



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO ONE FACTOR AT A TIME (OFAT) ATRAVÉS DO DESIGN OF EXPERIMENTS (DoE): ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)

QUALITY IMPROVEMENT USING ONE FACTOR AT A TIME (OFAT) THROUGH DESIGN OF EXPERIMENTS (DoE): CASE STUDY IN AN EXPANDED POLYSTYRENE (EPC) INDUSTRY

MEJORA DE LA CALIDAD UTILIZANDO UN FACTOR A LA VEZ (OFAT) MEDIANTE DISEÑO DE EXPERIMENTOS (DoE): ESTUDIO DE CASO EN UNA INDUSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)

Francisco Ignacio Giocondo César¹, André Freitas Fernandes², Daniele Maria Bruno Falcone Oian³, Carlos Alberto Oian⁴, Ieda Kanaschiro Makiya⁵

e5105760

<https://doi.org/10.47820/recima21.v5i10.5760>

PUBLICADO: 10/2024

RESUMO

Design of Experiments (DoE) é uma ferramenta estatística utilizada no *Six Sigma*, um recurso multifuncional que pode ser usada em diversas situações, com a finalidade de comparações entre diversas possibilidades de um mesmo sistema, com a triagem de variáveis. Esta ferramenta tem por objetivo obter um projeto (processo, produto ou resultado) com a melhor otimização dos recursos, de forma a conservar a robustez do projeto. Embora a utilização do *Six Sigma* enfatize a utilização do DoE, os engenheiros ainda consideram uma técnica difícil de aplicar e interpretar. Por esta razão, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia que tenta facilitar a implementação do *Design of Experiments (DoE)*, como uma abordagem para preencher a lacuna existente entre a técnica e a prática do cotidiano dos pesquisadores e engenheiros, utilizando a ferramenta *One Factor at a Time (OFAT)*. Essa é uma abordagem simples e direta para conduzir um experimento e analisar os efeitos de fatores de forma individual em um processo ou produto em qualquer ambiente organizacional. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica exploratória sobre o tema OFAT nas bases Google Acadêmico e *Web of Science*. Em seguida, foi realizado um estudo de caso em uma indústria produtora de poliestireno expandido (EPS), para exemplificar a utilização da ferramenta OFAT. A partir dos vários experimentos realizados, foi possível avaliar a utilização de ferramentas OFAT que, apesar de utilizar uma metodologia simples, leva a resultados satisfatórios em termos de melhoria de processo e da qualidade final do produto avaliado.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade. Otimização de Processo. Desenvolvimento de Produto. *One Factor at a Time*. *Design of Experiments*. Poliestireno Expandido.

ABSTRACT

Design of Experiments (DoE) is a statistical tool used in *Six Sigma*, a multifunctional tool that can be used in different situations, with the purpose of comparing different possibilities of the same system, with the screening of variables. This tool aims to obtain a project (process, product or result) with the best optimization of resources, in order to maintain the robustness of the project. Although the use of *Six Sigma* emphasizes the use of DoE, engineers still find it a difficult technique to apply and interpret. For this reason, the objective of this work is to present a methodology that tries to facilitate the implementation of DoE, as an approach to fill the gap between the technique and the daily practice of researchers and engineers, using the *One Factor at a Time* tool (OFAT). This is a simple and straightforward approach to conducting an experiment and analyzing the effects of individual form factors on a process or product in any organizational environment. An exploratory bibliographical research was carried out on the topic OFAT in the main databases. Next, a case study was carried out in an industry producing expanded polystyrene (EPS), to exemplify the use of the OFAT tool. From

¹ Prof. Dr. Associado, Docente, IFSP Piracicaba – Agente de Projeto de Inovação.

² Aluno do 10º. Sem. de Eng. Mecânica do IFSP Piracicaba.

³ Profa. Dra. Associada, Docente, IFSP Piracicaba.

⁴ Prof. Msc. Associado, Docente, IFSP Piracicaba.

⁵ Profa. Dra. Associada, Docente, FCA UNICAMP – Coord. SB-Lab.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO ONE FACTOR AT A TIME (OFAT) ATRAVÉS DO DESIGN OF EXPERIMENTS (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

the various experiments carried out, it was possible to evaluate the use of OFAT tools which, despite using a simple methodology, leads to satisfactory results in terms of process improvement and the final quality of the evaluated product.

KEYWORDS: Quality Improvement. Process Optimization. Product Development. Design of Experiments. One Factor at a Time. Expanded Polystyrene.

RESUMEN

El Diseño de Experimentos (DoE) es una herramienta estadística utilizada en Six Sigma, una herramienta multifuncional que puede ser utilizada en diferentes situaciones, con el fin de comparar diferentes posibilidades de un mismo sistema, con el cribado de variables. Esta herramienta tiene como objetivo obtener un proyecto (proceso, producto o resultado) con la mejor optimización de recursos, para mantener la robustez del proyecto. Aunque el uso de Six Sigma enfatiza el uso de DoE, los ingenieros todavía encuentran que es una técnica difícil de aplicar e interpretar. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es presentar una metodología que intenta facilitar la implementación del DoE, como un enfoque para llenar el vacío entre la técnica y la práctica diaria de investigadores e ingenieros, utilizando la herramienta One Factor at a Time. (OFAT). Este es un enfoque simple y directo para realizar un experimento y analizar los efectos de los factores de forma individuales en un proceso o producto en cualquier entorno organizacional. Se realizó una investigación bibliográfica exploratoria sobre el tema OFAT en las principales bases de datos. A continuación, se realizó un estudio de caso en una industria productora de poliestireno expandido (EPS), para ejemplificar el uso de la herramienta OFAT. A partir de los diversos experimentos realizados se pudo evaluar el uso de herramientas OFAT que, a pesar de utilizar una metodología sencilla, conduce a resultados satisfactorios en términos de mejora de procesos y calidad final del producto evaluado.

PALABRAS CLAVE: Mejora de la calidad. Optimización de procesos. Desarrollo de productos. Diseño de experimentos. Un Factor a la Vez. Poliestireno expandido.

1. INTRODUÇÃO

One Factor At a Time (OFAT) foi um método científico muito popular no início do século XX. Engenheiros e cientistas geralmente utilizam o OFAT, variando apenas um fator ou variável por vez, mantendo as demais fixas. No entanto, estatisticamente, experimentos projetados que variam fatores simultaneamente são mais eficientes quando estudam dois ou mais fatores - DoE (Czitrom, 1999).

