



**Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia
de Produção (SAEPRO) da EEL-USP**

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

**A Aplicação do Método Taguchi com Blocagem na Aprendizagem Baseada em
Problemas: Uma Abordagem Experimental Integrada à Linguagem R**

ANA LÍVIA TENORIO DE OLIVEIRA

Unesp (tenorio.oliveira@unesp.br)

JULIA CORTEZ BORGES

Unesp (julia.c.borges@unesp.br)

JULIA RIO VERDE MELO ROSIE

Unesp (julia.rio@unesp.br)

LARA MOLINA HERRERIAS FERREIRA

Unesp (lara.molina@unesp.br)

LUANA GUIMARÃES DIAS

Unesp (guimaraes.dias@unesp.br)

NICOLE RUTKOWSKI

Unesp (nicole.rutkowski@unesp.br)

FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS

Unesp (Fernando.marins@unesp.br)

ERICA XIMENES DIAS

Unesp (erica.ximenes@unesp.br)

JOSE ROBERTO DALE LUCHE

Unesp (dluche@gmail.com)

ANEIRSON FRANCISCO DA SILVA

Unesp (aneirson.silva@unesp.br)



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Resumo

Este estudo apresenta uma proposta inovadora para o ensino de Engenharia de Produção ao integrar a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) com o método Taguchi e a técnica de blocagem, utilizando a linguagem R como ferramenta de apoio à análise estatística. A pesquisa, de natureza aplicada e abordagem quantitativa, foi conduzida por meio de um experimento com catapultas, no qual se analisaram os efeitos dos fatores ângulo de giro, comprimento do braço e altura do pivô sobre a distância alcançada pelo projétil. A aplicação do método Taguchi com blocagem permitiu reduzir a variabilidade dos resultados e aumentar a robustez do modelo experimental, destacando-se a significância estatística dos fatores estudados e a elevada qualidade do ajuste (R^2 ajustado de 97,71%). Além de contribuir para a compreensão prática de conceitos de planejamento e otimização de processos, a abordagem potencializou o aprendizado ativo, a autonomia e o pensamento crítico dos estudantes, aproximando teoria e prática. Os resultados indicam que a integração entre métodos quantitativos e metodologias ativas favorece o desenvolvimento de competências técnicas e analíticas essenciais à formação do engenheiro moderno. Conclui-se que o modelo proposto é replicável e promissor para o ensino experimental em diferentes contextos da educação em engenharia.

Palavras-chave: Método Taguchi; Blocagem; Aprendizagem Baseada em Problemas; Linguagem R; Engenharia de Produção.

Abstract

This study presents an innovative approach to Production Engineering education by integrating Problem-Based Learning (PBL) with the Taguchi method and the blocking technique, using the R programming language as a tool to support statistical analysis. The research, applied in nature and quantitative in approach, was conducted through a catapult experiment that analyzed the effects of rotation angle, arm length, and pivot height on the projectile's distance. The application of the Taguchi method with blocking enabled a reduction in result variability and an increase in the robustness of the experimental model, with statistically significant factors and a high-quality fit (adjusted R^2 of 97.71%). In addition to enhancing the practical understanding of design and process optimization concepts, the approach fostered active learning, autonomy, and critical thinking among students, bridging the gap between theory and practice. The results indicate that integrating quantitative methods with active learning methodologies promotes the development of technical and analytical competencies essential to modern engineering education. It is concluded that the proposed model is both replicable and promising for experimental teaching in various engineering education contexts.

Keywords: Taguchi Method; Blocking; Problem-Based Learning; R Language; Production Engineering.

1. INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

A princípio, observa-se no cenário acadêmico a necessidade de diversificar os métodos de aprendizagem, de modo a promover maior integração entre docentes e discentes e assegurar a compreensão e validação dos conteúdos propostos (Silva; Oliveira; Pereira, 2023).



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Destacam-se entre os métodos de aprendizagem ativa a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP ou PBL), a Aprendizagem Baseada em Projetos, a Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*) e a Aprendizagem Colaborativa (Prince, 2004; Freeman et al., 2014).

Pode-se mencionar que, a ABP configura a execução de um projeto real, geralmente envolvendo diversas matérias, e que tem como intuito incentivar o planejamento, pesquisa e a ação por parte dos alunos (Weber et al., 2025). Enquanto a aprendizagem por pares, os próprios discentes dinamizam o ensino-aprendizagem, por meio de discussões e explicações em grupo (Tullis; Goldstone, 2020). E, na Sala de Aula Invertida, o tempo da aula é utilizado para atividades práticas e resolução de problemas (Hew; Lo, 2018).

A ABP é uma metodologia ativa de ensino e aprendizagem criada na década de 1960 na Faculdade de Medicina da Universidade de McMaster, no Canadá, como alternativa aos métodos expositivos que não estimulavam a autonomia e a integração entre teoria e prática (Barrows, 1980). Segundo Silva e Resende (2020, p. 143-144), a ABP representa uma forma inovadora de ensinar, porque coloca o aluno no centro do processo. Ao invés de apenas ouvir e decorar conteúdos, o estudante passa a investigar, resolver problemas e construir seu próprio conhecimento, enquanto o professor atua como um guia, oferecendo orientação e apoio.

Nesse contexto, a ABP, possibilita a imersão do estudante no próprio processo de ensino, estimulando a aplicação de conhecimentos prévios, a troca de ideias e o debate para a resolução de problemas reais (Barrows, 1980; Schmidt, 1983; Hmelo-Silver, 2004). Tal abordagem aproxima a teoria da prática e contribui para o desenvolvimento de competências essenciais à formação profissional (Prince, 2004; Kolmos; De Graaff, 2009).

