	P	P	P	P	I	I	P	P	P	
C	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
D	P	P	P	C	P	P	I	P	P	P	P	I	P	I	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
E	P	P	P	P	C	C	I	P	P	P	P	I	P	I	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
F	P	P	P	P	C	C	I	P	P	P	P	I	P	I	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
G	I	I	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
H	P	P	P	P	P	P	I	C	P	P	P	I	P	I	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
I	P	P	P	P	P	P	I	P	C	P	P	I	P	I	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
J	P	P	P	P	P	P	I	P	P	C	P	I	P	I	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
K	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	C	C	P	C	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
L	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	C	C	P	C	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
M	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	I	C	I	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
N	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	I	C	I	I	I	I	I	I	P	I	I	I	I	
O	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	I	P	I	C	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
P	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	I	P	I	P	C	P	P	P	P	I	P	P	P	P	
Q	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	I	C	I	I	I	I	I	I	
R	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	I	P	I	P	P	P	C	P	P	I	P	P	P	P	
S	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	I	C	I	I	I	I	I	I	
T	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
U	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	P	I	I	I	I	I	I	I	C	I	I	I	
V	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	I	I	I	
W	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	I	
X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	I	
Y	P	P	P	P	P	P	I	P	P	P	P	I	P	I	P	P	P	P	P	P	P	I	I	P	P	C

Fonte: Autoria própria (2018).

Quando os produtos são compatíveis, não há necessidade de realizar a limpeza dos equipamentos entre os lotes. Ou seja, os resquícios do produto que ficam nos equipamentos não irão afetar o próximo lote, representado no Quadro 1 pelas células C.

Produtos parcialmente compatíveis não requerem elevado grau de limpeza dos equipamentos. Sendo assim, uma breve lavagem do solvente utilizado como matéria prima é feita para tirar excesso do material que fica nas paredes do equipamento, representados no Quadro 1 pelas células P.

Se o produto da sequência for incompatível com o anterior, há necessidade de utilizar determinado solvente para limpeza de todos os equipamentos envolvidos no processo. Após o processo de limpeza, o solvente utilizado é direcionado para o processo de recuperação ou então descarte, representados no Quadro 1 pelas células I.

Do ponto de vista da qualidade, uma limpeza ineficiente nos equipamentos acarreta em grandes chances de perder o próximo lote se os produtos forem incompatíveis. Ou seja, a otimização do sequenciamento de produtos compatíveis, além de trazer benefícios financeiros, tem grande influência para a qualidade final do produto.

A matriz de compatibilidade exposta no Quadro 1 foi reescrita de forma numérica para possibilitar a utilização do solver disponível no Microsoft Excel. Conforme o grau de criticidade, as três possibilidades foram numeradas de forma crescente onde compatível foi definido com valor igual a zero pois trata-se da melhor forma de sequenciamento (C=0), parcialmente compatível com valor intermediário igual a cinco (P=5) e incompatível igual a dez pois é o sequenciamento com menor vantagem para a empresa (I=10). A matriz modificada é mostrada no Quadro 2.

**Quadro 2 - Matriz de limpeza com pontuação**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
A	0	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	5	
B	5	0	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	5	
C	10	10	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
D	5	5	5	0	5	5	10	5	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
E	5	5	5	5	0	0	10	5	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
F	5	5	5	5	0	0	10	5	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
G	10	10	10	10	10	10	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
H	5	5	5	5	5	5	10	0	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
I	5	5	5	5	5	5	10	5	0	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
J	5	5	5	5	5	5	10	5	5	0	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
K	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	0	0	5	0	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
L	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	0	0	5	0	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
M	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	0	10	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	10	0	10	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10
O	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	5	10	0	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
P	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	5	10	5	0	5	5	5	5	10	5	5	5	5	
Q	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	10	0	10	10	10	10	10	10	
R	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	5	10	5	5	5	0	5	5	10	5	5	5	5	
S	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	10	0	10	10	10	10	10	10	
T	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
U	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	10	10	0	10	10	10	
V	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	10	10	
W	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	10	
X	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	10	
Y	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	0	

Fonte: Autoria própria (2018).