O DoE foi desenvolvido por Ronald A. Fisher nas décadas de 1920 e 1930, na *Rothamsted Experimental Station*, um centro de pesquisa agrícola a 25 milhas ao norte de Londres, onde Fisher conduziu um experimento com a finalidade de melhorar a produção agrícola. Em seu primeiro livro sobre a DoE, Fischer mostrou o quanto as conclusões poderiam ser eficientes e válidas em experimentos como flutuações naturais, temperatura, condições do solo, chuva etc., na presença de variáveis incontroláveis. As variáveis incontroláveis, geralmente conhecidas, causam vieses sistemáticos em grupos de resultados (por exemplo, variação de lote para lote). As variáveis incontroláveis desconhecidas geralmente causam variabilidade aleatória nos resultados e são chamadas de variabilidade inerente ou ruídos.

O método DoE foi inicialmente utilizado no contexto da agricultura, porém, o método foi aplicado com sucesso na área militar e na indústria desde a década de 1940. Besse Day, que



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO ONE FACTOR AT A TIME (OFAT) ATRAVÉS DO DESIGN OF EXPERIMENTS (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

trabalhava na *U.S. Naval Experimentation Laboratory*, utilizou o DoE para resolver problemas causados por soldas ruins em um estaleiro naval durante a II Guerra Mundial. George Box, funcionário da *Imperial Chemical Industries*, antes de retornar para Estados Unidos, liderava os processos de DoE para otimização de processos químicos. William Edwards Deming ensinou métodos estatísticos, incluindo o DoE, para cientistas e engenheiros japoneses no início da década de 1950, no tempo em que “*Made in Japan*” era sinônimo de má qualidade. Genichi Taguchi, um cientista e estatístico japonês, famoso por seu método de melhoria na qualidade, classificou o DoE como tal contribuindo para a estatística introduzindo o conceito da função de perda e adotando o DoE como método avançado nas iniciativas do Seis Sigma. Uma das primeiras empresas onde Taguchi aplicou o método foi a Toyota. Desde o final da década de 1970, as indústrias dos EUA vêm demonstrando interesse em obter ganhos nas iniciativas de melhoria da qualidade, tais como os programas de “Qualidade Total” e “Seis Sigma”. Neste contexto, o DoE é considerado um método do programa Seis Sigma, que foi pioneiro nas empresas Motorola e General Electric (Telford, 2007).

O conhecimento pode servir como um motor de mudança para qualquer organização, pesquisadores ou acadêmicos. Nas disciplinas científicas e de engenharia, o conhecimento sobre um produto, processo ou sistema é frequentemente derivado de experimentação. Os experimentos podem revelar muitas coisas inesperadas, como oportunidades importantes, e alertar para questões relevantes para um estudo mais detalhado. No ambiente altamente competitivo de hoje, as empresas não podem se dar ao luxo de experimentar por tentativa e erro. Isto acontece porque os mercados, produtos e tecnologias estão mudando rapidamente, e as pressões sobre os custos são cada vez maiores, os clientes estão mais exigentes e os ciclos de vida dos produtos e o tempo de colocação no mercado estão diminuindo. Contudo, os principais problemas enfrentados pelos pesquisadores e engenheiros consistem em garantir que os resultados da investigação sejam entregues ao mercado antecipadamente e antes dos concorrentes, com recursos mínimos. O OFAT é uma resposta alternativa aos desafios anteriores. Com relação aos impactos econômicos, muitos cientistas, engenheiros e profissionais não estão conscientes, isto é não têm conhecimento suficiente em relação ao DoE, podendo utilizar um modelo mais simples para estas questões como o OFAT (Wahid, 2013).

No cotidiano, os engenheiros desenvolvem uma grande variedade de atividades, como o desenvolvimento de novos produtos, aprimoramento de projetos anteriores, manutenção, controle e melhoria do processo de fabricação em andamento, mantendo e reparando produtos, entre outros. Como a experimentação é uma tarefa frequente nessas atividades, os engenheiros acabam usando a estatística, independentemente de seus antecedentes. Portanto, a questão não reside em se eles usam estatísticas ou não, mas sim, na competência com que a aplicam e na precisão de suas respostas (Bisgaard, 1991).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia que tenta facilitar a implementação do DoE, como uma abordagem para preencher a lacuna existente entre a técnica e a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

prática do cotidiano dos pesquisadores e engenheiros, utilizando a ferramenta *One Factor at a Time* (OFAT). Sendo a OFAT uma abordagem simples e direta para conduzir um experimento e analisar os efeitos de fatores de forma individual em um processo, produto em qualquer ambiente organizacional. Desta forma, a questão que desejamos responder com este trabalho é: “O quanto o OFAT, apesar de ser uma prática estatística simples, pode auxiliar os pesquisadores e engenheiros em seu cotidiano na prática de experimentos? “

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O OFAT é uma abordagem simples e direta para conduzir experimentos e analisar os efeitos de fatores individuais em um processo ou produto, em qualquer indústria de manufatura. Essa abordagem é normalmente usada em situações em que você tem recursos limitados, tempo ou pouca experiência para conduzir projetos experimentais mais complexos, como projetos fatoriais ou outras metodologias de análise mais complexas. É frequentemente usada quando você deseja identificar rapidamente o impacto de um fator específico em um processo ou produto (Nithin, 2023).

Nos experimentos tradicionais de um fator por vez (OFAT), nenhum conhecimento estatístico avançado é necessário em sua execução e análise de dados. A abordagem OFAT ainda é popular em muitas organizações quando se realizam experimentos para determinar a configuração dos principais fatores (Legault, 1997). Historicamente, cientistas e engenheiros realizam experimentos OFAT alterando um fator de cada vez e mantendo os outros fixos. Este fator é variado até que seu melhor ajuste seja encontrado, e então é fixado neste nível. Em seguida, o outro fator é alterado até que seu melhor ajuste seja encontrado e mantido constante. Todo o processo se repete com outro fator. Uma das armadilhas desta abordagem é que a estimativa dos efeitos dos fatores é menos precisa, porque as conclusões experimentais são tiradas após a coleta dos dados de cada ensaio, comparando o resultado observado com o resultado anterior. Normalmente, apenas duas observações em experimentos OFAT são usadas para estimar o efeito de cada fator (Clements, 1995).

Outra armadilha nessa abordagem é que perderemos as melhores configurações se os fatores interagirem, ou seja, se o efeito de um fator depender da configuração de outro(s) fator(es). Isso sugere que existe uma interação, e indica que existe uma relação entre os fatores independentes. Um exemplo de interação entre os fatores: Suponha que Z represente o evento de mexer uma xícara de café e Y represente o evento de adicionar açúcar a uma xícara de café. O efeito destes fatores na doçura do café depende dos níveis de ambos os fatores. Nenhum dos fatores tem efeito por si só, mas juntos tornam o café doce. Os fatores Z e Y interagem, e essa interação pode ser estimada (Wahid, 2013).

