

# Inovação Recombinante: avaliação de um *software* para aplicação do *Design of Experiments* (DOE) como ferramenta de apoio à análise e predição de comportamentos no mercado financeiro

---

ERIK LEONEL LUCIANO<sup>I</sup>

ROSINEI BATISTA RIBEIRO<sup>II</sup>

ELIANE ANTONIO SIMÕES<sup>III</sup>

RAFAEL MUNHOZ CARDOSO<sup>IV</sup>

<http://dx.doi.org/10.22347/2175-2753v16i52.4370>

## Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar um *software* para aplicação do *Design of Experiments* (DOE) como ferramenta de apoio à análise e predição de comportamentos no mercado financeiro. O estudo adotou a metodologia de pesquisa *Design Science Research* (DSR), permitindo validação contínua e ajustes ao longo do desenvolvimento. A aplicação do DSR foi subdividida em seis fases, sendo elas: identificação do problema; definição dos objetivos do artefato; *design* e desenvolvimento do artefato; demonstração do artefato; avaliação do artefato; e comunicação dos resultados. Como resultados, a adição da variável MA200 no *software* aumentou as operações lucrativas para 67% em comparação com os 43% iniciais e a adição de parâmetros extras alcançaram 95% de êxito em ordens, realçando a capacidade do *software* em prever comportamentos e melhorar vendas.

**Palavras-chave:** Avaliação do *software*; Inovação Recombinante; Planejamento de Experimentos; Mercado financeiro; Predição de comportamentos.

Submetido em: 17/08/2023

Aprovado em: 02/08/2024

---

<sup>I</sup> Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Baronesa (SP), Brasil; <http://orcid.org/0000-0001-5111-6538>; e-mail: f127auxiliaradm@gmail.com.

<sup>II</sup> Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Baronesa (SP), Brasil; <http://orcid.org/0000-0002-2150-4561>; e-mail: rosinei.ribeiro@cpspos.sp.gov.br.

<sup>III</sup> Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Baronesa (SP), Brasil; <http://orcid.org/0000-0002-0738-2625>; e-mail: eliane@iqeduc.com.br.

<sup>IV</sup> Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Baronesa (SP), Brasil; <http://orcid.org/0000-0001-6479-432X>; e-mail: rafael.cardoso@cpspos.sp.gov.br.

## Recombinant Innovation: development of software for the application of Design of Experiments (DOE) as a tool for supporting analysis and prediction of behaviors in the financial market

### **Abstract**

This work aimed to evaluate a software for the application of Design of Experiments (DOE) as a tool to support the analysis and prediction of behaviors in the financial market. The study adopted the Design Science Research (DSR) methodology, allowing continuous validation and adjustments throughout the development. The application of DSR was subdivided into six phases, namely: problem identification; definition of artifact objectives; artifact design and development; artifact demonstration; artifact evaluation; and communication of results. As a result, the addition of the MA200 variable in the software increased profitable operations to 67% compared to the initial 43%, and the addition of extra parameters achieved a 95% success rate in orders, highlighting the software's ability to predict behaviors and improve sales.

**Keywords:** Software evaluation; Recombinant Innovation; Design of Experiments; Financial market; Prediction of behaviors.

## Innovación Recombinante: evaluación de *software* para aplicar Diseño de Experimentos (DOE) como herramienta de apoyo al análisis y predicción del comportamiento en el mercado financiero

### **Resumen**

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar *software* para aplicar el Diseño de Experimentos (DOE) como herramienta de apoyo al análisis y predicción del comportamiento en el mercado financiero. El estudio adoptó la metodología de investigación *Design Science Research* (DSR), lo que permitió validación y ajustes continuos durante todo el desarrollo. La aplicación del DSR se subdividió en seis fases, a saber: identificación del problema; definición de los objetivos del artefacto; diseño y desarrollo de artefactos; demostración del artefacto; evaluación de artefactos; y comunicación de resultados. Como resultado, la adición de la variable MA200 al *software* aumentó las operaciones rentables al 67% en comparación con el 43% inicial y la adición de parámetros adicionales logró un 95% de éxito en los pedidos, destacando la capacidad del *software* para predecir el comportamiento y mejorar las ventas.

**Palabras clave:** Evaluación de *software*; Innovación Recombinante; Diseño de Experimentos; Mercado financiero; Predicción de comportamiento.

## Introdução

A aplicação do *Design of Experiments* (DOE) como uma técnica promissora para a previsão de comportamentos no mercado financeiro encontra sustentação em diversos estudos e pesquisas. Diversos autores, como Antony (2014), Humairah, Annisa, Moulana, Maulida, Supardan, Syamsuddin e Satriana (2024), Antony (2021), Brito (2019), Robô [...] (2023), Lichtman (2019), Silva e Silva (2020), Kaltenbach (2021), têm contribuído significativamente para a compreensão e aplicação do DOE no contexto do mercado financeiro. A literatura destaca a importância de técnicas experimentais bem estruturadas para otimizar processos e prever tendências, o que é essencial para tomadas de decisão mais informadas e eficazes também no setor financeiro (Aqueveque; Radrigan; Morales; Willenbrinck, 2021; Alabsi; Fields, 2019; Gilman; Walls; Bandeira; Menolascina, 2021; Lee; Mahtab; Neo; Farooqi; Khursheed, 2022; González-Alvarez; Narranjo-Rodríguez; Hernández-Artiga; Palacios-Santander; Cubillana-Aguilera; Bellido-Milla, 2016; Abuhasel, 2022; Deylami; Hosseini Sabzevari; Ghaedi; Ahmadi Azqhandi; Marahel, 2023; Wang *et al.*, 2022; Behera; Meena. Chakraborty; Meikap, 2018; You *et al.*, 2018).

A contribuição teórica possui um percurso interdisciplinar com a discussão e a análise dos estudos e pesquisa de autores das áreas do conhecimento da Engenharia de Produção e Qualidade (Planejamento de Experimentos - DOE), Tecnologia da Informação - TI, Mercado Financeiro, Gestão da Inovação Tecnológica e Sistemas Produtivos.

A motivação do trabalho justifica-se por poucos artigos que envolvem o planejamento de experimentos aplicado ao âmbito do mercado financeiro. Destaca-se nesta interação das áreas do conhecimento as vantagens comparativas das técnicas de análise na concepção, desenvolvimento, implementação e operacionalização dos dados. A contextualização para o desenvolvimento do artigo perfaz na criação de um artefato usando a metodologia DSR, como produção técnica e tecnológica um *software* acessível, ágil e versátil.

A proposta teve como objetivo desenvolver um *software* como ferramenta de suporte à previsão de comportamentos de dados e à tomada de decisões no mercado financeiro usando o DOE.

## **Fundamentação Teórica**

### **Design e Planejamento de Experimentos (DOE)**

O Planejamento dos Experimentos (DOE) tem como finalidade desenvolver vários testes sistemáticos que visam identificar os fatores que têm o maior efeito sobre uma variável de resposta. Uma vez que esses fatores são identificados, o principal objetivo da metodologia é otimizar essa variável resposta, de acordo com Montgomery (2016).

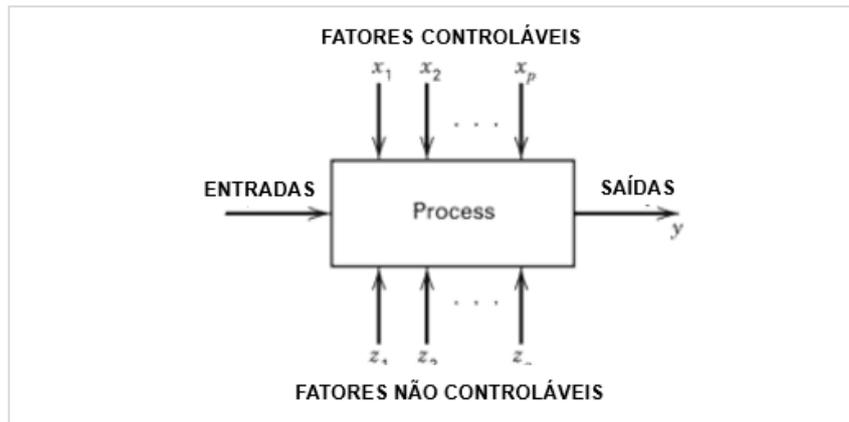
Segundo Telford (2007), essa ferramenta surgiu nas décadas de 1920 e 1930 na Estação Experimental de Rothamsted, uma estação de pesquisa agrícola localizada a 40 quilômetros ao norte de Londres. Apesar de existir há aproximadamente 100 anos, pesquisas mostram que menos de 30% das pessoas têm conhecimento sobre o DOE, conforme Antony (2014). Guo e Mettas (2010) ressaltam que a aplicação do DOE não se limita apenas à engenharia, e muitos casos de sucesso são encontrados em outras áreas.

Al-Dawalibi, Al-Dali e Alkhayyal (2020) explicam que a estratégia de experimentação tem se estabelecido como um recurso valioso em variados âmbitos de pesquisa. De acordo com as observações de Durakovic (2017), o método de planejamento experimental é uma ferramenta versátil, aplicável em diversas instâncias para a identificação de elementos de entrada significativos e suas interconexões com as saídas. Este enfoque encontra aplicação em diversas esferas do conhecimento científico, incluindo medicina, engenharia, bioquímica, física, ciência da computação, entre outras.

### **Estrutura geral do Design e Planejamento de Experimentos**

O planejamento envolve uma cuidadosa seleção das variáveis, seus intervalos e o número de execuções necessárias para identificar a relação entre os fatores e a variável de resposta. Segundo Whitford, Lundgren e Fairbank (2018), é uma técnica que permite realizar um número mínimo de testes e ensaios nos quais os parâmetros de pesquisa são alterados de forma sistemática e simultânea, com o objetivo de obter informações suficientes sobre o nível de influência desses fatores na variável de resposta. A partir das informações obtidas, é possível desenvolver um modelo matemático do processo estudado, Figura 1.

Figura 1 - Estrutura do Planejamento de Experimentos – DOE usado nos processos diante dos fatores e níveis adotados



Fonte: Montgomery (2016).