Conforme o histórico mensal de produção, os produtos fabricados mês a mês foram agrupados e uma função para minimização do valor da limpeza foi utilizada juntamente com o método GRG - Não linear.

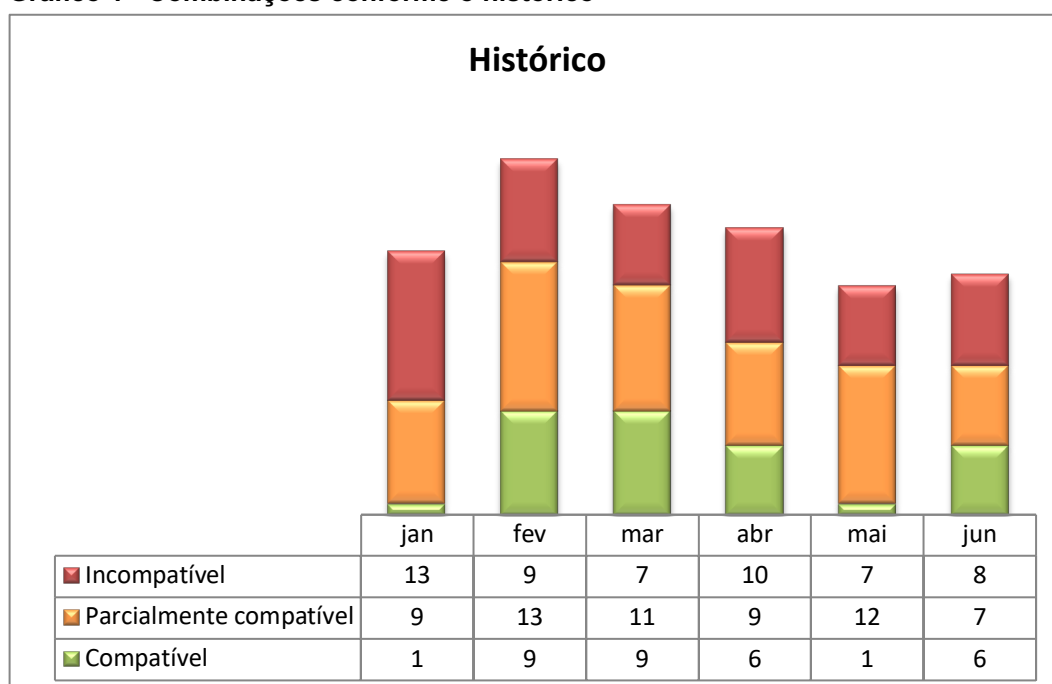
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como explicado na metodologia, cada tipo de limpeza recebeu uma nota (0, 5 ou 10). Esses valores foram atribuídos para que o software encontrasse a melhor solução para o agrupamento das limpezas, visto que a que recebe valor 10 é mais custosa e a com valor 0 é de menor custo. Com a combinação das materiais compatíveis e dos valores atribuídos na matriz mostrada no Quadro 2, o software encontrou a melhor solução.

Assim, para o seis meses de estudo o mesma função foi utilizada com a finalidade de minimizar a utilização de solventes para limpeza, criando um sequenciamento de produção com maior compatibilidade e, conseqüentemente menor custo para a empresa.

Para comparação entre o histórico de produção da empresa e o sequenciamento proposto, montou-se um gráfico mostrando as limpezas realizadas nos dois casos. Com base no histórico de produção, foi contado quantas vezes o sequenciamento de produção apresentava produtos compatíveis, parcialmente compatíveis e incompatíveis. Os dados são mostradas no Gráfico 1.