O OFAT pode ser apropriado quando (Nithin, 2023):

- Restrições de recursos: você tem recursos limitados, como equipamentos, materiais ou pessoal, para conduzir um estudo experimental abrangente;



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

- Compreensão limitada: você tem conhecimento prévio limitado sobre os fatores e suas interações e deseja começar com uma análise simples;
- Triagem rápida: você deseja examinar rapidamente o impacto de um único fator antes de investir em experiências mais extensas.

Vantagens em utilizar o OFAT (Nithin, 2023):

- Simplicidade: o OFAT é fácil de planejar e executar, tornando-o acessível para indivíduos com conhecimentos estatísticos limitados;
- Eficiente em termos de recursos: requer menos recursos em comparação com projetos experimentais mais complexos, tornando-o econômico;
- Resultados rápidos: os experimentos podem ser conduzidos de forma relativamente rápida, permitindo uma rápida tomada de decisões e resolução de problemas;
- Isolamento: ao alterar um fator de cada vez, você pode isolar e medir claramente o efeito desse fator específico.

Desvantagens em utilizar o OFAT (Nithin, 2023):

- *Insights* limitados: o OFAT não fornece informações sobre interações entre fatores. Assume que os factores são independentes, o que pode não ser o caso em cenários do mundo real;
- Imagem incompleta: pode perder interações importantes e efeitos colaborativos que poderiam ser cruciais para a otimização de processos ou produtos;
- Ineficiente: o OFAT pode ser ineficiente para otimizar sistemas complexos, pois muitas vezes requer mais experimentos para alcançar os resultados desejados;
- Risco de conclusões falsas: as conclusões extraídas dos experimentos OFAT podem não representar com precisão o verdadeiro comportamento do sistema, levando à soluções abaixo do ideal.

É importante lembrar que o OFAT é uma abordagem simples e eficiente em termos de recursos para investigações preliminares na fabricação, mas tem limitações quando se trata de encontrar interações complexas. É mais adequado para situações em que é necessária uma avaliação rápida dos efeitos dos fatores individuais ou da direção do primeiro corte, antes de considerar uma experimentação mais extensa. Dessa forma, tendo consciência das limitações do OFAT, essa ferramenta pode ser utilizada como uma primeira avaliação do experimento a ser estudado.

3. MÉTODO & METODOLOGIA

O método adotado na pesquisa, iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica exploratória nas bases Google Acadêmico e *Web of Science*, com os termos *One Factor at a Time* (OFAT) e *Design*



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

of Experiments (DoE). Em seguida foi identificado a empresa onde seria possível realizar o estudo de caso e o seu processo mais crítico. Já na empresa, foram levantados os dados do experimento e direcionando para o melhor alinhamento do processo. Desta forma realizou-se o estudo de caso e as considerações do estudo.

Com relação a metodologia, de acordo com Silva (2011) e Gil (2010), a pesquisa tem como característica uma pesquisa de natureza aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida ao conhecimento de uma situação específica; a sua forma de abordagem é quantitativa, por isso, com relação aos objetivos, é uma pesquisa exploratória explicativa. Os procedimentos técnicos foram bibliografia, experimental e estudo de caso.

4. PESQUISA

4.1. Caracterizando a pesquisa

A pesquisa ocorreu em uma indústria química, fabricante de embalagens de poliestireno expandido (EPS), popularmente conhecido como isopor.

A empresa está localizada no interior do Estado de São Paulo, e conta com um total de 38 máquinas automáticas para moldagem de peças que produzem itens de linha branca, automobilística, construção civil, berços para capacete, isolantes térmicos técnicos, entre outros. Conta também com três blogueiras suprindo o mercado de bloco de EPS para recortadores fabricantes de lajes e telhas sanduíche termoacústico, e ainda um setor próprio de recortados.

O Poliestireno Expandido, o EPS, é um material celular rígido, resultado da polimerização do estireno em água, juntamente ao pentano, agente expensor do processo, e outros aditivos que melhoram a propriedade do EPS, por exemplo o bromo, que melhora sua resistência a chamas (Tessari, 2006). O material consiste basicamente de 98% de ar e 2% de matéria sólida, o que garante suas propriedades físicas, sobretudo a baixa condutividade térmica, baixa densidade, e resistência mecânica consideravelmente alta. Os produtos em EPS não são poluentes, geralmente de cor branca, são inodoros, e reaproveitáveis, podendo inclusive retornar ao estado de matéria-prima (Ambiente Brasil, 2021).

4.2. Estudo de caso utilizando os princípios do DoE e OFAT

Valendo-se do método do Projeto de Experimento, DoE, é necessário seguir etapas definidas

- Caracterização do problema;
- Escolha dos fatores de influência e níveis;
- Seleção das variáveis de resposta;
- Determinação de um modelo de planejamento de experimento;
- Condução do experimento;



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

- Análise dos dados;
- Conclusões e recomendações.

Sendo o objetivo deste estudo uma visão prática da exemplificação do uso do método DoE, em especial a sua ferramenta OFAT, serão abordados todos os conteúdos, com exceção da determinação de um modelo de experimento, bem como seu conteúdo estatístico. A análise dos resultados foi baseada nos valores de saída e as características externas dos blocos de EPS.

4.2.1. Caracterização do problema

Dentro do processo de fabricação do EPS existe uma tolerância praticada de $\pm 10\%$ para o controle dos parâmetros de massa e MEA (Massa Específica Aparente). Isso permite uma estratégia de negócio que tem por objetivo entregar o material sempre na tolerância inferior, de forma que a empresa consiga melhores resultados, entregando um produto satisfatório, utilizando menos matéria-prima.

Apesar da relativa alta tolerância de controle do produto final, a fabricação de blocos de EPS na empresa tem se mostrado um processo inconstante pela quantidade de refugos por dia produzidos, no descumprimento da estratégia adotada pela empresa, ou mesmo pela entrega de produtos não conforme, gerando devoluções.

Dentre os principais problemas perceptíveis no setor, destaca-se a fabricação de produtos não conformes, sejam eles crus, desformes, fora de medida e murchos; ou a fabricação de produtos com peso acima ou abaixo da tolerância; ou, por fim, produtos com tempo excessivo de produção, comprometendo a produtividade e custos.

No período de fevereiro a julho do ano de 2023, foram coletados os dados relativos a refugos, categorizados por seus motivos, conforme Figura 1 a seguir.

