

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM  
SISTEMAS PRODUTIVOS

RAFAEL MUNHOZ CARDOSO

INOVAÇÃO RECOMBINANTE: DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA  
APLICAÇÃO DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DOE) COMO FERRAMENTA DE APOIO  
À ANÁLISE E PREDIÇÃO DE COMPORTAMENTOS NO MERCADO FINANCEIRO

São Paulo

Março/2023

RAFAEL MUNHOZ CARDOSO

INOVAÇÃO RECOMBINANTE: DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA  
APLICAÇÃO DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DOE) COMO FERRAMENTA DE APOIO  
À ANÁLISE E PREDIÇÃO DE COMPORTAMENTOS NO MERCADO FINANCEIRO

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação do Prof. Dr. Rosinei Batista Ribeiro.

Área de Concentração: Sistemas Produtivos

São Paulo

Março/2023

Cardoso, Rafael Munhoz

C268i Inovação recombinante: desenvolvimento de um software para aplicação do *design of experiments (DOE)* como ferramenta de apoio à análise e predição de comportamentos no mercado financeiro / Rafael Munhoz Cardoso. – São Paulo: CPS, 2023.

66 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Rosinei Batista Ribeiro

Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2023.

1. Gestão da inovação. 2. Inovação recombinante. 3. Planejamento de experimentos. 4. Mercado financeiro. 5. Predição de comportamentos. I. Ribeiro, Rosinei Batista. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

RAFAEL MUNHOZ CARDOSO

INOVAÇÃO RECOMBINANTE: DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA  
APLICAÇÃO DO *DESIGN OF EXPERIMENTS* (DOE) COMO FERRAMENTA DE APOIO  
À ANÁLISE E PREDIÇÃO DE COMPORTAMENTOS NO MERCADO FINANCEIRO

---

Prof. Dr. Rosinei Batista Ribeiro  
Orientador – CEETEPS

---

Prof. Dr. Messias Borges Silva  
Examinador Externo – UNESP – Campus Guaratinguetá

---

Profa. Dra. Eliane Antônio Simões  
Examinador Interno - CEETEPS

São Paulo, 30 de março de 2023.

Dedico esse trabalho a Marcos Antônio Mendes Cardoso, meu pai, que comemorou o privilégio de iniciar nesse programa e hoje segue nos motivando em memória. Que seu exemplo de inteligência, honestidade e generosidade seja sempre lembrado e seguido.

## AGRADECIMENTOS

A minha família, que a todo tempo me motivou e incentivou para que chegássemos juntos até aqui diante de tantas surpresas, nem sempre boas, que tivemos ao longo dessa jornada. Em vocês encontro a minha paz e a minha motivação – muito obrigado, família.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rosinei Batista Ribeiro que, de modo brilhante, enxergou o potencial do projeto quando tudo não passava de uma ideia e com muita serenidade e parceria fez desse projeto algo tão prazeroso. Tenho plena convicção que esse é só o começo – muito obrigado mestre.

Aos professores Profa. Dra. Eliane Antônio Simões, Prof. Dr. Antônio Cesar Galhardi, Prof. Dr. Fabrício José Piacenti, Prof. Dr. Marcelo Tsuguo Okano, Prof. Dr. Alexandre Formigoni e Prof. Dr. Napoleão Verardi Galeale que sempre terão o meu respeito, admiração e gratidão por tantas contribuições e trocas de experiências recebidas durante o programa – muito obrigado professores.

Ao amigo Cristie Diego Pimenta, que movido a desafios, não mediu esforços para apoiar esse projeto, encarando-o quase que como um desafio pessoal. Muito obrigado meu amigo.

Ao amigo Erik Leonel Luciano, que nos momentos mais difíceis teve criatividade e flexibilidade para solucionar os problemas e seguir em frente. Muito obrigado meu amigo.

Energia é o que tensiona o arco.

Decisão é o que solta a flecha.

(Sun Tsu)

## RESUMO

CARDOSO, R. M. **INOVAÇÃO RECOMBINANTE**: Desenvolvimento de um software para aplicação do *Design of Experiments* (DOE) como ferramenta de apoio à análise e predição de comportamentos no Mercado Financeiro. 66f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2023.

Este estudo apresenta o desenvolvimento de um software avançado para análise e predição no mercado financeiro, baseado na inovação recombinate e no Design of Experiments (DOE). O objetivo principal foi criar um artefato tecnológico que fornecesse análises e previsões mais precisas comparadas às abordagens tradicionais. O software foi projetado com ênfase na simplicidade, rapidez e versatilidade, oferecendo uma interface intuitiva para manipulação eficiente de dados financeiros. A metodologia de pesquisa adotada foi o Design Science Research (DSR), permitindo a validação contínua e os ajustes necessários durante o processo de desenvolvimento. Os resultados obtidos comprovaram que o software atingiu seus objetivos, fornecendo informações analíticas valiosas para o planejamento de experimentos e permitindo uma análise mais precisa do comportamento dos ativos financeiros. A utilização do DOE no software agilizou o processo de análise de dados, identificando os principais fatores que influenciam as variáveis de resposta no mercado financeiro. Esse trabalho representa um avanço significativo na área, oferecendo uma ferramenta poderosa para tomada de decisões informadas e precisas no mercado financeiro, com potencial para futuras pesquisas e inovações nesse campo promissor. Linha de Pesquisa 3: Gestão da Inovação Tecnológica e Sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Gestão da Inovação. Inovação recombinate. Planejamento de Experimentos. Mercado Financeiro. Predição de Comportamentos.

## ABSTRACT

CARDOSO, R. M. **RECOMBINANT INNOVATION**: Development of software for the application of Design of Experiments (DOE) as a tool to support the analysis and prediction of behavior in the Financial Market. 66f. Dissertation (Professional Master in Management and Technology in Productive Systems). State Center for Technological Education Paula Souza, São Paulo, 2023.

This study presents the development of advanced software for analysis and prediction in the financial market, based on recombinant innovation and Design of Experiments (DOE). The main objective was to create a technological artifact that provides more accurate analyses and predictions compared to traditional approaches. The software was designed with an emphasis on simplicity, speed, and versatility, offering an intuitive interface for efficient manipulation of financial data. The research methodology adopted was Design Science Research (DSR), allowing for continuous validation and necessary adjustments during the development process. The results obtained confirmed that the software achieved its objectives by providing valuable analytical information for experimental planning and enabling a more precise analysis of the behavior of financial assets. The use of DOE in the software expedited the data analysis process by identifying key factors influencing the response variables in the financial market. This work represents a significant advancement in the field, offering a powerful tool for making informed and precise decisions in the financial market, with potential for future research and innovations in this promising field. Research Line 3: Technological Innovation Management and Sustainability.

Keywords: Innovation Management. Recombinant Innovation. Design of Experiments. Financial Market. Prediction of Behaviors.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Aplicações do DOE.....	22
Quadro 2:	DSR: Os sete critérios para condução de pesquisas .....	32
Quadro 3:	Identificação do Problema .....	35
Quadro 4:	Blocagem dos fatores – versão 01 .....	37
Quadro 5:	Blocagem dos fatores – versão 02 .....	38
Quadro 6:	Blocagem dos fatores – Versão 03.....	38
Quadro 7:	Blocagem dos fatores – Versão 04.....	38
Quadro 8:	Blocagem dos fatores – Versão 05.....	39
Quadro 9:	DOE – Variáveis de Resposta.....	43
Quadro 10:	Assertividade das extrações .....	46

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Estrutura geral do DOE.....	22
Figura 2:	Fases do planejamento de experimentos.....	23
Figura 3:	Fases do Produto .....	24
Figura 4:	Zonas de Suporte e Resistência.....	28
Figura 5:	Classificação da Pesquisa .....	33
Figura 6:	Estrutura dos artefatos.....	35
Figura 7:	Otimização da arquitetura .....	41
Figura 8:	Extraction for Financial Market – Versão inicial em execução.....	42
Figura 9:	Logs de execução .....	43
Figura 10:	DOE e Mercado Financeiro .....	44
Figura 11:	Validação do desempenho .....	46
Figura 12:	Análise das variáveis resposta .....	47
Figura 13:	Pontos otimizados .....	48
Figura 14:	Influência de fatores – inicial.....	488
Figura 15:	Influência de fatores – ajustado .....	49
Figura 16:	Resultado de experimento – 95% de assertividade.....	50
Figura 17:	ANOVA: variável de resposta Movimento de Valorização.....	51
Figura 18:	ANOVA: Variável de resposta Movimento de Desvalorização .....	52
Figura 19:	Revista de Propriedade Intelectual: Primeiro software.....	533
Figura 20:	Certificado de Registro de Programa de Computador – Primeiro software ...	533
Figura 21:	Revista de Propriedade Intelectual: Segundo software.....	54
Figura 22:	Certificado de Registro de Programa de Computador – Segundo software .....	54
Figura 23:	Contexto da pesquisa .....	55

## LISTA DE SIGLAS

AEFM	<i>Advanced Engineering for the Financial Market</i>
ANOVA	<i>Analysis of variance</i>
BCB	Banco Central do Brasil
CRPC	Certificado de Registro de Programa de Computador
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
DL	<i>Deep Learning</i>
DOE	<i>Design of Experiments</i>
DSR	<i>Resign Science Research</i>
EFM	<i>Extraction for Financial Market</i>
INPI	<i>Instituto Nacional de Propriedade Intelectual</i>
MFI	<i>Money Flow Index</i>
MT5	<i>Meta Trader 5</i>
MQ	<i>Meta Quotes</i>
MQL5	<i>Meta Quotes Language 5</i>
RPC	Registro de Programa de Computador
RPI	Revista de Propriedade Intelectual
RSI	<i>Relative Strength Index</i>
TF	<i>Time Frame</i>

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 <i>Questão da pesquisa</i> .....	18
1.2 <i>Objetivo Geral</i> .....	18
1.3 <i>Objetivo Específico</i> .....	18
1.4 <i>Aderência ao Programa de Pós-Graduação</i> .....	19
1.5 <i>Delimitação da Pesquisa</i> .....	19
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	20
2.1. <i>Design e Planejamento de Experimentos (DOE)</i> .....	20
2.1.1 <i>Estrutura geral do Design e Planejamento de Experimentos</i> .....	21
2.1.2 <i>Fases do Planejamento de Experimentos</i> .....	22
2.2. <i>Gestão da Inovação</i> .....	23
2.2.1 <i>Estratégia da Inovação</i> .....	24
2.2.2 <i>Processo de Inovação</i> .....	25
2.2.3 <i>Inovação Recombinante</i> .....	26
2.3 <i>Mercado Financeiro</i> .....	27
2.3.1 <i>Análise de dados</i> .....	27
2.3.2 <i>Padrões gráficos – Zonas de Suporte e Resistência</i> .....	27
2.3.3 <i>Algoritmos de negociação</i> .....	29
2.3.4 <i>Gerenciamento de risco</i> .....	29
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	31
3.1. <i>Design Science Research</i> .....	31
3.2. <i>Classificação da Pesquisa</i> .....	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
4.1 <i>Identificação do Problema – DOE e Mercado Financeiro (1ª Fase)</i> .....	35
4.2 <i>Definição dos resultados esperados – Previsão de comportamentos (2ª Fase)</i> .....	36
4.3 <i>Projeto e desenvolvimento dos softwares (3ª Fase)</i> .....	39
4.3.1 <i>Fases do desenvolvimento dos artefatos</i> .....	39
4.3.2 <i>Entrega do primeiro software – Extraction for Financial Market</i> .....	41
4.3.3 <i>Entrega do segundo software – Advanced Engineering for Financial Market</i> .....	43
4.4 <i>Demonstração do software (4ª Fase)</i> .....	45
4.4.1 <i>Análise de desempenho na extração dos dados financeiros</i> .....	45
4.4.2 <i>Análise de integridade das informações</i> .....	46
4.4.3 <i>Informações analíticas de grandes volumes de dados</i> .....	46

4.5 Avaliação (5ª Fase) .....	50
4.5.1 Variável de resposta: Previsão dos movimentos de valorização .....	51
4.5.2 Variável de resposta: Previsão dos movimentos de desvalorização .....	52
4.6 Comunicação (6ª Fase) .....	52
4.7. Discussões complementares sobre o tema.....	54
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>*REFERÊNCIAS</b> .....	<b>58</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>62</b>
<b>ANEXO 2</b> .....	<b>65</b>
<b>ANEXO 3</b> .....	<b>66</b>

## INTRODUÇÃO

A aplicação do Design of Experiments (DOE) como uma técnica promissora para a predição de comportamentos no mercado financeiro está fundamentada em diversos estudos e pesquisas. Autores como Vom Brocke e Buddendick (2014), Figueiredo et al. (2019), Jogdeo et al. (2018), Kumar & Srivastava (2018), Chowdhury et al. (2019), Antony (2014), Silva et al. (2019), Shao et al. (2020), Antony et al. (2021), De Brito (2019), Almeida e Nascimento (2019), Leite e Mello (2020), Ferreira e Freitas (2021), Calantone et al. (2020), Stamm (2009) e Bessante (2015) têm contribuído para a compreensão e aplicação do DOE no contexto do mercado financeiro.