Para Guo e Mettas (2010), são muitos os tipos de aplicação do DOE, destacando seus principais usos, Quadro 1:

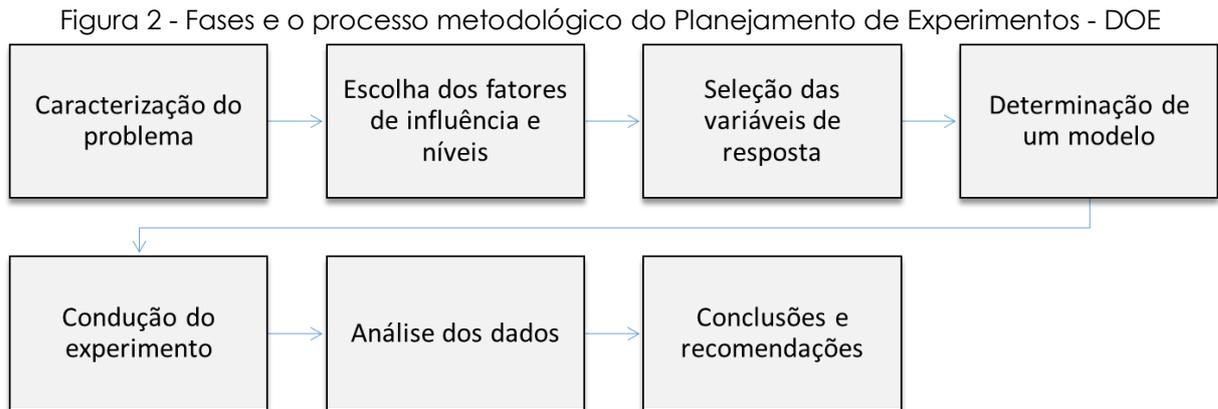
Quadro 1 - Aplicação e descrição do Planejamento de Experimentos – *Design of Experiments* nos processos diante dos fatores, efeitos, triagem, funcionalidade e o projeto robusto

Aplicação	Descrição
Efeito de comparação	Comparação entre múltiplas opções para selecionar a melhor, utilizando testes estatísticos como Teste T, Teste Z ou Teste F.
Triagem variável	Experimentos fatoriais de dois níveis para selecionar fatores importantes (variáveis) que afetam o desempenho de um sistema, processo ou produto.
Identificação da função de transferência	Identificação de variáveis importantes e sua relação com a variável de saída para explorar o desempenho do sistema, processo ou produto por meio de uma função de transferência.
Projeto robusto	Iniciado por Dr. Genichi Taguchi, busca tornar o sistema resistente a ruídos e variações. Os fatores que causam variação podem ser categorizados em três grupos principais: externos/ambientais (como temperatura, umidade e poeira), internos (desgaste da máquina e envelhecimento dos materiais) e variações de unidade para unidade (variações nos materiais, processos e equipamentos).

Fonte: Os autores (2023) adaptado de Guo e Mettas (2010).

### Fases do Planejamento de Experimentos

Para Montgomery (2016), existem sete fases fundamentais que devem ser percorridas sequencialmente durante a execução do *design* e planejamento de experimentos, Figura 2.



Fonte: Os autores (2023) adaptado de Montgomery (2016).

Um dos passos fundamentais no processo de aplicação do DoE é a correta definição das variáveis selecionadas para integrar o estudo (Kikugava; Sobreira, 2022; Barros Neto; Scarminio; Bruns, 2010).

### **Análise de Variância**

De acordo com Govaerts, França, Marion, Martin e Thiel (2020), a análise de variância (ANOVA) é primariamente empregada para examinar o impacto estatístico de um conjunto de fatores categorizados sobre uma resposta quantitativa. Seu propósito principal reside em mensurar a importância e a relevância de cada efeito que ela apresenta.

Para Durakovic (2017), em situações envolvendo mais de duas amostras de teste, a ANOVA é aplicada para determinar se existem diferenças estatisticamente significativas entre as médias das amostras.

### **Gestão da Inovação**

Segundo Tidd e Bessant (2015), existem três tipos principais de inovação: a inovação incremental, que é caracterizada por melhorias graduais em produtos, processos ou serviços já existentes; a inovação disruptiva, que introduz mudanças radicais e cria novos mercados e oportunidades; e a inovação radical, que representa uma ruptura completa com o estado atual e envolve a criação de novos produtos, processos ou serviços.

Os autores também descrevem que os processos de inovação podem ser divididos em três fases principais: ideação, desenvolvimento e implementação. A fase de ideação consiste na geração de ideias e na seleção das que têm potencial

para se transformar em inovações. Nessa etapa, é importante estimular a criatividade e a participação de diversas áreas da empresa. Ferramentas como o *brainstorming*, as redes sociais corporativas e as comunidades de inovação podem ser úteis nesse processo.

Na fase de desenvolvimento, as ideias selecionadas são transformadas em produtos ou serviços. É importante envolver as áreas técnicas da empresa nessa etapa, garantindo que as ideias sejam transformadas em soluções viáveis e escaláveis. A prototipagem, os testes de conceito e os experimentos são técnicas úteis nessa fase (Brown; Katz, 2017).

De acordo com Tidd e Bessant (2015), passadas as fases de ideação e desenvolvimento, a fase de implementação consiste na introdução das inovações no mercado. O lançamento de produtos piloto, a realização de testes de mercado e a comunicação eficaz são importantes nessa etapa.

### **Inovação Recombinante**

Envolve a reconfiguração e a integração de conhecimentos, tecnologias, processos e recursos pré-existentes de maneiras inéditas, resultando em soluções disruptivas e eficientes (Fleming, 2001). Além disso, a inovação recombina implica em romper as fronteiras tradicionais entre disciplinas, setores e áreas de conhecimento para criar novas combinações sinérgicas (Boschma; Iammarino, 2009).

Em tempos de crise, como observado na pandemia da Covid-19, a importância da inovação se torna ainda mais evidente, como destaca Chesbrough (2020). A necessidade de soluções rápidas e eficazes supera a preocupação tradicional com os custos, evidenciando a relevância da abordagem "fazer ou comprar". Nesse cenário, o valor do tempo se torna extremamente crucial, uma vez que a Covid-19 estava se propagando exponencialmente, dobrando o número de casos a cada três a cinco dias.

Um ponto notável é que mesmo um breve atraso na busca por uma nova vacina poderia resultar em múltiplas duplicações no número de pessoas infectadas em um curto período. Isso ocorre devido à natureza acelerada da disseminação da doença. Portanto, a rapidez na inovação e na implementação de soluções ganha destaque diante da necessidade urgente de conter o avanço da pandemia.

## **Mercado Financeiro**

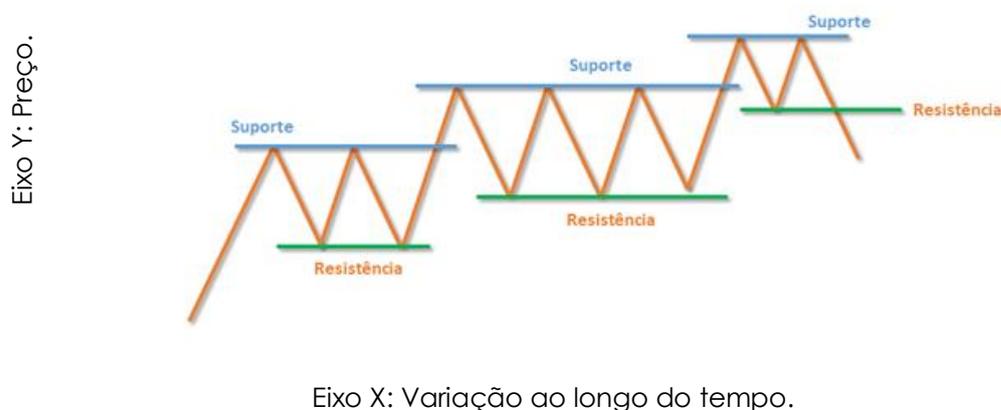
De acordo com a equipe do Banco Santander (Mercado [...], 2024), o mercado financeiro é um ambiente composto por diferentes instituições financeiras, como: bancos, corretoras, financeiras, etc. Nele, são realizadas operações de compra e venda de ativos – bens, contas, créditos, ações, câmbio, mercadorias, aplicações financeiras, reservas, etc. Nessas negociações, estão envolvidos alguns participantes como: instituições, investidores (compradores) e tomadores de recursos (vendedores), além, é claro, dos órgãos que regularizam e fiscalizam essas transações.

Segundo Gameiro (2004), no mercado de câmbio, também conhecido como *forex* ou *FX* (do inglês *Foreign eXchange*), é o maior mercado financeiro do mundo. Enquanto o mercado de câmbio movimenta mais de dois trilhões de dólares diariamente, o mercado de ações de Nova Iorque opera com cerca de 25 bilhões de dólares no mesmo período.

Reis (2018), explica que a zona de suporte é caracterizada por um patamar de preço em que há maior probabilidade de o ativo encontrar compradores e reverter sua queda, enquanto a zona de resistência é marcada por um nível em que há maior probabilidade de o ativo encontrar vendedores e reverter sua alta.

Para Elder (2003), a zona de suporte é o nível de preço em que as compras são bastante intensas para interromper ou reverter uma tendência de baixa. Ao atingir o suporte, o preço do ativo retrocede como o mergulhador que chega ao fundo e retorna. A zona de resistência, por sua vez, é o nível de preço em que as vendas são bastante intensas para interromper ou reverter uma tendência de alta. Ao atingir a zona de resistência durante uma tendência de alta, o valor do ativo tende a ser bruscamente reduzido, Figura 3.

Figura 3 - Representação das Zonas de Suporte e Resistência



Fonte: Os autores (2023) adaptado de Elder (2003).

Um desses fatores é o indicador *Relative Strength Index* (RSI) ou Índice de Força Relativa (IFR) que, conforme afirmado por Lemos (2015), é um oscilador de impulsão que mede a velocidade e a mudança dos movimentos de preços. Ele compara a variação média de preços dos períodos de avanços com a variação média dos períodos de declínios.

### Algoritmos de negociação

De acordo com Zhang, Hult, Ketchen Junior e Calantone (2020), algoritmos podem ser usados para detectar oportunidades de negociação, calcular riscos, tomar decisões de negociação e executar as transações automaticamente. Existem no mercado várias linguagens de programação que permitem aos operadores e programadores desenvolverem suas estratégias de operação automatizada no mercado financeiro.

Nesse projeto foi adotada a linguagem *Meta Quotes Language 5* (MQL5), desenvolvida pela fabricante *Meta Quotes* (MQ), que é a linguagem de programação utilizada para desenvolver robôs de negociação e indicadores personalizados na plataforma de negociação *MetaTrader 5* (MT5) como definidas por Seabra, Drummond e Gomes (2018).

### Metodologia

#### **Design Science Research (DSR)**

Para March e Storey (2008), o DSR é um método de pesquisa orientado à

solução de problemas que busca, a partir do entendimento do problema, construir e avaliar artefatos que permitam transformar situações, alterando suas condições para estados melhores ou desejáveis. Segundo Hevner, March, Park e Ram (2004), foram identificados sete critérios que devem ser considerados na execução dessa metodologia, Quadro 2.