Nessa lógica, o problema não é apenas um exercício para aplicar o que já se sabe, mas um estímulo para aprender o que ainda não se sabe (Jaganathan; Bhuminathan; Ramesh, 2024). Assim, o estudante é levado a identificar lacunas de conhecimento, buscar informações de forma autônoma, discutir com o grupo e construir soluções fundamentadas (Fernandes; Costa; Barbosa, 2021). Dessa forma, a aprendizagem ativa garante que o aluno, na prática, consiga aprender e já receber o feedback positivo ou negativo de seus feitos, estimulando o senso crítico e o trabalho em equipe. Por isso, o resultado prático é a melhora da comunicação e engajamento na compreensão dos conteúdos debatidos (Hmelo-Silver, 2004).

Sob essa ótica, o *Design of Experiments* (DOE) constitui um conjunto de técnicas estatísticas para planejar, analisar e executar experimentos de maneira estruturada e eficiente (Montgomery, 2017). Nesse contexto, destaca-se o método Taguchi, criado por Genichi

Taguchi, que visa aprimorar processos ao diminuir variações e erros, por meio de matrizes ortogonais que otimizam os fatores de controle (Taguchi, 1987; Roy, 2010). O método de Taguchi possibilita identificar às possíveis variações do processo, o que reduz o tempo de análise (Montgomery, 2017). Assim, neste artigo foi aplicado o método Taguchi com blocagem, visando a inserção das variações causadas por ruídos.

No cenário contemporâneo da educação em engenharia, observa-se uma crescente demanda por metodologias que unem teoria e prática, estimulando a autonomia e o pensamento crítico dos estudantes (Silva; Oliveira; Pereira, 2023). Entre essas abordagens destaca-se a PBL, que coloca o estudante como protagonista de seu processo formativo e o convida a resolver situações complexas e contextualizadas (Barrows, 1980; Hmelo-Silver, 2004).

Em paralelo, métodos estatísticos de experimentação, como o DOE, têm se mostrado ferramentas eficazes para o ensino de raciocínio lógico e análise quantitativa (Montgomery, 2017). Dentro desse escopo, o método Taguchi surge como uma alternativa robusta para o controle de variabilidade e otimização de processos (Roy, 2010; Taguchi, 1987). A blocagem, por sua vez, constitui uma técnica de planejamento que visa reduzir a influência de fatores externos e não controláveis (Montgomery, 2020).

Diante deste contexto, a união entre PBL e o método Taguchi com blocagem oferece uma oportunidade de integrar o aprendizado teórico à prática experimental, ao propor um experimento baseado em uma catapulta, busca-se identificar os fatores que influenciam o alcance do projétil, aplicando conceitos de planejamento fatorial e análise de variância por meio da linguagem R.

As principais questões de pesquisa são:

- Como a integração entre PBL e o método Taguchi com blocagem contribui para o ensino experimental em Engenharia de Produção?

Diante deste contexto, o objetivo geral é aplicar o método Taguchi com blocagem em um experimento didático empregando catapultas no contexto do PBL.

Os objetivos específicos são:

- Utilizar a linguagem R para modelar e analisar estatisticamente os resultados obtidos.
- Validar o experimento.

2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA CIENTÍFICA

No contexto universitário atual, verifica-se a necessidade de diversificação do ensino para proporcionar a maior interação entre o professor e o aluno, assim como a compreensão e a aplicação dos conteúdos por meio da prática (Silva; Oliveira; Pereira, 2023). As metodologias ativas de aprendizagem despontaram como uma solução a esta questão, a que mais se destaca é a PBL. Esta, segundo Barrows (1980), Schmidt (1983) e Hmelo-Silver (2004), é uma metodologia centrada no aluno que visa o desenvolvimento do raciocínio crítico, pesquisa autônoma e trabalho em grupo.

A Figura 1 contempla o mapa temático, que foi obtido pela análise bibliométrica. Essa Figura reforça a coerência e atualidade da proposta de integrar o Método Taguchi e a linguagem R em atividades de Aprendizagem Baseada em Problemas. Observa-se que, temas como *Design of Experiments*, *Optimization Design*, *Simulation* e *Active Learning* figuram entre os “Motor Themes”, indicando elevado grau de centralidade e desenvolvimento na literatura. Isso evidencia que a aplicação do DOE em contextos experimentais e didáticos não apenas dialoga com os núcleos consolidados da pesquisa internacional, mas também promove o avanço de abordagens emergentes, como o *Active Learning* em ambientes computacionais interativos.