O DOE permite identificar as variáveis críticas que afetam o mercado financeiro e otimizar suas condições de operação, resultando em um melhor desempenho e maior precisão nas previsões de tendências futuras. Essa abordagem estatística tem sido amplamente aplicada em diversos campos da ciência e indústria, incluindo a otimização de produtos, processos e extração de informações valiosas.

No contexto do mercado financeiro, o DOE apresenta vantagens significativas em relação a outras técnicas de análise, como a análise técnica e a análise fundamentalista. Essas vantagens incluem a capacidade de identificar relações não lineares e interações entre diferentes variáveis, bem como lidar com a complexidade e volatilidade do mercado financeiro.

Considerando a importância da previsão de comportamentos no mercado financeiro para investidores e instituições financeiras, a necessidade de uma solução inovadora e diferenciada se torna evidente. Portanto, o desenvolvimento de um artefato baseado na metodologia Design Science Research, que seja um software mais simples, rápido, de fácil acesso e com versatilidade para o processo decisório em relação ao mercado financeiro, se apresenta como uma solução relevante e promissora.

Esse software, desenvolvido como resultado deste trabalho, terá como objetivo fornecer informações analíticas para a execução de planejamento de experimentos (DOE) no mercado financeiro, permitindo uma análise e predição mais precisa dos comportamentos. Ele será construído considerando a inovação recombinante, que busca combinar ideias antigas em contextos novos, visando criar soluções disruptivas.

Assim, essa pesquisa contribuirá para a área de finanças e sistemas produtivos, fornecendo novas metodologias de análise e previsão de comportamentos no mercado financeiro. Espera-se que essa abordagem resulte em tomadas de decisões mais assertivas e redução dos riscos associados aos investimentos, atendendo às necessidades dos investidores e instituições financeiras no cenário dinâmico e desafiador do mercado financeiro.

A previsão de comportamentos no mercado financeiro é uma atividade crucial para investidores e instituições financeiras. Existem diversas técnicas disponíveis para realizar essa previsão, como a análise técnica e a análise fundamentalista. No entanto, essas abordagens tradicionais nem sempre são suficientemente precisas ou ágeis para lidar com a complexidade e volatilidade do mercado financeiro.

Nesse contexto, a aplicação do Design of Experiments (DOE) tem se destacado como uma técnica promissora para a predição de comportamentos. O DOE permite a realização de experimentos controlados para entender como as variáveis afetam o comportamento do mercado financeiro. Complementar a outras técnicas, como a análise técnica e a análise fundamentalista, o DOE permite uma compreensão mais profunda e baseada em dados do mercado, reduzindo a incerteza e aumentando a precisão das previsões de tendências futuras.

Além disso, o DOE também permite a identificação de relações não lineares e interações entre diferentes variáveis, o que pode não ser capturado por outras técnicas de análise. Isso é especialmente relevante em um contexto de grande complexidade, como o mercado financeiro, que envolve fatores políticos, econômicos e sociais, entre outros.

Para resolver os desafios enfrentados na previsão de comportamentos no mercado financeiro e oferecer uma solução inovadora e diferenciada, este trabalho propõe o desenvolvimento de um artefato baseado na metodologia Design Science Research. O artefato será um software projetado especificamente para o mercado financeiro, utilizando o DOE como uma abordagem central.

Com a criação desse artefato, pretende-se oferecer aos investidores e instituições financeiras uma ferramenta poderosa e inovadora para a previsão de comportamentos no mercado financeiro. Através da extração, processamento e análise de grandes volumes de dados financeiros, esse software fornecerá informações analíticas valiosas, permitindo uma compreensão mais profunda e embasada do mercado.

No contexto do mercado financeiro e da gestão da inovação, a escolha do Design of Experiments (DOE) como ferramenta de predição e análise de comportamentos apresenta características e vantagens distintas em relação a outras técnicas disponíveis. Primeiramente, é importante destacar que o DOE permite a realização de experimentos controlados, o que o difere de outras abordagens estatísticas, como a regressão. Enquanto a regressão busca identificar relações de causa e efeito entre variáveis, o DOE vai além, permitindo a análise de interações complexas entre múltiplas variáveis e sua influência sobre o comportamento do mercado financeiro. Isso se torna crucial em um contexto dinâmico e volátil como o mercado financeiro, onde a relação entre as variáveis muitas vezes não é linear e pode haver interações

não triviais.

Além disso, o DOE tem a capacidade de identificar as variáveis críticas que afetam o mercado financeiro e otimizar suas condições de operação para alcançar um melhor desempenho. Isso possibilita uma análise mais aprofundada e precisa do mercado, reduzindo a incerteza e aumentando a eficiência das previsões de tendências futuras. Em contraste, outras técnicas, como a análise técnica e a análise fundamentalista, podem não capturar as relações complexas e interações entre as variáveis de maneira tão abrangente e detalhada.

Ao adotar o DOE como instrumento de predição no mercado financeiro, o software desenvolvido pelo Rafael se diferencia das soluções existentes no mercado ao oferecer uma abordagem mais abrangente e precisa para entender e prever os comportamentos do mercado financeiro. Enquanto outras ferramentas podem se basear em análises estatísticas mais simples ou em abordagens mais tradicionais, o DOE permite explorar a complexidade do mercado financeiro, identificar relações não lineares e interações entre variáveis e otimizar as condições de operação para obter melhores resultados.

Em relação à gestão da inovação no mercado financeiro, a aplicação do DOE como ferramenta de apoio oferece benefícios significativos. Por meio do desenvolvimento do software de análise e previsão de comportamentos no mercado financeiro baseado no DOE, a gestão da inovação se beneficiará ao obter uma compreensão mais profunda e baseada em dados do mercado financeiro, permitindo a identificação de oportunidades de negócio e a tomada de decisões mais assertivas.

A abordagem inovadora do uso do DOE no mercado financeiro reside na sua capacidade de lidar com a complexidade e a volatilidade desse ambiente, além de explorar interações e relações não lineares entre variáveis que podem ser cruciais para a previsão de comportamentos. Essa inovação se traduz em uma vantagem competitiva para investidores e instituições financeiras, pois proporciona uma visão mais precisa e abrangente do mercado, reduzindo os riscos e aumentando as oportunidades de lucro.

Portanto, a escolha do DOE como ferramenta de predição no mercado financeiro, aliada à gestão da inovação e ao desenvolvimento do software proposto, traz benefícios significativos em relação às abordagens convencionais, permitindo uma análise mais aprofundada, tomada de decisões mais assertivas e uma visão mais precisa e abrangente do mercado financeiro.

Desta forma, pretende-se neste trabalho, nos moldes da inovação recombinate, explorar o processo de desenvolvimento de um software como ferramenta de apoio à predição de comportamentos e tomada de decisão no mercado financeiro por meio das técnicas e ferramentas do design e delineamento de experimentos.

### **1.1 Questão da pesquisa**

Como o uso do *Design of Experiments* (DOE) pode ser aplicado no desenvolvimento de um software simples, rápido e de fácil acesso, com versatilidade para auxiliar no processo decisório em relação ao mercado financeiro, e qual é a eficácia desse software em comparação às abordagens tradicionais de análise e predição?

### **1.2 Objetivo Geral**

Desenvolver um software baseado no *Design of Experiments* (DOE) para análise e predição de comportamentos no mercado financeiro, com características de simplicidade, rapidez, facilidade de acesso e versatilidade, e avaliar sua eficácia em comparação às abordagens tradicionais de análise financeira.

### **1.3 Objetivos específicos**

Pesquisar e compreender os princípios e metodologias do *Design of Experiments* (DOE) aplicados ao mercado financeiro.

Projetar e desenvolver um software que utilize o DOE como base para a análise e predição de comportamentos no mercado financeiro.

Implementar funcionalidades no software que permitam a manipulação e o processamento eficiente de grandes volumes de dados financeiros.

Realizar experimentos controlados utilizando o software desenvolvido, comparando suas previsões com dados reais do mercado financeiro.

Avaliar a eficácia do software em termos de precisão e acurácia das previsões em relação às abordagens tradicionais de análise e predição financeira.

Identificar as vantagens e limitações do uso do DOE no contexto do mercado financeiro, comparando-o com outras técnicas de análise utilizadas.

Propor melhorias e refinamentos no software com base nos resultados e aprendizados obtidos ao longo do estudo.

Esses objetivos têm como finalidade contribuir para a compreensão e aplicação do *Design of Experiments* (DOE) no mercado financeiro, bem como desenvolver um software eficaz, que seja simples, rápido e de fácil acesso, e que ofereça versatilidade no auxílio ao processo decisório em relação ao mercado financeiro. O estudo será conduzido seguindo a metodologia *Design Science Research* (DSR).

#### **1.4 Aderência ao Programa de Pós-Graduação**

Em convergência com o projeto de pesquisa Gestão e Desenvolvimento da Inovação para Criação de Valor da linha de pesquisa 3: Gestão da Inovação e Sustentabilidade, este trabalho descreve o processo de desenvolvimento de uma suíte de aplicações que, juntas, possibilitam a execução de extração, análise e execução das técnicas de Análise e Planejamento de Experimentos – DOE, comuns em ambientes industriais, em empresas de base tecnológica gerando valor na otimização de força de trabalho e apoio à tomada de decisões em sistemas produtivos de alta complexidade.

#### **1.5 Delimitação da Pesquisa**

O uso do DOE pode ser uma ferramenta eficaz para otimizar resultados de operações no mercado financeiro. Isso porque, ao se realizar um experimento por meio do DOE, é possível identificar e avaliar as principais variáveis que afetam o desempenho da operação e, a partir disso, encontrar a combinação ideal dessas variáveis que maximiza o resultado esperado. Dessa forma, o DOE pode ajudar a resolver problemas como a falta de precisão nas previsões de mercado, a falta de eficiência nos processos de tomada de decisão, e a redução do risco de perda financeira, além de poder ser utilizado para otimizar o uso de recursos e reduzir custos, aumentando a rentabilidade das operações financeiras.

A pesquisa está delimitada a explorar a concepção do artefato de software, transcorrendo todas as fases da metodologia Design Science Research e apresentando, para cada fase, todos os pontos críticos de análise e decisão que interferem diretamente no alcance dos objetivos planejados. A pesquisa limita-se ainda a evidenciar, por meio de teste estatístico, que as informações analíticas geradas pelo programa de computador são estatisticamente influentes no processo e que, portanto, podem servir de insumos para a análise do comportamento das variáveis de entrada sobre as variáveis de resposta nas técnicas de planejamento de experimentos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são abordados os principais tópicos que estão relacionados com essa pesquisa, como planejamento de experimentos, conceitos de inovação e mercado financeiro.

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

De acordo com Antony (2014), o DOE refere-se ao processo de planejar, projetar e analisar o experimento, de modo que conclusões válidas e objetivas possam ser obtidas de forma eficaz e eficiente. Um experimento, segundo Montgomery (2017), é uma série de 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 DOE é otimizar essa variável de resposta.

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). Embora tenham sido feitos esforços por parte de especialistas e profissionais em qualidade e estatística, o DOE ainda possui amplo espaço para novas aplicações nos mais diversos setores econômicos. Huairui Guo (2012) ressalta que a aplicação do DOE não se limita apenas à engenharia, e muitos casos de sucesso são encontrados em outras áreas.

De acordo com Rosa et al. (2009), Robin et al. (2010) e Souza et al. (2011), entre os métodos estatísticos mais apropriados para investigar variáveis influentes em processos, encontra-se o planejamento ou delineamento de experimentos (DOE). Esse método é utilizado para definir os fatores de entrada e as variáveis de resposta, planejar os experimentos e estabelecer a ordem de experimentação, a fim de obter resultados com a maior precisão estatística ao menor custo possível.