Quadro 2 - DSR: Os sete critérios para condução de pesquisas

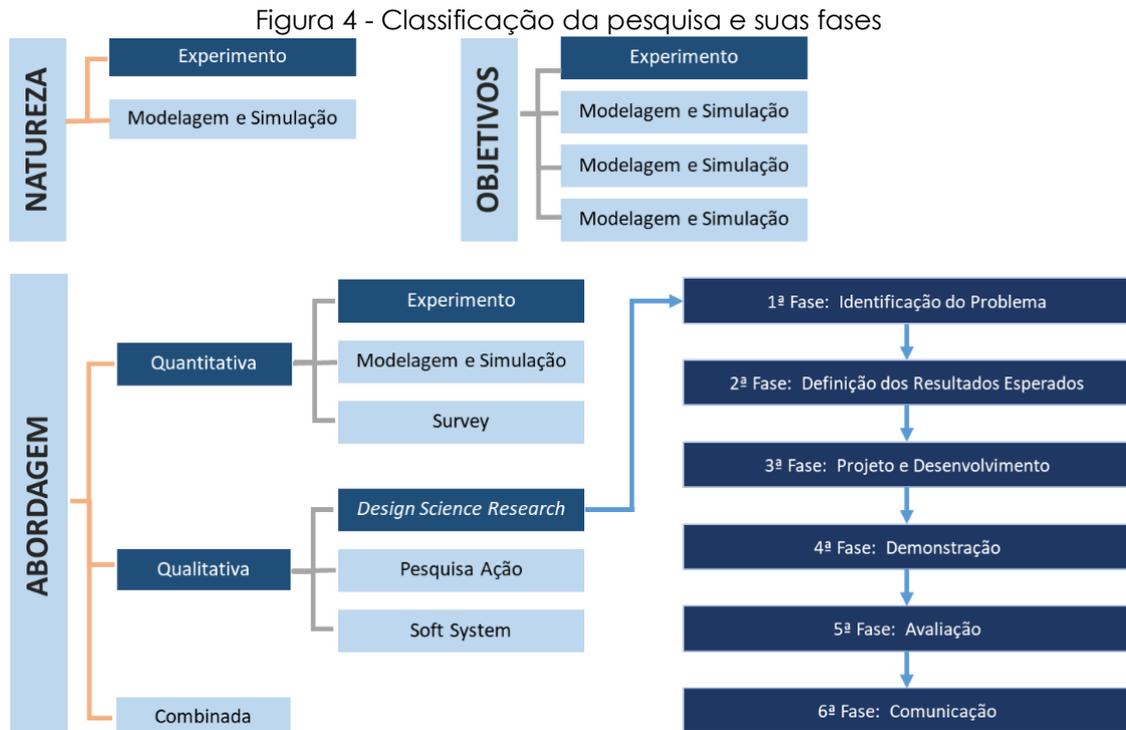
Nº	Critério	Descrição
1	Design como artefato	Devem gerar artefatos viáveis na forma de um constructo, modelo, método ou instanciação.
2	Relevância do problema	O objetivo do DSR é desenvolver soluções para problemas importantes ou relevantes para as organizações, ou mesmo proporcionar a exploração de novas oportunidades.
3	Avaliação do Design	A utilidade, qualidade e eficácia do artefato devem ser rigorosamente evidenciadas por meio de métodos de avaliação bem executados.
4	Contribuições para a pesquisa	Devem prover contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas dos artefatos desenvolvidos.
5	Rigor da pesquisa	Deve ser baseada na aplicação de métodos rigorosos, tanto na construção como na avaliação dos artefatos.
6	Design como processo de pesquisa	A busca por um artefato efetivo exige a utilização de meios que estejam disponíveis para alcançar os fins desejados, ao mesmo tempo que satisfaça as leis que regem o ambiente em que o problema está sendo estudado.
7	Comunicação da pesquisa	Devem ser apresentadas tanto para o público mais orientado a tecnologia quanto para aquele mais orientado a gestão.

Fonte: Os autores (2023) adaptado de Hevner, March, Park e Ram (2004).

Para Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), esses critérios são fundamentais, uma vez que a *Design Science Research* demanda a criação de um novo artefato (critério 1) para resolver um problema relevante para o negócio (critério 2). Quando um artefato é proposto, sua utilidade deve ser explicitada, sendo necessário avaliá-lo de forma rigorosa (critério 3) (Dresch, 2013; Vom Brocke; Hevner; Maedche, 2020).

Além disso, as contribuições do artefato para a pesquisa devem ficar evidentes, tanto para profissionais interessados na resolução de problemas organizacionais quanto para a academia, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de estudo ou para problemas semelhantes que possam ser apoiados pela análise (critério 4).

Este estudo é classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, objetivo experimental, abordagens qualitativa e quantitativa e o método usado foi o DSR em seis fases, Figura 4.



Fonte: Os autores (2023).

1ª fase: identificação do problema e coleta de dados: identificar a necessidade de uma ferramenta que permita a aplicação do DOE no mercado financeiro, fornecendo informações analíticas e auxiliando no processo decisório. O software desenvolvido, denominado *Extraction for Financial Market®* e a coleta de dados baseou-se nas seguintes etapas: replicação, aleatoriedade e blocagem com a observação das variáveis de resposta com relação aos parâmetros controláveis e não controláveis coletados.

2ª fase: definição dos objetivos do artefato: desenvolver um software simples, rápido e de fácil acesso, com versatilidade para auxiliar no processo decisório no mercado financeiro.

3ª fase: design e desenvolvimento do artefato: utilizar técnicas de desenvolvimento de software para criar a interface do usuário, implementar os algoritmos estatísticos necessários e integrar as funcionalidades do DOE ao contexto financeiro.

4ª fase: demonstração do artefato: realizar testes para verificar a eficácia e usabilidade do software, bem como sua capacidade de fornecer informações analíticas relevantes para o mercado financeiro.

5ª fase: avaliação do artefato: considerar indicadores como precisão das

previsões, facilidade de uso, tempo de processamento e capacidade de lidar com a complexidade do mercado financeiro. Essa avaliação pode ser realizada por meio de comparação com outras técnicas de análise ou por meio de *feedback* de usuários e especialistas do mercado financeiro.

6ª fase: comunicação dos resultados: os resultados obtidos com o artefato são comunicados por meio de publicações científicas, relatórios técnicos e apresentações em conferências. Essa etapa tem como objetivo disseminar o conhecimento gerado e contribuir para o avanço da área de finanças e sistemas produtivos.

## Resultados e discussão

### Identificação do problema – DOE e mercado financeiro (1ª fase)

Os problemas pesquisados neste trabalho estão relacionados no Quadro 3.

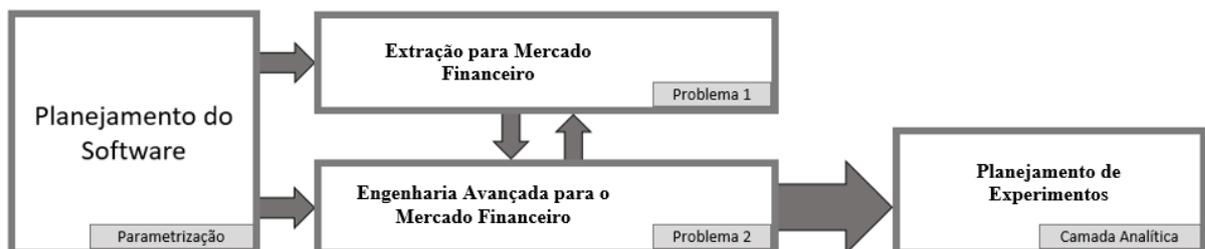
Quadro 3 - Identificação do problema

<b>Problema 01:</b>	Obter, por meio de um processo estável e seguro, informações detalhadas sobre o mercado financeiro, em grandes volumes de dados, de tal modo que possam ser analisados e submetidos às fases e técnicas do <i>Design</i> e planejamento de experimentos.
<b>Problema 02:</b>	Executar, de maneira ágil e consistente, análises que forneçam informações geradas a partir das extrações para grandes volumes de dados, permitindo que experimentos sejam executados de maneira customizada e com os fatores de entrada parametrizados juntamente com as técnicas do planejamento de experimentos por meio de replicação, aleatoriedade e blocagem.

Fonte: Os autores (2023).

A ligação entre a fase de planejamento, os artefatos produzidos como forma de solucionar os problemas identificados e a camada analítica gerada para execução no planejamento de experimentos são representados pela Figura 5.

Figura 5 - Estrutura dos artefatos com o Planejamento do *Software*, extração dos dados no mercado financeiro com avaliação da engenharia avançada e o uso do DOE



Fonte: Os autores (2023).

Optou-se por um método adaptativo entre os dois softwares gerados. Para Gomes (2014), quanto mais prescritiva for a metodologia, mais específica para um determinado tipo de contexto ela será.

O primeiro software, denominado *Extraction for Financial Market*, tem como objetivo solucionar o problema 1, realizando extrações automatizadas de grandes volumes de informações do mercado financeiro.

O segundo software gerado, denominado *Advanced Engineering for the Financial Market®*, tem como propósito solucionar o problema 2 identificado por meio de análises automatizadas de grandes volumes de informações.

### **Definição dos resultados esperados – Previsão de comportamentos (2ª fase)**

O principal objetivo da etapa de planejamento do software foi alinhar todos entregáveis da aplicação, assim como suas entradas, processamentos e saídas, de acordo com os princípios básicos e estruturais do Planejamento de Experimentos. Para Calado e Montgomery (2003), os três princípios básicos de um planejamento de experimentos são replicação, aleatoriedade e blocagem.

**a) Replicação dos experimentos em grandes volumes de ativos financeiros:** o princípio da replicação tem como objetivo observar e validar o erro experimental do comportamento das variáveis de entrada sobre as variáveis de saída em diferentes situações, sendo influenciadas propositalmente pelos fatores controlados e, adicionalmente, pelo ruído gerado pelos fatores não controlados.

**b) Aleatoriedade nos tipos de experimentos e indicadores de mercado:** as variáveis custos e investimentos estão diretamente ligadas a quantidade de execuções previstas no experimento, por esse motivo, a aleatoriedade atua como uma forma de validar o comportamento das variáveis resposta por meio de amostragem estatística. Na condição de uma operação digital, o custo é praticamente o mesmo, variando apenas o tempo necessário para processamento lógico do experimento. O tempo de experimento, ou seja, o desempenho do software, é um ponto fundamental para garantir o sucesso da aplicação.