Com os dados iniciais, é tomada a iniciativa de identificar o problema e aplicar um plano de ação com foco no planejamento, utilizando a metodologia DMAIC.

4.2.2. Definição dos fatores que influenciam

Nesta etapa são definidos os parâmetros variáveis de processo, observando cada um dos seus efeitos e resultados no bloco. Neste primeiro momento serão analisadas nas configurações de máquina, quais são as medidas e grandezas pertinentes a fabricação dos blocos.

O processo em máquina pode ser resumido em três partes: enchimento e vaporização, fusão e estabilização, onde entram os parâmetros transversais, de fusão e de esfriamento, respectivamente. Nos parâmetros transversais são definidos o tempo de injeção de vapor em cada uma das faces da máquina, nos parâmetros de fusão é definida a pressão de vapor que será inserida



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

no processo da fusão das pérolas¹ e, por fim, a estabilização do material é controlada pelo tempo de resfriamento do material, removendo todo o vapor da peça com vácuo.

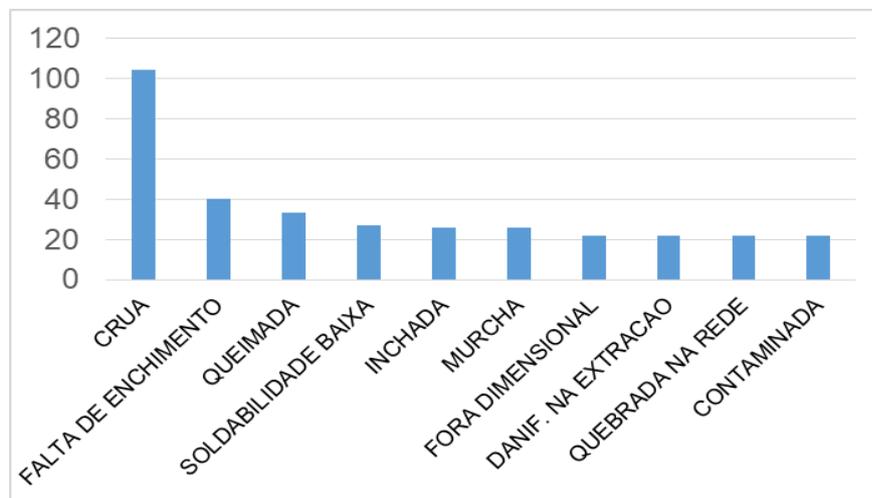


Figura 1 – Gráfico de ocorrência de refugos no período de fevereiro a julho de 2023
Fonte: Autor (2023)

Para analisar o comportamento do material em vista de cada parâmetro, foram realizados testes com variações das configurações da máquina para o mesmo produto, e mesma dimensão. As variações foram realizadas conforme a capacidade da máquina dentro da faixa do tipo de bloco de estudo, tomando como bloco conforme todo aquele que segue o peso previsto em folha de processo e também as demais características como soldabilidade, dimensões etc., como apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 – Seleção de fatores de entrada e níveis

Fatores de entrada	Níveis				
	-2	-1	0	+1	+2
Tempo de vaporização (s)	5	6	7	7,5	8
Pressão de fusão (bar)	0,69	0,73	0,78	0,83	0,88
Tempo de estabilização com vácuo (s)	4	6	8	10	12

Fonte: Autor (2023)

A definição teórica dos experimentos, segundo o DoE, exige que toda ou parte da malha de possibilidades seja testada, a fim de analisar a relação dos parâmetros.

4.2.3. Seleção da variável resposta

A variável resposta é definida pela massa do bloco dada pela norma para o produto em estudo. Além de estar definido pela norma, considera-se a estratégia da empresa em produzir os blocos próximo a tolerância mínima, mantendo as características do material, de forma a utilizar

¹ Pérolas – nome dado aos grânulos da matéria prima do EPS.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

menor quantidade de matéria-prima. Portanto, as massas mínimas e máximas permitidas para o bloco T1F de 5 m³ são de 45 a 50 kg.

Além da característica de massa, também se define como critério de validação do material, as características externas do produto, isto é, ele deve ter boa aparência, boa soldabilidade entre os grânulos e dimensional conforme estabelecido.

4.2.4. Planejamento do experimento

Para o estudo foi realizado o mapeamento dos fatores, de forma a observar a influência de cada fator por vez - OFAT, onde na primeira bateria de teste, dois fatores seriam fixados, e um dos fatores seriam variados. Na segunda bateria de teste, o melhor resultado da primeira bateria seria fixados, juntamente com outro fator, para assim, variar um terceiro fator. Por último, os dois melhores fatores variáveis foram fixados, variando o terceiro e último, para enfim esses três melhores resultados fossem testados para validação dos resultados. Para tanto, foram realizados, 20 testes distintos.

4.2.5. Experimento utilizando o OFAT

O experimento ocorreu ao longo de duas semanas no mês de outubro de 2023, em intervalos da produção, acompanhados pelos operadores de máquina e setor da qualidade. Os testes verificaram a massa do bloco, e as características físicas, como soldabilidade, dimensional da peça, aparência do material.

- 1º. Experimento.

Neste primeiro experimento, onde foram produzidas 5 amostras, foram fixados os parâmetros de: Tempo de Vaporização em 5 segundos, e a Pressão de Fusão em 0,88 bar. Desta forma, variando apenas o Tempo de Estabilização com Vácuo entre 4,0 e 12,0 segundos, esperando obter blocos com peso entre 45,0 a 50,0 kg íntegros, isto é, isentos de defeitos.

Abaixo, na Tabela 2, seguem os resultados dos testes e, na Figura 2, para melhor visualização da área onde mostra as possibilidades de um bom resultado, isto é, da obtenção dos blocos íntegros.

Tabela 2 – Testes de blocos com variação de tempo de estabilização

Amostra	Tempo de vaporização (s)	Pressão de fusão (bar)	Tempo de estabilização com vácuo (s)	Peso do bloco (kg)	Característica
1	5,0	0,88	4,0	42,0	Soldabilidade baixa
2	5,0	0,88	6,0	46,5	Material conforme
3	5,0	0,88	8,0	47,5	Material conforme
4	5,0	0,88	10,0	47,5	Fora do dimensional
5	5,0	0,88	12,0	47,5	Bloco inchado

Fonte: Autor (2023)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO ONE FACTOR AT A TIME (OFAT) ATRAVÉS DO DESIGN OF EXPERIMENTS (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

Representação gráfica, Figura 2, da melhor relação entre o tempo de estabilização com vácuo (seg.) *versus* peso do bloco (Kg).