O design e planejamento de experimentos têm apoiado os negócios, gerando vantagem competitiva para as organizações. Raajpoot et al. (2008) mencionam algumas potenciais aplicações do DOE no ambiente de serviços, tais como:

- a) Identificar o processo-chave do serviço ou as variáveis do sistema que influenciam o desempenho do processo ou do sistema;
- b) Identificar os parâmetros de design de serviço que influenciam as características de qualidade do serviço ou as características críticas para a qualidade (CTQ) aos olhos dos clientes;
- c) Minimizar o tempo de resposta às reclamações dos clientes e erros nas ordens de serviço;

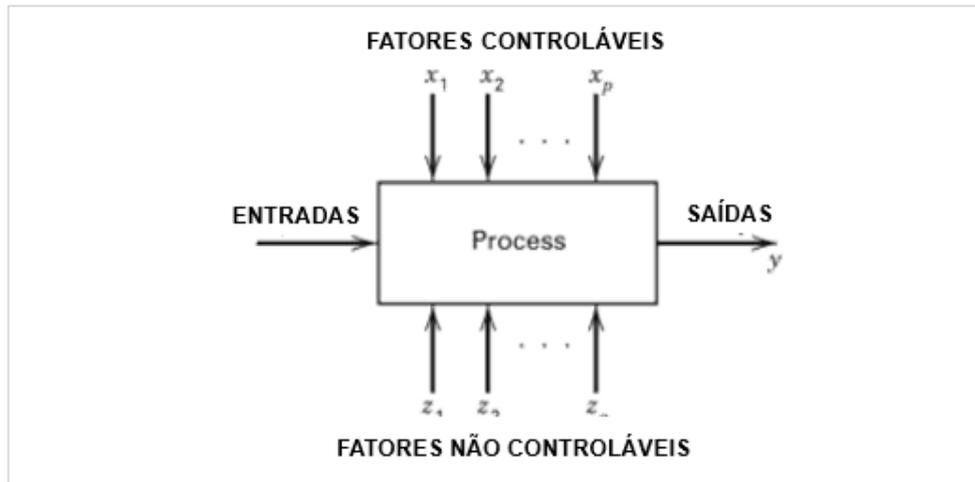
- d) Reduzir o tempo de entrega do serviço aos clientes (por exemplo, bancos, restaurantes, etc.);
- e) Fornecer uma melhor compreensão das relações de causa e efeito entre o que é feito e o que se quer alcançar, otimizando de forma mais eficiente o desempenho do sistema em que está sendo trabalhado;
- f) Reduzir o custo da qualidade devido ao retrabalho e à desinformação que levam a más tomadas de decisão;
- g) Criar uma clara vantagem competitiva sobre os concorrentes, uma vez que poucos estão cientes dessa poderosa técnica;
- h) Reduzir o tempo de resposta na produção de relatórios e assim por diante.

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

Um experimento consiste em uma sequência de testes estruturados com o objetivo de identificar os fatores que possuem maior influência sobre uma variável de resposta (Montgomery, 2017). Uma vez identificados esses fatores, a técnica de Planejamento de Experimentos (DOE) tem como principal objetivo otimizar essa variável de resposta.

O planejamento desses experimentos 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 (2018), o DOE 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. Essa estrutura do DOE é ilustrada por Montgomery (2017) na Figura 1.

Figura 1: Estrutura geral do DOE.



Fonte: Montgomery (2017).

Para Huairui (2012), são muitos os tipos de aplicação do DOE, destacando os principais usos do Planejamento de Experimento, Quadro 1:

Quadro 1: Aplicações do DOE.

Número	Aplicação	Descrição
1	Efeito de comparação	Comparação entre múltiplas opções para selecionar a melhor, utilizando testes estatísticos como Teste T, Teste Z ou Teste F.
2	Triagem variável	Experimentos fatoriais de dois níveis para selecionar fatores importantes (variáveis) que afetam o desempenho de um sistema, processo ou produto.
3	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.
4	Projeto robusto	Redução da variação em um sistema, processo ou produto sem eliminar suas causas. O design 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).

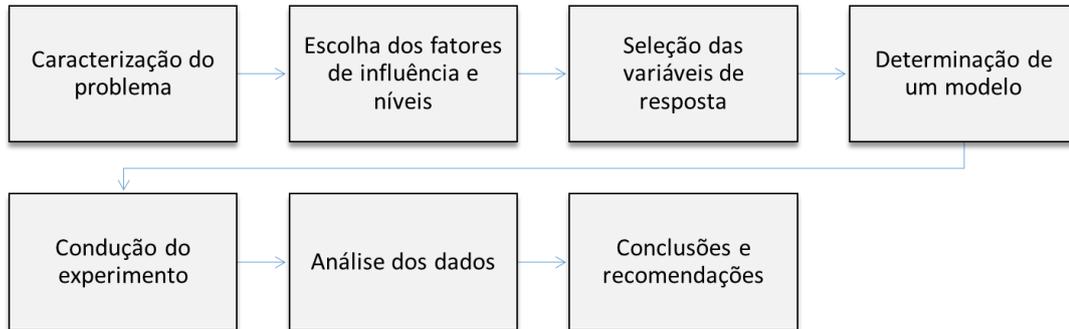
Fonte: Adaptado de Huairui (2012).

### 2.1.2 Fases do Planejamento de Experimentos

Embora existam diferenças de abordagem entre as fases essenciais do DOE, é possível identificar que a estrutura da metodologia, no geral, é muito próxima. Para Zahraee et al. (2013), o DOE é composto por uma sequência estruturada das quatro etapas: planejamento, execução do experimento e a análise dos dados experimentais coletados usando vários métodos

estatísticos para tirar conclusões válidas e objetivas. Para Montgomery (2017), existem sete fases fundamentais, que devem ser percorridas sequencialmente durante a execução do design e planejamento de experimentos, Figura 2.

Figura 2: Fases do planejamento de experimentos.



Fonte: Adaptado Montgomery (2017).

## 2.2 Gestão da Inovação

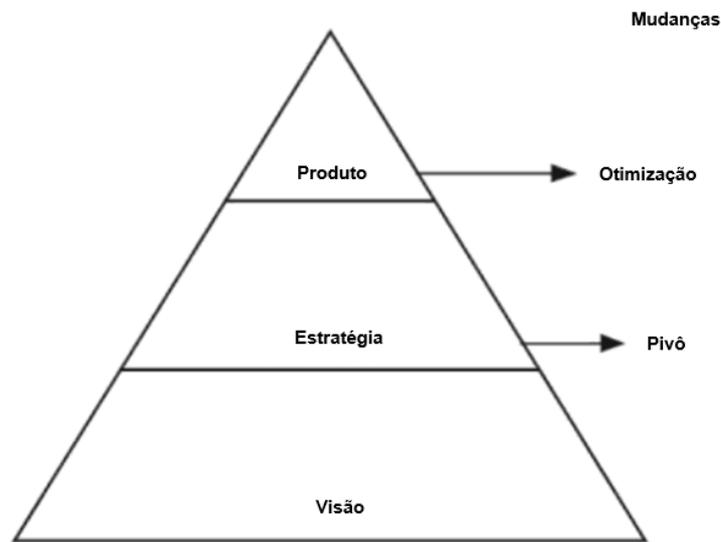
A gestão da inovação é um tema cada vez mais relevante no contexto empresarial, uma vez que a capacidade de inovar é uma das principais fontes de vantagem competitiva. Segundo Tidd, Bessant e Pavitt (2015), existem três tipos principais de inovação: a inovação incremental, que é caracterizada por melhorias 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.

Compreender esses tipos de inovação e saber identificar quais são mais adequados para cada contexto é essencial para a formulação de estratégias de inovação eficazes. Para Bessant (2015), sobre gestão da inovação, uma das suposições mais comuns sobre inovação é que sempre há algo novo, no entanto, a realidade é que existe muito espaço para transposições de ideias e aplicações comuns em um cenário que podem ser desconhecidas em outro. A combinação de ideias antigas em contextos novos é conhecida como Inovação recombinante.

A inovação está associada à introdução, com êxito, de um produto (ou serviço) no mercado ou de um processo, método ou sistema na organização. Essa implementação pode ser de algo que até então não existia ou que contém alguma característica nova e diferente do padrão em vigor (Finep, 2011). Assim, para ser considerada inovação, é preciso sua implementação e obtenção de vantagem em relação aos demais competidores do mercado. Segundo Mattos, Stoffel e Teixeira (2010), a inovação pode ser assim esquematizada: Inovação = Ideia +

Implementação de ações + Resultado. Nesse contexto Ries (2011) aponta as fases que um produto inovador geralmente percorre entre a sua idealização e seu lançamento otimização, Figura 3.

Figura 3: Fases do Produto e seus níveis hierárquicos



Fonte: Adaptado de Ries (2011).

Para Dankbaar (2003), a gestão da inovação tem muitas semelhanças com a gestão da tecnologia, que busca manter e melhorar a posição competitiva da empresa por meio do uso da tecnologia.

Escorsa Castells e Valls Pasola (2004) ressaltam que diferentes estudos tendem a lidar tanto com a inovação quanto com a gestão da tecnologia, tentando reunir ambos os conceitos sob um nome. Outra abordagem, historicamente muito comum, tem sido associar a gestão da inovação ao desenvolvimento de novos produtos. Tentando fazer a diferença, destaca dos demais, a importância da gestão do desenvolvimento e comercialização de novos produtos na gestão da inovação.

### 2.2.1 Estratégia da inovação

A estratégia de inovação é um elemento crucial para o sucesso das organizações, permitindo a criação de vantagem competitiva e a adaptação a um ambiente em constante mudança. Segundo Chesbrough e Rosenbloom (2018), a estratégia de inovação deve ser pensada em termos de um processo contínuo, que envolve a identificação de oportunidades de inovação, o desenvolvimento de ideias, a seleção de projetos e a implementação de soluções.

Para Van den Bosch e Volberda (2017) uma abordagem muito usada para a estratégia de inovação é a de organizacional ambidestra, que envolve a exploração de novas oportunidades de inovação, bem como a exploração de ativos existentes. Isso pode ser alcançado por meio da criação de estruturas organizacionais, complementares e flexíveis, que permitem a identificação e a seleção de projetos inovadores, ao mesmo tempo em que mantêm o foco nos negócios existentes. Para uma estratégia de inovação bem-sucedida, é fundamental que a cultura organizacional esteja alinhada com os objetivos de inovação.

Segundo Chiva e Alegre (2017), a cultura organizacional deve ser caracterizada pela abertura, confiança e comunicação, permitindo a colaboração e o compartilhamento de conhecimentos entre os membros da equipe. Além disso, a liderança deve desempenhar um papel fundamental na promoção de uma cultura de inovação, incentivando e recompensando a geração de novas ideias e o aprendizado com os erros (Birkinshaw e Gibson, 2017).

Por fim, é importante lembrar que a estratégia de inovação deve ser adaptada às necessidades e características específicas da organização. Conforme argumentado por Teece (2018), as empresas devem buscar um equilíbrio entre a criação de novas oportunidades de inovação e a exploração de suas capacidades existentes, levando em consideração sua missão, visão e valores. Em resumo, a estratégia de inovação é um elemento-chave para o sucesso das organizações em um ambiente em constante mudança. A adoção de uma abordagem ambidestra, a promoção de uma cultura de inovação e a adaptação às necessidades da organização são fatores importantes a serem considerados na definição da estratégia de inovação.

### **2.2.2 Processos de Inovação**

A inovação é um conceito fundamental para a sobrevivência e o sucesso das organizações na economia atual. Para promover a inovação, é necessário desenvolver e gerenciar processos que facilitem a criação e implementação de novas ideias, tecnologias e produtos. Segundo Marques et al. (2015), os processos de inovação podem ser divididos em três fases principais: ideação, desenvolvimento e implementação.

A fase de ideação, segundo Chesbrough (2019), 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, Bessant e Pavitt (2015), passadas as fases de ideação e desenvolvimento, a fase de implementação consiste na introdução das inovações no mercado. É fundamental garantir que os clientes entendam e valorizem as novas soluções. O lançamento de produtos piloto, a realização de testes de mercado e a comunicação eficaz são importantes nessa etapa. Além disso, é importante que os processos de inovação sejam flexíveis e adaptáveis, permitindo que a empresa possa fazer ajustes ao longo do caminho.

A gestão de riscos e a medição dos resultados também são importantes para avaliar o sucesso da inovação e garantir a sua continuidade (CHRISTENSEN; RAYNOR, 2013). Os processos de inovação são fundamentais para o sucesso das organizações na economia atual. A ideação, o desenvolvimento e a implementação são as três fases principais desse processo, e é importante que eles sejam flexíveis e adaptáveis para garantir que as empresas possam se manter competitivas e inovadoras.

### **2.2.3 Inovação Recombinante**

A inovação recombinate é uma abordagem fundamental que impulsiona a criação de soluções inovadoras ao combinar de forma não convencional diferentes elementos existentes. Ela 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). A inovação recombinate implica em romper as fronteiras tradicionais entre disciplinas, setores e áreas de conhecimento para criar novas combinações sinérgicas (Boschma et al., 2017). No contexto do desenvolvimento de um software para aplicação do *Design of Experiments* (DOE) no mercado financeiro, a inovação recombinate envolve a integração de conceitos e técnicas do DOE com a análise financeira, estatística, aprendizado de máquina e algoritmos avançados para proporcionar uma abordagem inovadora e abrangente na análise e previsão de comportamentos (Baptista et al., 2021).

Essa abordagem permite combinar diferentes perspectivas, metodologias e ferramentas para criar um software capaz de explorar as relações complexas entre variáveis financeiras, gerando insights valiosos para a tomada de decisões no mercado financeiro. A inovação recombinate, portanto, desempenha um papel crucial na concepção de soluções inovadoras para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades presentes no mercado financeiro, promovendo uma visão interdisciplinar e integrada para impulsionar a análise e a previsão de comportamentos financeiros.

## **2.3 Mercado Financeiro**

O mercado financeiro, de acordo com Fontes (2021), é um ambiente onde ocorrem transações envolvendo títulos e valores mobiliários, tais como ações, títulos públicos, debêntures, entre outros. Essas transações são intermediadas por instituições financeiras, corretoras de valores e bolsas de valores, que atuam como intermediárias entre os investidores.