**c) Blocagem nos principais cenários e indicadores financeiros:** segundo Montgomery (2013), a técnica de blocagem é executada com o propósito de melhorar a precisão na comparação entre fatores de interesse e aplicada no planejamento de experimentos que requeiram necessidade de controlar a variabilidade e nível de influência de várias fontes de entrada que possam exercer

influência nos resultados. Esse princípio, por sua vez, elimina ruídos na análise, agrupando as variáveis de entrada para a análise das variáveis de resposta.

Foram elaboradas diversas versões de blocagem até que fosse percebida a necessidade de se parametrizar isso no sistema de acordo com o objeto em que os experimentos fossem executados. Na primeira versão das blocagens, foram consideradas apenas duas variáveis *Relative Strength Index* e *Money Flow Index*, RSI e MFI, respectivamente, com valores de 1 a 100, Quadro 4.

Quadro 4 - Blocagem dos fatores – Versão 01

Variáveis		Possíveis Valores																	
<b>Variáveis 01</b>	<b>RSI</b>	1	2	3	4	5	6	7	...	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
<b>Variáveis 02</b>	<b>MFI</b>	1	2	3	4	5	6	7	...	92	93	94	95	96	97	98	99	100	

Fonte: Os autores (2023).

A quantidade de arranjos foi reduzida para apenas 100 possíveis interações ortogonais, o que melhorou a performance das extrações e execuções dos dados, Quadro 5.

Quadro 5 - Blocagem dos fatores – Versão 02

Versão 02 – 100 arranjos	
RSI	MFI
0 - 10	0 - 10
10 - 20	10 - 20
20 - 30	20 - 30
30 - 40	30 - 40
40 - 50	40 - 50
50 - 60	50 - 60
60 - 70	60 - 70
70 - 80	70 - 80
80 - 90	80 - 90
90 - 100	90 - 100

Fonte: Os autores (2023).

Na próxima versão da blocagem, foi adicionada uma nova variável denominada TF (*Time Frame*) e aumentada a blocagem das outras variáveis,

chegando a 75 possíveis arranjos, Quadro 6:

Quadro 6 - Blocagem dos fatores – Versão 03

<b>Timeframe</b>	<b>RSI</b>	<b>MFI</b>
Cinco minutos	Sobrecompra severa	Sobrecompra severa
Uma hora	Sobrecompra moderada	Sobrecompra moderada
Quatro horas	Neutro	Neutro
-	Sobrevenda moderada	Sobrevenda moderada
-	Sobrevenda severa	Sobrevenda severa

Fonte: Os autores (2023).

Na próxima blocagem, duas novas variáveis foram adicionadas ao modelo, que são *Moving Average 200 (MA200)* e *Bands*. As quatro variáveis, que totalizaram 225 arranjos, Quadro 7:

Quadro 7 - Blocagem dos fatores – Versão 04

<b>RSI</b>	<b>MFI</b>	<b>MA200</b>	<b>Bands</b>
Sobrecompra severa	Sobrecompra severa	Oscilação na máxima	Oscilação na máxima
Sobrecompra moderada	Sobrecompra moderada	Neutro	Neutro
Neutro	Neutro	Oscilação na mínima	Oscilação na mínima
Sobrevenda moderada	Sobrevenda moderada	-	-
Sobrevenda severa	Sobrevenda severa	-	-

Fonte: Os autores (2023).

Na última versão da blocagem dos fatores, antes do início da etapa de desenvolvimento do *software*, percebeu-se que para as variáveis RSI e MFI, os níveis anteriormente bloqueados estavam sendo designados como “Sobre compra moderada” e “Sobre venda moderada”. Quadro 8.

Quadro 8 - Blocagem dos fatores – Versão 05

<b>Timeframe</b>	<b>RSI</b>	<b>MFI</b>	<b>MA200</b>	<b>Bands</b>
Cinco minutos	Alto	Alto	Oscilação na máxima	Oscilação na máxima
Uma hora	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Quatro horas	Baixo	Baixo	Oscilação na mínima	Oscilação na mínima

Fonte: Os autores (2023).

### Projeto e desenvolvimento dos softwares (3ª fase)

**a) Definição da arquitetura:** foi planejada considerando dois fatores críticos

para os resultados esperados: interconectividade e escalabilidade. O primeiro fator, interconectividade, remete ao fato de que o *software* deve se conectar a várias bases de dados. O segundo fator, escalabilidade, dá-se pela necessidade de expandir tanto os modelos de dados previstos na escalabilidade.

**b) Mapeamento das estruturas de dados dos ativos financeiros:** foi executado de modo que o *software* possa garantir aderência à execução da análise e planejamento de experimentos.

**c) Interconectividade com bases financeiras:** essa fase permite que a aplicação, de modo automático, realize leituras de dados históricos sobre o comportamento de um determinado ativo financeiro a partir de uma lista de parâmetros que fornecem insumos para as etapas no DOE.

**d) Camada de extração automatizada:** definida a arquitetura da aplicação e estabelecida a integração com as bases de dados, o *software* deve possuir mecanismos que realizam de maneira automatizada a extração das informações de forma estruturada a partir do mapeamento dos dados.

**e) Tradução e transformação de dados brutos em informações estruturadas:** entre as ações de tratamento realizadas nos dados brutos, pode-se destacar a interpretação, correção, padronização, agrupamento e classificação dos dados em informações estruturadas.

**f) Otimização do modelo de dados – DOE:** nesta etapa, a partir da caracterização do problema realiza-se a blocagem dos níveis de medição das variáveis de entrada.

**g) Atualização da camada de extração automatizada:** após a otimização do modelo de dados, há necessidade de novas implementações das camadas de extração e transformação para que o *software*, por meio do modelo atualizado, possa buscar todas as informações necessárias para execução da análise e planejamento dos experimentos.

**h) Otimização da arquitetura (desempenho):** é, na prática, uma das mais críticas durante todo o processo de desenvolvimento do *software*, pois interfere diretamente no desempenho da aplicação que, por sua vez, está diretamente ligado ao volume de dados processados – quanto maior o volume, maior a quantidade de experimentos e eficácia do modelo, Figura 6.

Figura 6 - Otimização da arquitetura software para melhoria de desempenho



Eixo X: Variações dos preços ao longo do tempo.

Fonte: Os autores (2023).

Entre os problemas encontrados, destacam-se:

- (I) Travamento total da aplicação após poucas horas de processamento;
- (II) Encerramento forçado da aplicação mediante travamento completo;
- (III) Arquivo de saída corrompido em aproximadamente cinco mil registros;
- (IV) Cenários incompletos impossibilitando a execução arbitrária do DOE.

**i) Segurança e governança:** tem como objetivo implementar componentes diretamente ligados a confidencialidade, integridade e disponibilidade dos dados, assim como permitir que todas as ações executadas por meio do software possam ser rastreadas.

### Entrega do primeiro software – *Extraction for Financial Market*

O primeiro software desenvolvido, denominado *Extraction for Financial Market*, tem como objetivo realizar uma extração de dados brutos, ou seja, sem nenhum tipo de alteração, exatamente como esses são coletados do mercado financeiro.

No protótipo da primeira versão da aplicação, foi extraído de maneira automática informações com as variáveis de entrada RSI e MFI, Figura 7:

Figura 7 - Extraction for Financial Market – Versão inicial do software em execução



Eixo X: Variações dos preços ao longo do tempo.

Fonte: Os autores (2023).

Durante a fase de desenvolvimento, em alinhamento com a metodologia ágil adotada, algumas funcionalidades tiveram a sua prioridade aumentada, como por exemplo:

**a) Desenvolvimento da integração com várias fontes de dados:** o *software* é capaz de coletar grandes volumes de dados, em tempo real, de diversas fontes de informação que podem apresentar valores diferentes para um mesmo ativo. Essas diferenças de valores, conhecidas como arbitragem, segundo Naharro (2018), move o valor dos ativos dos países em direção à "paridade de poder de compra".

**b) Aprimoramento do desempenho para coletas de grandes volumes de dados:** um dos principais diferenciais do projeto é a capacidade de se executar as técnicas do DOE em grandes volumes de dados. A coleta dos dados foi processada e executada em maior quantidade durante a análise dos experimentos com desempenho significativo em destaque em vermelho que perfaz 62.712 registros coletados em um tempo total inferior a cinco segundos (00:00:04.110), Figura 8.

Figura 8 - Logs de execução

Horário	Mensagem
2022.11.19 15:55:49.470	EURUSD,M1: 62713 tick events (62712 bars, 125438 bar states) processed in 0:00:04.094 (total time 0:00:04.110)
2022.11.19 15:55:49.470	2022.11.16 23:59:59 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 EURUSD,M1: Finalização do processamento: SUCESSO
2022.11.19 15:55:49.470	2022.11.16 23:59:59 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 EURUSD,M1: Registrados encontrados: 62712
2022.11.19 15:55:45.371	2022.09.16 09:58:00 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 EURUSD,M1: Criação do Header: SUCESSO
2022.11.19 15:55:45.370	2022.09.16 09:58:00 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 EURUSD,M1: Criação do arquivo: SUCESSO
2022.11.19 15:55:45.370	2022.09.16 09:58:00 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 EURUSD,M1: Inicialização do robô: SUCESSO
2022.11.19 15:55:45.370	2021.01.04 00:00:00 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 inputs: Pontos_Decimais=0.01; Periodos_Analisados=5;

Fonte: Os autores (2023).