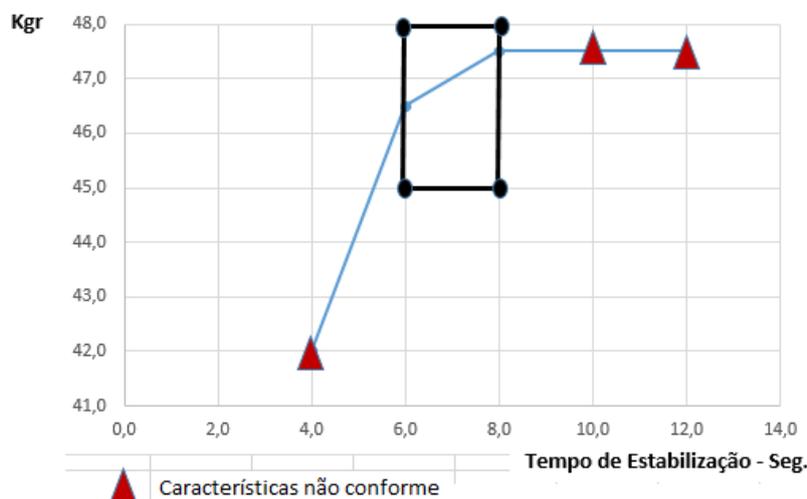


Figura 2 – Área de melhor resultado com variação de tempo de estabilização
Fonte: Autor (2023)

Observando os resultados obtidos, definem-se dois critérios principais relativos ao bloco: sua massa e sua característica física. Para o bloco estudado, a variação do peso permitido é de 45,0 a 55,0 kg e as principais características que podem levar a rejeição do material: soldabilidade baixa, quando as peças ficam cruas; fora do dimensional, quando não há o preenchimento ideal e o bloco fica menor que o solicitado; e bloco inchado, quando a estabilização não é uniforme e a peça se deforma. No teste acima, Tabela 2 e Figura 2, onde foram fixados o Tempo de Vaporização e a Pressão de Fusão, observou-se que o bloco com melhor desempenho foi com o Tempo de Estabilização com Vácuo em 6,0 e 8,0 segundos, amostra 2 e 3, visto que houve melhor resultado em termos de peso e integridade.

- 2º. Experimento.

Neste segundo experimento, onde também foram produzidas cinco amostras, foram fixados os parâmetros de: Tempo de Estabilização com Vácuo em 6 segundos, dado este obtido no experimento anterior, e o Tempo de Vaporização em 5 segundos. Desta forma, variando apenas a Pressão de Fusão entre 0,69 e 0,83 bar, esperando obter blocos com peso entre 45,0 a 50,0 kg íntegros, isto é, isentos de defeitos. Abaixo na Tabela 3 e Figura 3 são mostrados os resultados.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO ONE FACTOR AT A TIME (OFAT) ATRAVÉS DO DESIGN OF EXPERIMENTS (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

Tabela 3 - Testes de blocos com variação de pressão de fusão

Amostra	Tempo de vaporização (s)	Pressão de fusão (bar)	Tempo de estabilização com vácuo (s)	Peso do bloco (kg)	Característica
6	5,0	0,69	6,0	48,0	Soldabilidade baixa
7	5,0	0,73	6,0	50,5	Material conforme
8	5,0	0,78	6,0	49,0	Material conforme
9	5,0	0,80	6,0	49,0	Material conforme
10	5,0	0,83	6,0	49,5	Material conforme

Fonte: Autor (2023)

Representação gráfica, Figura 3, da melhor relação entre a pressão de fusão (bar) *versus* peso do bloco (Kg).

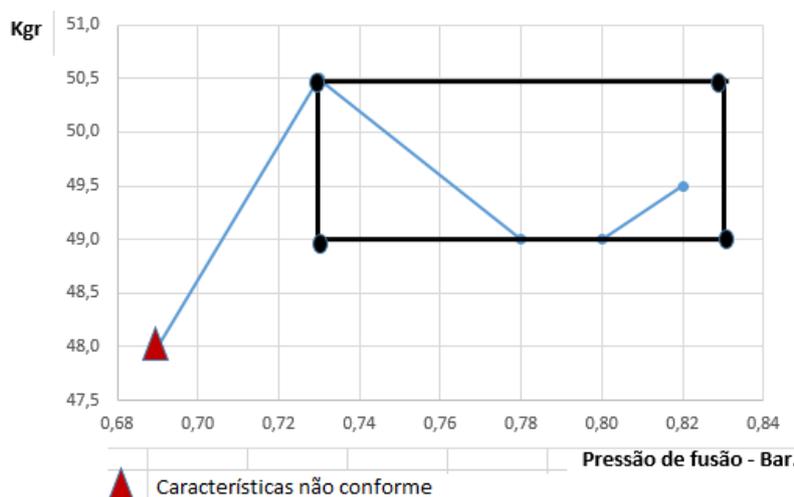


Figura 3 – Área de melhor resultado com variação de pressão de fusão
Fonte: Autor (2023)

Como resultado satisfatório, as amostras de 7 a 10 apresentaram bons resultados. Foram obtidos dois valores com o mesmo resultado e íntegros, amostras 8 e 9, sendo que a amostra 8 trabalhou com uma pressão de fusão mais baixa, poupando mais o equipamento, desta forma, optou por conveniência, por utilizar a que demanda menor pressão a fim de reduzir os esforços da máquina no processo.

- 3º. Experimento.

Neste terceiro experimento, também foram produzidas cinco amostras, cujos parâmetros fixados foram: Pressão de Fusão, tendo como melhor resultado adotado 0,78 bar, e o Tempo de Estabilização com Vácuo em 6 segundos, melhor resultado do primeiro experimento. Esperou-se obter blocos com peso entre 45,0 e 50,0 kg íntegros, isto é, isentos de defeitos. Abaixo na Tabela 4 e Figura 4 são mostrados os resultados.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

Tabela 4 – Testes de blocos com variação de tempo de vaporização

Amostra	Tempo de vaporização (s)	Pressão de fusão (bar)	Tempo de estabilização com vácuo (s)	Peso do bloco (kg)	Característica
11	5,0	0,78	6,0	49,0	Material conforme
12	6,0	0,78	6,0	50,0	Bloco inchado
13	7,0	0,78	6,0	50,5	Bloco inchado
14	7,5	0,78	6,0	51,0	Bloco inchado
15	8,0	0,78	6,0	52,0	Bloco inchado

Fonte: Autor (2023)

Representação gráfica, Figura 4, do melhor resultado da Tabela 4.