Esse mercado é composto por diversos segmentos, incluindo ações, índices, títulos públicos, câmbio, entre outros. Cada segmento possui características específicas em relação aos ativos negociados e ao volume financeiro movimentado em determinado período. Segundo Gameiro (2004), o 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 \$2 trilhões de dólares diariamente, o mercado de ações de Nova Iorque opera com cerca de \$25 bilhões de dólares no mesmo período.

Todos esses mercados recebem significativos investimentos em tecnologia, com o objetivo de obter maior vantagem competitiva e maximizar os resultados das operações por meio da automação dos processos. A automação de operações no mercado financeiro é uma área de crescente importância, que abrange diversos tópicos relevantes. Entre os principais estão a análise de dados, os algoritmos de negociação e o gerenciamento de risco.

### **2.3.1 Análise de dados**

A análise de dados, que nesse projeto é apoiada pelo design e planejamento de experimentos, também é um tópico importante na automação de operações no mercado financeiro. Segundo Chen et al. (2018), essa área envolve o uso de técnicas de análise de dados para prever movimentos do mercado, analisar o desempenho de portfólios e identificar oportunidades de investimento.

O uso de aprendizado de máquina, inteligência artificial e outras técnicas de análise de dados é fundamental para a identificação de padrões e tendências no mercado financeiro. Existem diversos fatores que indicam um possível comportamento iminente, como padrões gráficos, fatores políticos e indicadores.

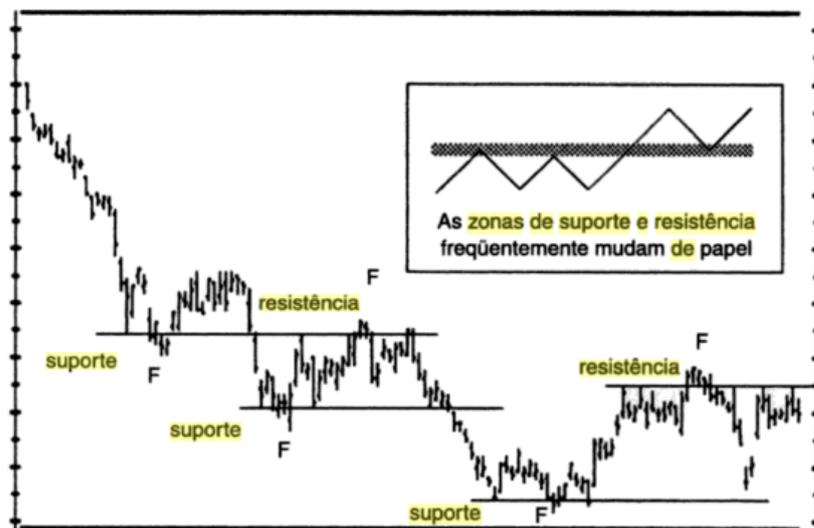
### **2.3.2 Padrões gráficos – Zonas de Suporte e Resistência**

As zonas de suporte e resistência são elementos importantes nas operações no mercado financeiro, uma vez que indicam níveis em que os preços podem sofrer reversão ou continuação de tendência. Segundo Pereira (2017), 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 aproveitar essas zonas, os investidores podem realizar estratégias de compra ou venda nos limites estabelecidos, buscando lucro com as movimentações do mercado. Assim, a identificação e compreensão dessas zonas é fundamental para o sucesso nas operações financeiras.

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. O suporte é representado no gráfico por uma linha horizontal ou quase horizontal que liga vários fundos. 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. As zonas de suporte e resistências são mostradas por uma linha horizontal ou quase horizontal, conectando vários suportes e resistências, Figura 4.

Figura 4: Zonas de Suporte e Resistência.



Fonte: 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. Quando o nível desse indicador está inferior a 20, significa que há uma situação de valorização próxima, ou seja, na

prática, uma compra do ativo em análise é recomendada porque o preço tende a subir. Além do RSI, outras variáveis da análise técnica podem indicar uma possível alteração no comportamento do instrumento financeiro, como indicadores de tendência, indicadores de volume, osciladores, padrões gráficos, entre outros.

### **2.3.3 Algoritmos de negociação**

Os algoritmos de negociação são utilizados para automatizar a execução de transações no mercado financeiro. De acordo com Zhang et al. (2018), esses algoritmos podem ser usados para detectar oportunidades de negociação, calcular riscos, tomar decisões de negociação e executar as transações automaticamente. Os algoritmos de negociação podem ser usados em muitos mercados financeiros diferentes, incluindo ações, opções, futuros e cambio. De acordo com a literatura, a utilização de algoritmos de operação tem se tornado cada vez mais popular no mercado financeiro, tanto por investidores individuais quanto por grandes instituições financeiras (FORTUNA, 2016). Essa popularidade se deve às vantagens que os algoritmos oferecem, como a agilidade nas operações, a redução do risco de erros humanos e a possibilidade de automatização de estratégias de investimento (BARBOSA; NEVES, 2018). Esses benefícios têm sido determinantes para a crescente adoção de algoritmos de operação no mercado financeiro.

Existem no mercado várias linguagens de programação que permitem aos operadores e programadores desenvolver 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). De acordo com Oliveira e de Souza (2017), a MQL5 é uma linguagem de alto nível, que permite aos programadores criar sistemas de negociação complexos com facilidade. Além disso, a MQL5 tem uma vasta biblioteca de funções construídas, o que ajuda os programadores a economizar tempo na criação de sistemas de negociação.

### **2.3.4 Gerenciamento de risco**

Segundo Crouhy, Galai e Mark (2019), a gestão de riscos busca identificar, avaliar e controlar os riscos associados às atividades financeiras, visando minimizar as possíveis perdas decorrentes desses riscos. Conforme a resolução nº 4.557 do Banco Central do Brasil (2019), a gestão de riscos permite que as empresas e investidores possam tomar decisões mais seguras, ao considerarem os riscos envolvidos em suas atividades. Além disso, a gestão de riscos é uma

exigência regulatória em muitos mercados financeiros, como forma de garantir a estabilidade e a solidez do sistema financeiro como um todo.

O gerenciamento de risco é outra área crítica na automação de operações no mercado financeiro. Conforme mencionado por Chang et al. (2017), a automação também pode ser usada para executar negociações com base em limites de risco predeterminados para ajudar a evitar perdas significativas. A implementação de sistemas automatizados de gerenciamento de risco que monitoram constantemente os investimentos e alertam os investidores sobre possíveis riscos é outro aspecto importante dessa área.

A gestão de risco recebe um enfoque importante no desenvolvimento desse projeto. Existem várias técnicas de operação automatizada que expõem o investidor a riscos desproporcionais na relação Risco X Lucro, como é o exemplo da técnica Martingale. A técnica de Martingale é uma estratégia popular entre os traders no mercado financeiro, que envolve dobrar a posição em cada negociação perdida, com o objetivo de recuperar as perdas acumuladas. No entanto, essa técnica pode ser extremamente arriscada e pode levar a perdas significativas. Conforme destacado por Feller (2015), a técnica de martingale é frequentemente utilizada por jogadores e apostadores para minimizar as perdas, mas pode levar a perdas catastróficas quando aplicada ao mercado financeiro, que é altamente volátil e imprevisível. Além disso, a técnica de martingale também pode levar a um aumento significativo do risco de ruína, conforme afirmado por Thorp (2017), que destaca que a técnica de martingale é uma receita para o desastre em situações de risco ilimitado, como o mercado financeiro.

### **3 METODOLOGIA**

Esta seção detalha os aspectos metodológicos da pesquisa, incluindo a caracterização da abordagem de Design Science Research (DSR), o procedimento adotado e o detalhamento das etapas percorridas.

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

De acordo com Simon (1996), é uma abordagem enraizada na engenharia e nas ciências do artificial, sendo essencial em um paradigma de solução de problemas, buscando aprimorar o conhecimento humano por meio da criação de artefatos e da geração de conhecimento de design, conhecido como Design Knowledge (DK), para oferecer soluções inovadoras para problemas do mundo real (HEVNER, MARCH, PARK e RAM, 2004).

A metodologia tem se mostrado apropriada para desenvolver soluções inovadoras em diversas áreas. No contexto do mercado financeiro, a automação de operações tem se tornado cada vez mais relevante devido à complexidade e à grande quantidade de dados envolvidos nas transações financeiras. Nesse contexto, a aplicação da metodologia DSR para criar um robô de automação de operações no mercado financeiro pode proporcionar uma abordagem sistemática e rigorosa para o desenvolvimento de soluções que atendam às necessidades e expectativas dos usuários. Além disso, a metodologia DSR permite a validação da solução por meio de testes práticos, garantindo sua eficácia e aceitação pelo mercado.

Conforme Bayazit (2004), a Design Science Research (DSR) é a base epistemológica quando se trata do estudo do que é artificial, sendo o método que operacionaliza e fundamenta a condução da pesquisa quando o objetivo a ser alcançado é um artefato, como é o caso deste trabalho em que o artefato desenvolvido será um software. Além disso, a pesquisa fundamentada na Design Science pode ocorrer tanto no âmbito acadêmico quanto nas organizações.

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.

Partindo do pressuposto de que a DSR tem como resultado a concepção de um artefato, Hevner et al. (2004) identificam sete critérios que devem ser considerados para a execução da metodologia, Quadro 2.

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

<b>Nº</b>	<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
1	Design como artefato	As pesquisas 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	A pesquisa conduzida pelo método DRS deve prover contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas dos artefatos desenvolvidos.
5	Rigor da pesquisa	A 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 satisfação as leis que regem o ambiente em que o problema está sendo estudado.
7	Comunicação da pesquisa	As pesquisas conduzidas pelo DSR devem ser apresentadas tanto para o público mais orientado a tecnologia quanto para aquele mais orientado a gestão.

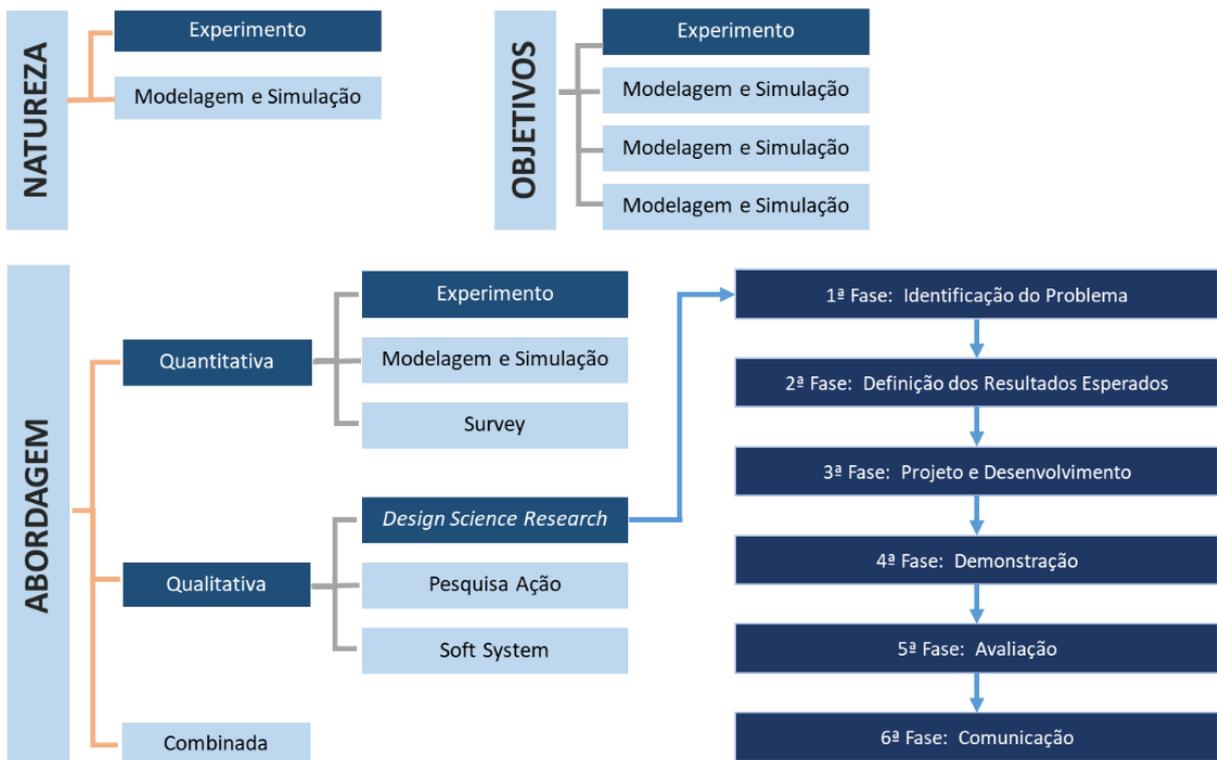
Fonte: Adaptado de Hevner et al. (2004).

Para Dresh (2008), 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). 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).