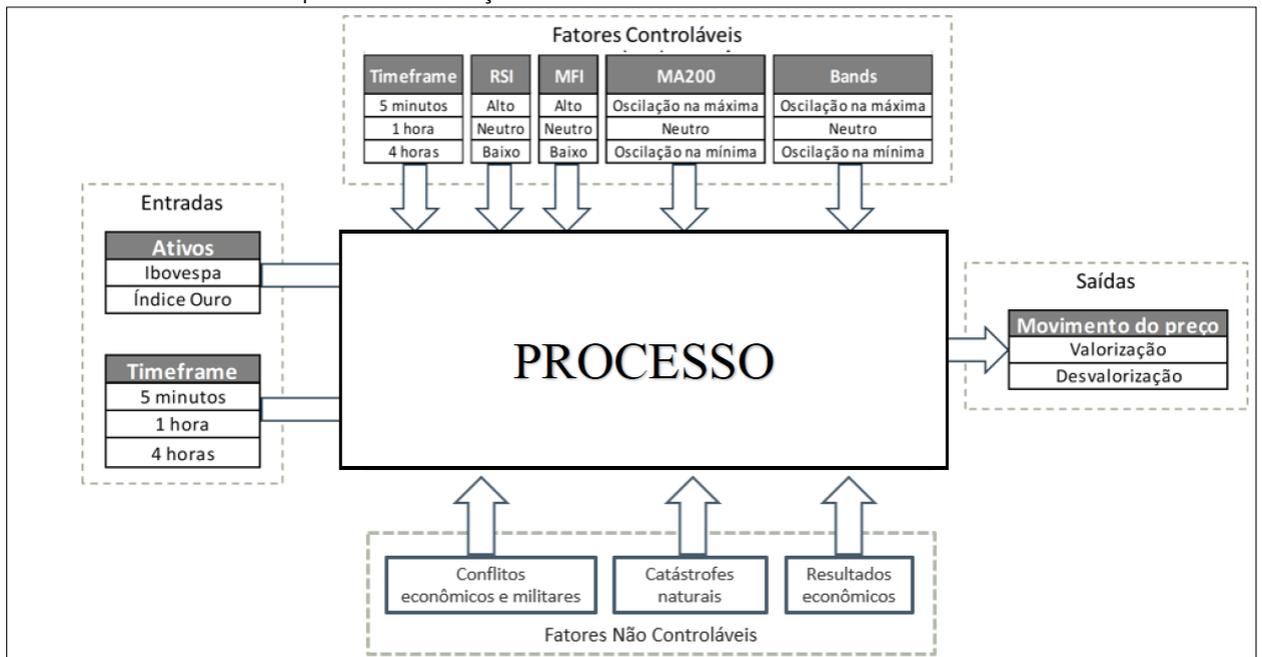
**c) Validação da integridade na coleta dos dados:** a validação da coleta de dados é, também, uma etapa crítica do processo de desenvolvimento. Devido ao grande volume de dados buscado das fontes de dados, instabilidades podem provocar a coleta e armazenamento de informações inconsistentes que, por sua vez, irão provocar análises com informações erradas e por conseguinte dificuldade na interpretação dos comportamentos das variáveis de resposta ou mesmo interpretações equivocadas. A fase denominada “Finalização do processamento, destaca-se como SUCESSO” por meio da análise amostral dos valores armazenados e na condição de algum valor, caso se apresente qualquer discrepância ou variabilidade evidencia-se a “FALHA” que significa em sua vez que o processo será submetido a nova extração, Figura 8.

**d) Rastreabilidade das ações executadas por meio do software:** por fim, a etapa de rastreabilidade armazena dados referentes a todas execuções e extrações realizadas pela aplicação, garantindo a segurança e rastreabilidade das ações.

### Entrega do segundo software: *Advanced Engineering for Financial Market*

O segundo software desenvolvido, denominado *Advanced Engineering for the Financial Market®* (AEFM), tem atuação complementar ao primeiro software desenvolvido (*Extraction for Financial Market®*). O primeiro software é responsável por garantir que a extração dos dados ocorra de maneira ágil, segura e consistente, gerando uma base de dados de grande porte que, posteriormente, será interpretada e transformada de modo que atenda aos requisitos mínimos para execução do design e planejamento dos experimentos, Figura 9.

Figura 9 - Esquemático avaliado na concepção, desenvolvimento, implementação e operacionalização do DOE e Mercado Financeiro



Fonte: Os autores (2023).

**c) Variáveis de entrada – ativos financeiros:** existem, inicialmente, duas variáveis de entrada analisadas pelo *software* com o propósito de gerar insumos para execução do planejamento de experimentos. A primeira está ligada ao ativo financeiro que receberá o investimento. A aplicação adequa-se automaticamente aos parâmetros de preços dos ativos, quantidade de casas decimais, disponibilidade no mercado e a característica aumenta as possibilidades de análise dos comportamentos de saída, comparando diferentes tipos de ativos; o segundo parâmetro de entrada refere-se ao *timeframe*, que é o intervalo de tempo que recebeu a medição e gerou esses valores.

**d) Fatores controláveis – variáveis e indicadores econômicos:** os fatores controláveis são apresentados com os parâmetros de repetição, aleatoriedade e blocagem previstos na fase de planejamento do desenvolvimento. Esses fatores, durante a análise, serão propositalmente configurados para que se possa medir e analisar seu nível de influência sobre as variáveis de resposta. Na Figura 9, temos cinco variáveis sendo trabalhadas de maneira simultâneas e que já receberam o processo de blocagem automaticamente. São elas o TF, RSI, MFI, MA200 e *Bands*.

**f) Fatores não controláveis:** os fatores não controláveis exercem influência sobre as variáveis de resposta. O *software* não tem como propósito analisar esses fatores e sim prover insumos para que o nível de influência dos fatores controláveis

possa ser analisado. Sob a ótica do planejamento de experimentos, o uso de aleatoriedade filtra os ruídos desses fatores na análise final e criação do modelo matemático do experimento. No esquema desenvolvido, são exemplificados como fatores não controláveis conflitos econômicos e militares, catástrofes naturais e indicadores econômicos.

**g) Variáveis de resposta – comportamento esperado do ativo financeiro:** existem duas variáveis de resposta geradas pelo *software*, ambas fundamentais para análise do comportamento e medição do nível de influência dos fatores controláveis, Quadro 9.

Quadro 9 - O DOE e as variáveis de resposta e seus objetivos avaliados na tomada de decisão

Variável	Objetivo
<p><b>Valorização_Máxima</b></p> <p style="text-align: center;"></p>	<p>Medir qual foi o valor máximo alcançado durante as oscilações de preço para uma quantidade de períodos previamente parametrizada na aplicação.</p> <p><b>Valorização_Máxima – HIGH (do período) – CLOSE (do período)</b></p>
<p><b>Desvalorização_Máxima</b></p> <p style="text-align: center;"></p>	<p>Medir qual foi o valor mínimo alcançado durante as oscilações de preço para uma quantidade de períodos previamente parametrizada na aplicação.</p> <p><b>Desvalorização_Máxima = LOW (do período) – CLOSE (do período)</b></p>

Fonte: Os autores (2023).

### Demonstração do software (4ª fase)

A fase de demonstração, segundo Peffers, Tuunanen, Rothenberg e Chatterjee (2007), tem o intuito de validar o desenvolvimento do artefato em ambientes na solução do problema em questão, ainda que a validação ocorra em ambientes de experimentação, provas ou simulados. Desse modo, foram realizados diversos testes que evidenciam a eficácia do *software* na solução dos dois problemas levantados na fase inicial da metodologia DSR.

### Análise de desempenho na extração dos dados financeiros

Os resultados obtidos nesse quesito foram satisfatórios, pois não apresentaram qualquer instabilidade durante o processo de conexão e extração dos dados, fornecendo um volume suficiente de registros para execução dos experimentos com mais de 140 mil registros em quase nove segundos, Figura 10.

Figura 10 - Avaliação e validação do desempenho

Horário	Mensagem
2022.11.27 17:15:41.644	GBPUSD,M5: 140232 tick events (140231 bars, 281443 bar states) processed in 0:00:08.969 (total time 0:00:08.985)
2022.11.27 17:15:41.644	2022.11.16 23:59:59 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 GBPUSD,M5: Finalização do processamento: SUCESSO
2022.11.27 17:15:41.644	2022.11.16 23:59:59 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 GBPUSD,M5: Registrados encontrados: 140231
2022.11.27 17:15:32.678	2021.01.04 00:00:00 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 GBPUSD,M5: Criação do Header: SUCESSO
2022.11.27 17:15:32.678	2021.01.04 00:00:00 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 GBPUSD,M5: Criação do arquivo: SUCESSO
2022.11.27 17:15:32.677	2021.01.04 00:00:00 Social_Flare_TECH_Extraction_v9.5 GBPUSD,M5: Inicialização do robô: SUCESSO

Fonte: Os autores (2023).

### Análise de integridade das informações

O segundo aspecto necessário para solucionar o primeiro problema identificado é a garantia de consistência nas informações extraídas, ainda que em grande porte. Para isso, foi feita a validação dos dados extraídos diretamente nas bases de dados gráficas, resultando em 100% de assertividade, Figura 11.

Figura 11 - Avaliação e a assertividade das extrações

Registro	Data e Hora	RSI	MFI	Open	High	Close	Low	MA	BandL	BandU	Status (%)
3	31_12_2020_22:25	60	71	1,3668	1,3670	1,3670	1,3667	1,3646	1,3649	1,3669	100%
36.739	30_06_2021_22:50	65	55	1,3831	1,3834	1,3833	1,3831	1,3832	1,3809	1,3847	100%
46.101	16_08_2021_11:30	42	24	1,3858	1,3858	1,3853	1,3852	1,3861	1,3853	1,3868	100%
63.626	09_11_2021_10:50	41	38	1,3561	1,3565	1,3560	1,3559	1,3562	1,3557	1,3575	100%
73.712	28_12_2021_14:50	50	32	1,3451	1,3452	1,3451	1,3450	1,3438	1,3449	1,3456	100%
99.644	03_05_2022_20:35	31	17	1,2485	1,2489	1,2478	1,2478	1,2522	1,2477	1,2516	100%
103.006	19_05_2022_12:50	72	71	1,2426	1,2434	1,2434	1,2417	1,2363	1,2366	1,2431	100%
107.090	08_06_2022_17:25	49	48	1,2551	1,2552	1,2548	1,2545	1,2559	1,2543	1,2557	100%
109.966	22_06_2022_17:15	59	58	1,2295	1,2301	1,2296	1,2293	1,2244	1,2256	1,2319	100%
124.859	02_09_2022_11:30	61	51	1,1560	1,1564	1,1564	1,1560	1,1547	1,1549	1,1564	100%
140.214	16_11_2022_21:55	66	75	1,1910	1,1913	1,1912	1,1907	1,1881	1,1868	1,1916	100%
<b>Assertividade total da extração:</b>											<b>100%</b>

Fonte: Os autores (2023).