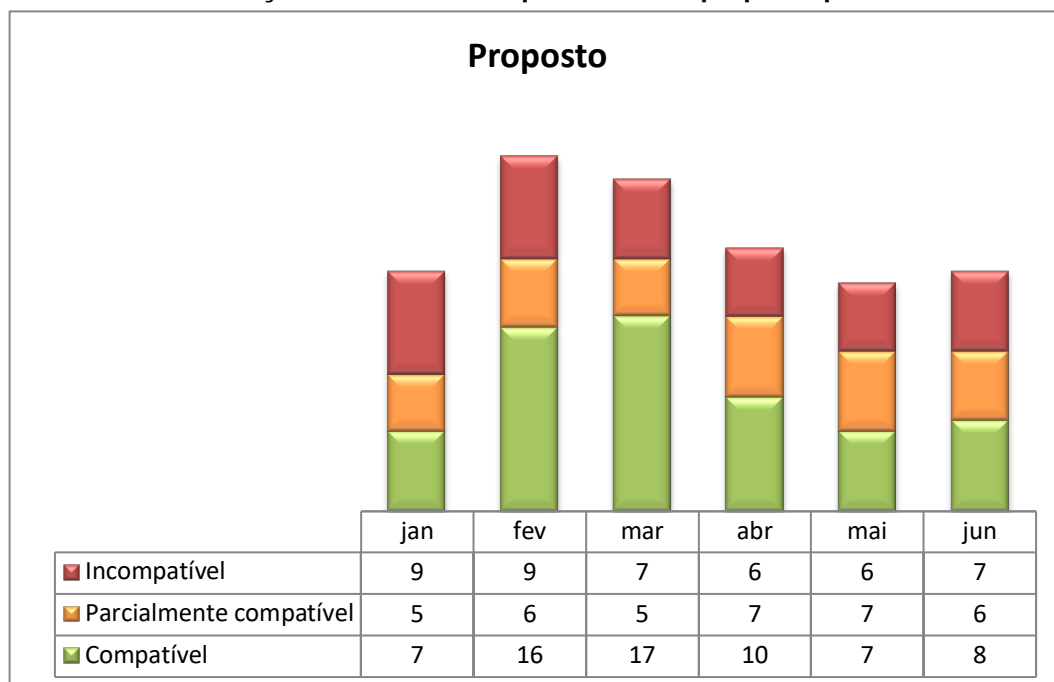
**Gráfico 1 - Combinações conforme o histórico**



Fonte: Autoria própria (2018)

Com base nos resultados encontrados pelo solver, o sequenciamento de produção foi refeito e contou-se o número de compatibilidade, compatibilidade parcial e incompatibilidade. Os dados são mostradas no Gráfico 2.

**Gráfico 2 - Combinações conforme o sequenciamento proposto pelo solver**



**Fonte: Autoria própria (2018)**

Em comparação a como era realizada a limpeza e a como foi elencado as novas limpezas, o número de sequenciamento com produtos compatíveis foi otimizado e o número de limpezas que requerem a utilização de solventes foi minimizado, fazendo com que o desperdício, tempo gasto e custo fosse diminuído.

A Tabela 1 apresenta o percentual de melhorias após a minimização para limpezas compatíveis.

**Tabela 1 - Comparação entre os processos e suas melhorias às limpezas compatíveis**

<b>Mês</b>	<b>Limpeza</b>	<b>Histórico</b>	<b>Proposto</b>	<b>Percentual de melhora</b>
Janeiro	Compatível	1	7	700,0%
Fevereiro	Compatível	9	16	177,8%
Março	Compatível	9	17	188,9%
Abril	Compatível	6	10	166,7%
Maio	Compatível	1	7	700,0%
Junho	Compatível	6	8	133,3%

**Fonte: Autoria própria (2018)**

Conforme explicitado na Tabela 1, o mês de janeiro conseguiu com que os produtos compatíveis para produção tivessem um aumento em 700%. Quando os produtos são compatíveis, não há necessidade de se utilizar solvente, isso acarreta menos custo e maior qualidade, visto que os solventes podem vir a ser tóxicos. O mesmo acontece para o mês de maio em relação às compatibilidades dos reatores.

**Tabela 2 - Minimização do uso de solventes**

<b>Mês</b>	<b>Limpeza</b>	<b>Histórico</b>	<b>Proposto</b>	<b>Percentual de melhora</b>
Janeiro	Solvente	13	9	69,2%
Fevereiro	Solvente	9	9	0%
Março	Solvente	7	7	0%
Abril	Solvente	10	6	60,0%
Maio	Solvente	7	6	85,7%
Junho	Solvente	8	7	87,5%

**Fonte: Autoria própria (2018)**

No que concerne o uso de solventes, conforme Tabela 2, para os meses de fevereiro e março não houve mudança, pois não havia como agrupar a produção de modo que atendesse a demanda da empresa. Entretanto, aos demais meses, houve mudança significativa na minimização do uso de solventes.



