IFMG

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS - *Campus* Formiga

Curso de Ciência da Computação

DESENVOLVIMENTO DE UM DASHBOARD PARA ACOMPANHAMENTO DE CARTEIRA DIGITAL DESCENTRALIZADA

Igor Vieira Reis

Orientador: Prof. Dr. Bruno Ferreira

Coorientador: Prof. Dr. Lelis Pedro de Andrade

Formiga - MG

2026

Igor Vieira Reis

DESENVOLVIMENTO DE UM DASHBOARD PARA ACOMPANHAMENTO DE CARTEIRA DIGITAL DESCENTRALIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Formiga, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Ferreira
Coorientador: Prof. Dr. Lelis Pedro de Andrade

Formiga - MG

2026

Reis, Igor Vieira
R375d Desenvolvimento de um dashboard para acompanhamento de carteira digital descentralizada / Igor Vieira Reis - Formiga : IFMG, 2026.
113 p. :il. color.

Orientador: Prof. Bruno Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. Carteira digital. 2. Blockchain. 3. Finanças descentralizadas. 4. Dashboard. 5. Visualização de dados. 6. Criptoativos I. Ferreira, Bruno. II. Título.

CDD 005.74

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Lívia Renata Santos- CRB/6-2561

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Formiga
Diretoria de Ensino
Docência Área Acadêmica de Computação
Rua São Luiz Gonzaga, s/n - Bairro São Luiz - CEP 35570-000 - Formiga - MG
- www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

Igor Vieira Reis

Desenvolvimento de um Dashoboard para Acompanhamento de Carteira Digital Descentralizada

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Formiga, como Requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovado em: 20 de oubutro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr. Bruno Ferreira

Prof.º Dr. Alexandre Pimenta

Prof.º Me. Everthon Valadão dos Santos

Prof.º Dr. Lelis Pedro de Andrade

Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Pimenta**, **Professor**, em 20/10/2026, às 18:53, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Everthon Valadao dos Santos**, **Professor**, em 20/10/2026, às 18:54, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Bruno Ferreira**, **Professor**, em 20/10/2026, às 18:56, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Lelis Pedro de Andrade**, **Professor**, em 21/10/2026, às 09:01, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs informando o código verificador **2914128** e o código CRC **48D799EA**.

23211.001375/2025-73 2914128v1

Aos meus pais, que sempre me deram todo o suporte e me impulsionaram até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Bruno Ferreira e Lelis Pedro de Andrade por toda a orientação e pelo conhecimento compartilhado ao longo deste trabalho.

Agradeço também a todos os amigos que fiz durante a graduação, pelos momentos vividos e pelas trocas de ideias.

"O maior risco é não correr risco algum."

(Mark Zuckerberg)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um *dashboard* para acompanhamento de carteiras digitais descentralizadas, integrando evolução patrimonial, desempenho e análise de risco. A pesquisa aplicada e exploratória foi conduzida por meio da elaboração da fundamentação teórica, da modelagem de dados, da implementação do sistema e da validação funcional inicial da ferramenta. A solução consolidou dados *on-chain* e de mercado para apresentar saldos, distribuição dos ativos, histórico de transações, séries temporais e resultados realizados e não realizados. Para cada ativo, foram calculados, sobre uma janela de 30 dias, volatilidade anualizada, *drawdown* máximo, correlação e beta em relação a referências, quando aplicáveis, índice de Sharpe e concentração. Parte dessas métricas compôs uma pontuação de risco de 0 a 100, classificada como baixa, média ou alta. O sistema também produziu matriz de correlação e interpretações automatizadas da carteira e das posições, combinando as métricas com dados de capitalização e liquidez. A validação funcional inicial verificou a consistência dos cálculos e das visualizações nos cenários avaliados, e a avaliação de desempenho mostrou que, em uso individual, as funcionalidades responderam em até cerca de 3,8 s, com a latência concentrada nas consultas às fontes externas, embora tenham permanecido limitações relacionadas à cobertura de preços, à janela temporal fixa e à ausência de avaliação formal com usuários. Os resultados indicaram que a ferramenta tende a tornar a leitura do desempenho e dos riscos do portfólio mais integrada e acessível.

Palavras-chave: carteira digital; *blockchain*; finanças descentralizadas; *dashboard*; visualização de dados.

ABSTRACT

This work aimed to develop a dashboard for monitoring decentralized digital wallets by integrating portfolio evolution, performance, and risk analysis. The applied and exploratory research was conducted through the development of the theoretical foundation, data modeling, system implementation, and an initial functional validation of the tool. The solution consolidated on-chain and market data to present balances, asset allocation, transaction history, time series, and realized and unrealized results. For each asset, annualized volatility, maximum drawdown, correlation and beta against reference series when applicable, the Sharpe ratio, and concentration were calculated over a 30-day window. A subset of these metrics produced a risk score ranging from 0 to 100, classified as low, medium, or high. The system also produced a correlation matrix and automated interpretations of both the portfolio and its positions by combining the metrics with market capitalization and liquidity data. The initial functional validation verified the consistency of calculations and visualizations in the evaluated scenarios, and the performance evaluation showed that, in individual use, the features responded within about 3.8 s, with latency concentrated in calls to external data sources, although limitations remained regarding price coverage, the fixed time window, and the absence of a formal user evaluation. The results indicated that the tool tends to make portfolio performance and risk easier to interpret in an integrated and accessible manner.

Keywords: digital wallet; *blockchain*; decentralized finance; *dashboard*; data visualization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 25
1.1 Contextualização 25
1.2 Problema de pesquisa 26
1.3 Objetivos 26
1.3.1 Objetivo geral 26
1.3.2 Objetivos específicos 26
1.4 Justificativa 27

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 31
2.1 Blockchain e comportamento da rede 31
2.1.1 Origem dos registros encadeados 31
2.1.2 Bitcoin: a primeira *blockchain* pública 31
2.1.3 Estrutura de blocos e imutabilidade prática 32
2.1.4 Validação por consenso 33
2.1.5 Prova de Trabalho 33
2.1.6 Prova de Participação 34
2.1.7 Implicações para análise de carteiras e dados *on-chain* 34
2.2 Carteiras digitais descentralizadas 35
2.2.1 Carteira criptográfica e carteira de investimentos 35
2.3 Autenticação por assinatura criptográfica 36
2.4 Finanças descentralizadas (DeFi) 36
2.5 *Blockchain* no sistema financeiro tradicional e regulação 37
2.5.1 Adoção por instituições financeiras e bancos centrais 37
2.5.2 Regulação internacional 38
2.5.3 Regulação e iniciativas no Brasil 39
2.5.4 Implicações para este trabalho 40
2.6 APIs e indexação de dados blockchain 40
2.7 Dados *on-chain*, dados de mercado e ativos equivalentes 41
2.8 Visualização de dados e *dashboards* 42
2.9 Fundamentos financeiros para análise de portfólios 43
2.9.1 Relação risco-retorno e Teoria Moderna de Portfólio 43
2.9.2 Volatilidade, *drawdown* máximo e liquidez 44
2.9.3 Diversificação, correlação e concentração 46
2.9.4 Beta, risco sistemático e Índice de Sharpe 47
2.9.5 Resultado das posições, alocação e interpretação 48

2.9.6 Aplicabilidade e limites no contexto de criptoativos . . . 49
2.10 Rede Solana e padrão SPL . . . 49
2.10.1 Modelo de contas e ativo nativo (SOL) . . . 50
2.10.2 *Tokens* SPL e representação de ativos . . . 50
2.10.3 SOL e *wrapped SOL* (wSOL) . . . 51
2.10.4 Implicações para *dashboards* e análise de portfólio . . . 51
2.11 Desafios na análise temporal de carteiras descentralizadas . . . 52
2.12 Trabalhos correlacionados . . . 52

3 MATERIAIS E MÉTODOS . . . 55
3.1 Materiais e Métodos . . . 55
3.1.1 Caracterização do estudo e abordagem metodológica . . . 55
3.1.2 Arquitetura geral da solução . . . 56
3.1.3 Ambiente de desenvolvimento e tecnologias . . . 59
3.1.4 Fontes de dados e integrações externas . . . 59
3.1.4.1 Dados *on-chain* de carteira . . . 59
3.1.4.2 Metadados e preços atuais . . . 59
3.1.4.3 Preços históricos e dados de mercado . . . 60
3.1.5 Modelagem e organização dos dados . . . 61
3.1.5.1 Movimentações e posições . . . 63
3.1.5.2 Catálogo de ativos . . . 63
3.1.5.3 Histórico de preços e observabilidade . . . 63
3.1.6 Processamento e cálculo dos valores . . . 64
3.1.6.1 Unidade de análise e normalização das quantidades . . . 64
3.1.6.2 Precificação histórica das movimentações . . . 65
3.1.6.3 Agregação diária do histórico de preços . . . 66
3.1.6.4 Preço médio e resultados das posições . . . 66
3.1.6.5 Reconstrução temporal do portfólio . . . 67
3.1.7 Métricas de risco por ativo . . . 68
3.1.8 Análise agregada e interpretação textual . . . 73
3.1.9 Autenticação por carteira . . . 75
3.1.10 Validação funcional e consistência dos resultados . . . 76

4 PROJETO E DESENVOLVIMENTO . . . 79
4.1 Projeto e desenvolvimento . . . 79
4.1.1 *Backend*: organização e serviços . . . 79
4.1.2 Integrações, sincronização e *cache* . . . 80
4.1.3 Banco de dados e persistência . . . 81
4.1.4 Autenticação não custodial . . . 81
4.1.5 Histórico de preços: *backfill* e agregação diária . . . 82

4.1.6 Preço médio, PnL e série temporal 83
4.1.7 Métricas de risco e interpretações 83
4.1.8 *Frontend*: interface e experiência de uso 84
4.1.9 Modo de demonstração 89

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 91
5.1 Resultados e discussão 91
5.1.1 Resultados quantitativos da análise de risco 91
5.1.2 Desempenho e visualização da evolução patrimonial 92
5.1.3 Interpretação automatizada das posições 93
5.1.4 Autenticação e proteção dos dados de exemplo 95
5.1.5 Desempenho do sistema 95
5.1.6 Discussão crítica e limitações 97

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 101
6.1 Considerações finais 101