### Informações analíticas de grandes volumes de dados

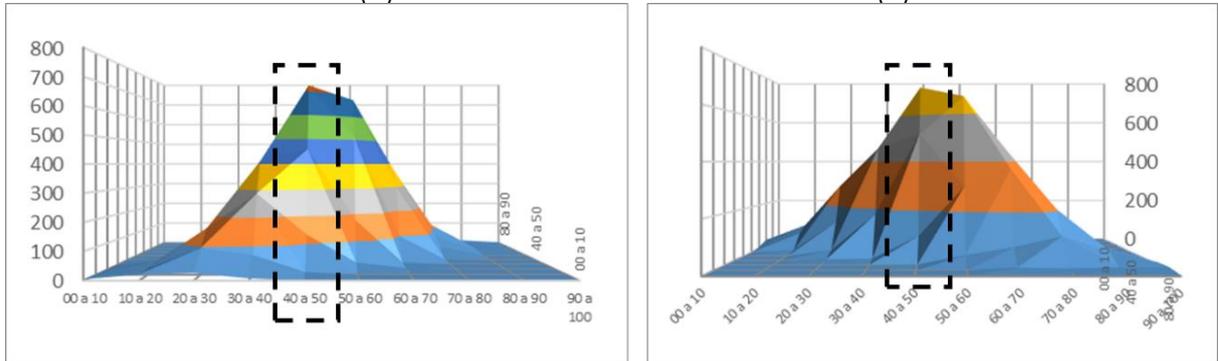
As extrações exploradas anteriormente geram, por meio do segundo *software* desenvolvido, informações analíticas que permitem a combinação de fatores com o propósito de se encontrar correlação entre comportamentos, bem como o estudo exploratório dos níveis de influência para exemplificar a análise das variáveis, arranjos e interações com os fatores.

Foi realizado uma análise do instrumento financeiro **GBPUSD**, considerando os fatores de entrada com desvalorização superior a 200 pontos nos próximos 20 períodos; índices de força relativo com blocagem em 10 níveis, índice de fluxo financeiro com blocagem em 10 níveis. Pode-se observar que o ponto otimizado dessa análise ocorre ao se parametrizar os níveis 40-50 para as duas variáveis

analisadas (índice de força relativa e índice de fluxo financeiro), Figuras 12 (a) e (b).

Figuras 12 (a) e (b) - Análises das variáveis resposta  
(a) (b)

Eixo Y: Índice RSI (frente) e  
Índice MFI (profundidade).



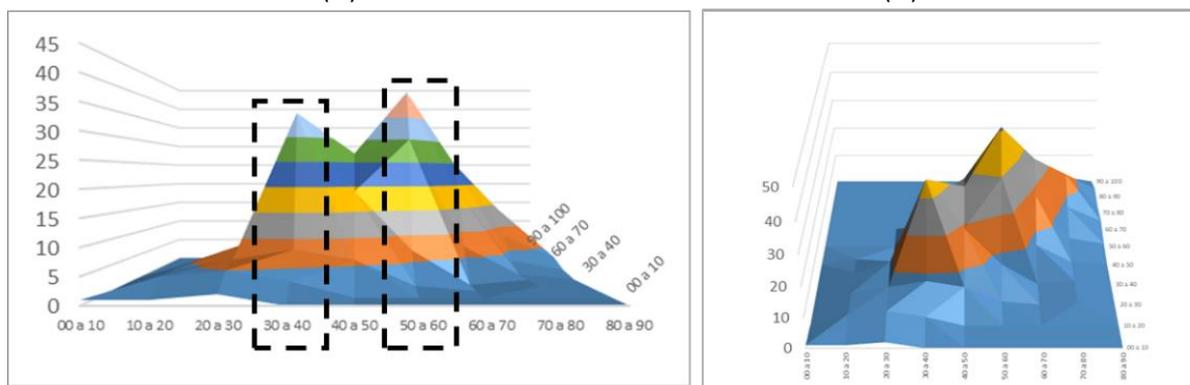
Eixo X: períodos de tempo.

Fonte: Os autores (2023).

As Figuras 13 (a) e (b) apresentam um arranjo com as variáveis de entrada parametrizadas para desvalorização superior a 500 pontos e blocagem das variáveis RSI e MFI em 10 níveis. Nesse arranjo, diferentemente do exemplo anterior, pode-se identificar dois picos de resultados otimizados entre os níveis 30-40 e 50-60, deixando um vale com resultados menos eficientes no nível 40-50.

Figuras 13 (a) e (b) - Pontos otimizados nas variáveis de respostas  
(a) (b)

Eixo Y: Índice RSI (frente) e  
Índice MFI (profundidade).



Eixo X: períodos de tempo.

Fonte: Os autores (2023).

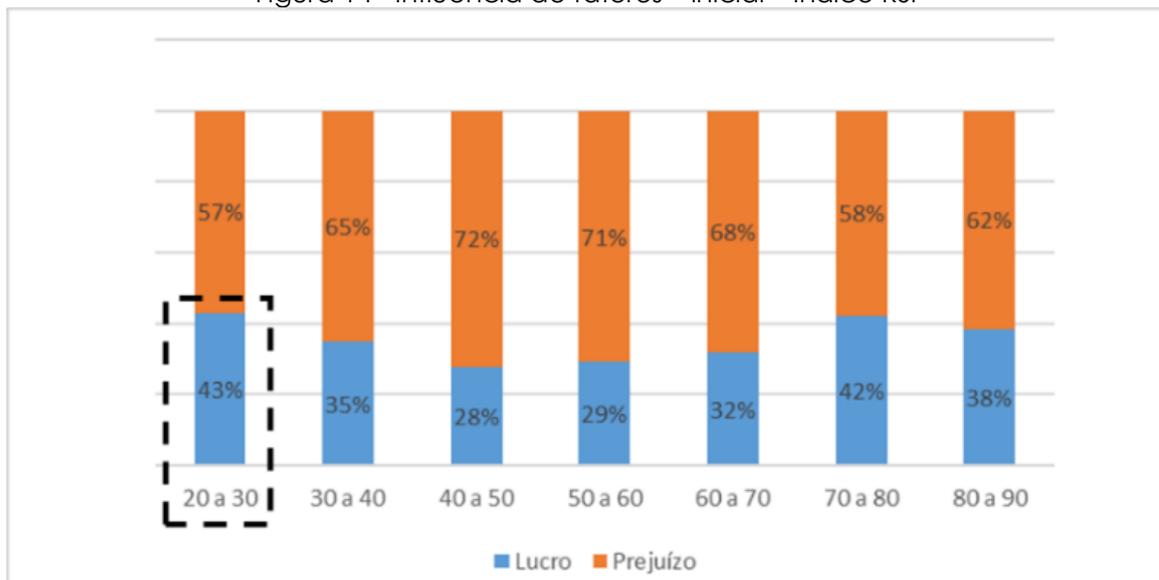
A combinação entre os arranjos parametrizados com diferentes níveis das variáveis de entrada fornece resultados distintos nas variáveis de resposta, permitindo que o pesquisador busque maneiras de se prever determinados comportamentos por meio de análises estáticas, mantendo esse comportamento diretamente alinhado aos objetivos do projeto. Anteriormente, foi apresentada uma análise com os

seguintes parâmetros: índice relativo de força com blocagem em 10 níveis e registros dos experimentos que resultaram em movimentação superior a 300 pontos. As situações que não alcançaram os 300 pontos foram automaticamente classificadas como prejuízo pelo *software*, pois, sob a ótica de operação, não atingiram a meta esperada. Com base nesse conjunto de parâmetros, Figura 14.

Em sequência a análise, com o objetivo de se aumentar esse valor percentual máximo alcançado conforme foi demonstrado na Figura 8 (de 43%), foi incluída na base gerada pelo artefato uma nova variável de entrada, denominada MA200 com parametrização do nível de entrada para apenas valores com a classificação "venda". A inclusão da nova variável proporcionou um aumento percentual expressivo nos níveis "70 a 80", chegando a 67% de operações concluídas com lucro, superando os 43% obtidos na faixa de "20 a 30" apresentadas na primeira análise, Figura 15.

Figura 14 - Influência de fatores – inicial – Índice RSI

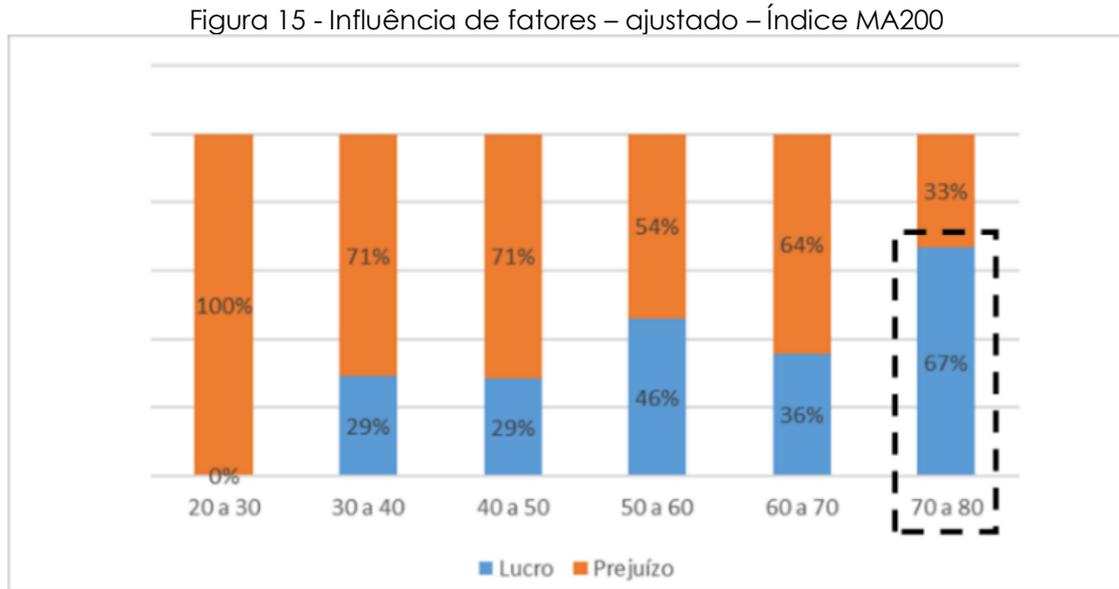
Eixo Y: Influência da variável RSI.



Eixo X: períodos de tempo.

Fonte: Os autores (2023).

Eixo Y: Influência da variável RSI.

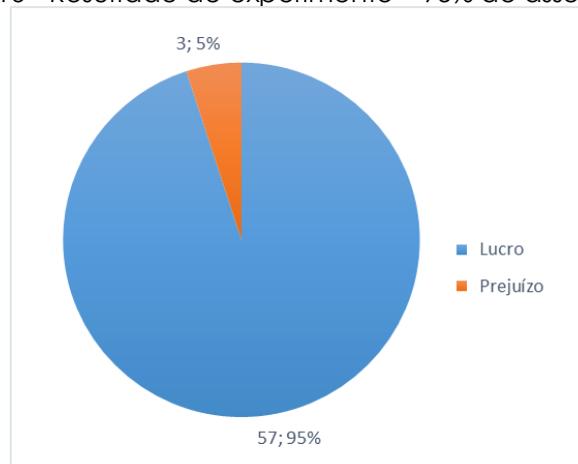


Eixo X: períodos de tempo.