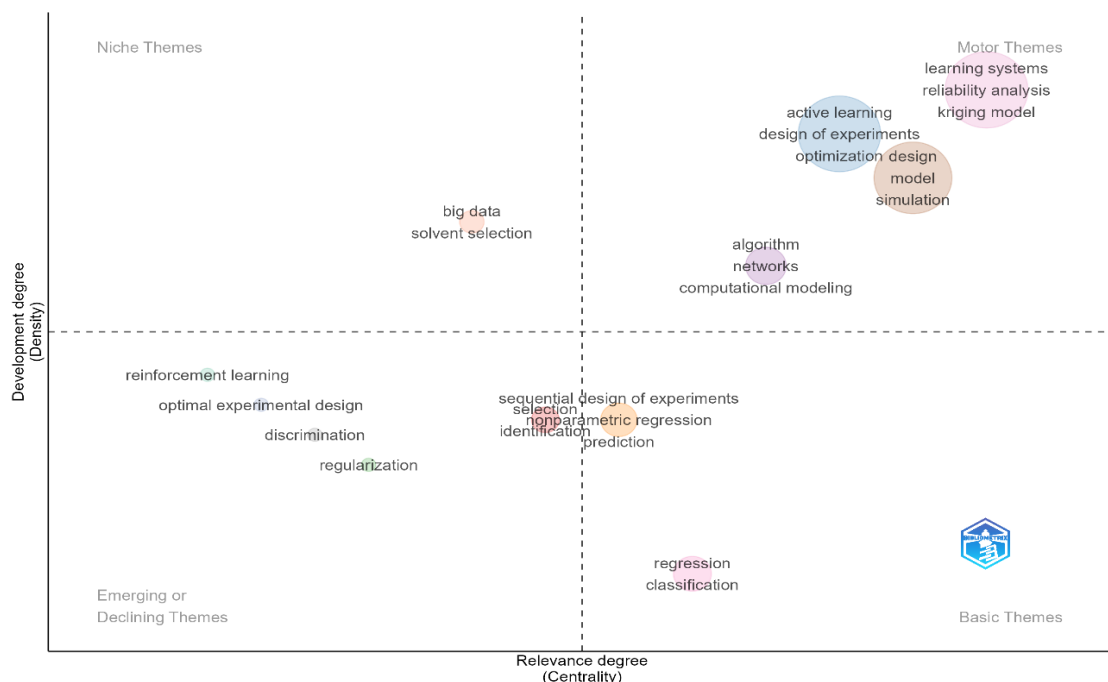


Figura 1 – Mapa Temático. Fonte: Scopus, Web of Science e Linguagem R (2025)

Na PBL, o conteúdo teórico a ser trabalhado é introduzido em situações-problema complexas, reais e contextualizadas que requerem uma investigação autoral, reflexão,

pesquisa e discussão, para que a solução proposta esteja fundamentada na integração de conhecimentos prévios. Nesse sentido, um estudo de caso realizado na FAMEMA aponta que a ABP é capaz de promover a autonomia, o pensamento crítico, além de unir teoria e prática (Famema, 2016). Desse modo, o método de Taguchi surge como uma proposta que possibilita uma melhor interação entre o aspecto sistemático da interpretação e a eficiência em termos de custo ou tempo por meio de matrizes ortogonais.

O conceito de matrizes ortogonais é utilizado para o aumento da robustez, seguindo uma estrutura de arranjos que reduzem a quantidade de experimentos a serem realizados (Imai, 1986; Taguchi, 1987; Roy, 2010; Montgomery, 2017). O controle sistemático de fatores, que afetam os resultados de um experimento possível por meio de matrizes ortogonais, supõe um aprendizado mais robusto, em menos tempo e custo, do que o método tradicional (Imai, 1986; Taguchi, 1987; Roy, 2010; Montgomery, 2017).

Neste cenário, associar a blocagem nas matrizes do método Taguchi como uma abordagem de auxílio para melhorar a representação do experimento, possibilita implementar de modo mais rigoroso a prática em termos estatísticos à experiência (Montgomery, 2017). Uma vez que o estudo de blocos permite reduzir a variabilidade proveniente de fatores não controláveis que afetam o resultado, o que aumenta a precisão e a confiabilidade das médias desses resultados (Montgomery, 2017).

Além disso, neste projeto da catapulta, ao relacionar essa rigidez metodológica com a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a prática experimental possibilitou a formação de um engenheiro crítico e colaborativo, com maior liberdade de pesquisa e senso investigativo (Barrows, 1980; Hmelo-Silver, 2004; Kolmos & De Graaff, 2009).

A Figura 2 contempla uma análise de coocorrência, onde se evidencia que os termos “*Taguchi design*”, “*block*”, “*optimization*” e “*analysis*” formam um núcleo conceitual fortemente interligado, refletindo uma tendência crescente de integração entre o planejamento experimental com blocagem e abordagens de aprendizagem ativa.