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 105

APÊNDICE A – VÍDEO DEMONSTRATIVO DO SISTEMA 111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura geral da solução e integrações externas 57
Figura 2 – Fluxo de sincronização e enriquecimento das movimentações 61
Figura 3 – Modelo conceitual dos dados persistidos 62
Figura 4 – Fluxo de coleta e processamento analítico 64
Figura 5 – Valoração da carteira, análise dos resultados e reconstrução temporal . 68
Figura 6 – Fluxo de análise de risco e interpretação automatizada 73
Figura 7 – Fluxo de autenticação não custodial por assinatura Ed25519 76
Figura 8 – Tela de conexão e solicitação de autorização da carteira 82
Figura 9 – Resumo e composição da carteira no painel principal 84
Figura 10 – Cartões das posições que compõem a carteira 85
Figura 11 – Interpretação automatizada da carteira 85
Figura 12 – Evolução patrimonial e comparação com o S&P 500 86
Figura 13 – Matriz de correlação dos ativos da carteira 86
Figura 14 – Resumo da posição na página de detalhes do ativo 87
Figura 15 – Trajetória de preço e referência do preço médio da posição 87
Figura 16 – Interpretação automatizada de uma posição individual 88
Figura 17 – Dados de mercado e métricas de risco do ativo 89
Figura 18 – Código QR de acesso ao vídeo demonstrativo 111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação ilustrativa entre dados *on-chain* brutos e informação tratada 28
Tabela 2 – Cronologia da *blockchain* e do Bitcoin 32
Tabela 3 – Ativos utilizados no trabalho e equivalentes fora da *blockchain* 42
Tabela 4 – Síntese das soluções correlacionadas e do projeto desenvolvido 53
Tabela 5 – Acionamento e frequência das consultas externas 57
Tabela 6 – Grupos de informações mantidos no banco de dados 63
Tabela 7 – Referências utilizadas nas métricas de risco e desempenho 69
Tabela 8 – Faixas e pontos dos componentes da pontuação de risco 72
Tabela 9 – Exemplos de regras de interpretação da carteira 75
Tabela 10 – Ambiente da avaliação de desempenho 77
Tabela 11 – Componentes do *backend* e etapas que implementam 79
Tabela 12 – Decisões de esquema relevantes ao processamento 81
Tabela 13 – Indicadores de risco calculados no modo de demonstração 91
Tabela 14 – Latência das funcionalidades da API em uso típico, em segundos . . . 96
Tabela 15 – *Throughput* com quatro clientes simultâneos 97
Tabela 16 – Vídeo demonstrativo do sistema 111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	*Application Programming Interface*
CAPM	*Capital Asset Pricing Model*
CDN	*Content Delivery Network*
CSS	*Cascading Style Sheets*
DeFi	*Decentralized Finance*
HTTP	*Hypertext Transfer Protocol*
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais
JSON	*JavaScript Object Notation*
MG	Minas Gerais
MVC	*Model-View-Controller*
PHP	*PHP: Hypertext Preprocessor*
PnL	*Profit and Loss*
PoS	*Proof of Stake*
PoW	*Proof of Work*
SOL	*Token* nativo da rede Solana
SPL	*Solana Program Library*
USD	*United States Dollar*
wSOL	*wrapped SOL*

LISTA DE SÍMBOLOS

$D_{\max}$	*Drawdown* máximo observado no período
I_C	Índice de concentração da carteira
i	Índice que identifica um ativo do portfólio
M_t	Maior preço observado até o instante t
n	Número de ativos considerados no portfólio
P_t	Preço do ativo no instante t
P_{USD}	Preço unitário do ativo em dólares norte-americanos
P_{atual}	Preço atual do ativo
$P_{\text{médio}}$	Preço médio de aquisição do ativo
Q	Quantidade do ativo
Q_{mantida}	Quantidade do ativo ainda mantida na carteira
$R_{a,i}$	Retorno anualizado do ativo i
R_{nr}	Resultado não realizado da posição
r_t	Retorno diário no instante t
r_i	Série de retornos do ativo i
r_m	Série de retornos do ativo ou índice de referência
$s(r_t)$	Desvio-padrão amostral dos retornos diários
S_i	Índice de Sharpe anualizado do ativo i
t	Índice temporal da observação
u	Índice temporal auxiliar, limitado aos instantes anteriores ou iguais a t
V_{USD}	Valor monetário do ativo em dólares norte-americanos
w_i	Participação proporcional do ativo i no portfólio
β_i	Beta do ativo i em relação à referência

σ_a	Volatilidade anualizada dos retornos
$\sigma_{a,i}$	Volatilidade anualizada do ativo i em forma decimal
Cov	Operador de covariância
Var	Operador de variância
$\sum$	Operador de somatório
%	Percentual

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A expansão do ecossistema de criptoativos e das aplicações de finanças descentralizadas (*Decentralized Finance*, DeFi) tem ampliado o uso de carteiras digitais descentralizadas. Em termos gerais, essas carteiras correspondem a aplicações, extensões ou dispositivos que permitem administrar chaves criptográficas e autorizar interações diretamente com redes *blockchain*, sem depender de uma instituição custodiante (POP et al., 2021; KUMAR et al., 2025). Os ativos permanecem registrados na rede, enquanto o controle do endereço decorre da posse da chave privada. Esse conceito é aprofundado na Seção 2.2. Conforme Pop et al. (2021), Wu et al. (2024), Kumar et al. (2025) e Romero-Castro et al. (2025), nesse modelo o usuário opera em um ambiente marcado pela transparência dos registros, pela auditabilidade das transações e pela ausência de intermediários tradicionais. Tal configuração contribuiu para a consolidação de novas formas de circulação, armazenamento e análise de ativos digitais, especialmente em contextos nos quais a descentralização e a programabilidade das operações assumem papel central.

Entretanto, a disponibilidade pública dos dados *on-chain* não implica, por si só, facilidade de interpretação. Como observa Mafrur (2025), esses dados costumam ser acessados em formatos técnicos e fragmentados, o que exige etapas adicionais de processamento antes de sua análise. Em geral, saldos, transferências e interações com protocolos descentralizados são apresentados em exploradores de blocos ou serviços de consulta pouco orientados à análise patrimonial do usuário. Em carteiras que concentram múltiplos ativos e interagem com aplicações DeFi, essa limitação torna-se ainda mais evidente, pois a simples leitura das transações deixa de ser suficiente para oferecer uma visão integrada do comportamento do portfólio.

Nesse contexto, a análise de desempenho de uma carteira descentralizada exige mais do que a observação do saldo atual. Torna-se necessário compreender a evolução temporal do valor total do portfólio, sua composição por ativo, os eventos de entrada e saída de recursos, os resultados realizados e não realizados e os riscos associados a cada posição. Estudos sobre o uso de *dashboards* na tomada de decisão e sobre a visualização de dados de *blockchain* indicam que a forma de apresentação da informação influencia sua interpretação (HJELLE et al., 2024; TOVANICH et al., 2021). Assim, a ausência de ferramentas voltadas à visualização integrada desses elementos pode dificultar a interpretação da trajetória patrimonial da carteira e limitar a capacidade do usuário de acompanhar o desempenho de seus ativos de forma clara e consistente.

1.2 Problema de pesquisa

Embora os dados *on-chain* sejam públicos e verificáveis, transformá-los em informação útil para o acompanhamento patrimonial ainda é um desafio técnico e analítico. Estudos sobre análise e visualização de dados de *blockchain* apontam que o registro bruto precisa passar por etapas de coleta, tratamento, modelagem e visualização antes de servir à análise (MAFRUR, 2025; TOVANICH et al., 2021). Quando o objeto de estudo é uma carteira, essas etapas ganham contornos próprios: é preciso reconstruir o valor do portfólio ao longo do tempo, reunir ativos de naturezas distintas e associar cada movimentação ao preço de mercado vigente naquele momento.

A dificuldade começa pela própria forma como esses dados chegam à aplicação. Por serem pensados para o consumo por outros sistemas, e não para a leitura humana, os registros costumam trazer saldos expressos na menor unidade da rede, ativos identificados apenas por longos endereços alfanuméricos e operações sem qualquer descrição financeira. Para quem acompanha a própria carteira, um saldo como 2.350.481.200 ainda não revela quanto aquela posição vale, nem como ela chegou até ali. Essa distância entre o dado registrado e a informação de que o usuário precisa é retomada com mais detalhes na Seção 1.4.

É a partir desse cenário que se formula o problema investigado neste trabalho:

Como consolidar e apresentar, de forma clara e eficiente, dados on-chain e informações de mercado de uma carteira descentralizada para permitir o acompanhamento de sua evolução patrimonial, de seu desempenho e dos riscos de seus ativos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver um *dashboard* para acompanhamento de carteira digital descentralizada, integrando dados *on-chain* e informações de mercado para reconstruir a evolução temporal da carteira, calcular indicadores de desempenho dos ativos e analisar o risco individual de cada um deles.

1.3.2 Objetivos específicos

- implementar um processo de coleta de dados de transações e saldos associados a uma carteira em rede *blockchain*;
- modelar e armazenar dados relevantes em banco relacional, como transações, *tokens* e histórico de preços;

- enriquecer as movimentações com metadados dos ativos e preços atuais e históricos que permitam análises em dólares norte-americanos (USD);
- calcular o preço médio de aquisição e os resultados realizados e não realizados das posições, além de construir séries temporais por ativo e para o valor total do portfólio;
- analisar individualmente cada ativo da carteira por meio de métricas de volatilidade, *drawdown*, correlação, beta, índice de Sharpe e concentração, produzindo uma pontuação consolidada de risco e uma interpretação textual automatizada;
- produzir indicadores agregados da carteira, uma matriz de correlação entre os ativos e uma narrativa sobre o desempenho, a diversificação e a concentração do portfólio;
- implementar autenticação não custodial por assinatura criptográfica da carteira, sem transmissão da chave privada;
- desenvolver uma interface web com visualizações interativas, como gráficos com navegação temporal, *tooltip* e ativação ou desativação de séries;
- verificar a consistência funcional e analítica do sistema em cenários representativos de uso.

1.4 Justificativa

A relevância deste trabalho está associada à necessidade de transformar registros técnicos de redes *blockchain* em informação estruturada, inteligível e útil para o acompanhamento de carteiras digitais descentralizadas. Embora essas redes ofereçam transparência e verificabilidade (POP et al., 2021), a interpretação de seus dados ainda depende, em muitos casos, de conhecimento técnico e de consultas fragmentadas em diferentes serviços (MAFRUR, 2025). Esse quadro reforça a necessidade de mecanismos de integração, consolidação e visualização.

Essa necessidade decorre da própria natureza do mercado descentralizado. No mercado financeiro tradicional, corretoras, bancos e demais instituições intermediam as negociações e, em contrapartida, fornecem ao investidor extratos, posições consolidadas, custo médio e relatórios de rentabilidade. No mercado descentralizado, essas autoridades centrais não participam da negociação: o usuário opera diretamente com a rede e com os protocolos, mantendo a custódia de seus ativos e sem precisar se identificar perante um intermediário. Essa autonomia elimina, contudo, a figura que tradicionalmente organizava as informações para o investidor. Este trabalho busca suprir essa lacuna ao possibilitar uma análise técnica de desempenho e de risco construída exclusivamente a partir de dados públicos da rede e de mercado, sem exigir a intermediação de terceiros nem a identificação do usuário, preservando, assim, as características que motivam o uso do

mercado descentralizado. A solução também assume um caráter educativo: ao traduzir indicadores financeiros em interpretações acessíveis, contribui para que usuários sem formação especializada compreendam o comportamento e os riscos de suas posições, papel que, no mercado tradicional, costuma ser desempenhado pelas próprias instituições intermediárias.

Na camada de acesso à rede, as respostas são estruturadas prioritariamente para o consumo por outros sistemas, e não para a leitura patrimonial direta. O saldo do ativo nativo pode ser fornecido como um número inteiro expresso na menor unidade da rede, sem conversão para a unidade convencional ou para moeda corrente (SOLANA, 2026a). Os *tokens* podem ser identificados apenas por endereços alfanuméricos, acompanhados de uma quantidade bruta e do número de casas decimais, mas sem nome, símbolo, ícone, preço ou valor agregado (SOLANA, 2026c). De modo semelhante, uma operação pode informar identificadores dos ativos, quantidades transferidas e um tipo genérico de evento (HELIUS, s.d.), sem produzir uma narrativa como "troca de um ativo por outro", sem recuperar a cotação correspondente à data e sem indicar o impacto sobre o resultado da posição.