### 3.2 Classificação da pesquisa

Este estudo é classificado como uma pesquisa de caráter qualitativo, exploratório e experimental. O procedimento metodológico para o desenvolvimento e prototipação do software segue as fases da metodologia Design Science Research. De forma sucinta, a Figura 5 sintetiza a classificação da presente pesquisa em relação à sua natureza, abordagem, método e objetivo.

Figura 5: Classificação da Pesquisa aplicada ao trabalho.



Fonte: O autor, 2023.

**1ª Fase: Identificação do problema:** identificar a necessidade de uma ferramenta que permita a aplicação do DOE no mercado financeiro, fornecendo informações analíticas e auxiliando no processo decisório.

**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.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo é apresentado o desenvolvimento dos dois artefatos de software gerados nesse trabalho, transcorrendo cada uma das fases do DSR, bem como as nuances que cada fase teve desde a definição clara dos objetivos do projeto até a concepção e validação do artefato.

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

A fase de Identificação do problema, segundo Peffers et al. (2007), tem como objetivo esclarecer os pontos que motivam a pesquisa, criando então a estrutura lógica de todo o projeto. Os problemas pesquisados nesse trabalho estão relacionados no Quadro 3.

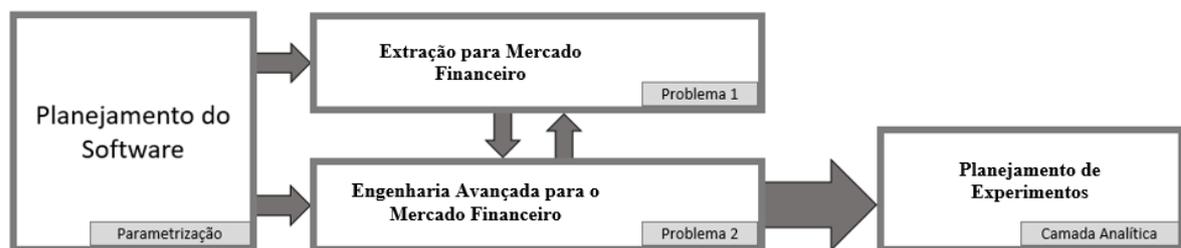
Quadro 3: Identificação do Problema e suas descrições

<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 Design 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: O autor (2023).

A Figura 6, apresenta 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.

Figura 6: Estrutura dos artefatos e seus sequenciamento de processos



Fonte: O autor (2023).

Foi adotada para o desenvolvimento uma metodologia híbrida, que concentra boa parte do esforço na etapa de Planejamento do Software e nas suas ligações com o DOE. Encerrada essa etapa, 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 ele será. Por outro lado, quanto mais adaptativo, maior será sua aderência e flexibilidade para que seja otimizado com maior eficiência em diferentes contextos.

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.

#### **4.2 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 (2003), os três princípios básicos de um planejamento de experimentos são replicação, aleatoriedade e blocagem. Cada um desses princípios tem um alinhamento ao software, fundamental para que as informações geradas permitam a análise e avaliação dos comportamentos das variáveis de resposta:

##### **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:**

Esse princípio quando é usado em operações digitais como é o objeto de estudo desse projeto, tem uma vantagem expressiva quando comparado ao seu modelo de execução mais comum na indústria em linhas de produção. 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

### **Blocagem nos principais cenários e indicadores financeiros:**

Segundo Montgomery (2013), a técnica de blocagem é executada com o propósito de melhorar a precisão da comparação entre fatores de interesse, podendo ser empregadas em planejamentos 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.

Esse agrupamento, quando realizado de maneira adequada, aumenta o desempenho do modelo e reduz a quantidade de repetições necessárias para validar o comportamento das variáveis de saída. Por outro lado, um agrupamento acima dos parâmetros esperados por ocultar comportamentos importantes das variáveis de resposta, fazendo com que os experimentos precisem de um número consideravelmente maior de execuções.

Nesse projeto, 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, conforme Figura 1 abaixo, foram consideradas apenas duas variáveis *Relative Strength Index* e *Money Flow Index*, RSI e MFI, respectivamente, com valores de 1 a 100. Percebeu-se que nessa versão havia a necessidade de mais informações de variáveis de entrada e o desempenho poderia ser melhor para volumes grandes de execução. Nessa versão era possível executar os experimentos com 10.000 possíveis arranjos entre as duas variáveis, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Blocagem dos fatores (variáveis e valores) – versão 01

Variáveis		Possíveis valores																
Variável 01	RSI	1	2	3	4	5	6	7	...	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Variável 02	MFI	1	2	3	4	5	6	7	...	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Fonte: O autor (2023).

A versão foi realizada com a blocagem em 10 níveis, conforme os níveis mostrados na Figura 1 anteriormente. Nessa versão a quantidade de arranjos foi reduzida para apenas 100 possíveis arranjos que melhorou consideravelmente a performance das extrações e execuções, Quadro 5.

Quadro 5: Blocação 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: O autor (2023).

Na próxima versão da blocação foi adicionada uma nova variável denominada TF (*Time Frame*) e aumentada a blocação das outras variáveis chegando a 75 possíveis arranjos, Quadro 6:

Quadro 6: Blocação dos fatores – Versão 03.

Timeframe	RSI	MFI
5 minutos	Sobrecompra severa	Sobrecompra severa
1 hora	Sobrecompra moderada	Sobrecompra moderada
4 horas	Neutro	Neutro
	Sobrevenda moderada	Sobrevenda moderada
	Sobrevenda severa	Sobrevenda severa

Fonte: O autor (2023).

Na próxima blocação, foi percebido que a variável TF não apresentava influência no modelo e foi excluída. Duas novas variáveis foram adicionadas ao modelo que são *Moving Average 200 (MA200)* e *Bands*. As quatro variáveis, nos seus respectivos níveis de blocação, totalizaram 225 arranjos possíveis, Quadro 7:

Quadro 7: Blocação dos fatores – Versão 04.

RSI	MFI	MA200	Bands
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: O autor (2023).

Na última versão da blocação dos fatores antes do início da etapa de desenvolvimento

do software, percebeu-se que para as variáveis RSI e MFI, os níveis anteriormente bloqueados que estavam sendo designados como “Sobrecompra moderada” e “Sobrevenida moderada” apresentavam ruído sobre as variáveis de resposta e consumiam processamento da aplicação sem que novos resultados fossem gerados. Como alternativa, o nível de neutralidade do modelo, classificado com “Neutro” na bloqueagem dos fatores, foi estendido e considerados também os níveis de “Sobrecompra” e “Sobrevenida”. Nessa versão, após todos os ajustes, foi possível obter um desempenho satisfatório da aplicação com retorno de informações suficientes para análise com o total de 81 possíveis arranjos, Quadro 8.

Quadro 8: Bloqueagem dos fatores – Versão 05.

Timeframe	RSI	MFI	MA200	Bands
5 minutos	Alto	Alto	Oscilação na máxima	Oscilação na máxima
1 hora	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
4 horas	Baixo	Baixo	Oscilação na mínima	Oscilação na mínima

Fonte: O autor (2023).

### 4.3 Projeto e desenvolvimento dos softwares (3ª Fase)

#### 4.3.1 Fases do desenvolvimento dos artefatos:

**a) Definição da arquitetura:** A primeira versão da arquitetura do software 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 com o propósito de buscar os dados dos quais derivam todas as análises e interações junto ao DOE. O segundo fator, escalabilidade, dá-se pela necessidade de expandir tanto os modelos de dados previstos, quanto as quantidades de parâmetros e níveis de influências a serem analisados.

**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:** A fase de estabelecimento de integração com as bases de dados de instrumentos financeiros 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:** Na etapa de tradução, os dados brutos são tratados de modo que as análises possam ser realizadas. 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:** Nessa 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. Com a blocagem das variáveis de entrada há um aumento substancial de consumo de poder computacional no software.

**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. A atualização da camada de extração incorre em aumento imediato no volume de processamento das informações, o que torna a arquitetura inicial impraticável sob a ótica de escalabilidade dados. Fowler, Martin (2009), aponta diversos fatores da arquitetura do software que estão relacionados ao desempenho, entre eles o tempo de resposta, a agilidade de resposta, latência, *throughput* e sensibilidade de carga. Todos esses fatores tiveram que ser revisados para garantir o desempenho da aplicação.

Na primeira versão, foi homologada com sucesso e gerava as informações de maneira correta, Figura 7.

Figura 7: Otimização da arquitetura.



Fonte: O autor (2023).

No entanto, a medida que as análises foram ganhando robustez e exigindo um volume maior de informações notou-se um problema crítico de desempenho que, para aquele momento, inviabilizava a continuidade da análise. 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 5 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. A rastreabilidade das ações é de grande importância para comparação dos resultados obtidos com o *DOE*, assim como analisar a origem das informações obtidas com os dados brutos, antes das etapas de tradução e transformação dos dados.

#### 4.3.2 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.

A coleta de dados puros permitiu que nas etapas seguintes, durante as tarefas de replicação, aleatoriedade e blocagem, existissem informações suficientes para tratamento e observação das variáveis de resposta com relação aos parâmetros controláveis e não controláveis coletados.

No protótipo da primeira versão da aplicação foi extraído de maneira automática informações com as variáveis de entrada RSI e MFI, Figura 8:

Figura 8: Extraction for Financial Market – Versão inicial em execução



Fonte: O autor (2023).

O desenvolvimento da aplicação, no que tange ao conjunto de informações tidos como pré-requisitos para execução do planejamento de experimentos, ocorreu conforme planejado. Durante a fase de desenvolvimento, em alinhamento com a metodologia ágil adotada, algumas funcionalidades tiveram a sua prioridade aumentada a medida que as análises foram ganhando maturidade e robustez, 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", fazendo com que os preços dos mesmos ativos em mercados diferentes convirjam. Como resultado, os tipos de câmbio, o preço das mercadorias e o preço dos instrumentos financeiros tendem a convergir em todos os mercados.

**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 design e planejamento de experimentos em grandes volumes de dados. Desse modo, fazer com que a

coleta que é um dos processos executados em maior quantidade durante a análise dos experimentos ocorra, primordialmente, com desempenho satisfatório como apresentado com destaque em vermelho uma quantidade de 62.712 registros coletados em um tempo total inferior a cinco segundos (00:00:04.110), Figura 9.

Figura 9: 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: O autor (2023).

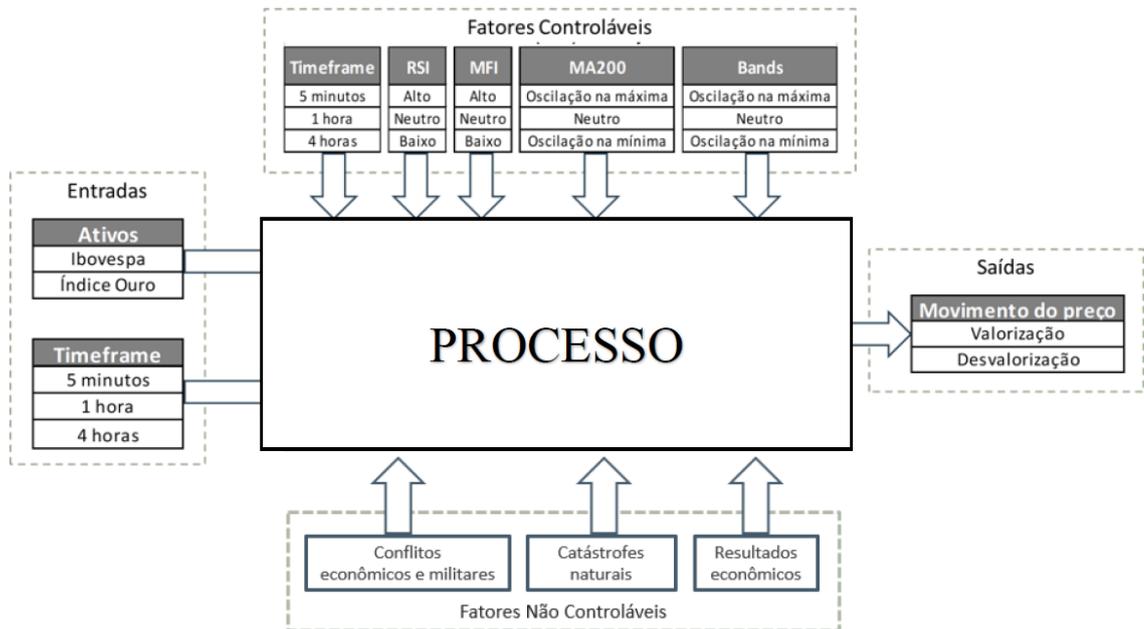
**c) Validação da integridade na coleta dos dados:** A validação da coleta de dados é, também, uma etapa crítica do processo de desenvolvimento. Devido ao grande volume de dados buscado das fontes de dados, instabilidades podem provocar a coleta e armazenamento de informações inconsistentes que, por sua vez, irão provocar análises com informações erradas e por conseguinte dificuldade na interpretação dos comportamentos das variáveis de resposta ou mesmo interpretações equivocadas. Na Figura acima é possível observar uma fase denominada “Finalização do processamento: SUCESSO”. Nessa etapa ocorre uma análise amostral dos valores armazenados e, na condição de algum valor apresentar qualquer discrepância por menor que seja, apresenta-se “FALHA” e o processo é submetido para uma nova extração.