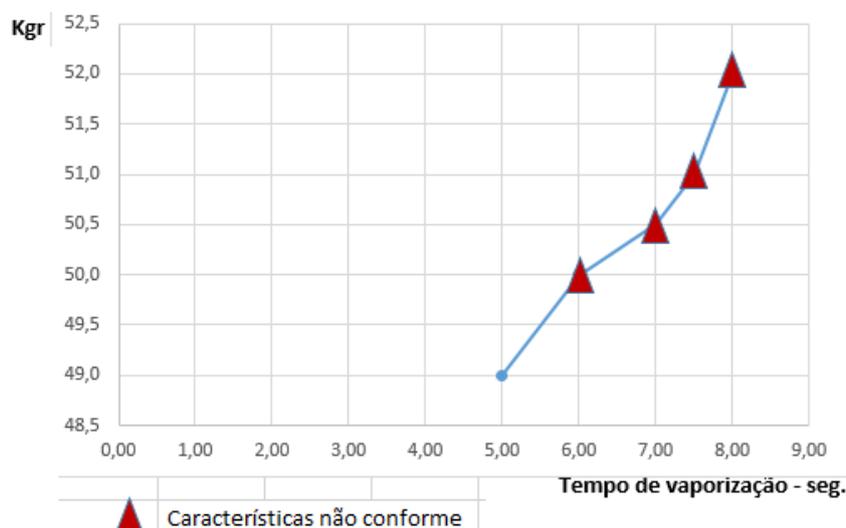


Figura 4 – Área de melhor resultado com variação de tempo de vaporização
Fonte: Autor (2023)

Como resultado satisfatório obtivemos apenas a amostra 11, com o Tempo de Vaporização em 5 segundos.

- 4º. Experimento – Validação dos resultados

Com este último experimento de validação dos resultados, mais cinco amostras foram produzidas, onde foi fixado os seguintes parâmetros: Tempo de Estabilização com Vácuo em 6,0 segundos, resultado do primeiro experimento; Pressão e Fusão em 0,78 bar, segundo experimento; e o Tempo de Vaporização 5,0 segundos, terceiro experimento. Desta forma, fica definido os parâmetros que iremos verificar para chegamos ao melhor resultado. Para validação dos resultados foram realizados novos testes, Tabela 5.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

Tabela 5 – Testes de processo com parâmetros escolhidos

Amostra	Tempo de vaporização (s)	Pressão de fusão (bar)	Tempo de estabilização com vácuo (s)	Peso do bloco (kg)	Característica
16	5,0	0,78	6,0	49,2	Material conforme
17	5,0	0,78	6,0	48,5	Material conforme
18	5,0	0,78	6,0	49,4	Material conforme
19	5,0	0,78	6,0	48,8	Material conforme
20	5,0	0,78	6,0	48,9	Material conforme

Fonte: Autor (2023)

Com esses dados, encerra-se a bateria de testes para análise e síntese de dados, em conjunto com a equipe da empresa.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os experimentos foram realizados nas blogueiras para a produção dos blocos de EPS. O objetivo foi identificar nos principais parâmetros: Tempo de Vaporização (seg), Pressão de Fusão (bar) e, Tempo de Estabilização com Vácuo (seg), que resulte na produção dos blocos com peso final entre 45,0 e 50,0 kg, com a finalidade de minimizar as perdas do processo.

Desta forma conduzidos, experimentos 1, 2 e 3, chegando no melhor resultado – experimento 4 (Tabela 5).

O presente estudo se valeu principalmente dos conceitos das técnicas do OFAT, e mesmo sem utilizar os modelos matemáticos complexos, ainda foi possível perceber a influência dos parâmetros e desenvolver o melhor conjunto de configurações de máquina, para o estabelecimento de um procedimento de trabalho mais eficiente.

Percebeu-se que o aumento do tempo de estabilização com vácuo sozinho não correspondia de forma eficaz com a variável-resposta (Tabela 2), pelo contrário, o tempo suficiente para que o material alcançasse suas devidas características foram de 6,0 e 8,0 segundos. Adotando 6,0 segundos para a segunda bateria de experimentos (Tabela 3), foi visível que a baixa pressão de vapor influenciava negativamente as peças, visto que a correta soldabilidade requer a aplicação nas pérolas de EPS a alta pressão. Por fim, nos últimos testes (Tabela 4), verificou-se que o tempo de vaporização maior tende a aquecer demais as pérolas e a enchê-los de vapor, provocando a deformação dos blocos.

Na primeira fase dos experimentos (Tabela 2), os resultados obtidos atingiram os valores mais baixos de massa dos blocos, com relação aos experimentos da Tabela 3 e 4, o que para a estratégia da empresa era um fator positivo. No entanto, as características físicas dos blocos foram diversas, seja em blocos deformados pela falta de soldabilidade ou em blocos inchados, pelo excesso de cozimento das pérolas. Os resultados variados dessa as primeiras amostras revelam a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

variabilidade do processo a partir de variação de apenas três parâmetros de máquina, o que por si só, comprova a necessidade de uma análise através de experimentos sistemáticos, de forma eficiente para a definição da melhor configuração do equipamento.

O segundo lote de amostra (Tabela 3), teve os melhores resultados em massa e em características em sua maioria, o que indicou que a proposta do experimento estava no caminho correto, mas um último parâmetro precisava ser testado. Quando este último parâmetro é variado nos últimos testes (Tabela 4), verificou-se que o aumento do tempo de vaporização interferia diretamente na geometria dos blocos, deixando-os inchado. Por fim, os resultados dos testes de confirmação dos resultados (Tabela 5) se mostraram bastante conclusivos, uma vez que houve pouca variação nos resultados, em características, em peso conforme a norma.

As equipes de qualidade, de processo e operadores, juntamente com a gerência, participaram dos experimentos e da apresentação dos dados. Foi definido que a configuração ideal para o bloco padrão, é com o tempo de vaporização de 5,0 segundos, pressão de fusão de 0,78 bar e tempo de estabilização de 6,0 segundos, conforme mostrado na Tabela 5.

Com a finalidade de comparar os processos originais com os resultados obtidos, foi realizada uma coleta de dados entre os meses de fevereiro a julho de 2023, sendo o processo original representado na Figura 1. Após a implantação dos novos parâmetros, resultados deste estudo, foi observado os novos indicadores mensais de falhas, observações realizadas durante o mês de outubro de 2023, sendo a média dos parâmetros de ocorrências do período. A melhoria no processo foi perceptível, conforme apresenta a Tabela 6, onde as características relativas ao processo da máquina variaram positivamente, levando a resultados satisfatórios à empresa.