**Tabela 3 - Minimização do uso de diluição**

<b>Mês</b>	<b>Limpeza</b>	<b>Histórico</b>	<b>Proposto</b>	<b>Percentual de melhora</b>
Janeiro	Diluição	9	5	55,6%
Fevereiro	Diluição	13	6	46,2%
Março	Diluição	11	5	45,5%
Abril	Diluição	9	7	77,8%
Maiο	Diluição	12	7	58,3%
Junho	Diluição	7	6	85,7%

**Fonte: Aatoria própria (2018)**

A Tabela 3 aponta as principais melhorias em relação à diluição, visto que para todos os meses foi possível minimizar o uso de substâncias para a limpeza.

## 5 CONCLUSÃO

Podemos concluir que o objetivo de minimizar a utilização de solventes para a limpeza dos reatores foi alcançada com sucesso. O solver foi capaz de sanar a necessidade de dispor de uma ferramenta que auxiliasse na minimização e na qualidade, visto que a necessidade de limpeza entre os lotes implica fortemente na qualidade do produto final.

Essa redução implica diretamente no serviço prestado pela indústria, visto que a diminuição do uso de solventes não só é benéfica para reduzir custos, mas também atinge diretamente a qualidade de vida dos trabalhadores e a poluição em relação ao meio-ambiente.

Como sugestão a trabalhos futuros, sugerimos que uma nova programação seja utilizada, como programa linear, utilização de outros softwares, abordagens qualitativas.

## REFERÊNCIAS

- 8° FÓRUM ABRAFATI, 2013.** Disponível em <https://www.abrafati.com.br/wp-content/uploads/2013/08/a-industria-quimica-e-de-materias-primas-essenciais-para-a-industria-de-tintas.pdf>. Acesso em maio/2018.
- EBENLENDR, T.; SGALL, J.** *A Lower Bound on Deterministic Online Algorithms for Scheduling on Related Machines Without Preemption*. 2015 IEEE 5th Workshop on Mining Unstructured Data, MUD 2015 – Proceedings 7327962, 2015.
- FUENTE A, MCPHERSON B, HORMAZABAL X.** Self-reported hearing performance in workers exposed to solvents. *Rev Saúde Pública* 2013; 47(1): 86-93.
- LIN, J.; NAYARANAN, V.; MCCANN, J.** *Efficient transfer planning for flat knitting*. Proceedings - SCF 2018: ACM Symposium on Computational Fabrication, a1, 2018.
- MA, W.-M., SUN, L., LIU, S. E E WU, T.** *Parallel-machine scheduling with delivery times and deteriorating maintenance*. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*. 2015.
- MINISTÉRIO DA JUSTIÇA.** Disponível em <https://obid.senad.gov.br/drogas-a-a-z/solventes-ou-inalantes>. Acesso em jun/2018.
- MONT'ALVERNE, L. R.; CORONA, A. P.; RÊGO, M. A. V.** Perda auditiva associada à exposição ocupacional a solventes orgânicos: uma revisão sistemática. *Rev. Bras. Saúde Ocup.* 2016; 41: e10.
- NASCIMENTO, F. C.** *Tratamento de efluentes da produção de tintas industriais, automotivas e de repintura por irradiação com feixe de elétrons*. 2013. 121 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2013.
- PARK, J. et al.** *Investigating the generality of genetic programming based hyper-heuristic approach to dynamic job shop scheduling with machine breakdown*. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10142 LNAI, pp. 301-313, 2017.

**PORTO, F.S.; SGARBOSSA, C.K.** *Desenvolvimento de um Plano de Manutenção Preventiva para reatores de uma indústria química de Ponta Grossa-PR.* Anais... VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, Paraná. 2017.

**SANTOS, V. L. A.; ARROYO, J. E. C.** *Sequenciamento de tarefas em máquinas paralelas considerando desgastes dependentes da sequência.* XLVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Anais... Porto de Galinhas, Pernambuco, 2015.

**TILBURY, D. M.; KAHRGONEKAR, P. P.** *Discrete event control of manufacturing systems.* The Mechanical Systems Design Handbook: Modeling, Measurement, and Control, pp. 39-59, 2017.