**d) Rastreabilidade das ações executadas por meio do software:** Por fim, a etapa de rastreabilidade armazena dados referente a todas execuções e extrações realizadas pela aplicação, garantindo a segurança e rastreabilidade das ações. Essa funcionalidade tem grande importância para eventuais consultas e auditorias sobre os valores coletados, assim como evidenciar os momentos em que as consultas foram obtidas junto a suas fontes de dados.

#### 4.3.3 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 DOE. Na Figura 10, é possível observar o esquema de informações extraídas, tratadas e visualizadas sobre o modelo do DOE.

Figura 10: DOE e Mercado Financeiro.



Fonte: O autor (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. Vale salientar que a aplicação adequa-se automaticamente aos parâmetros de preços dos ativos, quantidade de casas decimais, disponibilidade no mercado, etc. essa característica aumenta consideravelmente o leque de possibilidade 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 se possa medir e analisar seu nível de influência sobre as variáveis de resposta. No modelo acima, 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*. Vale salientar que a aplicação está preparada, sob as perspectivas de estrutura, controles e desempenho, para trabalhar com outras variáveis de acordo com o tipo da análise que estiver sendo realizada.

**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 acima, são exemplificados como fatores não controláveis conflitos econômicos e militares, catástrofes naturais e indicadores econômicos.

**g) Variáveis de resposta – comportamento esperado do ativo financeiro:** Essas variáveis de resposta são consideradas as informações mais importantes de todos os insumos gerados pelo software, permanecendo armazenados os comportamentos gerados pela execução do mercado nos instrumentos financeiros sob a influência dos fatores controláveis previamente parametrizados. 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: DOE - Variáveis de Resposta e seus objetivos.

Variável	Objetivo
Valorização_Máxima ↑	Medir qual o foi o valor máximo alcançado durante as oscilações de preço para uma quantidade de períodos previamente parametrizada na aplicação. A cada período, o valor máximo é substituído por outro ainda mais alto (caso haja) de acordo com a equação abaixo:  <b>Valorização_Máxima = HIGH (do período) - CLOSE (do período)</b>
Desvalorização_Máxima ↓	Medir qual o foi o valor mínimo alcançado durante as oscilações de preço para uma quantidade de períodos previamente parametrizada na aplicação. A cada período, o valor mínimo é substituído por outro ainda menor (caso haja) de acordo com a equação abaixo:  <b>Desvalorização_Máxima = LOW (do período) - CLOSE (do período)</b>

Fonte: O autor (2023).

#### 4.4 Demonstração do software (4ª Fase)

A fase de Demonstração, segundo Peffers et al. (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 2 problemas levantados na fase inicial da metodologia Design Science Research.

##### 4.4.1 Análise de desempenho na extração dos dados financeiros

Um dos principais fatores de sucesso do projeto é a capacidade de converter grandes volumes de dados em informações analíticas estruturadas. Desse modo o fator desempenho passa a ser o primeiro item a requerer validação pois, esse item não estando validado, pode

inviabilizar todo o restante do projeto.

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 9 segundos, Figura 11.

Figura 1: 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: O autor (2023).

#### 4.4.2 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, Quadro 10.

Quadro 10: 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: O autor (2023).

#### 4.4.3 Informações analíticas de grandes volumes de dados

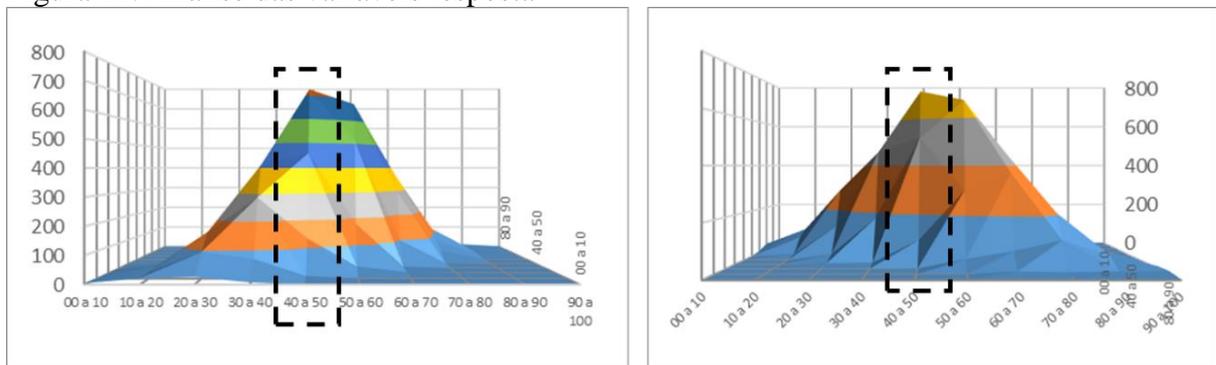
As extrações exploradas anteriormente geram, por meio do segundo software desenvolvido, informações analíticas que permitem a combinação de fatores com o propósito de se encontrar correlação entre comportamentos, bem como o estudo exploratório dos níveis

de influência entre esses fatores gerados entre esses fatores. Para exemplificar a análise das variáveis, a seguir serão apresentados arranjos entre esses fatores.

Na Figura 6, apresentado anteriormente, 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.

Observa-se 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), Figura 12.

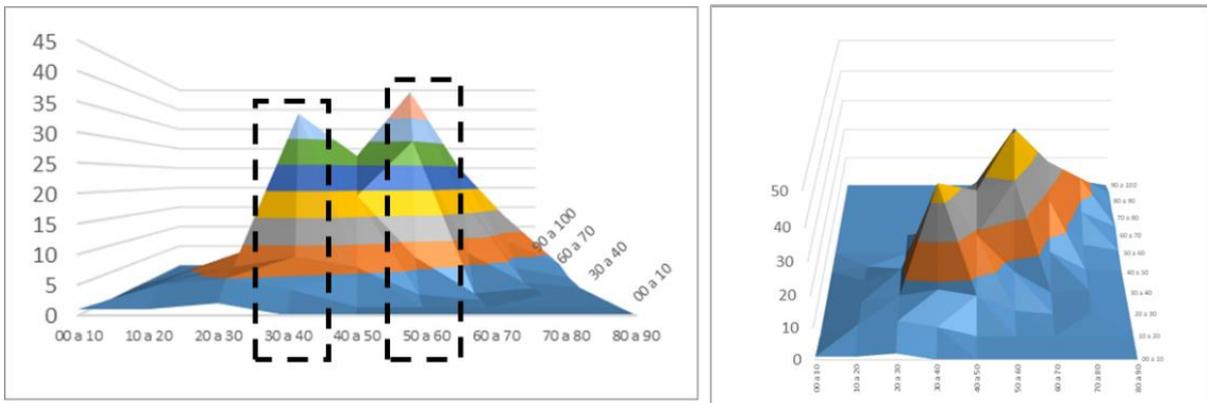
Figura 12: Análise das variáveis resposta



Fonte: O autor (2023).

Alterando os níveis das variáveis do modelo analítico, é possível perceber diferentes comportamentos nos instrumentos financeiros a medida que o nível dessas variáveis é aumentado ou diminuído. A Figura 13 apresenta 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.

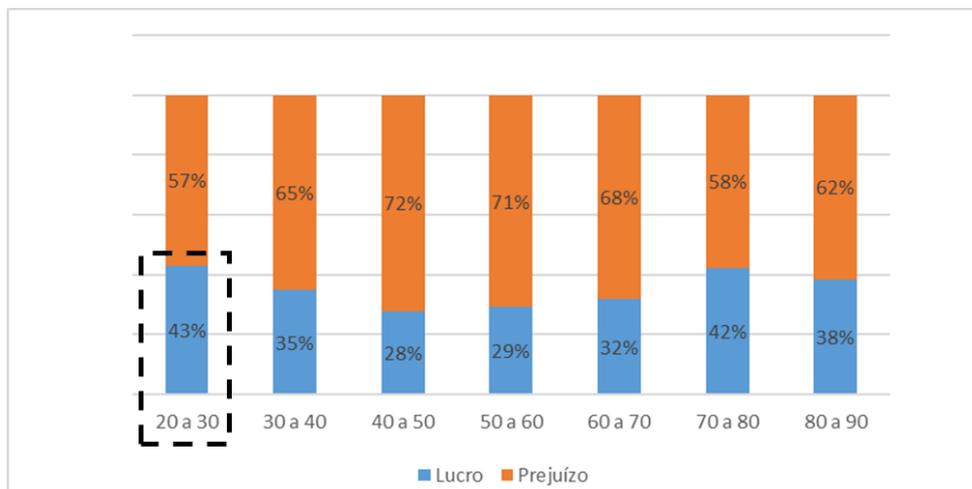
Figura 13: Pontos otimizados.



Fonte: O autor (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. Na Figura 8 foi apresentado 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, percebeu-se que o nível da variável RSI que apresenta o melhor resultado, ou seja, tem o maior percentual de operações classificadas como “Lucro” foi a faixa de “20 a 30” que entrega 43% operações encerradas com lucro superior a 300 pontos, Figura 14.

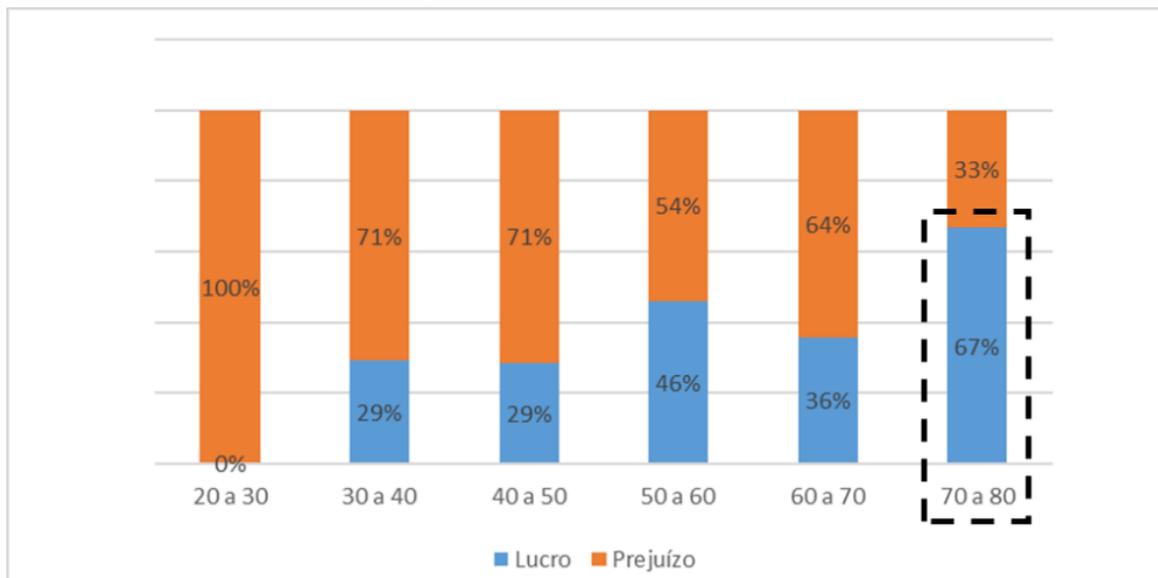
Figura 14: Influência de fatores – inicial.



Fonte: O autor (2023).

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.

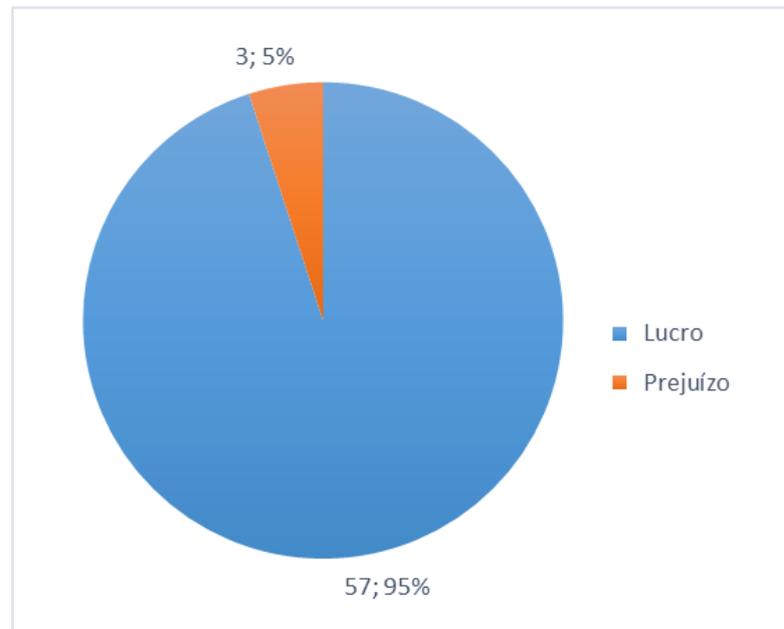
Figura 15: Influência de fatores – ajustado.