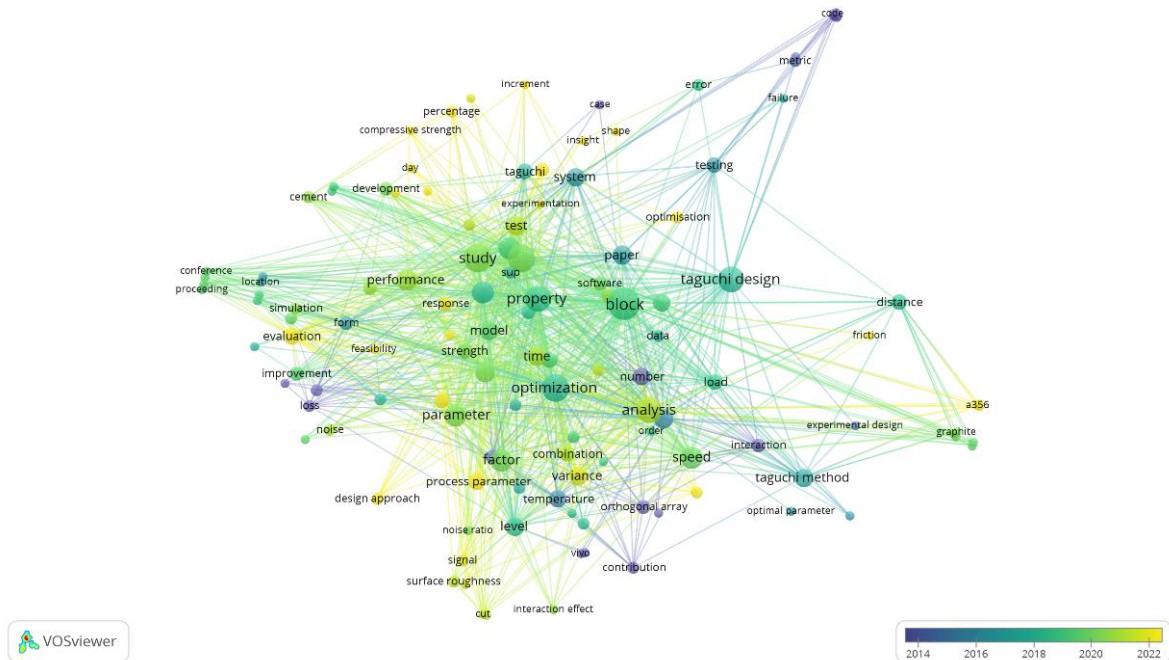


Figura 2 – Análise de coocorrência com os temas Taguchi e Blocagem. Fonte: Scopus, Web of Science e Linguagem R (2025) e VOSviewer.

Essa associação permite que os estudantes explorem a otimização de processos reais de forma estruturada, controlando variabilidades e analisando fatores de influência. Assim, o uso combinado de Taguchi com blocos favorece o raciocínio investigativo, o trabalho em equipe e a consolidação de competências práticas típicas de ambientes de aprendizagem baseada em problemas (PBL).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Conforme Bertrand e Fransoo (2002) e Miguel (2011), a classificação da pesquisa apresentada neste estudo pode ser caracterizada como pesquisa aplicada, dada a sua natureza e objetivos empírico-descritivos. A abordagem é quantitativa, conduzida por meio de pesquisa experimental. Com o intuito de construir um modelo matemático que represente situações reais e ofereça soluções competitivas em relação às práticas vigentes, o método de pesquisa adotado é a modelagem e simulação, conforme ilustrada pela Figura 3.

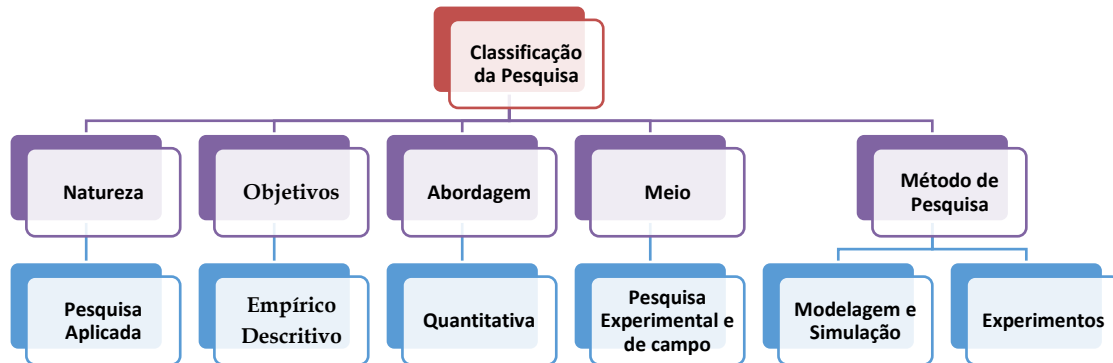


Figura 3 – Classificação da Pesquisa. Fonte: Bertrand e Fransoo (2002)

O Quadro 1 contempla as etapas para aplicações da técnica PBL com o DOE, visando assim, o aumento da aprendizagem.

Quadro 1- Estágio, atividades e habilidades ensinadas por meio do processo de PBL. Fonte: Adaptado de Goh e Lam (2010).

Etapa	Atividade	Definição do problema e os objetivos do experimento
Etapa 1: Definição dos objetivos	Definindo o problema experimental e identificar os clientes requisitos	Entendimento pleno do problema bem como sua correta execução experimental
Etapa 2: Seleção das variáveis respostas	Estabelecida pelo professor	Definição clara da execução do experimento, visando assim, a redução da variabilidade
Etapa 3: Seleção dos fatores e das variáveis incontroláveis	Pode ser feita por um <i>brainstorming</i> do grupo	Entendimento claro do problema, sendo pré-requisito para o projeto experimental
Etapa 4: Determinação dos níveis dos fatores	Definido pelo problema ou por <i>brainstorming</i> do grupo	Clareza de todo o processo do planejamento experimental
Etapa 5: Planejamento Experimental	Empregando a linguagem R para execução de todo o planejamento experimento de Taguchi	Aplicação prática do planejamento a execução do experimento por meio da linguagem R e do uso de recursos físicos, como, por exemplo, uma

Etapa	Atividade	Definição do problema e os objetivos do experimento
		catapulta.
Etapa 6: Execução do experimento	Condução prática do experimento com corridas randomizadas e não randomizadas	Entendimento claro das dificuldades e responsabilidades envolvidas na execução do experimento
Etapa 7: Análise estatística rigorosa do experimento	Modelagem empregando a linguagem R	Emprego de análise estatística e gráfica.
Etapa 8: Análise dos Resíduos	Modelagem empregando a linguagem R	Análise dos testes T e F Emprego da análise de normalidade, homocedasticidade e, por fim, da autocorrelação residual
Etapa 9: Otimização do Experimento	Modelagem e otimização pela Linguagem R	Entendimento claro da função empírica (função objetivo) e suas restrições.
Etapa 10: Validação Experimental	Modelagem pela Linguagem R	Entendimento dos intervalos de predição e confiança. Bem como validação por meio da Simulação Monte Carlo

A Figura 4 contempla o desenho da catapulta que foi utilizada neste estudo. Os fatores estudados foram x_1 = ângulo de giro; x_2 = Comprimento do braço e x_3 = Altura do pivô.