Fonte: Os autores (2023).

É importante salientar que a medida que novos cenários são adicionados ao experimento, reduz-se a quantidade de registros que satisfaçam os critérios solicitados, porém percentualmente aumentamos o volume de êxito nas operações. Foram adicionados alguns parâmetros no experimento onde foi possível alcançar 95% de assertividade nas execuções de ordens, ou seja, a previsão dos comportamentos gerada pelo software gerou lucro em 95% das tentativas, equivalentes a 57 ordens e não obteve sucesso em três ordens, equivalente a 5% dos registros do experimento, Figura 16.

Figura 16 - Resultado de experimento – 95% de assertividade



Fonte: Os autores (2023).

Há uma hipótese de que essas ordens tenham tido comportamento não esperado em função dos fatores não controláveis do experimento como notícias econômicas, fatores geopolíticos, etc. A análise e aprofundamento dessas ordens não faz parte do escopo desse trabalho.

### **Avaliação (5ª fase)**

A quinta fase da pesquisa do DSR, chamada de Avaliação, no contexto desse trabalho, o artefato desenvolvido é fundamental para automatizar todo o processo de extração de dados e gerar insumos lógicos suficientes para a execução da análise das variáveis de resposta, sendo essas a representação dos comportamentos do mercado financeiro quando associados a um movimento de preço de um ativo.

Para Paiva (2008), os parâmetros calculados na ANOVA, no caso das variáveis de entrada relacionadas ao mercado financeiro RSI, MFI, MA200 e Bands, é possível criar e validar modelos estatísticos e da mesma forma calcular os coeficientes necessários para modelagem do processo com regressão múltipla, podendo ser linear.

### **Variável de resposta: previsão dos movimentos de valorização e desvalorização**

Foi adotado um nível de confiança de 95%, onde foi possível constatar que todos os fatores tiveram no campo *P-value* um valor inferior a 0,05. Portanto, com base no resultado estatístico, todos os fatores são considerados influentes no processo. Adicionalmente, conforme esperado, o coeficiente de determinação, R-sq (adj), obteve o valor de 8,19%, que indica que existem outros fatores que interferem diretamente na correlação entre os fatores de entrada e a variável de resposta, Figura 17.

Na execução da ANOVA sobre a variável resposta "Movimento de desvalorização", foi adotado um nível de confiança de 95%, onde foi possível constatar que todos os fatores tiveram no campo *P-value* um valor inferior a 0,05. Portanto, com base no resultado estatístico, todos os fatores são considerados influentes no processo. Adicionalmente, conforme esperado, o coeficiente de determinação, R-sq (adj), obteve o valor de 6,07%, que indica que existem outros fatores que interferem diretamente na correlação entre os fatores de entrada e a variável de resposta, Figura 18.

Figura 17 - ANOVA: variável de resposta Movimento de Valorização

Regression Analysis: Valorização versus RSI (99); MFI (99); High; Close; MA200 Análís; ...					
Method					
Categorical predictor coding (1; 0)					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	8	67670096	8458762	727,31	0,000
RSI (99)	1	1722455	1722455	148,10	0,000
MFI (99)	1	315144	315144	27,10	0,000
High	1	37930426	37930426	3261,35	0,000
Close	1	38268676	38268676	3290,44	0,000
MA200 Análise	2	163191	81595	7,02	0,001
Bands Análise	2	155571	77786	6,69	0,001
Error	65121	757374922	11630		
Lack-of-Fit	65101	757374219	11634	331,21	0,000
Pure Error	20	703	35		
Total	65129	825045018			
Model Summary					
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
	107,844	8,20%	8,19%	8,17%	

Fonte: Os autores (2023).

Figura 18 - ANOVA: variável de resposta Movimento de Desvalorização

Regression Analysis: Desvalorizaç versus RSI (99); MFI (99); Close; Low; MA200 Análís; .					
Method					
Categorical predictor coding (1; 0)					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	8	52119334	6514917	526,89	0,000
RSI (99)	1	1111365	1111365	89,88	0,000
MFI (99)	1	128378	128378	10,38	0,001
Close	1	30504889	30504889	2467,06	0,000
Low	1	30768198	30768198	2488,36	0,000
MA200 Análise	2	109873	54936	4,44	0,012
Bands Análise	2	311908	155954	12,61	0,000
Error	65121	805211560	12365		
Lack-of-Fit	65107	805209183	12367	72,83	0,000
Pure Error	14	2378	170		
Total	65129	857330895			
Model Summary					
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
	111,197	6,08%	6,07%	6,05%	

Fonte: Os autores (2023).

## Comunicação (6ª fase)

O primeiro software foi responsável por toda a camada de extração de informações, com o nome de *Extraction\_V07*, teve seu Registro de Programa de Computador (RPC) aceito no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI),

Figura 19.

Figura 19 - Revista de Propriedade Intelectual: primeiro software

<b>Processo: BR 51 2022 001766-0</b>	Código 730 - Expedição do Certificado de Registro
	Título: Extraction_V07
	Titular: RAFAEL MUNHOZ CARDOSO
	Criador: ERIK LEONEL LUCIANO; RAFAEL MUNHOZ CARDOSO; ROSINEI BATISTA RIBEIRO
	Linguagem: OUTROS
	Campo de Aplicação: AD-06
	Tipo de Programa: AT-01; AT-05; AT-07; CD-01; FA-01; GI-01; GI-04; GI-06; GI-08; IA-01; IA-02; SO-02; TC-03; TI-04
	Data da Criação: 07/07/2022

Fonte: Os autores (2023).

O segundo software foi responsável por gerar as informações analíticas usadas no DOE, com o nome de *Advanced Engineering Techniques for the Financial®*, teve seu Registro de Programa de Computador (RPC) aceito no INPI, Figura 20.

Figura 20 - Revista de Propriedade Intelectual: segundo software

<b>Processo: BR 51 2022 002520-5</b>	Código 730 - Expedição do Certificado de Registro
	Título: Social Flare.TECH - Advanced Engineering Techniques for the Financial Market v10.0
	Titular: RAFAEL MUNHOZ CARDOSO
	Criador: ERIK LEONEL LUCIANO; RAFAEL MUNHOZ CARDOSO; ROSINEI BATISTA RIBEIRO
	Linguagem: OUTROS
	Campo de Aplicação: AD-02; AD-06; EC-01; EC-02; EC-03; EC-04; EC-06; EC-07; EC-08; EC-09; FN-05; FN-06; IN-03; MT-04; MT-05; MT-06
	Tipo de Programa: AP-01; AT-01; AT-06; AV-01; CD-01; DS-04; DS-05; FA-01; GI-01; GI-04; GI-06; GI-08; IA-01; IA-02; IT-04; SO-04; TC-01; TC-02; UT-06

Fonte: Os autores (2023).

## Conclusão

Com base nas etapas de pesquisa, o software desenvolvido atendeu ao objetivo geral de fornecer informações analíticas para o planejamento de experimentos no mercado financeiro, permitindo uma análise e predição mais precisa dos comportamentos. Além disso, os objetivos específicos, como a extração de dados detalhados sobre o mercado financeiro e a manipulação ágil e consistente de grandes volumes de dados, foram alcançados com sucesso.

A análise estatística desempenhou um papel fundamental na validação do *software* e na evidenciação da influência das variáveis no processo. A utilização da análise de variância (ANOVA) como técnica estatística foi adequada para este estudo, porém sugere-se a aplicação de outras técnicas estatísticas avançadas em pesquisas futuras, como análise residual e multicolinearidade, a fim de aprofundar o conhecimento e a compreensão da dinâmica de comportamento das variáveis no mercado financeiro.

Exposto isso, as contribuições teóricas quando definem a inovação recombicante, notou-se ideias contemporâneas com adaptações num contexto atual que neste trabalho apresentou-se por meio da flexibilidade e adaptabilidade do DOE no mercado financeiro. O DOE iniciou sua aplicação em 1920 e especificamente neste trabalho reaplicou num contexto tecnológico e alta vulnerabilidade que é o mercado financeiro brasileiro e mundial.

Nas implicações gerenciais, identificou cenários que reduzem os riscos operacionais e aumentam a lucratividade. Esse é o impacto quando se fala em aplicar a metodologia técnica e as ferramentas de DOE no mercado financeiro. A metodologia permite que consiga entender a magnitude da movimentação de cada ativo financeiro de acordo com aquelas variáveis que se está imputando no sistema. Isso na prática significou saber com uma chance alta os momentos exatos de iniciar um investimento e de encerrá-lo.

Em relação a governança, por meio do *software* é possível rastrear todas as ações que estão sendo feitas, promovendo um índice maior de transparência para quem está consumindo o produto desenvolvido com um serviço em alta performance.

Em relação as limitações do trabalho, foi limitado a quantidade de variáveis e foi necessário demonstrar que a metodologia do *Design de Experiments* pode ser de fato aplicado no contexto do mercado financeiro na análise de redução de risco que visou aumentar da lucratividade nas operações.

Dos trabalhos futuros: a) embarcar a tecnologia como a inteligência artificial, *machine learning* para entender os fatores para automatizar os experimentos; e b) internacionalização do *software*.

## Referências

- ABUHASEL, K. A. Aggregate production optimization in a stone-crushing plant using the taguchi approach. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences*, [S. l.], v. 92, p. 71-76, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40010-020-00658-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40010-020-00658-0>. Acesso em: 22 jun. 2024.
- ALABSI, M.; FIELDS, T. Quadrotor aircraft intelligent system identification experiment design. *Proc. Inst. Mech. Eng., Part G: J. Aerosp. Eng.*, [S. l.], v. 233, n. 13, p. 4911-4925, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/0954410019833209>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0954410019833209>. Acesso em: 22 jun. 2024.
- AL-DAWALIBI, A.; AL-DALI, I. H.; ALKHAYYAL, B. A. Best marketing strategy selection using fractional factorial design with analytic hierarchy process. *MethodsX*, [S. l.], v. 7, 2020.
- ANTONY, J. *Design of experiments for engineers and scientists*. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2021.
- ANTONY, J. Introduction to industrial experimentation. In: ANTONY, J. *Design of experiments for engineers and scientists*. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2014. p. 1-5.
- AQUEVEQUE, P.; RADRIGAN, L.; MORALES, A. S.; WILLENBRINCK, E. Development of a cyber-physical system to monitor early failures detection in vibrating screens. *IEEE Access*, [S. l.], v. 9, p. 145866-145885, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3118283. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9559996/authors#authors>. Acesso em: 22 jun. 2024.
- BARROS NETO, B. de; SCARMINO, I. S.; BRUNS, R. E. *Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- BEHERA, S. K.; MEENA, H.; CHAKRABORTY, S.; MEIKAP, B. C. Application of response surface methodology (RSM) for optimization of leaching parameters for ash reduction from low-grade coal. *International Journal of Mining Science and Technology*, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 621-629, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.04.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209526861830257X?via%3Dihub>. Acesso em: 25 ago. 2024.
- BOSCHMA, R.; IAMMARINO, S. Related variety, trade linkages, and regional growth in Italy. *Economic geography*, Massachusetts, v. 85, n. 3, p. 289-311, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2009.01034.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1944-8287.2009.01034.x>. Acesso em: 23 ago. 2024.
- BRITO, O. *Mercado financeiro*. 3. ed. São Paulo: Saraiva Uni, 2019.