A Tabela 1 apresenta uma representação simplificada dessas situações e contrasta o formato técnico recebido com a informação disponibilizada após o tratamento realizado pelo sistema.

Tabela 1 – Comparação ilustrativa entre dados *on-chain* brutos e informação tratada

Situação	**Formato bruto simplificado**	**Apresentação após o tratamento**
Saldo nativo	Valor de 2.350.481.200 na menor unidade da rede, sem símbolo ou equivalência monetária.	Quantidade convertida para 2,3504812 SOL, acompanhada de cotação e valor correspondente em USD.
Token da carteira	Identificadores truncados, como 8x3a...Qk9 e EPjF...TDt1v, quantidade bruta de 15.230.000 e indicação de seis casas decimais.	Ativo identificado por nome, símbolo e ícone, quantidade de 15,23 unidades e valor da posição calculado em USD.
Operação de troca	Assinatura abreviada 4kL9...xR2, evento classificado genericamente como troca e duas transferências identificadas por endereços truncados.	Narrativa indicando a troca de 1,5 SOL por 92,31 USDC, com cotação histórica e reflexo no custo e no resultado da posição.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da estrutura de respostas reais do provedor de dados *on-chain* utilizado no projeto. Os identificadores foram truncados e os valores possuem finalidade exclusivamente ilustrativa.

O contraste evidencia que a disponibilidade do registro não equivale à disponibilidade de informação financeira pronta para interpretação. O sistema implementado realizou conversão de unidades, associação de metadados, precificação, consolidação das posições

e interpretação das movimentações antes da apresentação ao usuário. Os procedimentos técnicos correspondentes são detalhados nas Subseções 3.1.5.1, 3.1.4.2 e 3.1.6, evitando sua repetição nesta seção introdutória.

Sob uma perspectiva aplicada, o *dashboard* desenvolvido reuniu, em uma única interface, a evolução temporal do portfólio, sua distribuição entre ativos, os resultados das posições e indicadores destinados à interpretação de risco. Além disso, o desenvolvimento da solução articulou temas das áreas de engenharia de software, integração de APIs, modelagem de dados, processamento de séries temporais, segurança por assinatura criptográfica e visualização da informação, esta última reconhecida na literatura como apoio à análise de dados de *blockchain* e à tomada de decisão (TOVANICH et al., 2021; HJELLE et al., 2024). Essa articulação reforça a pertinência acadêmica e tecnológica do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Blockchain e comportamento da rede

Esta seção apresenta os fundamentos da tecnologia *blockchain* necessários à compreensão do contexto deste trabalho. Inicialmente, distinguem-se a origem dos registros encadeados e o surgimento do Bitcoin, sua primeira aplicação em rede pública, e apresenta-se a organização encadeada dos registros. Em seguida, discutem-se a validação por consenso e os mecanismos de Prova de Trabalho e Prova de Participação. Por fim, relacionam-se essas características ao uso de dados *on-chain* em aplicações de análise de carteiras.

2.1.1 Origem dos registros encadeados

Embora frequentemente associada ao Bitcoin, a ideia de encadear registros de forma verificável é anterior a ele em quase duas décadas. Em 1991, Stuart Haber e W. Scott Stornetta propuseram um método para atribuir carimbos de tempo a documentos digitais no qual cada registro incorporava o *hash* do registro anterior (HABER; STORNETTA, 1991 *apud* NAKAMOTO, 2008). Com esse encadeamento, a alteração de um registro passado exigiria alterar também todos os registros posteriores, o que tornaria a adulteração detectável. Esse é o princípio que, mais tarde, passaria a caracterizar a *blockchain*.

Pouco depois, os mesmos autores, com Bayer, propuseram aprimoramentos de eficiência e confiabilidade a esse esquema (BAYER; HABER; STORNETTA, 1993 *apud* NAKAMOTO, 2008). Essas propostas, contudo, ainda pressupunham um serviço responsável por emitir os carimbos de tempo e não resolviam como participantes independentes poderiam concordar sobre o histórico sem uma autoridade central. Outro componente surgiu em contexto diferente: o Hashcash, proposto por Adam Back, um mecanismo de prova de trabalho concebido como contramedida a ataques de negação de serviço, no qual o solicitante precisa demonstrar a realização de um esforço computacional verificável (BACK, 2002 *apud* NAKAMOTO, 2008).

2.1.2 Bitcoin: a primeira *blockchain* pública

O Bitcoin, proposto por Nakamoto (2008), reuniu esses elementos em um sistema de dinheiro eletrônico ponto a ponto. O artigo combinou o encadeamento de carimbos de tempo, explicitamente referenciado a Haber e Stornetta, as árvores de Merkle e uma prova de trabalho inspirada no Hashcash, aplicando-os a uma rede aberta na qual qualquer participante pode validar o histórico. A principal contribuição foi resolver o problema do gasto duplo sem uma autoridade central: o histórico válido passou a ser aquele que

acumula mais trabalho computacional, e não aquele certificado por uma entidade confiável. A rede entrou em operação no início de 2009.

O artigo de Nakamoto não emprega o termo *blockchain*; descreve blocos de transações encadeados por *hash*. A denominação consolidou-se depois, quando a estrutura passou a ser discutida separadamente da moeda que a originou. A partir desse marco, conforme Pop et al. (2021), a *blockchain* passou a ser compreendida não apenas como suporte técnico para moedas digitais, mas como uma infraestrutura de registro distribuído com potencial de aplicação em diferentes contextos computacionais e financeiros. A Tabela 2 sintetiza essa cronologia.

Tabela 2 – Cronologia da *blockchain* e do Bitcoin

Ano	**Marco**	**Autoria**
1991	Carimbo de tempo de documentos digitais com encadeamento por *hash*	Haber e Stornetta
1993	Aprimoramentos de eficiência e confiabilidade do carimbo de tempo	Bayer, Haber e Stornetta
2002	Hashcash: prova de trabalho como custo computacional verificável	Back
2008	Publicação do artigo do Bitcoin	Nakamoto
2009	Início da operação da rede Bitcoin	–

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Nakamoto (2008).

Com a evolução desse ecossistema, novas redes passaram a ampliar o escopo de uso da *blockchain*, sobretudo com a introdução de contratos inteligentes e de aplicações descentralizadas (POP et al., 2021). Esse movimento permitiu que a rede deixasse de ser utilizada apenas para o registro de transferências monetárias e passasse a sustentar serviços digitais programáveis, emissão de *tokens*, protocolos financeiros e mecanismos automatizados de execução (ROMERO-CASTRO et al., 2025). Em consequência, a *blockchain* passou a ocupar posição central em um ambiente tecnológico mais amplo, marcado pela descentralização de serviços e pela crescente integração entre infraestrutura computacional e dinâmica econômica digital.

2.1.3 Estrutura de blocos e imutabilidade prática

Do ponto de vista estrutural, uma *blockchain* é formada por blocos que reúnem conjuntos de transações e metadados relevantes ao funcionamento da rede, como carimbo de tempo, parâmetros de validação e referência criptográfica ao bloco anterior (NAKAMOTO, 2008). Essa ligação entre blocos por meio de funções de *hash* estabelece uma dependência encadeada, de modo que qualquer alteração em um registro passado repercute sobre os blocos subsequentes. Por essa razão, a literatura frequentemente descreve a *blockchain* como uma estrutura dotada de imutabilidade (POP et al., 2021).

Todavia, essa imutabilidade deve ser entendida em termos práticos, e não absolutos. Em redes públicas, a alteração retroativa de registros dependeria da recomposição da cadeia com custo computacional ou econômico suficientemente elevado para superar a cadeia honesta, o que torna esse processo inviável nas condições normais de funcionamento da rede (NAKAMOTO, 2008; PINEDA et al., 2024). Assim, a robustez da estrutura encadeada e a confiança no histórico registrado decorrem menos da impossibilidade lógica de alteração e mais do custo associado a tentativas de reescrita do histórico validado.

2.1.4 Validação por consenso

Segundo Bakhshi, Ashtiani e Azgomi (2025) e Shaikh et al. (2026), o funcionamento de uma rede *blockchain* depende de mecanismos que permitam aos participantes concordarem sobre quais transações são válidas e qual sequência de blocos deve ser reconhecida como legítima. Esse processo, denominado consenso distribuído, constitui um dos elementos centrais para a segurança e a confiabilidade da rede. Em ambientes públicos, nos quais os nós podem ser independentes, desconhecidos entre si ou até potencialmente maliciosos, o consenso precisa assegurar integridade dos registros, resistência a ataques e convergência para um estado compartilhado.

Nesse contexto, diferentes mecanismos foram propostos ao longo do tempo com o objetivo de equilibrar segurança, descentralização, desempenho e custo operacional. Entre os modelos mais difundidos, destacam-se a Prova de Trabalho (*Proof of Work*, PoW) e a Prova de Participação (*Proof of Stake*, PoS), cada uma baseada em formas distintas de validação e incentivo econômico (SHAIKH et al., 2026; BAKHSHI; ASHTIANI; AZGOMI, 2025). A escolha de um ou outro mecanismo influencia diretamente o comportamento da rede, sua escalabilidade e a forma como seus registros serão produzidos, confirmados e disponibilizados para análise.

2.1.5 Prova de Trabalho

A Prova de Trabalho (*Proof of Work*, PoW) foi um dos primeiros mecanismos de consenso adotados em larga escala e permanece associada ao funcionamento original do Bitcoin. Conforme Nakamoto (2008), nesse modelo os participantes da rede competem para propor novos blocos por meio da resolução de problemas criptográficos que demandam poder computacional. O processo é probabilístico e favorece participantes com maior capacidade de processamento, uma vez que estes possuem maior probabilidade de encontrar uma solução válida antes dos demais.

A segurança desse mecanismo decorre justamente do custo de produção dos blocos. Para alterar o histórico de transações, um agente malicioso precisaria refazer o trabalho correspondente aos blocos já confirmados e ainda superar o avanço da cadeia honesta, o que

tende a ser economicamente inviável em redes suficientemente distribuídas (NAKAMOTO, 2008). Apesar de sua relevância histórica, a literatura recente aponta limitações importantes desse modelo, especialmente no que se refere ao consumo energético, à baixa eficiência transacional e às restrições de escalabilidade, fatores que motivaram a busca por alternativas mais eficientes (PINEDA et al., 2024; BAKHSHI; ASHTIANI; AZGOMI, 2025).

2.1.6 Prova de Participação

Em mecanismos baseados em Prova de Participação (*Proof of Stake*, PoS), conforme Shaikh et al. (2026) e Bakhshi, Ashtiani e Azgomi (2025), a validação da rede deixa de depender diretamente de esforço computacional e passa a se apoiar no comprometimento econômico dos participantes. Em termos gerais, a probabilidade de proposição ou validação de blocos está associada ao valor que cada participante mantém alocado na rede, criando um modelo no qual a segurança decorre de incentivos e penalidades econômicas. Nesse arranjo, condutas maliciosas podem resultar em perda parcial ou total do valor depositado, o que contribui para desestimular comportamentos oportunistas.