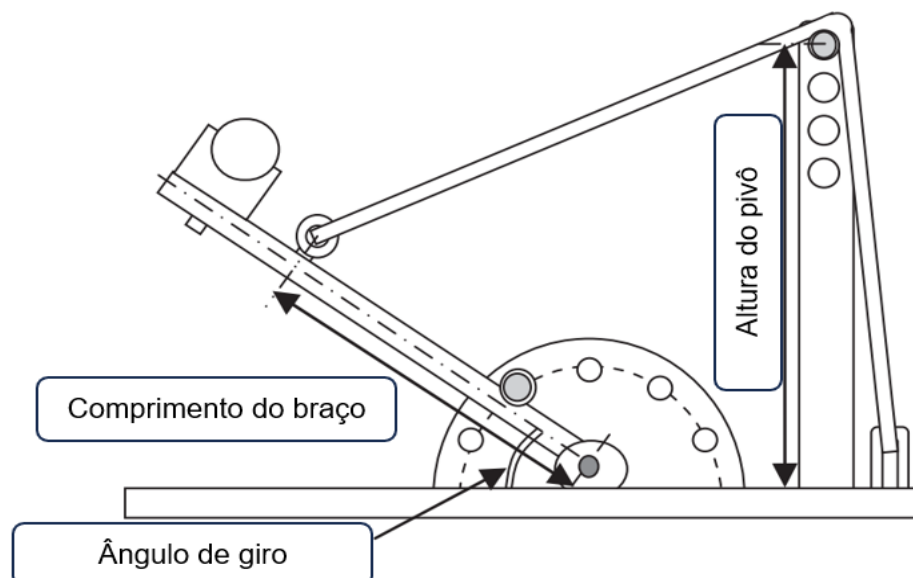


Figura 4 – Desenho da Catapulta. Fonte: Goh e Lam (2010).

4. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Nessa seção descreve-se todo o processo de modelagem experimental realizado para o problema em foco, tomando como base as etapas citadas na Tabela 1.

Primeiramente, na **etapa 1**, definiu-se o objetivo do experimento que envolveu o lançamento de um projétil, que é uma bolinha, e medir a distância percorrida em metros.

Na sequência, conforme destacado na Figura 6, foram definidos os fatores, sendo consideradas três variáveis independentes e uma variável dependente ou resposta.

Na **etapa 2**, foi definida uma variável de resposta y , como sendo a distância percorrida pela bolinha, em metros. Nessa etapa, tornou-se possível medir a variabilidade dos dados e garantir o entendimento de como prosseguir com as etapas de execução do experimento. A Figura 6 ilustra o esquema de um processo do tipo estudado.

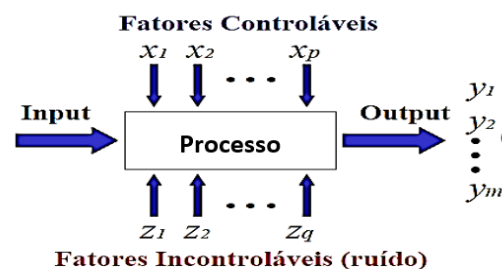


Figura 6 – Fatores que influenciam o sistema. Fonte: Montgomery (2020).

Destaque-se que, na **etapa 3**, foi considerada a presença da variável incontrolável operador da catapulta.

Para a **etapa 4**, foram selecionadas três variáveis controláveis, A = ângulo de giro, B = comprimento do braço, e C = altura da haste, e seus níveis, conforme descrito na Tabela 1. É importante comentar que o valor de 3 para x_1 refere-se a um ângulo de 110° e 6 refere-se a um ângulo de 70° .

Tabela 1 - Definição dos níveis de cada fator para o estudo.

Níveis/Fatores	A	B	C
1	2	3	2
2	3	4	3
3	4	5	4

Para a **etapa 5**, foram realizados 18 experimentos estudados, visto que, como são 3

fatores com 3 níveis e duas réplicas, desse modo, o arranjo L9 foi empregado, conforme a Tabela 2.

Tabela 2- Coleta de Dados e configuração da catapulta. Fonte Linguagem R

Corridas	A	B	C	bloco	Y
1	1	1	1	B1	0,89
2	1	2	3	B1	2,98
3	1	3	2	B1	2,9
4	2	1	3	B1	2,65
5	2	2	2	B1	2,45
6	2	3	1	B1	2,35
7	3	1	2	B1	1,78
8	3	2	1	B1	1,7
9	3	3	3	B1	4,2
10	1	1	1	B2	0,65
11	1	2	3	B2	3,08
12	1	3	2	B2	2,5
13	2	1	3	B2	2,33
14	2	2	2	B2	2,1
15	2	3	1	B2	2,24
16	3	1	2	B2	1,36
17	3	2	1	B2	1,57
18	3	3	3	B2	3,57

Para a **etapa 6** - execução do experimento, o projétil foi disparado da catapulta, conforme os níveis das variáveis independentes estabelecidos na Tabela 2, com as combinações de ângulo, comprimento e altura. A Figura 7 mostra a execução dos experimentos por dois operadores, que gerou os dados da Tabela 2.