BROWN, T.; KATZ, B. *Design thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D. *Planejamento de experimentos usando o statistica*. Rio de Janeiro: Ed. E-papers, 2003.

CHESBROUGH, H. To recover faster from Covid-19, open up: managerial implications from an open innovation perspective. *Industrial Marketing Management*, Nova York, v. 88, p. 410-413, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.04.010>.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001985012030300X>. Acesso em: 15 ago. 2023.

DEYLAMI, S.; HOSSEINI SABZEVARI, M.; GHAEDI, M.; AHMADI AZQHANDI, M. H.; MARAHEL, F. Efficient photodegradation of insulfine blue dye ant tetracycline over robust and green g-CN/Ag<sub>3</sub>VO<sub>4</sub>/PAN nanofibers: experimental design, RSM, RBF-NN and ANFIS modelling. *Process Safety and Environmental Protection*, Rugby, v. 169, p. 71-81, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.10.080>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582022009454?via%3Dihub>. Acesso em: 22 jun. 2024.

DRESCH, A. *Design science e design science research como artefatos metodológicos para engenharia de produção*. 2013. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.

DRESH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. *Design science research: métodos de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DURAKOVIC, B. Design of experiments application, concepts, examples: state of the art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, Sarajevo, v. 5, n. 3, p. 421-439, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21533/pen.v5i3.145>. Disponível em: <http://pen.ius.edu.ba/index.php/pen/article/view/145>. Acesso em: 15 ago. 2023.

ELDER, A. *Como se tornar um operador e investidor de sucesso: psicologia, controle de risco, ferramentas e sistemas de trading, gerenciamento de operações, disciplina*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2003.

FLEMING, L. Recombinant uncertainty in technological search. *Management Science*, [S. l.], v. 47, n. 1, p. 117-132, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.47.1.117.10671>. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/mnsc.47.1.117.10671>. Acesso em: 15 ago. 2023.

GAMEIRO, M. G. *Mercado forex: tudo que você precisa saber começar a ganhar dinheiro*. [S. l.]: [s. n.], 2004.

GILMAN, J.; WALLS, L.; BANDIERA, L.; MENOLASCINA, F. Statistical design of experiments for synthetic biology. *ACS Synth Biol*, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 1-18, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.1021/acssynbio.0c00385>. Disponível em:  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssynbio.0c00385>. Acesso em: 22 jun. 2024.

GOMES, A. F. *Agile: desenvolvimento de software com entregas frequentes e foco no valor de negócio*. [São Paulo]: Casa do Código, 2014.

GONZÁLEZ-ALVAREZ, R. J.; NARANJO-RODRÍGUEZ, I.; HERNÁNDEZ-ARTIGA, M. P.; PALACIOS-SANTANDER, J. M.; CUBILLANA-AGUILERA, L.; BELLIDO-MILLA, D. Experimental design applied to optimization of silica nanoparticles size obtained by nanosynthesis. *J. Sol-Gel Sci. Technol*, Dordrecht, v. 80, p. 378–388, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10971-016-4129-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10971-016-4129-6>. Acesso em: 22 jun. 2024.

GOVAERTS, B.; FRANCO, B.; MARION, R.; MARTIN, M.; THIEL, M. The essentials on linear regression, ANOVA, general linear and linear mixed models for the chemist. In: BROWN, S.; TAULER, R.; WALCZAK, B. (ed.). *Comprehensive chemometrics*. 2. ed. [S. l.]: Elsevier, 2020. p. 431-463.

GUO, H.; METTAS, A. Design of experiments and data analysis. In: ANNUAL RELIABILITY AND MAINTAINABILITY SYMPOSIUM, 2010, San Jose. *Anais [...]*. San Jose: IEEE, 2010. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/view/34579877/design-of-experiments-and-data-analysis-reliasoft>. Acesso em: 20 abr. 2023.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, Minneapolis, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004. DOI: <https://doi.org/10.2307/25148625>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25148625>. Acesso em: 20 abr. 2023.

HUMAIRAH, R.; ANNISA, D.; MOULANA, R.; MAULIDA, A.; SUPARDAN, M. D.; SYAMSUDDIN, Y.; SATRIANA. Optimization of avocado oil solvent extraction assisted by CaCO<sub>3</sub> as coadjuvant using response surface methodology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, [S. l.], v. 1290, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1290/1/012013>. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1290/1/012013>. Acesso em: 27 ago. 2024.

KALTENBACH, H. M. Principles of experimental design. In: KALTENBACH, H. M. *Statistical design and analysis of biological experiments*. [S. l.]: Springer, 2021. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69641-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69641-2_1). Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-69641-2\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-69641-2_1). Acesso em: 27 ago. 2024. p. 1-13.

KIKUGAVA, C. K.; SOBREIRA, I. P. *Aplicação de planejamento de experimentos para análise de parâmetros em uma linha de perfumes em uma empresa de cosméticos*. 2022. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2022.

LEE, B. C. Y.; MAHTAB, M. S.; NEO, T. H.; FAROOQI, I. H.; KHURSHEED, A. A comprehensive review of design of experiment (DOE) for water and wastewater treatment application: key concepts, methodology and contextualized application.

J. *Water Process Eng*, [S. l.], v. 47, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102673>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714422001167?via%3Dihub>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ROBÔ investidor: o que é, como funciona e quando vale a pena usar? *FIA Business School*, São Paulo, 10 nov. 2023. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/robo-investidor/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

LEMOS, F. A. C. de. *Análise técnica dos mercados financeiros: um guia completo e definitivo dos métodos de negociação de ativos*. São Paulo: Saraiva, 2015.

LICHTMAN, J. K. *Automação de investimentos*. 2019. 75 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/202125>. Acesso em: 27 ago. 2024.

MARCH, S. T.; STOREY, V. C. Design science in the information systems discipline: an introduction to the special issue on design science research. *MIS Quarterly*, [S. l.], v. 32, n. 4, p. 725-730, 2008. DOI: <https://doi.org/10.2307/25148869>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25148869>. Acesso em: 22 jun. 2024.

MERCADO financeiro: o que é e como funciona: entenda quais são os tipos de produtos financeiros que esse ambiente negocia e o quanto descomplicado esse universo pode ser. *Santander Brasil*, [S. l.], 24 jun. 2024. Disponível em: <https://www.santander.com.br/blog/mercado-financieiro-o-que-e-como-funciona>. Acesso em: 25 ago. 2024.

MONTGOMERY, D. C. *Design and analysis of experiments*. 8. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 2013.

MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

NAHARRO, I. N. *Forex ao alcance de todos*. [S. l.]: Editora independente, 2018.

PAIVA, E. J. de. *Otimização de manufatura com múltiplas respostas baseadas em índices de capacidade*. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2008.

PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERG, M. A.; CHATTERJEE, S. A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, Armonk, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007. DOI: <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2753/MIS0742-1222240302>. Acesso em: 22 jun. 2024.

REIS, T. Suporte e resistência: aprenda esses dois conceitos da análise técnica. *Suno*, São Paulo, 3 dez. 2018. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/suporte-e-resistencia/>. Acesso em: 27 ago. 2024.

SEABRA, R. D.; DRUMMOND, I. N.; GOMES, F. C. Análise comparativa de linguagens de programação a partir de problemas clássicos da computação. *Revista de Sistemas e Computação*, Salvador, v. 8, n. 1, p. 56-76, 2018. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rsc/article/view/5133>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SILVA, F. S. G.; SILVA, F. C. S. da. Planejamento e análise de cadeia da produção sucroenergética utilizando cana-energia como matéria-prima. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 40., 2020, Foz do Iguaçu. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126134/planejamento-e-analise-de-cadeia-da-producao-sucroenergetica-utilizando-cana-energia-como-materia-prima>. Acesso em: 25 ago. 2024.

TELFORD, J. K. A brief introduction to design of experiments. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, Silver Spring, v. 27, n. 3, p. 224-232, 2007. Disponível em: <https://www.jhuapl.edu/Content/techdigest/pdf/V27-N03/27-03-Telford.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.

TIDD, J.; BESSANT, J. *Gestão da inovação*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.

VOM BROCKE, J.; HEVNER, A.; MAEDCHE, A. Introduction to design science research. In: VOM BROCKE, J.; HEVNER, A.; MAEDCHE, A. (ed.). *Design science research: cases*. [S. l.]: Springer, 2020. p. 1-13. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_1). Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-46781-4\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-46781-4_1). Acesso em: 25 ago. 2024.

WANG, H. *et al.* Process development and optimization of linagliptin aided by the design of experiments (doe). *Organic Process Research and Development*, Washington, v. 26, n. 12, p. 3254-3264, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.oprd.2c00230>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.oprd.2c00230>. Acesso em: 24 ago. 2024.

WHITFORD, W.; LUNDGREN, M.; FAIRBANK, A. Cell culture media in bioprocessing. In: JAGSCHIES, G.; LINDSKOG, E.; LACKI, K.; GALLIHER, P. (ed.). *Biopharmaceutical processing: development, design and implementation of manufacturing processes*. [S. l.]: Elsevier, 2018. p. 147-162.

YOU, M. *et al.* Efficient mAb production in CHO cells with optimized signal peptide, codon, and UTR. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Berlim, v. 102, p. 5953-5964, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8986-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-018-8986-5>. Acesso em: 25 ago. 2024.

ZHANG, Y.; HULT, G. T. M.; KETCHEN JUNIOR, D. J.; CALANTONE, R. J. Effects of firm-, industry-, and country-level innovation on firm performance. *Marketing Letters*, Dordrecht, v. 31, p. 231-245, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11002-020-09530-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11002-020-09530-y>. Acesso em: 24 ago. 2024.