Fonte: O autor (2023).

O desenvolvimento do software possibilitou que cenários complementares fossem adicionados gradativamente ao experimento, mensurando os impactos de cada cenário individualmente e quando testados em grupo. 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 3 ordens, equivalente a 5% dos registros do experimento, Figura 16.

Figura 2: Resultado de experimento – 95% de assertividade.



Fonte: O autor (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.

#### 4.5 Avaliação (5ª Fase)

A quinta fase da pesquisa do DSR, chamada de Avaliação, segundo Peffers et al. (2007), serve para observar e medir como o artefato se comporta ao solucionar o problema que está sendo pesquisado. 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, sendo esse movimento de valorização – preço aumentando, ou desvalorização – preço diminuindo. Com o apoio do software, essas análises podem permitir a previsão de comportamentos do mercado financeiro e, por conseguinte, que sejam tomadas ações para aumentar a competitividade e redução dos riscos inerentes as operações.

Para Montgomery e Runger (2009), entre os métodos estatísticos, a anova, do inglês *Analysis Of Variance*, é um método estatístico que complementa o design e planejamento de experimentos, no qual o principal objetivo é interpretar os dados experimentais, nas tomadas

de decisões, e para validar estatisticamente o comportamento das médias dos resultados em suas diferentes condições.

Para Paiva (2006) 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. A validação estatística por meio da ANOVA ocorreu nas duas principais variáveis de resposta geradas pelo artefato: Movimento de valorização e Movimento de desvalorização.

#### 4.5.1 Variável de resposta: Previsão dos movimentos de valorização

Para Antony (2014) para tirar conclusões estatisticamente sólidas do experimento, é necessário integrar métodos estatísticos simples e poderosos na metodologia de projeto experimental. 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.

Figura 3: ANOVA: variável de resposta Movimento de Valorização.

Regression Analysis: Valorização versus RSI (99); MFI (99); High; Close; MA200 Anális; ...					
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: O autor (2023).

#### 4.5.2 Variável de resposta: Previsão dos movimentos de desvalorização

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.

Figura18: ANOVA: Variável de resposta Movimento de Desvalorização.

Regression Analysis: Desvalorizaç versus RSI (99); MFI (99); Close; Low; MA200 Anális; .					
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: O autor (2023).

#### 4.6 Comunicação (6ª Fase)

A comunicação do projeto, por meio dos artefatos produzidos, conforme Peffers et al. (2007), encerra todas as fases do DSR. A comunicação sobre os artefatos produzidos, bem como a sua relevância para o a sociedade e academia estão feitas por meio deste trabalho e formalmente registradas no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), conforme registros abaixo e inclusão da sessão apêndice.

**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 INPI conforme publicação oficial da Revista de Propriedade Intelectual (RPI) de número 2689, em 19 de julho de 2022, Figura 19.

Figura 19: Revista de Propriedade Intelectual: Primeiro software.

<b>Processo:</b> BR 51 2022 001766-0	<b>Data da Criação:</b> 07/07/2022
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: O autor (2023).

O Certificado de Registro de Programa de Computador (CRPC) foi expedido em 19 de julho de 2022, com o número de registro BR 51 2022 001766-0, Figura 20.

Figura 20: Certificado de Registro de Programa de Computador – Primeiro software.



Fonte: O autor (2023).

**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 conforme publicação oficial da Revista de Propriedade Intelectual (RPI) de número 2698, em 20 de Setembro de 2022, Figura 21.

Figura 4: Revista de Propriedade Intelectual: Segundo software.

---

**Processo:** BR 51 2022 002520-5      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: O autor (2023).

O Certificado de Registro de Programa de Computador (CRPC) foi expedido em 02 de setembro de 2022, com o número de registro BR 51 2022 002520-5, Figura 22.

Figura 22: Certificado de Registro de Programa de Computador – Segundo software.



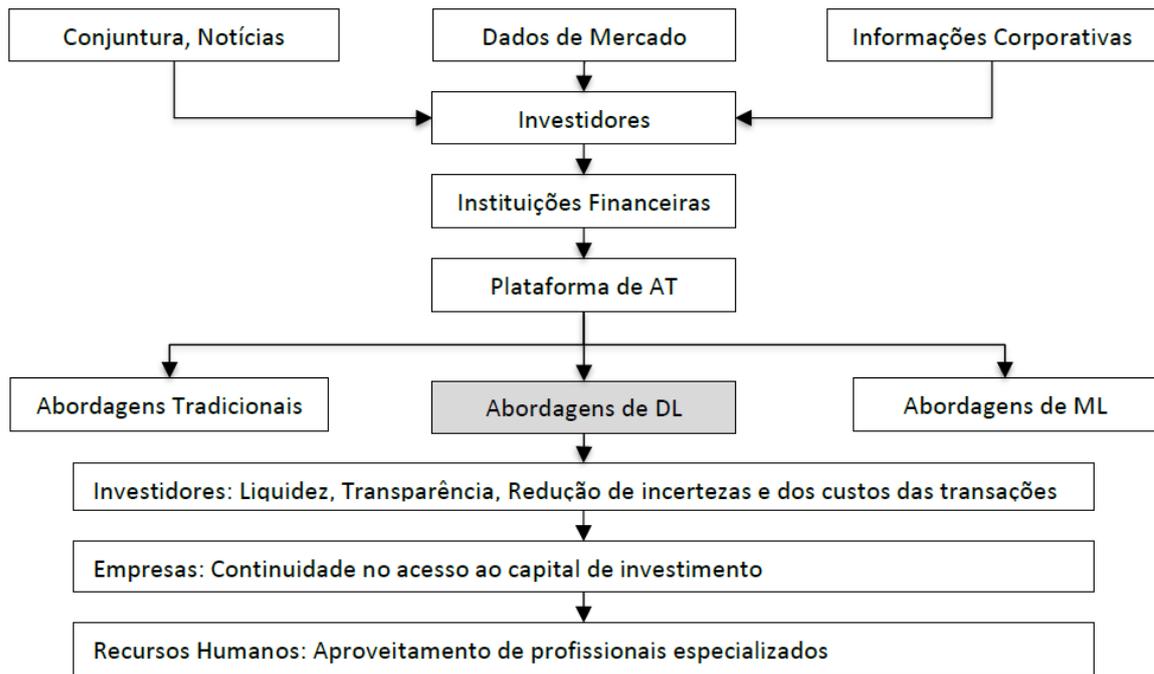
Fonte: O autor (2023).

#### 4.7 Discussões complementares sobre o tema

Acerca de se gerar sinergia entre pesquisas que convergem para uma mesma linha de resultado foram analisados trabalhos que possuem ligação parcial ou total com a pesquisa. Entre os trabalhos analisados, vale destacar a obra do autor Camilo Ilzo Shimabukuro, com o título

“Uma contribuição para a implementação do *deep learning* aplicado a negociação de ações por algoritmos na B3” de 2020. A estrutura da pesquisa de Shimabukuro (2020), conforme complementa o objeto da pesquisa atual, por meio de técnicas de *deep learning* (DL), atuando como uma etapa de testes e validações de maior robustez para a validação prática dos experimentos realizados por meio do artefato gerado, Figura 23.

Figura 23: Contexto da pesquisa.



Fonte: Adaptado de Shimabukuro, (2020).

## CONCLUSÃO

Com base nas etapas de pesquisa, concepção, desenvolvimento e validação do software proposto, pode-se concluir que os objetivos propostos nesta pesquisa foram alcançados de forma satisfatória. 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.

O software desenvolvido demonstrou ser eficaz em relação às abordagens tradicionais de análise e predição financeira. Sua utilização proporcionou uma agilidade significativa nos processos de extração e análise de dados, permitindo a análise de um grande número de hipóteses relacionadas ao comportamento dos ativos financeiros. Isso contribuiu para uma melhor compreensão dos fenômenos financeiros e possibilitou a medição da influência dos fatores de entrada nas variáveis de resposta.

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.

A adoção da metodologia Design Science Research (DSR) mostrou-se eficiente na concepção e desenvolvimento do software. A abordagem orientada para a geração de um artefato solucionador de problemas contribuiu para uma visão diferenciada e direcionada no desenvolvimento do software. As fases de demonstração e avaliação desempenharam um papel importante na validação do artefato e na realização de ajustes necessários para alcançar os objetivos propostos.

O planejamento dos resultados e a consideração de temas como bloqueio, aleatoriedade e replicação tiveram um reflexo significativo na concepção e desenvolvimento do software. Embora tenham aumentado a complexidade e o tempo de desenvolvimento do projeto, esses ajustes foram necessários para garantir que os objetivos planejados fossem alcançados de forma precisa e confiável.

Em suma, o software desenvolvido neste estudo representa um avanço significativo na análise e predição de comportamentos no mercado financeiro. Ele proporciona uma ferramenta ágil, de fácil acesso e versátil para auxiliar no processo decisório nesse setor. No entanto, há

espaço para aprimoramentos futuros, tanto na aplicação de técnicas estatísticas avançadas quanto na consideração de outros fatores influentes. Essas melhorias podem contribuir para uma compreensão ainda mais aprofundada dos fenômenos financeiros e uma tomada de decisões ainda mais informada e precisa.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. G. F.; NASCIMENTO, E. L. Automação de processos em instituições financeiras. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 23, n. 5, p. 742-762, 2019.
- ANTONY, J. *Introduction to Industrial Experimentation*. Ed. Oxford: Elsevier, 2014.
- ANTONY, J.; BITITCI, U. *Design of Experiments for Engineers and Scientists*. 2nd ed. Butterworth-Heinemann, 2021.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução nº 4.557, de 23 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre a política de conformidade (compliance) das instituições financeiras e regulamenta o seu art. 54. Disponível em: [https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/downloadNormativo.asp?arquivo=/Lists/Normativos/Attachments/54939/Res\\_4557\\_v2\\_P.pdf](https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/downloadNormativo.asp?arquivo=/Lists/Normativos/Attachments/54939/Res_4557_v2_P.pdf). Acesso em: 18 fev. 2023.
- BAPTISTA, R.; BISCAIA, A.; NUNES, P. Recombinant innovation in financial technology. *Journal of Financial Services Research*, v. 1, p. 1-30, 2021.
- BARBOSA, A. F.; NEVES, B. B. Algoritmos de trading: uma análise do uso no mercado financeiro brasileiro. *Revista de Administração, Contabilidade e Economia da FUNDACE*, v. 9, n. 3, p. 1-16, 2018.
- BAYAZIT, N. Investigating Design: A Review of Forty Years of Design Research. *Massachusetts Institute of Technology: Design Issues*, v. 20, n. 1, p. 16-29, 2004.
- BIRKINSHAW, J.; GIBSON, C. Building ambidexterity into an organization. *MIT Sloan Management Review*, v. 58, n. 4, p. 49-54, 2017.
- BOSCHMA, R.; CAPELLO, R.; IAMMARINO, S.; LAWTON-SMITH, H. Introduction: Recombinant knowledge, innovation networks and regional development. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, v. 10, n. 2, p. 287-295, 2017.
- CALADO, V.; MONTGOMERY, D. *Planejamento de Experimentos usando o Statistica*. Editora E-papers, 2003.
- CALANTONE, R. J. et al. Learning and innovation orientation, ambidexterity, and innovation performance: A meta-analysis. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2020.
- CHANG, Y. et al. Automated trading systems: a survey of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, v. 47, n. 9, p. 2329-2344, 2017.
- CHEN, Z. et al. A big data analysis framework for financial time series using hybrid computing. *Future Generation Computer Systems*, v. 88, p. 743-756, 2018.
- CROUHY, M. et al. *Análise de risco financeiro: uma abordagem atuarial*. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2019.
- DE BRITO, O. S. *Mercado financeiro*. Saraiva Educação SA, 2019.

CHESBROUGH, H.; ROSENBLOOM, R. S. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial and Corporate Change*, v. 27, n. 6, p. 1109-1141, 2018.

CHIVA, R.; ALEGRE, J. Organizational learning, innovation and performance: A configurational approach. *Journal of Business Research*, v. 70, p. 1-9, 2017.

CHOWDHURY, M. R. et al. Design of Experiments (DOE): A powerful tool for improving industrial processes. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 12, n. 4, p. 570-613, 2019.

DRESCH, A. Design science e design science research como artefatos metodológicos para engenharia de produção. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

ELDER, A. Como se tornar um operador e investidor de sucesso. 2003.

ESCORSA CASTELL, P.; VALLS PASOLA, J. & Universitat Politècnica de Catalunya. Tecnologia e inovação na empresa: direção e inovação. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 1997.

FELLER, W. An Introduction to Probability Theory and Its Applications, Vol. II. Wiley, 2015.

FERREIRA, V. S. S.; FREITAS, H. M. Automação de investimentos: uma análise de oportunidades e desafios para o mercado financeiro brasileiro. In: *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, v. 41, 2021.

FLEMING, L. Recombinant uncertainty in technological search. *Management Science*, v. 47, n. 1, p. 117-132, 2001.