Esse modelo tem sido amplamente discutido como alternativa ao PoW por buscar maior eficiência energética e melhor desempenho operacional (PINEDA et al., 2024). Além da redução de custos computacionais, sistemas PoS tendem a favorecer menor latência e maior capacidade de processamento, embora ainda existam desafios relacionados ao desenho econômico, à governança e à preservação de níveis adequados de descentralização (SHAIKH et al., 2026). Assim, a evolução dos mecanismos de consenso evidencia uma tentativa constante de equilibrar segurança, desempenho e sustentabilidade em diferentes perfis de rede.

2.1.7 Implicações para análise de carteiras e dados *on-chain*

Do ponto de vista analítico, os mecanismos de consenso e a própria organização dos registros em rede influenciam diretamente a forma como os dados podem ser utilizados em aplicações externas (POP et al., 2021; MAFRUR, 2025). A estabilidade dos blocos confirmados permite que transações e saldos sejam tratados como base confiável para reconstituição histórica, enquanto a estrutura interna da rede condiciona a forma como eventos, ativos e alterações de estado são registrados e disponibilizados para consulta.

Para aplicações como *dashboards* de carteiras, isso significa que o desafio não se limita ao acesso aos dados públicos. Torna-se necessário interpretar, estruturar e consolidar informações dispersas em registros *on-chain*, de modo a convertê-las em métricas compreensíveis, indicadores de desempenho e séries temporais capazes de apoiar leitura patrimonial e tomada de decisão. Nesse sentido, a literatura sobre análise e visualização de dados de *blockchain* indica que a utilidade prática do dado *on-chain* depende da existência

de camadas complementares de indexação, enriquecimento, conceito definido na Seção 2.6, e visualização (MAFRUR, 2025; TOVANICH et al., 2021).

2.2 Carteiras digitais descentralizadas

Segundo Pop et al. (2021) e Kumar et al. (2025), carteiras digitais descentralizadas correspondem a aplicações, extensões ou dispositivos que permitem ao usuário gerenciar chaves criptográficas e interagir diretamente com redes *blockchain*, sem recorrer a uma instituição custodial para armazenar ou movimentar seus ativos. Nesse modelo, o controle dos recursos permanece vinculado à posse da chave privada, o que desloca para o próprio usuário a responsabilidade sobre autenticação, custódia e autorização de transações. Tal característica representa uma ruptura em relação aos modelos centralizados tradicionais, nos quais a intermediação institucional concentra a guarda e a validação das operações.

Diferentemente de uma conta mantida em plataforma centralizada, a carteira descentralizada não armazena os ativos em si, mas funciona como interface de acesso aos registros mantidos na própria rede. Sua função abrange a consulta de endereços, a assinatura de transações e a interação com contratos inteligentes e protocolos descentralizados. Embora esse modelo amplie a autonomia do usuário, ele também torna mais complexa a leitura do histórico financeiro: como discute Mafrur (2025), os registros *on-chain* são técnicos e distribuídos em diferentes estruturas, o que dificulta sua interpretação direta. Para fins de acompanhamento patrimonial, essas movimentações tornam-se, muitas vezes, pouco intuitivas.

Além disso, uma mesma carteira pode reunir ativos com características distintas, como moeda nativa da rede, *tokens* fungíveis, ativos vinculados a *staking* e posições associadas a protocolos financeiros descentralizados (KUMAR et al., 2025; ADAMYK et al., 2025). Essa heterogeneidade reforça a necessidade de mecanismos de consolidação e visualização, pois o simples acesso ao endereço da carteira nem sempre oferece uma leitura clara da composição do portfólio e de sua evolução ao longo do tempo.

2.2.1 Carteira criptográfica e carteira de investimentos

O termo carteira assume sentidos distintos nos domínios da computação e das finanças. Uma carteira criptográfica é o mecanismo utilizado para administrar chaves, identificar endereços e autorizar interações com uma rede *blockchain*. Os criptoativos não ficam armazenados no aplicativo ou no dispositivo da carteira; sua propriedade e seus saldos permanecem registrados na rede (SOLANA, 2026b), enquanto a chave privada permite demonstrar controle sobre o endereço correspondente (JOSEFSSON; LIUSVAARA, 2017).

No campo dos investimentos, carteira designa o conjunto de posições mantidas por uma pessoa ou instituição, podendo incluir ações, títulos, fundos, moedas, criptoativos e

outras classes. Seu estudo concentra-se na distribuição do patrimônio, nos retornos, nos riscos e nas relações entre os ativos, e não no mecanismo técnico utilizado para autorizar transações. Uma mesma carteira de investimentos pode, portanto, estar distribuída entre diferentes contas, corretoras e carteiras criptográficas.

Neste trabalho, a expressão carteira digital descentralizada foi utilizada para identificar o endereço e o mecanismo não custodial de acesso à rede, enquanto os termos portfólio e carteira de investimentos se referiram ao conjunto econômico dos ativos associados ao endereço analisado. Essa distinção é importante porque o sistema não realizou custódia nem movimentação de recursos: ele leu dados públicos, consolidou as posições e produziu informações para acompanhamento patrimonial.

2.3 Autenticação por assinatura criptográfica

Em aplicações não custodiantes, a autenticação pode ser realizada por meio de um mecanismo de desafio e resposta baseado em assinatura digital. Nesse processo, a aplicação apresenta ao usuário um valor aleatório de uso único e validade limitada, que é assinado pela carteira com sua chave privada. A verificação da assinatura comprova o controle da chave correspondente ao endereço público sem exigir o envio da chave privada ao servidor.

Na rede Solana, assinaturas baseadas em Ed25519 permitem verificar a autenticidade da mensagem e sua associação à chave pública apresentada (JOSEFSSON; LIUSVAARA, 2017). Esse modelo reduz os riscos associados ao uso de senhas e preserva o caráter não custodial da aplicação, pois o sistema autentica o usuário sem adquirir capacidade de movimentar seus ativos. Contudo, a segurança da sessão ainda depende da proteção adequada das páginas e dos recursos disponibilizados após a autenticação. O protocolo adotado neste trabalho é especificado na Subseção 3.1.9.

2.4 Finanças descentralizadas (DeFi)

Segundo Kumar et al. (2025) e Romero-Castro et al. (2025), as finanças descentralizadas, comumente designadas pela sigla DeFi, correspondem a um conjunto de aplicações financeiras implementadas sobre redes *blockchain* por meio de contratos inteligentes. Tais aplicações viabilizam operações como troca de ativos, empréstimos, provisão de liquidez, *staking* e geração de rendimentos sem depender diretamente da intermediação de instituições financeiras convencionais. Nesse arranjo, regras de funcionamento, execução de operações e distribuição de incentivos passam a ser determinadas por código, ampliando o papel da programabilidade na organização dos serviços financeiros digitais.

A expansão do ecossistema DeFi alterou de maneira significativa a função das carteiras digitais. Em vez de serem utilizadas apenas para armazenamento e transferência

de ativos, elas passaram a servir como ponto de entrada para interação com múltiplos protocolos, cada qual produzindo eventos e registros específicos (ADAMYK et al., 2025; MAFRUR, 2025). Como resultado, uma carteira pode refletir operações de troca, recebimento de recompensas, depósito em protocolos, retirada de liquidez e outras ações cuja interpretação, do ponto de vista financeiro, não é imediatamente evidente a partir da leitura isolada das transações.

Esse cenário aumenta a complexidade analítica do portfólio e evidencia a limitação de ferramentas que apenas exibem movimentações brutas. Ainda que os dados sejam públicos, sua interpretação exige conhecimento acerca de contratos, programas, eventos e convenções adotadas por cada protocolo (KUMAR et al., 2025; ROMERO-CASTRO et al., 2025). Por esse motivo, soluções voltadas à consolidação e à visualização estruturada dessas informações tornam-se particularmente relevantes para apoiar a leitura do desempenho dos ativos da carteira em ambientes DeFi.

2.5 *Blockchain* no sistema financeiro tradicional e regulação

As seções anteriores trataram do uso direto de redes *blockchain* públicas, no qual o próprio usuário controla suas chaves e interage com protocolos sem intermediários. Paralelamente, a tecnologia passou a ser incorporada pelo sistema financeiro tradicional, em arranjos que mantêm a presença de instituições reguladas. Esse movimento ocorre em duas frentes complementares: instituições financeiras e bancos centrais adotam registros distribuídos e tokenização em seus próprios serviços, enquanto os reguladores trazem as atividades com ativos virtuais para dentro do perímetro regulatório. Esta seção apresenta essas duas frentes nos âmbitos internacional e nacional.

2.5.1 Adoção por instituições financeiras e bancos centrais

O Banco de Compensações Internacionais (BIS) descreve a tokenização como o registro de direitos sobre ativos reais ou financeiros em uma plataforma programável, capaz de combinar em um único processo a troca de mensagens, a conciliação e a transferência do ativo (BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS, 2025). Na proposta de um *livro-razão unificado*, reservas de bancos centrais, depósitos bancários e títulos públicos tokenizados conviveriam em uma mesma plataforma, permitindo liquidação atômica de pagamentos internacionais e de operações com valores mobiliários. Para o BIS, entretanto, as *stablecoins* não atendem aos requisitos de um sistema monetário sólido, pois cada uma representa um direito contra seu emissor, sem liquidação em moeda de banco central, exigem lastro integral antecipado e circulam como instrumentos ao portador em redes públicas pseudônimas (BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS, 2025).

Essa visão orienta experimentos conduzidos pelos próprios bancos centrais. O

Projeto Agorá, coordenado pelo BIS com oito bancos centrais e mais de 40 instituições financeiras privadas, testa uma plataforma compartilhada e programável para pagamentos internacionais no atacado, baseada em reservas e depósitos tokenizados. Em testes com valores reais, o protótipo processou cerca de 30 transações em seis moedas, com tempo médio de aproximadamente 80 segundos entre a ordem e a liquidação (BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS, 2026).

No mercado de capitais, a tokenização já alcançou produtos oferecidos a investidores. Em 2024, a BlackRock lançou seu primeiro fundo tokenizado em uma rede pública, o BUIDL, emitido na rede Ethereum e destinado a investidores qualificados, com uma empresa especializada atuando como agente de transferência e plataforma de tokenização e o BNY Mellon, banco tradicional, como custodiante (BLACKROCK, 2024). No mesmo ano, a Comissão de Valores Mobiliários dos Estados Unidos (SEC) aprovou onze fundos negociados em bolsa com exposição ao bitcoin (ADAMS et al., 2024), permitindo que investidores obtenham essa exposição por meio de corretoras convencionais, sem manter uma carteira própria. Nos dois casos, a rede ou o ativo digital permanece subjacente, mas o acesso do investidor é mediado por instituições reguladas.

A participação dos bancos nesse mercado também passou a ser objeto de padrões prudenciais. O Comitê de Basileia de Supervisão Bancária publicou, em 2022, um padrão específico para o tratamento das exposições bancárias a ativos tradicionais tokenizados, *stablecoins* e criptoativos sem lastro (BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION, 2022), reconhecendo que esses instrumentos apresentam riscos distintos e devem receber tratamentos de capital diferenciados.