A Tabela 6 mostra a redução em até 75% dos casos de reprovação de ocorrência no item “Soldabilidade Baixa”. As características que mais se relacionavam com a baixa soldabilidade tiveram maior impacto. Por outro lado, as que estavam relacionadas ao excesso de cozimento tiveram uma melhora menor, e as características que não se relacionavam com os processos das máquinas, em nada se alteraram.

Tabela 6 – Comparativo dos resultados obtidos

Característica	Total de ocorrências	Média de ocorrências originais	Média com os novos parâmetros	% de melhora
Crua	104	17	6	64,7%
Falta De Enchimento	40	7	2	71,4%
Queimada	36	6	4	33,3%
Soldabilidade Baixa	24	4	1	75,0%
Inchada	24	4	2	50,0%
Murcha	26	4	1	75,0%
Fora Dimensional	20	3	1	66,7%
Danif. Na Extração	20	3	4	-33,3%



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME (OFAT)* ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS (DoE)*:
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

Contaminada	20	3	3	0,0%
-------------	----	---	---	------

Fonte: Autor (2023)

A Figura 5 é uma representação gráfica da comparação das ocorrências do mês de outubro de 2023 com os novos resultados, comparando com a média dos meses de fevereiro a julho de 2023 nos dados originais, sendo que os principais problemas relacionados a peças cruas, murcha ou com soldabilidade baixa foram impactados.

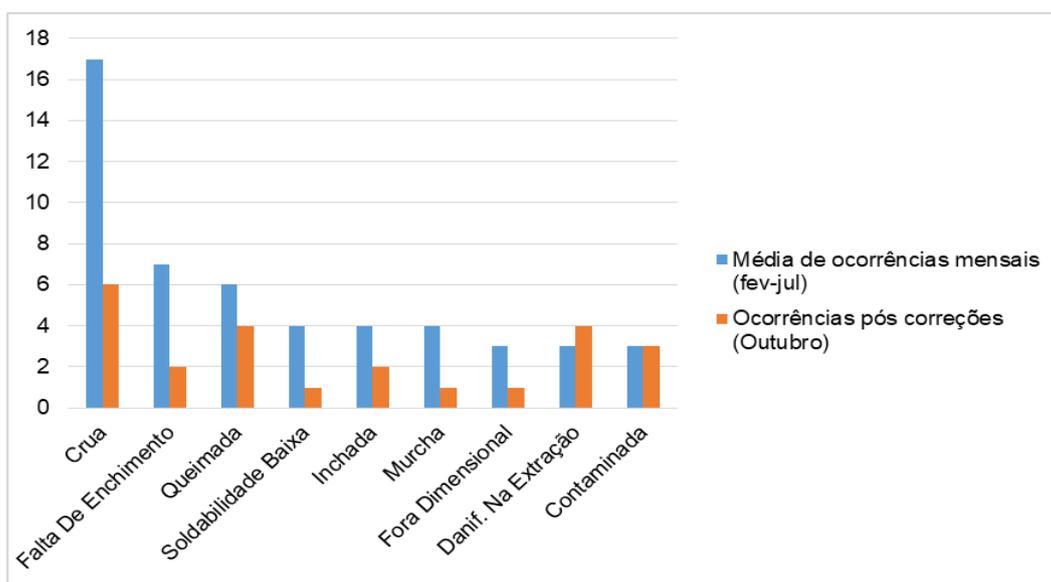


Figura 5 – Gráfico da comparação de resultados em quantidade de ocorrências
Fonte: Autor (2023)

A Tabela 6 mostra a redução em até 75% dos casos de reprovação de ocorrência no item “Soldabilidade Baixa”. As características que mais se relacionavam com a baixa soldabilidade tiveram maior impacto. Por outro lado, as que estavam relacionadas ao excesso de cozimento tiveram uma melhora menor, e as características que não se relacionavam com os processos das máquinas, em nada se alteraram.

A Figura 5 é uma representação gráfica da comparação das ocorrências do mês de outubro de 2023 com os novos resultados, comparando com a média dos meses de fevereiro a julho de 2023 nos dados originais, sendo que os principais problemas relacionados a peças cruas, murcha ou com soldabilidade baixa foram impactados.

Segundo a empresa, a matéria prima representa cerca de 75% do custo total dos blocos de EPS. Portanto a melhoria de qualidade na produção dos blocos de EPS é de grande valia nos lucros. A empresa não revelou a redução obtida em termos monetários e a redução que este estudo obteve, mas foi possível perceber os ganhos obtidos com a utilização do OFAT.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

6. CONSIDERAÇÕES

As avaliações foram realizadas utilizando OFAT, alterando três fatores um a um, durante 15 amostras (experimentos 1, 2, e 3), chegando ao melhor resultado mostrado na Tabela 6 e ilustrado graficamente na Figura 6. A variação do experimento pode ser verificada ao longo de cada uma das três linhas, onde elas cruzam com as melhores interações que foram encontradas.

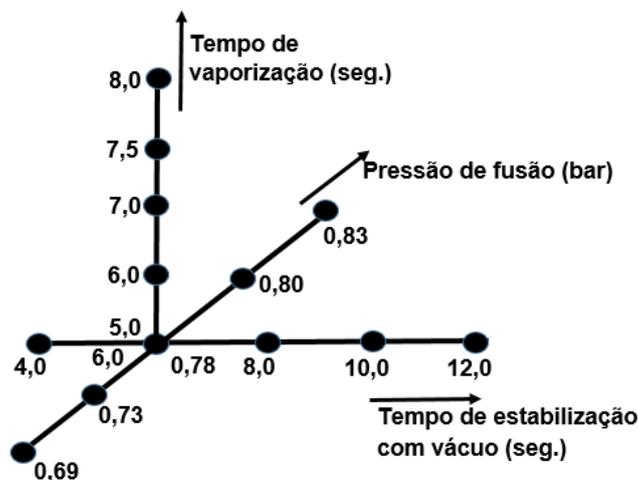


Figura 6 – Experimentos OFAT com três fatores em 15 diferentes amostras
Fonte: Autor (2024)

O Box-Behnken (1960), do DoE mostrado na Figura 6 e derivado dos experimentos anteriores (Tabelas 2, 3, 4 e 5), poderia ter sido realizado em seu lugar. Tanto o OFAT quanto as 15 amostras executadas poderiam ter sido aprimoradas se três pontos centrais no projeto do Box Behnken, o mais dinâmico e fornecendo uma estimativa das possibilidades das variabilidades do estudo, Figura 7.