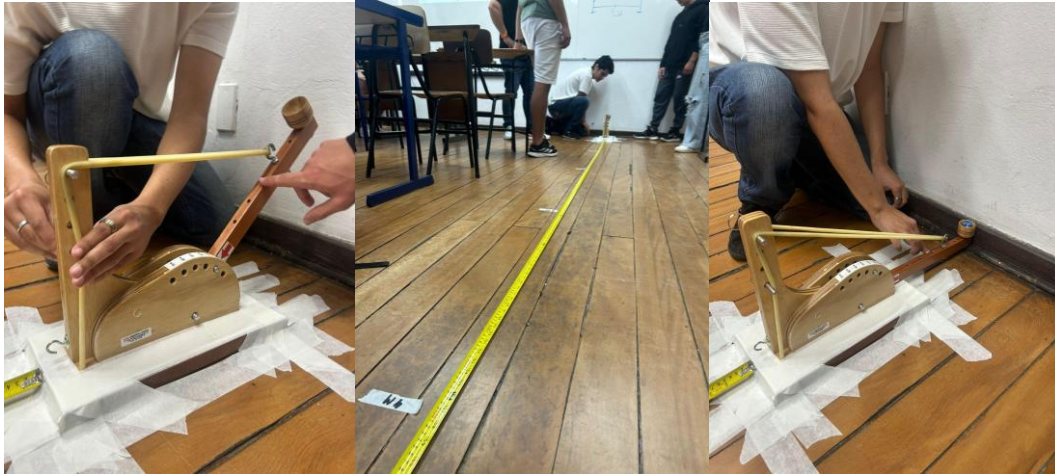


Figura 7 – Execução dos experimentos. Fonte: Imagem do Autor

Para a **etapa 7** - análise estatística foi modelada pela ANOVA, conforme apresentada pela Figura 8. Neste estudo, todos os coeficientes foram significativos.

```
DOE<- oa.design(nruns = 9,nfactors = 3,nlevels = 3,
               randomize = F)
DOE
DOE<-rbind(DOE,DOE)
DOE
DOE$bloco<-as.factor(c(rep("B1",9),rep("B2",9)))
DOE
DOE$Y = c(0.89,2.98,2.9,2.65,2.45,2.35,1.78,1.7,4.2,
          0.65,3.08,2.5,2.33,2.1,2.24,1.36,1.57,3.57)

> summary(aov(Y~.+bloco,data = DOE))
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
A               2  0.147   0.074    4.001 0.05288 .
B               2  5.471   2.735  148.670 3.65e-08 ***
C               2  7.493   3.747  203.639 7.90e-09 ***
bloco           1  0.347   0.347   18.872 0.00146 **
Residuals     10  0.184   0.018
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Figura 8 – Função polinomial de grau 3. Fonte: Linguagem R

Note que, como o p-valor do bloco foi menor que 0,05 ou 5%, isso evidencia que os operadores são diferentes. Em outras palavras, há um operador que opera com maior eficiência a catapulta.

Ao analisar a Figura 9, observa-se um excelente valor para o R-quadrado ajustado de 97,71%, e todos os coeficientes foram significativos a um nível de significância de $\alpha = 5\%$.

```
funcao<-lm(Y~.+bloco, data = DOE)
summary(funcao)

Call:
lm.default(formula = Y ~ . + bloco, data = DOE)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.185000 -0.076806 -0.000833  0.053750  0.192778