2.5.2 Regulação internacional

Na União Europeia, o Regulamento (UE) 2023/1114, conhecido como MiCA (*Markets in Crypto-Assets*), instituiu um regime harmonizado para a emissão de criptoativos e para a prestação de serviços com esses ativos em todos os Estados-Membros (UNIÃO EUROPEIA, 2023). As regras aplicáveis às *stablecoins* passaram a vigorar em 30 de junho de 2024, e as demais disposições, em 30 de dezembro de 2024. Nos Estados Unidos, a Lei GENIUS (*Guiding and Establishing National Innovation for U.S. Stablecoins Act*), sancionada em 18 de julho de 2025, estabeleceu um marco federal para a regulação das *stablecoins* de pagamento (ESTADOS UNIDOS, 2025). Esses marcos indicam uma tendência comum: em vez de proibir os ativos virtuais, as principais jurisdições passaram a exigir autorização, transparência e controles dos emissores e prestadores de serviço.

2.5.3 Regulação e iniciativas no Brasil

No Brasil, a Lei nº 14.478, de 21 de dezembro de 2022, estabeleceu as diretrizes para a prestação de serviços de ativos virtuais e para a regulamentação das prestadoras desses serviços (BRASIL, 2022). A lei define ativo virtual como "a representação digital de valor que pode ser negociada ou transferida por meios eletrônicos e utilizada para realização de pagamentos ou com propósito de investimento" (BRASIL, 2022, art. 3º). O Decreto nº 11.563, de 13 de junho de 2023, atribuiu ao Banco Central do Brasil a competência para regular, autorizar e supervisionar as prestadoras de serviços de ativos virtuais, ressalvando os ativos que representam valores mobiliários, que permanecem sob a competência da Comissão de Valores Mobiliários (CVM) (BRASIL, 2023).

A CVM, por sua vez, já havia esclarecido seu entendimento no Parecer de Orientação nº 40, de 2022. Segundo o parecer, um criptoativo é considerado valor mobiliário quando representa digitalmente um valor mobiliário previsto em lei ou quando se caracteriza como contrato de investimento coletivo; a tokenização em si, contudo, não depende de aprovação prévia da autarquia (COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS, 2022).

Mais recentemente, a Resolução CVM nº 249, publicada em 14 de outubro de 2026, instituiu em caráter experimental o Programa Piloto DLT CVM, destinado a testar operações de emissão, oferta, negociação, liquidação e pós-negociação de valores mobiliários em redes de registro distribuído (COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS, 2026). O piloto permite simular todo o ciclo de vida de ações, debêntures, certificados de recebíveis e cotas de fundos, incluindo escrituração, custódia e depósito centralizado, em ambiente isolado, com *tokens* de teste e sem investidores ou recursos reais. As redes são propostas por associações de entidades reguladas, e as operações são conduzidas por participantes como escrituradores, custodiantes, depositários centrais e intermediários; a CVM acompanha os registros em tempo real, sem participar da validação das transações (INACIO, 2026). Entre os objetivos declarados está comparar redes privadas e redes públicas permissionadas, o que evidencia o modelo adotado pelo mercado de capitais nacional: a tecnologia é incorporada, mas o acesso permanece mediado por instituições autorizadas e sob supervisão do regulador.

A regulamentação do Banco Central foi publicada em novembro de 2025, com vigência a partir de 2 de fevereiro de 2026. As normas criaram as sociedades prestadoras de serviços de ativos virtuais, nas modalidades intermediária, custodiante e corretora, e definiram regras para sua constituição, funcionamento e autorização (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2025a). Também passaram a enquadrar no mercado de câmbio os pagamentos e transferências internacionais realizados com ativos virtuais, bem como a compra, a venda e a troca de ativos referenciados em moeda fiduciária (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2025b). Com isso, as *stablecoins* passaram a ser tratadas, para esses fins, de modo semelhante a outras operações cambiais.

No campo da infraestrutura pública, o Banco Central conduziu o piloto do Drex, plataforma voltada a ativos tokenizados e serviços financeiros programáveis. As duas primeiras fases do piloto utilizaram uma rede de registro distribuído baseada em Hyperledger Besu, compatível com a Ethereum. Em novembro de 2025, essa plataforma foi desativada, em meio a dificuldades para conciliar privacidade e imutabilidade dos registros com as exigências da Lei Geral de Proteção de Dados (MARINS; VERSIGNASSI, 2025). A etapa seguinte, anunciada para 2026, tem como primeiro caso de uso a reconciliação de gravames em operações de crédito e foi planejada sem a tecnologia *blockchain* (MALAR, 2025). O caso ilustra que a adoção institucional da tecnologia depende de requisitos de privacidade, segurança e conformidade que nem sempre são atendidos pelas redes disponíveis.

2.5.4 Implicações para este trabalho

O panorama apresentado evidencia a coexistência de dois modelos de acesso a ativos digitais. No modelo intermediado, o investidor mantém posições por meio de instituições reguladas, como corretoras, custodiantes e fundos, que assumem a guarda dos ativos e a prestação de contas ao cliente; é esse o modelo preservado pelas iniciativas regulatórias brasileiras, inclusive pelo piloto de tokenização da CVM, cujas redes são operadas por participantes autorizados. No modelo não custodial, o próprio usuário controla as chaves e interage diretamente com a rede, sem intermediários responsáveis por consolidar suas informações. Este trabalho concentrou-se no segundo modelo: o sistema desenvolvido apenas lê dados públicos da rede, sem custodiar ativos, intermediar operações ou executar transações. É justamente nesse modelo que a ausência de um intermediário torna mais necessárias ferramentas próprias de consolidação e análise.

Ao mesmo tempo, a tokenização de ativos tradicionais e a regulação das *stablecoins* aproximam os dois mercados. Ativos registrados em redes públicas tendem a incluir, cada vez mais, instrumentos emitidos ou custodiados por instituições reguladas, o que reforça a perspectiva, apresentada nos trabalhos futuros, de integrar ativos digitais e do mercado tradicional em uma mesma visão de portfólio.

2.6 APIs e indexação de dados blockchain

Segundo Mafrur (2025), embora os dados registrados em redes *blockchain* sejam públicos, seu consumo direto a partir da estrutura bruta da rede nem sempre é adequado para aplicações orientadas ao usuário final. A organização técnica das transações, a diversidade de ativos e a presença de instruções específicas de contratos inteligentes tornam a leitura direta dos registros pouco eficiente para fins analíticos e visuais. Em consequência, surgem camadas intermediárias de indexação e consulta responsáveis por transformar dados dispersos em informação estruturada.

Nesse contexto, APIs especializadas desempenham papel central, pois permitem recuperar históricos de transações, saldos, metadados de ativos e, em determinados casos, eventos já parcialmente interpretados (HELIUS, s.d.). Além disso, fontes externas de mercado podem complementar os dados *on-chain* com preços atuais e históricos (JUPITER DEVELOPERS, 2026a; BIRDEYE, s.d.), possibilitando converter quantidades de ativos em métricas monetárias mais compreensíveis, como valor em dólar. Essa integração entre diferentes fontes é especialmente relevante quando o objetivo é reconstruir o comportamento de uma carteira ao longo do tempo.

Esse processo é denominado **enriquecimento de dados**. Neste trabalho, o termo designa o acréscimo, a um registro obtido da rede, de informações que ele não contém, mas que são necessárias para interpretá-lo. Uma transação registrada na *blockchain* informa, por exemplo, o endereço do ativo movimentado, a quantidade na menor unidade da rede e o instante da operação, mas não informa o nome do ativo, seu símbolo nem o valor da operação em moeda corrente. Enriquecer esse registro significa associá-lo a metadados do ativo, obtidos de catálogos de *tokens*, e a uma cotação correspondente ao momento da operação, obtida de fontes de dados de mercado. O registro original permanece inalterado, enquanto as informações acrescentadas tornam possível exibi-lo de forma legível e incluí-lo em cálculos monetários.

Para sistemas de acompanhamento de portfólio, a etapa de indexação e enriquecimento não constitui apenas um detalhe técnico, mas uma condição necessária para a produção de séries históricas consistentes e de visualizações úteis (MAFRUR, 2025; TOVANICH et al., 2021). A utilidade do *dashboard* depende justamente da capacidade de combinar registros transacionais, informações de ativos e dados de mercado em uma estrutura capaz de sustentar leitura sintética, comparação temporal e interpretação patrimonial.

2.7 Dados *on-chain*, dados de mercado e ativos equivalentes

As informações utilizadas por um painel de carteira têm duas origens de natureza distinta. Os **dados *on-chain*** são aqueles registrados no próprio livro-razão da rede: saldos, transferências, contas e titularidade dos ativos (SOLANA, 2026b; SOLANA, 2026c). São públicos, verificáveis por qualquer participante e constituem a fonte definitiva sobre o que cada endereço possui, mas não informam quanto essas quantidades valem. Os **dados de mercado**, por sua vez, como preço, volume negociado e capitalização, resultam das negociações realizadas em diferentes ambientes. Parte dessas negociações ocorre em corretoras descentralizadas, cujas operações ficam registradas na rede, e parte em corretoras centralizadas, cujos livros de ofertas são mantidos fora dela. Por isso, o preço de um ativo não é um dado único da rede, mas uma estimativa produzida por provedores que

agregam negociações segundo metodologias próprias (JUPITER DEVELOPERS, 2026a; BIRDEYE, s.d.), e fontes distintas podem divergir. Mesmo indicadores aparentemente simples combinam as duas origens: a capitalização de mercado multiplica a oferta, registrada na rede, por um preço formado no mercado.

Essa distinção também se manifesta nos próprios ativos. Muitos ativos negociados em redes *blockchain* possuem equivalentes econômicos fora delas, e vários representam, na rede, um ativo mantido fora dela. A Tabela 3 relaciona os ativos utilizados neste trabalho a seus equivalentes no mercado tradicional.

Tabela 3 – Ativos utilizados no trabalho e equivalentes fora da *blockchain*

Ativo	**Natureza na rede**	**Equivalente fora da rede**
SOL	Ativo nativo da rede Solana	Fundo negociado em bolsa com exposição direta ao SOL, listado nos Estados Unidos em 2025 (BITWISE, 2025)
JitoSOL	Derivado de *staking*: representa SOL depositado e suas recompensas	Indireto: o mesmo fundo mantém parte do SOL em *staking* (BITWISE, 2025)
USDC	*Stablecoin* resgatável por dólares na proporção de 1 para 1	O próprio dólar; o lastro é mantido em caixa bancário e em fundo de mercado monetário com títulos de curto prazo do Tesouro norte-americano (CIRCLE, 2026)
WBTC e cbBTC	Representações de bitcoin em outras redes, lastreadas em bitcoin mantido por custodiante (DECRYPT, 2024)	O bitcoin e os fundos negociados em bolsa que o detêm (ADAMS et al., 2024)
xORCA	*Token* associado a um protocolo do ecossistema	Sem equivalente direto

Fonte: Elaborado pelo autor.