FIGUEIREDO, K. F.; SANTOS, E. A.; LIMA, T. V. An Application of Design of Experiments in the Financial Market: A Case Study on the B3 Exchange. In: *International Conference On Knowledge Discovery And Information Retrieval*, 2019.

FONTES, D. Mercado financeiro. In: InfoEscola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/economia/mercado-financeiro/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

FORTUNA, E. Mercado financeiro: produtos e serviços. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2016.

FINEP. Glossário de termos e conceitos. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/component/content/article?id=4849:glossario>. Acesso em: 21 mar. 2022.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, A. F. Agile: Desenvolvimento de software com entregas frequentes e foco no valor de negócio. Brasil: Casa do Código, 2014.

HEVNER, A. R. et al. Design science in information systems. *MIS Quarterly*, 2004.

- JOGDEO, K.; MUKHOPADHYAY, S. K.; CHAKRABORTY, S. The application of Design of Experiments in finance. *Journal of Economic Structures*, 2018.
- KUMAR, S.; SRIVASTAVA, D. Design of experiments in finance: Review and future directions. *IIM Kozhikode Society & Management Review*, 2018.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- LEITE, J. P.; MELLO, L. C. B. *A automação no mercado financeiro*. São Paulo: FIA Business School, 2020.
- LUJAN-MORENO, G. A. et al. Design of experiments and response surface methodology to tune machine learning hyperparameters, with a random forest case-study. *Expert Systems with Applications*, v. 109, p. 195-205, 2018.
- HUAI RUI GUO, D. & ADAMANTIOS METTAS. *Design of Experiments and Data Analysis. Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 2012.
- JANSEN, J. J.; VAN DEN BOSCH, F. A.; VOLBERDA, H. W. Exploratory innovation, exploitative innovation, and ambidexterity: The impact of environmental. *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*, v. 32, n. 4, p. 725-730, 2008.
- MATTOS, J. F. C.; STOFFEL, H. R.; TEIXEIRA, R. A. *Mobilização empresarial pela inovação: cartilha – gestão da inovação*. Brasília: CNI, 2010.
- MONTGOMERY, C. D. *Design and analysis of experiments*. 8. ed. New York: John Wiley & Sons, 2013.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 4. ed. New York: LTC, 2009.
- NAHARRO, I. N. *Forex Ao Alcance De Todos*. Brasil: Editora Isabel Nogales, 2018.
- OLIVEIRA, S. S.; DE SOUZA, E. S. L. Análise comparativa de linguagens de programação para desenvolvimento de robôs investidores. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, 2017.
- PAIVA, E. J. *Otimização de Manufatura com Múltiplas Respostas baseadas em índices de capacidade*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.
- PEFFERS, K. et al. *A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. Journal of Management Information Systems*, 2007.
- PEREIRA, J. *Suporte e Resistência: como utilizar na prática*. Investidor Moderno, 2017. Disponível em: <https://www.investidormoderno.com.br/suporte-e-resistencia/>. Acesso em: 27 ago. 2021.

TIDD, J.; BESSANT, J. Gestão da inovação-5. Bookman Editora, 2015.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. Metodologia da Pesquisa. Tradução: Daisy Vaz de Moraes. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SHAO, W. et al. Optimization of monoclonal antibody production in CHO cells using Design of Experiments. *Biotechnology Progress*, v. 36, n. 5, e2948, 2020.

SHIMABUKURO, C. I. Uma contribuição para implementação do Deep Learning aplicado à negociação de ações por algoritmos na B3. 119 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2020.

SILVA, M. L. L.; MACÊDO, A. P. C.; MARQUES, M. O. Optimization of avocado oil extraction using response surface methodology and Design of Experiments. *Journal of Food Process Engineering*, v. 42, n. 1, e12901, 2019.

SIMON, H. A. The sciences of the artificial. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

THORP, E. O. The Kelly criterion in blackjack, sports betting, and the stock market. World Scientific, 2017.

VOM BROCKE, J.; HEVNER, A.; MAEDCHE, A. Introduction to design science research. In: *Design Science Research. Cases*. Springer, Cham, 2020.

VOM BROCKE, J.; BUDDENDICK, C. Design science research. In: HEVNER, A. R.; STAEHLI, A. F. (Eds.). *Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014.

TELFORD, J. K. A Brief Introduction to Design of Experiments. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, Volume 27, Number 3, 2007.

WHITFORD, W. G.; LUNDGREN, M.; FAIRBANK, A. Cell Culture Media in Bioprocessing. In: *Biopharmaceutical Processing*. Elsevier, 2018.

ZAHRAEE, S. M. et al. Combined Use of Design of Experiment and Computer Simulation for Resources Level Determination in Concrete Pouring Process. *Jurnal Teknologi*, 2013.

ZHANG, X. et al. Algorithmic trading with learning under model uncertainty. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, v. 29, n. 2, p. 516-527, 2018.

**ANEXO 1**

**DETALHAMENTO DO PRODUTO (CAPES)**

**RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO<sup>1</sup>**

**Organização:** Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS)

**PPG:** Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos

**Autores:**

Aluno: Rafael Munhoz Cardoso

Professor Orientador: Rosinei Batista Ribeiro

Demais Autores/Organização:

**Dissertação vinculada:**

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

Data da defesa: 30/03/2023

**Setor beneficiado com o projeto de pesquisa, realizado no âmbito do PPG:**

Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos

**A produção técnica é constituída pelo próprio produto?**

Sim

Não. Qual o grau contribuição diretamente aplicada ao produto:

Excepcional;  Incremental;  Residual

**Descrição do produto e finalidade:**

O produto desenvolvido é um software baseado no DOE com o objetivo de analisar e prever comportamentos no mercado financeiro tendo como características a simplicidade, rapidez e facilidade de acesso, sendo uma ferramenta versátil para profissionais e pesquisadores interessados em tomar decisões mais precisas e acuradas no mercado financeiro.

**Avanços tecnológicos / grau de novidade:**

Produção com alto teor inovativo: Desenvolvimento com base em conhecimento inédito;

Produção com médio teor inovativo: Combinação de conhecimentos pré-estabelecidos;

Produção com baixo teor inovativo: Adaptação de conhecimento existente;

Produção sem inovação aparente: Produção técnica.

**Conexão com a Pesquisa:**

PPG: Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos

Projeto de pesquisa vinculado à produção:

---

<sup>1</sup> Definição: Texto elaborado de maneira concisa, contendo informações sobre o projeto/atividade, realizada. Indica em seu conteúdo a relevância dos resultados e conclusão em termos de impacto social e/ou econômico e a aplicação do conhecimento produzido. Não se aplica a relatório de projeto de pesquisa financiados por agências de fomento

Linha de pesquisa vinculada à produção:

( ) Projeto isolado, sem vínculo com o PPG

**Conexão com a produção científica**

a) Título: Análise da aplicabilidade do Design of Experiments no Mercado Financeiro: Revisão Sistemática da Literatura. Periódico: XVI Simpósio dos Programas de Mestrado Profissional da Unidade de Pós-Graduação, Extensão e Pesquisa do Centro Paula Souza. <http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/artigo/file/1137/ecd65185459fdde684207d885395b5b2.pdf>

b) Título: Desenvolvimento de um software aplicado ao Design de Experimentos no mercado financeiro. Periódico: XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. Anais ENEGEP 2022. Disponível em: [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_WPG\\_385\\_1907\\_43635.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_385_1907_43635.pdf).

c) Título: Desenvolvimento de Software para Análise e Aplicabilidade do Design Of Experiments no Mercado Financeiro. Periódico: Encontro Científico da ANPEPRO 2022 – EPPGEP. Disponível em: [https://www.anpepro.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Abstract-Proceedings-EPPGEP2022\\_v.3.pdf](https://www.anpepro.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Abstract-Proceedings-EPPGEP2022_v.3.pdf).

d) Título: Analysis of the Applicability of Design of Experiments in the Financial Market: Systematic Literature Review. Periódico: Editora Atena – Journal of Engineering Research. Disponível em: 10.22533/at.ed.3172162225071.

e) Título: Análise da aplicabilidade do Design of Experiments no Mercado Financeiro. Periódico: Revista Conjecturas, 22(1), 1736–1750. Disponível em: <https://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/588>

**Aplicabilidade da Produção Tecnológica:**

A produção tecnológica desenvolvida neste projeto tem como objetivo fornecer uma ferramenta de análise e predição de comportamentos no mercado financeiro. O software baseado no Design of Experiments (DOE) possui características de simplicidade, rapidez, facilidade de acesso e versatilidade, permitindo auxiliar no processo decisório nesse setor. Sua aplicabilidade está voltada para profissionais e pesquisadores que desejam analisar e prever o comportamento de ativos financeiros com maior precisão e acurácia.

**Descrição da Abrangência realizada:**

A abrangência realizada neste projeto se concentrou na pesquisa, concepção, desenvolvimento e validação do software baseado no Design of Experiments (DOE). Foram realizadas etapas de estudo dos princípios e metodologias do DOE aplicados ao mercado financeiro, projeto e desenvolvimento do software, implementação de funcionalidades para manipulação eficiente de dados financeiros, realização de experimentos controlados e avaliação da eficácia do software em comparação às abordagens tradicionais de análise e predição financeira. A abrangência também envolveu a identificação de vantagens e limitações do DOE no contexto financeiro e a proposição de melhorias no software com base nos resultados obtidos.

**Descrição da Abrangência potencial:**

A abrangência potencial da produção tecnológica desenvolvida neste projeto é ampla. O software baseado no Design of Experiments (DOE) pode ser aplicado em diversas áreas do mercado financeiro, como análise de investimentos, gestão de portfólio, precificação de ativos,

entre outras. Sua versatilidade permite que seja utilizado por profissionais de diferentes níveis de expertise, desde iniciantes até especialistas no mercado financeiro. Além disso, o software pode ser adaptado para lidar com diferentes tipos de dados financeiros, como ações, moedas, commodities, índices, entre outros, ampliando sua abrangência de aplicação.

**Descrição da Replicabilidade:**

A replicabilidade da produção tecnológica desenvolvida neste projeto é alta. O software pode ser replicado e utilizado por outros pesquisadores e profissionais interessados em realizar análises e previsões no mercado financeiro. O desenvolvimento do software seguiu uma metodologia bem definida, a Design Science Research (DSR), o que permite que as etapas realizadas neste projeto sejam seguidas por outros interessados em reproduzir ou adaptar o software. Além disso, o software pode ser ajustado e personalizado de acordo com as necessidades específicas de cada usuário, aumentando sua replicabilidade e adaptabilidade para diferentes contextos e requisitos.

**ANEXO 2: Certificado de Registro de Programa de Computador - Software 01.**

		
		
<b>REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL</b> MINISTÉRIO DA ECONOMIA <b>INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL</b> DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS		
<h2>Certificado de Registro de Programa de Computador</h2>		
Processo Nº: <b>BR512022001766-0</b>		
<p>O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 07/07/2022, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.</p>		
Título: Extraction_V07		
Data de criação: 07/07/2022		
Titular(es): RAFAEL MUNHOZ CARDOSO		
Autor(es): ROSINEI BATISTA RIBEIRO; RAFAEL MUNHOZ CARDOSO; ERIK LEONEL LUCIANO		
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		
Algoritmo hash: SHA-512		
Resumo digital hash: a796272eddd6cb70acac747badefc40165a08dad873046deedf8c58ee9b897bad2296dd9b461ee64981cfd315477bb9b26eab18f83e04132a9f1a95cb9b56ff3		
Expedido em: 19/07/2022		
		
Aprovado por: Joelson Gomes Pequeno Chefe Substituto da DIPTO - PORTARIA/INPI/DIRPA Nº 02, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2021		

### ANEXO 3: Certificado de Registro de Programa de Computador – Software 02.

		 
	<p><b>REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL</b>          MINISTÉRIO DA ECONOMIA  <b>INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL</b>          DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS</p>	
<h2>Certificado de Registro de Programa de Computador</h2>		
<p>Processo Nº: <b>BR512022002520-5</b></p>		
<p>O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 02/09/2022, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.</p>		
<p>Título: Social Flare.TECH - Advanced Engineering Techniques for the Financial Market v10.0</p>		
<p>Data de publicação: 02/09/2022</p>		
<p>Data de criação: 02/09/2022</p>		
<p>Titular(es): RAFAEL MUNHOZ CARDOSO</p>		
<p>Autor(es): ROSINEI BATISTA RIBEIRO; ERIK LEONEL LUCIANO; RAFAEL MUNHOZ CARDOSO</p>		
<p>Linguagem: OUTROS</p>		
<p>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</p>		
<p>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</p>		
<p>Algoritmo hash: SHA-512</p>		
<p>Resumo digital hash:          c6d80cc2a029e4aca8b30d9cfdc3b2fc85a970927d7d1747befe193c9eb63580acd47bcd751f1be15fd3056bc70a082d12f94f39acd3255feb664fa05f438a</p>		
<p>Expedido em: 20/09/2022</p>		
<p>Aprovado por:          Carlos Alexandre Fernandes Silva          Chefe da DIPTO</p>		