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.89333    0.09043   9.879 1.78e-06 ***
A2           0.18667    0.07831   2.384 0.03838 *
A3           0.19667    0.07831   2.511 0.03084 *
B2           0.70333    0.07831   8.981 4.22e-06 ***
B3           1.35000    0.07831  17.238 9.12e-09 ***
C2           0.61500    0.07831   7.853 1.38e-05 ***
C3           1.56833    0.07831  20.026 2.12e-09 ***
blocoB2      -0.27778    0.06394  -4.344 0.00146 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1356 on 10 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9865,    Adjusted R-squared:  0.9771
F-statistic: 104.5 on 7 and 10 DF,  p-value: 1.526e-08
```

Figura 9 – Função Empírica. Fonte: Linguagem R

Na **etapa 8** - análise dos resíduos foram analisadas a normalidade, a homocedasticidade e a autocorrelação dos resíduos, cujos resultados estão ilustrados na Figura 10.

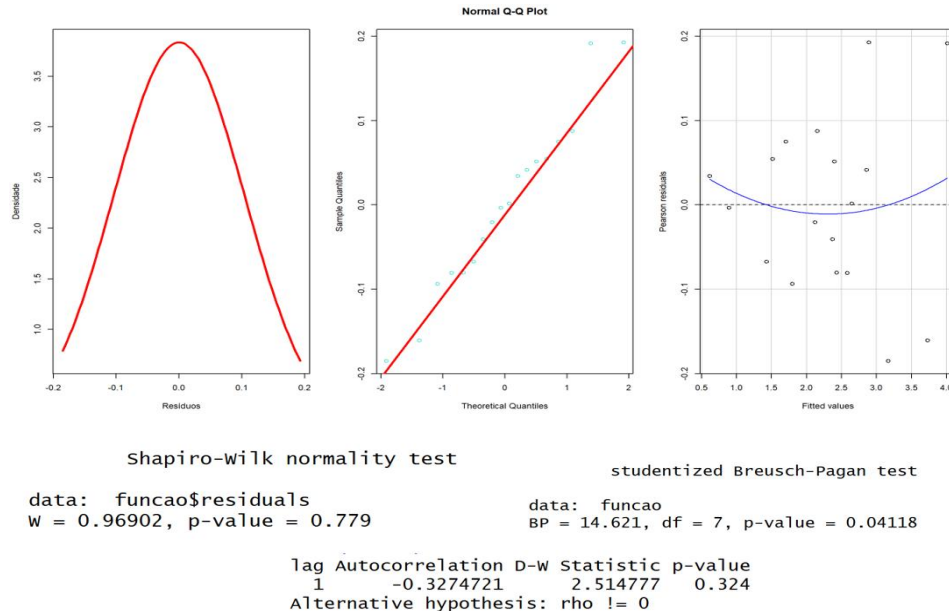


Figura 10- Análise dos Resíduos. Fonte: Linguagem R.

Analisando as Figuras de cima para baixo, a primeira Figura contempla a análise de normalidade (Teste de Shapiro), e a última Figura contempla a análise de homocedasticidade e autocorrelação residual (Testes de Breusch-Pagan e Durbin Watson). Desse modo, com base no p-valor para todos os testes, conclui-se que, os resíduos atendem a todos os pressupostos estatísticos. Exceto, a análise de homocedasticidade dos resíduos (Breusch-Pagan). Contudo, a

presença de heterocedasticidade leve não compromete a validade global do experimento de Taguchi. Ela apenas indica que alguns níveis de fatores geram respostas com maior variabilidade, o que é coerente com a natureza exploratória e robusta do método.

Para a **etapa 9** – Não será abordada neste estudo.

A **etapa 10** contempla os passos para a validação estatística do experimento. A Figura 11 mostra que, para aumentar a distância do lançamento do projétil, seria ajustar todos os fatores no nível 3, e selecionar o operador B1.

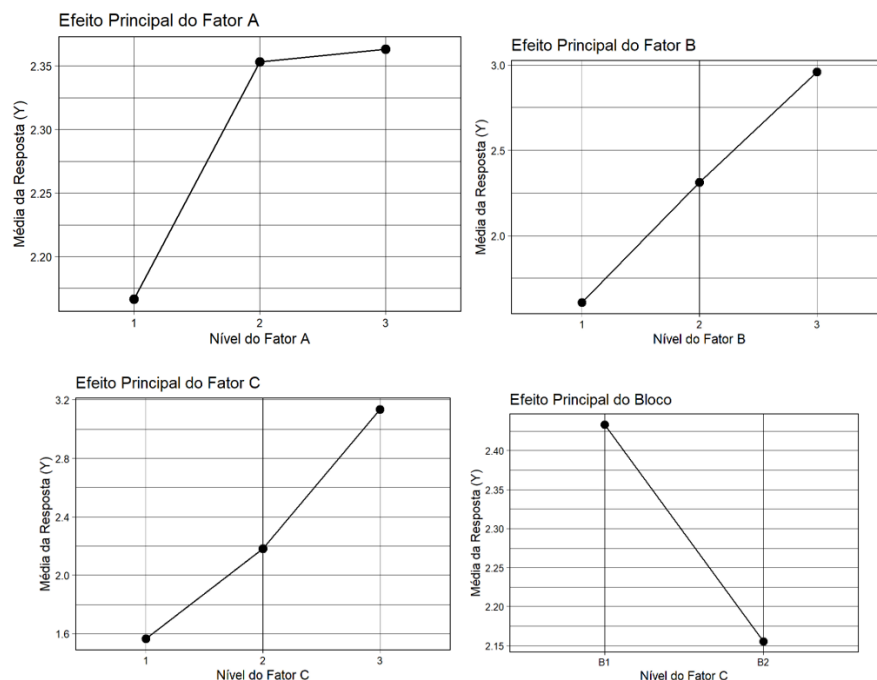


Figura 11- Análise das médias dos efeitos. Fonte: Linguagem R

A Figura 12 contempla os comandos da linguagem R para validar o experimento. Na Tabela 2 tem-se que a corrida nove revela a condição máxima dos níveis para cada fator, sendo o valor máximo da distância percorrida de 4,20 metros. Desse modo, como esse valor está contido dentro dos intervalos (lwr) e (upr), logo o experimento está validado.


```
predict(funcao, newdata = data.frame(  
  A = factor(3, levels = c(1,2,3)),  
  B = factor(3, levels = c(1,2,3)),  
  C = factor(3, levels = c(1,2,3)),  
  bloco = factor("B1", levels = c("B1", "B2")),  
  se.fit = TRUE, interval = "pred")  
  