A equivalência é econômica, e não jurídica. Um fundo negociado em bolsa e uma representação tokenizada do mesmo ativo podem acompanhar o mesmo preço, mas diferem quanto ao custodiante, ao risco de contraparte, ao horário de negociação, à regulação aplicável e à forma de acesso. As representações tokenizadas acrescentam o risco do emissor ou custodiante que mantém o ativo subjacente, enquanto os fundos acrescentam a intermediação descrita na Seção 2.5. Neste trabalho, as quantidades de cada posição foram obtidas de dados *on-chain*, e seus valores, de dados de mercado; o S&P 500, utilizado como referência externa, é um dado exclusivamente do mercado tradicional.

2.8 Visualização de dados e *dashboards*

A visualização de dados constitui um campo voltado à representação gráfica de informações com o objetivo de facilitar percepção, interpretação e comunicação (TOVANICH

et al., 2021). Em ambientes financeiros, *dashboards* são amplamente utilizados para reunir gráficos, indicadores e tabelas em uma única interface, permitindo ao usuário acompanhar o comportamento de variáveis relevantes em diferentes recortes temporais (HJELLE et al., 2024). Mais do que uma escolha estética, a visualização representa uma estratégia de organização da informação que busca transformar dados complexos em elementos mais facilmente assimiláveis.

No caso de carteiras descentralizadas, a importância da visualização é ainda mais evidente, pois o volume e a heterogeneidade dos dados podem dificultar a interpretação quando apresentados apenas em formato textual ou transacional (TOVANICH et al., 2021; HJELLE et al., 2024). A representação gráfica da evolução do valor total do portfólio, por exemplo, pode evidenciar tendências de crescimento, queda ou estabilidade, enquanto visualizações de composição por ativo permitem identificar concentração, diversificação e exposição relativa da carteira. Dessa forma, a visualização cumpre papel analítico, e não apenas ilustrativo, no acompanhamento do comportamento patrimonial.

Além disso, recursos interativos como *zoom*, *tooltip*, filtragem temporal e ativação ou desativação de séries ampliam a capacidade de exploração da informação, permitindo que o usuário transite entre visões gerais e análises mais específicas (HJELLE et al., 2024). Em aplicações voltadas à leitura de portfólios descentralizados, tais mecanismos favorecem uma experiência mais aderente às necessidades de acompanhamento, comparação e interpretação dos dados ao longo do tempo.

2.9 Fundamentos financeiros para análise de portfólios

A análise de uma carteira de investimentos exige considerar conjuntamente retorno, risco, liquidez, concentração e dependência entre os ativos. Esses conceitos foram originalmente desenvolvidos para mercados tradicionais, mas fornecem uma base útil para organizar a leitura de portfólios de criptoativos, desde que suas hipóteses e limitações sejam reconhecidas.

2.9.1 Relação risco-retorno e Teoria Moderna de Portfólio

A relação risco-retorno expressa a ideia de que a busca por retornos mais elevados costuma envolver maior exposição à incerteza e a perdas. Na Teoria Moderna de Portfólio, Markowitz (1952) formalizou esse problema por meio da análise conjunta do retorno esperado, da variância e da covariância dos ativos. Para o autor, o objetivo não consiste apenas em selecionar posições isoladamente atrativas, mas em compor carteiras que ofereçam a melhor relação entre retorno esperado e risco para determinado perfil de decisão.

Nesse modelo, o risco da carteira é medido pela variância de seu retorno, que depende não apenas da volatilidade de cada ativo, mas também da forma como os ativos variam em conjunto:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} w_i \, w_j \, \sigma_i \, \sigma_j \, \rho_{i,j}, \tag{2.1}$$

em que w_i é a participação do ativo i, σ_i é sua volatilidade e $\rho_{i,j}$ é a correlação linear entre os retornos dos ativos i e j, de modo que o produto $\sigma_i \sigma_j \rho_{i,j}$ corresponde à covariância do par. Como $\rho_{i,j} \leq 1$, a volatilidade da carteira, σ_p, nunca excede a média ponderada das volatilidades individuais, $\sum_i w_i \sigma_i$, e as duas só coincidem quando todos os ativos são perfeitamente correlacionados. A diferença entre elas expressa o benefício da diversificação: o risco total não pode ser explicado apenas pela soma ponderada dos riscos individuais.

Essa abordagem introduziu o conceito de fronteira eficiente, formada pelas combinações de ativos que maximizam o retorno esperado para cada nível de risco ou minimizam o risco para cada retorno esperado. O sistema desenvolvido não realiza otimização de carteira, não prescreve alocações e não calcula a variância da Equação (2.1). A perspectiva de Markowitz fundamenta, neste trabalho, a leitura conjunta das posições por meio de indicadores de concentração e de correlação, cujo alcance e cujas limitações em relação ao risco de carteira são discutidos na Subseção 3.1.8.

2.9.2 Volatilidade, *drawdown* máximo e liquidez

A volatilidade representa a dispersão dos retornos em torno de sua média e é frequentemente utilizada como aproximação do risco. O retorno corresponde à variação percentual do preço entre dois instantes; a volatilidade indica o quanto essas variações se afastaram de seu comportamento médio. Quando anualizada, a medida converte a oscilação observada em intervalos menores para uma escala anual comparável entre ativos. Uma volatilidade elevada indica que os retornos variaram intensamente, aumentando a incerteza sobre o valor da posição. Contudo, a medida considera oscilações positivas e negativas de forma simétrica: uma valorização acentuada também eleva a volatilidade, embora não represente uma perda.

> **Exemplo de volatilidade.** Considere dois ativos com retorno médio diário próximo de zero. O primeiro alternou entre ganhos de 1% e perdas de 1%, enquanto o segundo alternou entre ganhos de 8% e perdas de 8%. Embora ambos tenham apresentado retorno médio semelhante, o segundo teve volatilidade mais elevada porque seus preços se afastaram com maior intensidade do comportamento médio. A volatilidade anualizada permite comparar essas oscilações em uma mesma escala, mas não significa que o ativo necessariamente ganhará ou perderá aquele percentual ao longo do ano.

O *drawdown* mede a perda acumulada a partir de um valor máximo anteriormente alcançado. Nesse contexto, o **pico** corresponde ao maior preço ou valor da posição registrado antes do início de uma queda. O **vale subsequente** é o menor valor atingido depois desse pico, antes de uma recuperação ou da formação de um novo pico. Por exemplo, se um ativo alcançou 100 unidades monetárias e posteriormente caiu para 70, ocorreu um *drawdown* de 30%, ainda que seu preço tenha se recuperado mais tarde.

O *drawdown* máximo corresponde à maior dessas quedas observadas dentro da janela analisada. Diferentemente da volatilidade, ele considera apenas movimentos desfavoráveis e evidencia a perda mais intensa suportada por uma posição desde um ponto máximo anterior. O indicador não informa quanto tempo a recuperação demorou nem garante que uma queda semelhante não volte a ocorrer. Além disso, seu resultado depende do período e da frequência dos dados utilizados, razão pela qual deve ser interpretado como descrição histórica, e não como previsão de perdas futuras.

> **Exemplo de *drawdown* máximo.** Considere a sequência de preços 100, 80, 110 e 77. A primeira queda, de 100 para 80, produziu um *drawdown* de $(100 - 80)/100 = 20\%$. Depois da recuperação, o valor de 110 tornou-se um novo pico. A queda posterior até 77 foi de 33 unidades monetárias, o que corresponde a $(110 - 77)/110 = 33/110 = 30\%$ desse novo máximo; como o *drawdown* é medido em relação ao pico, e não em unidades absolutas, a queda de 33 unidades não equivale a 33%. Nesse intervalo, portanto, o *drawdown* máximo foi de 30%, pois representou a maior perda percentual entre todos os pares formados por um pico e seu vale posterior.

A liquidez de mercado corresponde à facilidade de comprar ou vender um ativo com rapidez, em quantidade relevante e sem provocar alteração expressiva em seu preço. O **volume negociado** indica quanto do ativo foi transacionado em determinado período, enquanto a **profundidade de mercado** representa a quantidade de ordens disponíveis em diferentes níveis de preço. O *spread* é a diferença entre a melhor oferta de compra e a melhor oferta de venda, e o *slippage* corresponde à diferença entre o preço esperado e o preço efetivamente obtido na execução.

> **Exemplo de liquidez.** Se a maior oferta de compra de um ativo é de 99,00 e a menor oferta de venda é de 101,00, o *spread* corresponde a 2,00. Se um investidor pretende comprar 100 unidades por 101,00, mas existem apenas 10 unidades disponíveis nesse preço, as demais precisarão ser adquiridas em ofertas mais caras. Caso o preço médio efetivamente pago seja 103,00, ocorreu *slippage* de aproximadamente 1,98% em relação ao preço inicialmente esperado. O exemplo também evidencia a profundidade: mesmo que o ativo apresente

volume diário elevado, a ausência momentânea de ordens próximas ao preço desejado pode aumentar o custo da operação.

Ativos com baixo volume e pouca profundidade tendem a apresentar *spread* e *slippage* mais elevados, especialmente em operações de maior valor ou em momentos adversos. Assim, a liquidez constitui uma dimensão de risco distinta da volatilidade: uma posição pode apresentar variação histórica moderada e, ainda assim, ser difícil de converter em moeda de referência sem perda significativa.

Esses conceitos são relevantes para um painel de acompanhamento de carteira por duas razões. A primeira diz respeito à valoração: ao multiplicar a quantidade mantida pela cotação de mercado, o painel apresenta o valor da posição como se ela pudesse ser vendida integralmente àquele preço. Em ativos líquidos, essa aproximação é adequada; em ativos com pouca profundidade, porém, a venda da posição provocaria *slippage*, e o valor efetivamente obtido, bem como o resultado não realizado, seriam inferiores aos exibidos. A segunda diz respeito à qualidade dos dados: ativos pouco negociados tendem a apresentar cotações esparsas ou irregulares, o que afeta a precificação histórica e as métricas calculadas sobre retornos. Essa preocupação é particularmente pertinente em redes como a Solana, nas quais carteiras podem reunir, ao lado de ativos amplamente negociados, *tokens* com mercados restritos (JUPITER DEVELOPERS, 2026b; BIRDEYE, s.d.).

2.9.3 Diversificação, correlação e concentração

A diversificação busca distribuir a exposição entre ativos cujos retornos não se comportem de maneira perfeitamente semelhante. Em seu sentido mais amplo, uma carteira diversificada pode reunir diferentes classes de investimento, como ações, títulos públicos, fundos, moedas, imóveis e criptoativos. Essa distribuição entre classes procura reduzir a dependência do patrimônio em relação a um único mercado ou tipo de risco. No recorte deste trabalho, entretanto, a diversificação foi analisada apenas dentro do mercado de criptoativos, considerando a presença de diferentes *tokens* na carteira e o comportamento conjunto de seus retornos. Portanto, possuir várias criptomoedas representou diversificação interna ao portfólio estudado, mas não equivaleu necessariamente a uma diversificação patrimonial ampla.

A relação entre os retornos dos ativos é medida por coeficientes de correlação, cujo valor varia de -1 a 1. Um resultado próximo de 1 indica que os retornos tenderam a variar na mesma direção; um valor próximo de -1 indica variações em direções opostas; e um valor próximo de zero indica pouca associação. Correlações reduzidas ou negativas podem contribuir para reduzir a variabilidade conjunta da carteira, enquanto correlações elevadas

indicam que as posições tendem a responder de modo semelhante às condições de mercado. Em qualquer caso, a correlação não demonstra relação de causa e efeito.