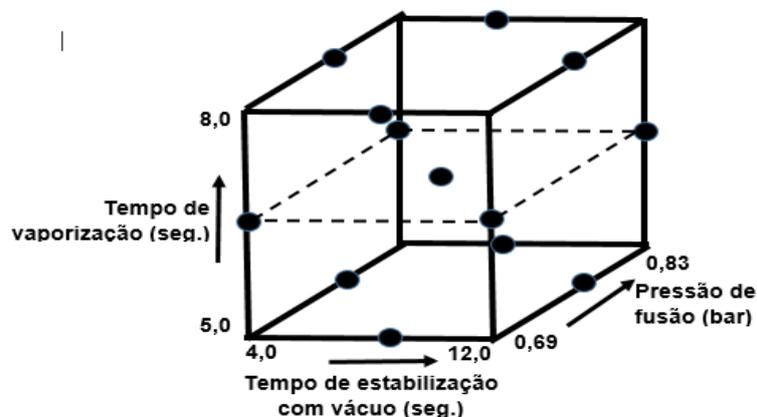


Figura 7- Box-Behnken *design* e seus fatores em 13 diferentes amostras; 12 amostras nos pontos médios dos vértices, e 1 amostra no ponto central
Fonte: Autor (2024)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

Algumas comparações foram feitas com relação OFAT e ao DoE, onde foi possível notar que utilizando os mesmos recursos, observamos que:

- A interação entre todos os fatores ao mesmo tempo pode ser estimada pelo DoE, mas não pode ser estimado pelo OFAT;
- Na produção das amostras, estas são distribuídas de maneira mais uniforme no espaço de fatores para o experimento projetado (Figura 7) do que para o experimento OFAT (Figura 6), de modo que o experimento projetado fornece uma melhor previsão da resposta em todo o espaço de fatores;
- O experimento OFAT pode ser usado para estimar a curvatura ao longo das três sequências das linhas mostradas na Figura 6, enquanto o DoE pode ser usado para estimar a curvatura em toda a região experimental (Figura 7). Por exemplo, as primeiras cinco execuções do OFAT, o experimento apresentado na Tabela 5 (sequência vertical de círculos na Figura 6) pode ser usado para estimar a curvatura no desvio padrão do Tempo da Vaporização em função da Pressão de Fusão constante a 0,78 bar e a um Tempo de Estabilização com Vácuo a 6,0 seg. O DoE, por sua vez, pode ser usado para estimar a curvatura no desvio do Tempo de Vaporização, para todas as Pressões de fusão entre 0,69 bar e 0,83 bar, e para todas os Tempos de estabilização com vácuo entre 4,0 a 12,0 seg.;
- No experimento OFAT, as respostas podem ser otimizadas apenas ao longo das três linhas (Figura 6), enquanto para o DoE a resposta pode ser otimizada em todo o espaço de fatores (Figura 7).

Como podemos ver na discussão acima, uma decisão mais informada pode ser tomada em relação às configurações preferidas dos fatores controláveis sobre a resposta média. O OFAT é uma estratégia experimental valiosa para projetar e conduzir a experimentação. As informações obtidas com tais experimentos podem ser usadas para melhorar o desempenho do processo e do produto. O conhecimento técnico adquirido no experimento aumentou nossa compreensão do comportamento do processo e nossa capacidade de monitorar o processo.

As vantagens dos experimentos projetados sobre a utilização do OFAT são ilustrados usando três experimentos reais de engenharia, utilizando o OFAT e mostrando como, em cada caso, um experimento projetado teria sido melhor. Os exemplos foram muito úteis para ilustrar a simplicidade da utilização dessa ferramenta, assim como para o seu entendimento. Desta forma, respondemos aqui a questão elaborada no início do trabalho – “Quanto o OFAT, apesar de ser uma prática estatística simples, pode auxiliar os engenheiros e pesquisadores em seu cotidiano na prática de experimentos?”. Este tópico é importante porque muitos pesquisadores e engenheiros continuam a realizar experimentos OFAT, e pudemos comprovar com este trabalho a validade de sua utilização.

Como sugestão para estudo futuro sobre os temas aqui abordados, temos: (1) Refazer os experimentos aqui mostrados, buscando melhorar o ajuste dos parâmetros de entrada, para avaliar



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MELHORIA DA QUALIDADE UTILIZANDO *ONE FACTOR AT A TIME* (OFAT) ATRAVÉS DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DoE):
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPC)
Francisco Ignacio Giocondo César, André Freitas Fernandes, Daniele Maria Bruno Falcone Oian,
Carlos Alberto Oian, Ieda Kanaschiro Makiya

se ocorrem novos ganhos; (2) utilizar diretamente o DoE com a finalidade de comparar os resultados alcançados com o OFAT.

REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. **Isopor – Aplicações e Usos**. [S. l.]: Ambiente Brasil, 2021. Disponível em: <https://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/isopor/isopor - aplicacoes e usos.html> Acesso em: 11 ago. 2023.

BOX, G. E. P.; BEHNKEN, D. W. Some new three level designs for study of quantitative variables. **Technometrics**, v. 2, p. 455, 1960.

CLEMENTS, R. G. **The Experimenter's Companion**. [S. l.]: ASQC Quality Press, 1995.

CZITROM, V. One-Factor-at-a-Time Versus Designed Experiments. **The American Statistician**, v. 53, n. 2, May. 1995. Disponível em: https://polaris.imag.fr/arnaud.legrand/teaching/2011/EP_czitrom.pdf Acessado em: 14 fev. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos e Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEGAULT, M. Design New Business. **Canadian Plastics**, v. 55, n. 6, p. 26-29, 1997.

NITHIN, M. R. **Overview of one factor at a time (OFAT) design of experiments**. [S. l.]: LinkedIn, 2023. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/overview-one-factor-time-ofat-design-experiments-nithin-m-r/> Acessado em: 14 fev. 2024.

SILVA, C. R. de O. **Metodologia e Organização do Projeto de Pesquisa (Guia Prático)**. Fortaleza: Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará, 2004. Disponível em: https://sindipoldf.org.br/wp/wpcontent/uploads/2021/09/Metodologia_e_Organizacao_do_projeto_de_p_df. Acessado em: 14 fev. 2024.

TELFORD, J. K. **A Brief Introduction to Design of Experiments**. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/Content/techdigest/pdf/V27-N03/27-03-Telford.pdf> Acessado em: 14 fev. 2024.

TESSARI, J. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil**. 2006. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

Agradecimentos: Agradecemos a empresa ISOTERM pelos dados obtidos para a realização deste estudo.