      fit      lwr      upr  
1 4.008333 3.645098 4.371569  
  
$se.fit  
[1] 0.09042834  
  
$df  
[1] 10  
  
$residual.scale  
[1] 0.1356425
```

Figura 12- Validação Estatística. Fonte: Linguagem R

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

O presente estudo mostrou que a integração entre o Método Taguchi com blocagem, a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e o uso da linguagem R constitui uma abordagem didática inovadora e eficaz para o ensino de Engenharia de Produção. Essa combinação metodológica mostrou-se capaz de transformar conceitos estatísticos complexos como planejamento de experimentos, análise de variância e controle de variabilidade em experiências práticas e contextualizadas, fortalecendo o vínculo entre teoria e aplicação.

A experimentação com a catapulta evidenciou que a utilização de blocos no método Taguchi contribui significativamente para reduzir a variabilidade causada por fatores externos, aumentando a robustez e a confiabilidade dos resultados. Os altos valores de coeficiente de determinação (R^2 ajustado) e a significância estatística dos fatores confirmam a consistência do modelo proposto. Além disso, a análise residual revelou comportamento satisfatório dos erros, validando a qualidade do ajuste e a coerência dos resultados obtidos.

Do ponto de vista pedagógico, a aplicação do método no contexto da PBL potencializou o aprendizado ativo e a autonomia dos estudantes, estimulando o raciocínio lógico, o trabalho colaborativo e a capacidade investigativa competências essenciais à formação do engenheiro contemporâneo. A mediação docente, associada ao uso da linguagem R como ferramenta computacional de apoio, proporcionou um ambiente de aprendizagem mais interativo, crítico e orientado à resolução de problemas reais.

Em termos práticos, a proposta se mostrou replicável para outras disciplinas e cursos de Engenharia, podendo ser expandida para diferentes contextos experimentais que demandem análise estatística, otimização de processos e desenvolvimento de habilidades quantitativas.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Conclui-se, portanto, que a integração entre o método Taguchi com blocagem e a Aprendizagem Baseada em Problemas, mediada pela linguagem R, não apenas promove o desenvolvimento do pensamento estatístico e analítico, mas também reforça a formação de engenheiros mais críticos, autônomos e preparados para enfrentar os desafios complexos dos sistemas produtivos contemporâneos.

Recomenda-se, para pesquisas futuras, a aplicação dessa metodologia em ambientes de ensino híbrido e o uso de simulações computacionais avançadas, como Monte Carlo e gêmeos digitais, a fim de aprofundar o entendimento sobre a variabilidade experimental e ampliar a aplicabilidade didática da abordagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROWS, H. S. *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*. New York: Springer, 1980.
- BARROWS, H. S. *Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview*. *New Directions for Teaching and Learning*, n. 68, p. 3–12, 1980.
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. *Operations Management Research Methodologies Using Quantitative Modeling*. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.
- FAMEMA. *Aprendizagem Baseada em Problemas: Experiência e Resultados*. Marília: Faculdade de Medicina de Marília, 2016.
- FERNANDES, P. H.; COSTA, G. M.; BARBOSA, L. O. *O papel do feedback no processo de ensino-aprendizagem em saúde*. *Revista de Educação em Ciências da Saúde*, v. 19, n. 4, p. 112–120, 2021.
- FREEMAN, S. et al. *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, 2014. DOI: 10.1073/pnas.1319030111.
- GOH, C. H.; LAM, K. P. *A study on the use of problem-based learning in engineering education*. *Engineering Education*, v. 5, n. 2, p. 75–85, 2010.
- HEW, K.; LO, C. *Flipped classroom improves student learning in health professions education: a meta-analysis*. *BMC Medical Education*, v. 18, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1144-z>. Acesso em: 30 set. 2025.
- HMELO-SILVER, C. E. *Problem-based learning: What and how do students learn?* *Educational Psychology Review*, v. 16, n. 3, p. 235–266, 2004.
- IMAI, M. *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill, 1986.
- JAGANATHAN, S.; BHUMINATHAN, S.; RAMESH, M. *Problem-Based Learning – An Overview*. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, v. 16, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_820_23. Acesso em: 30 set. 2025.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

KOLMOS, A.; DE GRAAFF, E. *Problem-based and project-based learning in engineering education*. In: SKOVSMOSE, O.; VALERO, P.; CHRISTENSEN, O. R. (orgs.). *University Science and Mathematics Education in Transition*. Boston: Springer, 2009. p. 141–161.

MIGUEL, P. A. C. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

MONTGOMERY, D. C. *Design and Analysis of Experiments*. 9. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017.

MONTGOMERY, D. C. *Design and Analysis of Experiments*. 10. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.

PRINCE, M. *Does active learning work? A review of the research*. *Journal of Engineering Education*, v. 93, n. 3, p. 223–231, 2004.

ROY, R. K. *A Primer on the Taguchi Method*. 2. ed. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 2010.

SCHMIDT, H. G. *Problem-based learning: Rationale and description*. *Medical Education*, v. 17, n. 1, p. 11–16, 1983.

SILVA, A. C. F.; OLIVEIRA, R. A.; PEREIRA, J. L. *Validação de instrumento para avaliação da aprendizagem baseada em problemas com feedback formativo*. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 47, n. 2, p. 1–10, 2023. DOI: 10.1590/1981-5271v47.2-20230160.

SILVA, L. G.; RESENDE, G. S. L. *A aplicação do método PBL (Aprendizagem Baseada em Problemas) no ensino jurídico em oposição ao modelo tradicional*. *Perspectivas em Diálogo: Revista de Educação e Sociedade*, v. 7, n. 15, p. 142–152, jul./dez. 2020. DOI: 10.32749/persdia.v7i15.10299. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/persdia/article/view/10299>. Acesso em: 28 ago. 2025.

TAGUCHI, G. *System of Experimental Design: Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs*. New York: UNIPUB, 1987.

TAGUCHI, G. *Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes*. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1987.

TULLIS, J.; GOLDSTONE, R. *Why does peer instruction benefit student learning? Cognitive Research: Principles and Implications*, v. 5, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00218-5>. Acesso em: 30 set. 2025.

WEBER, J. et al. *Project-based teaching*. *Conhecimento & Diversidade*, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.18316/rcd.v17i45.12455>. Acesso em: 30 set. 2025.