O coeficiente mais difundido é o de Pearson, que mede a associação linear e é calculado diretamente sobre os valores observados. Essa característica o torna sensível a valores extremos: em séries curtas, um único dia de alta ou queda acentuada, provocado por uma notícia ou por um episódio de forte volatilidade, pode elevar ou reduzir o coeficiente de forma desproporcional e sugerir uma associação mais forte ou mais fraca do que a observada nos demais dias. Os coeficientes de postos contornam esse problema ao substituir cada valor por sua posição na ordenação da série. O coeficiente de Spearman corresponde à correlação calculada sobre esses postos, e o de Kendall baseia-se na proporção de pares de observações concordantes e discordantes. Ambos medem associação monotônica, sem exigir linearidade nem uma distribuição específica dos dados, e, por dependerem apenas da ordenação, limitam a influência de observações extremas.

O benefício da diversificação depende não apenas da quantidade de ativos, mas também de suas participações relativas. A concentração representa o percentual do patrimônio alocado em cada posição; portanto, uma carteira com diversos ativos ainda pode permanecer fortemente dependente de apenas um deles. Em nível agregado, a soma dos quadrados das participações permite distinguir distribuições mais equilibradas de estruturas concentradas.

A quantidade de ativos também importa. Em carteiras de ações com pesos iguais, Evans e Archer (1968) observaram que a redução da dispersão dos retornos é rápida nos primeiros ativos e torna-se pequena a partir de cerca de dez, número frequentemente adotado como referência mínima para uma diversificação adequada. Esse resultado pressupõe ativos com correlações moderadas entre si. Quando os ativos são fortemente correlacionados, como ocorre com frequência entre criptoativos de um mesmo ecossistema, acrescentar posições reduz pouco o risco, e uma carteira com muitos ativos pode permanecer, na prática, pouco diversificada.

2.9.4 Beta, risco sistemático e Índice de Sharpe

O Modelo de Precificação de Ativos de Capital (*Capital Asset Pricing Model*, CAPM), proposto por Sharpe (1964), relaciona o retorno esperado de um ativo à sua exposição ao risco sistemático, isto é, à parcela do risco associada aos movimentos gerais do mercado e que não pode ser eliminada apenas pela diversificação. Nesse contexto, o beta é obtido pela razão entre a covariância dos retornos do ativo com os retornos da referência e a variância da referência. Um beta superior a um indica sensibilidade proporcionalmente maior às oscilações do mercado considerado; valores entre zero e um indicam que o ativo acompanha o mercado com menor intensidade; um beta próximo de zero indica pouca relação linear; e um beta negativo indica tendência de variação em sentido oposto. Como

o beta equivale ao produto da correlação pela razão entre as volatilidades do ativo e da referência, sua leitura só é informativa quando a correlação correspondente é relevante: com correlação fraca, mesmo valores elevados ou negativos de beta podem resultar apenas de oscilações casuais da amostra.

> **Exemplo de beta e risco sistemático.** Considere um ativo com beta igual a 1,5 em relação a determinado índice. Se a referência subir 10%, o ativo tenderia, em termos aproximados, a variar 15% na mesma direção; se a referência cair 8%, a variação esperada seria próxima de -12%. Essa relação não constitui garantia, pois o ativo também está sujeito a fatores próprios. Uma queda generalizada do mercado representa risco sistemático, enquanto um problema específico de um projeto ou protocolo constitui risco particular e pode afetar somente aquela posição.

O índice de Sharpe avalia o retorno excedente em relação a uma taxa de referência por unidade de volatilidade assumida (SHARPE, 1966). Valores mais elevados representam melhor compensação histórica pelo risco medido, enquanto valores negativos indicam que o retorno ficou abaixo da taxa de referência. Sua interpretação requer cautela em séries curtas, distribuições assimétricas ou mercados sujeitos a variações extremas, pois a volatilidade utilizada no denominador não diferencia oscilações favoráveis e desfavoráveis.

> **Exemplo de índice de Sharpe.** Considere uma taxa de referência de 5% ao ano. Um ativo com retorno anualizado de 20% e volatilidade de 30% apresenta índice de Sharpe igual a 0,50. Outro ativo, com retorno de 14% e volatilidade de 12%, apresenta índice de 0,75. Embora o primeiro tenha alcançado retorno absoluto maior, o segundo ofereceu melhor retorno excedente por unidade de volatilidade no período analisado.

Esses indicadores podem ser calculados em relação a diferentes referências. No contexto deste trabalho, a comparação com o ativo nativo da rede caracteriza a sensibilidade dentro do ecossistema de criptoativos, enquanto uma referência do mercado tradicional oferece uma perspectiva externa. A escolha do referencial altera o significado econômico da correlação e do beta e, por isso, deve ser explicitada na apresentação dos resultados.

2.9.5 Resultado das posições, alocação e interpretação

O resultado de uma posição pode ser separado em parcela realizada, reconhecida quando ocorre venda, e parcela não realizada, correspondente à diferença entre o preço atual e o custo médio dos ativos ainda mantidos. O custo médio ponderado permite atualizar a base da posição após aquisições e reduzi-la proporcionalmente nas vendas. Essa

distinção evita confundir valorização ainda não concretizada com resultado efetivamente realizado.

A alocação indica como o patrimônio foi distribuído entre os ativos e conecta a análise de desempenho à concentração e à diversificação. No sistema desenvolvido, essas dimensões foram sintetizadas na pontuação consolidada especificada na Subseção 3.1.7. Essa síntese facilita comparações, mas pode ocultar o fato de que pontuações semelhantes resultam de fontes diferentes de risco. Por essa razão, o valor numérico foi acompanhado de seus componentes e de uma interpretação textual baseada em regras heurísticas.

2.9.6 Aplicabilidade e limites no contexto de criptoativos

Os fundamentos das finanças tradicionais oferecem uma linguagem consolidada para analisar retorno, dispersão, dependência e alocação. Sua aplicação aos criptoativos permite comparar posições e organizar informações que, de outra forma, permaneceriam restritas a saldos e transações. Liu e Tsyvinski (2021), contudo, identificam fatores específicos desse mercado, relacionados à adoção das redes, à atenção dos investidores e à dinâmica própria dos ecossistemas digitais, que não são plenamente explicados pelos modelos tradicionais.

Além disso, mercados de criptoativos operam continuamente, apresentam ativos com históricos curtos, diferenças acentuadas de liquidez e episódios de variação extrema. Protocolos descentralizados, mudanças tecnológicas e riscos associados à infraestrutura também podem afetar as posições sem aparecer diretamente nas séries de preço. Consequentemente, volatilidade, beta, correlação e índice de Sharpe devem ser tratados como descrições históricas condicionadas aos dados e à janela escolhida, e não como previsões ou avaliações completas do risco econômico e tecnológico.

A utilização dessas métricas neste trabalho teve caráter informativo e comparativo. A pontuação e a narrativa automatizada auxiliaram na interpretação das posições, mas não substituíram análise financeira abrangente, avaliação dos protocolos, objetivos pessoais, horizonte de investimento ou tolerância individual ao risco.

2.10 Rede Solana e padrão SPL

A Solana é uma rede *blockchain* pública projetada para executar transações, contratos inteligentes e aplicações descentralizadas com alto desempenho, baixa latência e custos reduzidos. Os fundamentos gerais de uma *blockchain* foram apresentados na Seção 2.1; nesta seção, o enfoque recai sobre as características específicas da rede Solana. A rede possui uma criptomoeda nativa denominada SOL, utilizada para pagar taxas de transação, participar de mecanismos econômicos da rede e transferir valor entre endereços. Portanto, Solana designa a infraestrutura tecnológica, enquanto SOL designa o criptoativo nativo que circula nessa infraestrutura.

Além do SOL, a rede permite a criação de outros ativos digitais por meio dos programas de *tokens* da *Solana Program Library* (SPL), expressão que pode ser traduzida como Biblioteca de Programas da Solana. No contexto dos *tokens*, esses programas estabelecem regras comuns para operações como emissão, transferência, armazenamento de saldos e redução da quantidade em circulação (SOLANA, 2026c). Essa padronização permite que carteiras, aplicações descentralizadas e serviços de consulta reconheçam e manipulem diferentes *tokens* de maneira compatível. As características da rede e desse modelo de ativos a tornam particularmente relevante em ecossistemas com grande volume de operações, como mercados de *tokens* e protocolos DeFi.

2.10.1 Modelo de contas e ativo nativo (SOL)

Conforme a documentação oficial da rede (SOLANA, 2026b; SOLANA, 2026a), o modelo de dados da Solana está centrado em contas (*accounts*), que constituem a unidade básica de armazenamento de estado. Cada conta é identificada por uma chave pública e pode armazenar saldo, proprietário e dados associados. Em termos gerais, o estado da rede é mantido como um conjunto de contas inter-relacionadas, o que diferencia a estrutura da Solana de outras redes que adotam modelos mais diretamente orientados a transações e contratos.

O SOL, criptomoeda nativa da rede, é utilizado para pagamento de taxas e outras funções operacionais do ecossistema. Seu saldo é representado internamente em *lamports*, correspondendo a frações mínimas da unidade monetária (SOLANA, 2026a). Para aplicações de acompanhamento de carteira, esse aspecto é relevante porque o ativo nativo pode exigir tratamento distinto daquele aplicado aos *tokens* emitidos em programas específicos, influenciando tanto a coleta quanto a consolidação dos dados.

2.10.2 *Tokens* SPL e representação de ativos

Os ativos tokenizados na Solana são, em grande parte, representados segundo as regras dos programas de *tokens* da SPL. Em termos práticos, esse padrão exerce função semelhante à de um conjunto de normas técnicas: define como um *token* é criado, como sua quantidade total é controlada, como os saldos são registrados e como as unidades podem ser transferidas. Segundo a documentação da rede (SOLANA, 2026c), a definição do ativo é mantida em uma conta de emissão (*mint account*), enquanto a posse e o saldo do *token* são registrados em contas de *token* associadas ao usuário e vinculadas à respectiva emissão. Essa separação entre definição do ativo e sua posse operacional constitui um aspecto central da forma como *tokens* são representados na rede.

Do ponto de vista do acompanhamento de carteira, isso implica que a composição do portfólio não pode ser inferida apenas a partir de um endereço principal, sendo necessária

a agregação de informações distribuídas entre múltiplas contas de *token* (SOLANA, 2026c). Em contextos reais, nos quais o usuário pode manter diversos ativos e interagir com diferentes protocolos, essa característica reforça a necessidade de mecanismos automatizados de consolidação e de padronização dos dados, como os serviços de metadados de *tokens* (JUPITER DEVELOPERS, 2026b).

2.10.3 SOL e *wrapped SOL* (wSOL)

Embora o SOL seja o ativo nativo da rede, determinados fluxos operacionais utilizam uma representação embrulhada denominada *wrapped SOL* (wSOL), que permite tratar o SOL como um *token* compatível com o programa de *tokens* da rede (SOLANA FOUNDATION, 2026). Nesses casos, a mesma exposição patrimonial pode aparecer sob formas distintas, dependendo da maneira como o protocolo ou a aplicação representa o ativo em uma operação específica.

Para sistemas que calculam séries históricas de carteira e consolidam saldos por ativo, essa característica é particularmente relevante, pois o SOL pode estar registrado tanto como saldo nativo quanto como saldo de uma conta de *token* wSOL (SOLANA FOUNDATION, 2026; SOLANA, 2026c), o que exige critérios de normalização e interpretação capazes de evitar duplicidade ou inconsistência na representação do portfólio. Em outras palavras, o acompanhamento confiável da carteira depende não apenas da leitura dos saldos, mas também da correta identificação de equivalências econômicas entre representações distintas de um mesmo ativo.

2.10.4 Implicações para *dashboards* e análise de portfólio

As características estruturais da Solana impactam diretamente a construção de *dashboards* voltados ao acompanhamento de carteiras. A diversidade de ativos, a distribuição do estado em contas e a coexistência entre ativo nativo, *tokens* SPL e representações derivadas, descritas na documentação da rede (SOLANA, 2026b; SOLANA, 2026c), exigem procedimentos de coleta, padronização, enriquecimento (JUPITER DEVELOPERS, 2026b) e precificação capazes de transformar registros técnicos em métricas interpretáveis.

Além disso, em ecossistemas com alta frequência de transações e múltiplos ativos, a visualização temporal tende a demandar estratégias de agregação em janelas (*bucketing*), tanto para fins de desempenho quanto de legibilidade. Assim, a rede Solana apresenta um contexto particularmente desafiador e, ao mesmo tempo, oportuno para o desenvolvimento de soluções analíticas, pois seus dados são públicos e verificáveis (SOLANA, 2026b; SOLANA, 2026a; SOLANA, 2026c), mas sua estrutura exige uma camada adicional de interpretação para que o usuário consiga acompanhar, de forma clara, o desempenho de seus ativos e a evolução temporal de sua carteira.

2.11 Desafios na análise temporal de carteiras descentralizadas

A análise temporal de uma carteira descentralizada envolve desafios que extrapolam a simples observação de saldos correntes. Um primeiro aspecto está relacionado à reconstrução histórica do portfólio, já que o valor total em determinado instante depende simultaneamente dos ativos mantidos e dos preços de mercado disponíveis naquele momento. Isso significa que a análise temporal requer a articulação entre registros de movimentação (MAFRUR, 2025), estado acumulado e informação de preço histórico, como a disponibilizada por provedores de dados de mercado (BIRDEYE, s.d.; JUPITER DEVELOPERS, 2026a), de modo a representar adequadamente a evolução patrimonial da carteira.

Outro desafio relevante diz respeito à heterogeneidade dos ativos. *Tokens* distintos podem apresentar diferenças de liquidez, volatilidade, disponibilidade de metadados e cobertura de precificação (JUPITER DEVELOPERS, 2026b; BIRDEYE, s.d.), o que afeta diretamente a consistência das séries históricas construídas. Em algumas situações, o sistema precisa lidar com ativos sem preço disponível, ativos recém-criados ou múltiplas representações do mesmo valor econômico (SOLANA FOUNDATION, 2026), o que exige definição de critérios para inclusão, exclusão ou tratamento especial na composição do portfólio.

Também merecem destaque os desafios de desempenho. Carteiras com histórico expressivo de movimentações podem gerar volume elevado de dados (MAFRUR, 2025; HELIUS, s.d.), tornando necessárias estratégias como agregação temporal, *cache* local, enriquecimento assíncrono e consultas otimizadas. Sem essas medidas, a experiência de uso tende a ser prejudicada, sobretudo quando a solução propõe visualizações interativas e exploração de séries temporais em diferentes escalas.

Por fim, permanece o desafio da interpretação. Mesmo quando os dados estão tecnicamente corretos, sua utilidade depende da forma como são organizados e apresentados ao usuário (TOVANICH et al., 2021; HJELLE et al., 2024). Dessa maneira, a construção de um *dashboard* para acompanhamento de carteiras descentralizadas não se reduz à obtenção de dados públicos, mas envolve decisões de modelagem, tratamento e visualização capazes de converter registros técnicos em informação compreensível, consistente e útil para análise patrimonial.

2.12 Trabalhos correlacionados

O desenvolvimento do projeto considerou soluções disponíveis no mercado que consolidam informações de investimentos em interfaces de acompanhamento. A análise não teve como objetivo estabelecer uma avaliação exaustiva ou uma classificação comercial, mas

identificar estratégias recorrentes de organização visual, integração de fontes e apresentação do desempenho que servissem como referência para o recorte adotado neste trabalho.

O Zerion disponibiliza acompanhamento de carteiras e ativos digitais por meio de aplicação web, com visualização de *tokens* e histórico de transações, além da possibilidade de observar uma visão combinada do portfólio em suas aplicações (ZERION, 2025b; ZERION, 2025a). O CoinStats integra carteiras, corretoras e diferentes redes em um rastreador de criptoativos, reunindo preços, distribuição e informações de desempenho (COINSTATS, s.d.). O DeBank concentra-se no acompanhamento de ativos e posições de finanças descentralizadas em redes compatíveis com Ethereum (DEBANK, s.d.). Em uma perspectiva mais ampla, o Delta reúne criptoativos e classes tradicionais, como ações, fundos, índices, moedas e commodities, demonstrando a possibilidade de uma visão patrimonial que ultrapassa um único mercado (ETORO, s.d.).

Tabela 4 – Síntese das soluções correlacionadas e do projeto desenvolvido

Solução	**Escopo principal**	**Aspectos relevantes para comparação**
Zerion	Carteiras e posições em múltiplas redes	Consolidação de ativos, histórico de transações e visão de portfólio por carteira ou de forma combinada.
CoinStats	Carteiras, corretoras e redes de criptoativos	Integração de diferentes fontes, visão de alocação e acompanhamento de desempenho.
DeBank	Ativos e posições DeFi em redes compatíveis com Ethereum	Organização das posições por ativo e protocolo em uma interface orientada a dados públicos de endereços.
Delta	Investimentos tradicionais e criptoativos	Consolidação de diferentes classes de ativos, múltiplos portfólios e comparação do desempenho em uma visão integrada.
Projeto desenvolvido	Carteira descentralizada na rede Solana	Reconstrução patrimonial, resultado das posições, métricas de risco por ativo, pontuação consolidada e interpretação textual automatizada.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas páginas oficiais das soluções.

As soluções analisadas demonstram diferentes estratégias para consolidar ativos, movimentações e informações de desempenho em interfaces de acompanhamento de portfólio. Entretanto, no levantamento realizado a partir das funcionalidades apresentadas em suas páginas oficiais, não foram identificados mecanismos equivalentes à combinação adotada neste trabalho entre análise individual de risco, síntese dos indicadores e explicação automatizada dos fatores que compõem essa avaliação. O projeto desenvolvido concentrou-se na rede Solana e utilizou esse recorte para integrar, em uma mesma aplicação, a reconstrução da evolução patrimonial e dos resultados das posições com métricas de risco por ativo, uma pontuação consolidada e uma interpretação textual por regras heurísticas, especificadas nas Subseções 3.1.7 e 3.1.8. Assim, a diferenciação do projeto não está

apenas na consolidação e visualização das posições e movimentações da carteira, mas na incorporação de uma camada analítica e interpretativa que relaciona desempenho, exposição ao risco e características de cada posição em uma mesma interface.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais e Métodos

3.1.1 Caracterização do estudo e abordagem metodológica

Segundo Prodanov e Freitas (2013) e Wazlawick (2021), a pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Este estudo caracterizou-se como aplicado, pois resultou na implementação de um sistema computacional voltado à reconstrução de carteiras descentralizadas e à análise e visualização de indicadores de desempenho de seus ativos, orientado ao processamento de informações financeiras obtidas de registros públicos em redes *blockchain* e de fontes externas de mercado.

De acordo com Gil (2002) e Marconi e Lakatos (2017), a pesquisa exploratória busca proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito. O estudo também apresentou esse caráter, uma vez que investigou procedimentos para transformar registros *on-chain*, distribuídos e tecnicamente complexos, em séries temporais, métricas de desempenho e indicadores de risco interpretáveis. Foram considerados desafios como indisponibilidade de preços, diferentes representações de um mesmo ativo, intervalos sem movimentação e limitações de liquidez e cobertura de mercado.

A condução metodológica compreendeu a elaboração da fundamentação teórica, o levantamento de requisitos, a definição da arquitetura, a integração das fontes de dados, a modelagem relacional, a implementação do processamento, o desenvolvimento da interface e a validação funcional inicial, etapas que correspondem às atividades do processo de desenvolvimento de software descritas por Pressman e Maxim (2021) e Sommerville (2019). O percurso combinou fundamentação teórica e desenvolvimento tecnológico para produzir e verificar uma solução capaz de transformar dados brutos em informação financeira estruturada.

Na validação funcional, foram utilizadas carteiras reais pertencentes ao autor na rede Solana, processadas de ponta a ponta pelas etapas de coleta, sincronização, enriquecimento, reconstrução das posições e análise de risco. Para as figuras, tabelas e capturas de tela apresentadas na monografia, entretanto, foi empregado um modo de demonstração destinado a impedir a exposição de endereços, saldos e históricos financeiros pessoais. Nesse modo, as quantidades e posições foram substituídas por valores sintéticos gerados de forma determinística, de modo que a mesma entrada produzisse sempre os mesmos dados de demonstração. As posições sintéticas foram combinadas com ativos e preços

reais de mercado, incluindo cotações atuais, variações e séries históricas, preservando o comportamento relativo e as variações percentuais necessários à avaliação das visualizações sem revelar o patrimônio real do autor.

3.1.2 Arquitetura geral da solução

A solução foi organizada em arquitetura cliente-servidor com quatro componentes principais: (i) ***backend***, responsável pelas regras de negócio, integrações externas, processamento analítico e acesso aos dados; (ii) **banco de dados relacional**, empregado na persistência das informações e no armazenamento de *cache*; (iii) ***frontend* web**, responsável pela autenticação, consulta e apresentação interativa dos resultados; e (iv) **serviço criptográfico auxiliar**, dedicado à verificação das assinaturas utilizadas no acesso por carteira.

O *backend* seguiu uma organização em controladores, serviços e modelos. Essa separação concentrou a comunicação HTTP na camada de entrada, as regras de negócio e integrações na camada de serviços e a persistência na camada de modelos. As integrações externas foram encapsuladas nessa camada e consumiram interfaces documentadas pelos provedores: a Helius forneceu saldos e movimentações *on-chain* (HELIUS, s.d.); a Jupiter forneceu metadados e preços atuais (JUPITER DEVELOPERS, 2026b; JUPITER DEVELOPERS, 2026a); e a Birdeye forneceu preços históricos e dados complementares de mercado (BIRDEYE, s.d.; BIRDEYE, 2026).

A Figura 1 apresenta os componentes e os principais fluxos de comunicação. A interface solicitou informações à aplicação principal por HTTP e recebeu respostas estruturadas. A aplicação coordenou consultas externas, cálculos e persistência, enquanto a verificação criptográfica foi delegada ao serviço auxiliar. O banco relacional concentrou dados persistentes e entradas de *cache*. Essa organização reduziu o acoplamento entre as responsabilidades e permitiu que coleta, precificação, reconstrução histórica, cálculo de desempenho e análise de risco fossem evoluídos de forma modular.

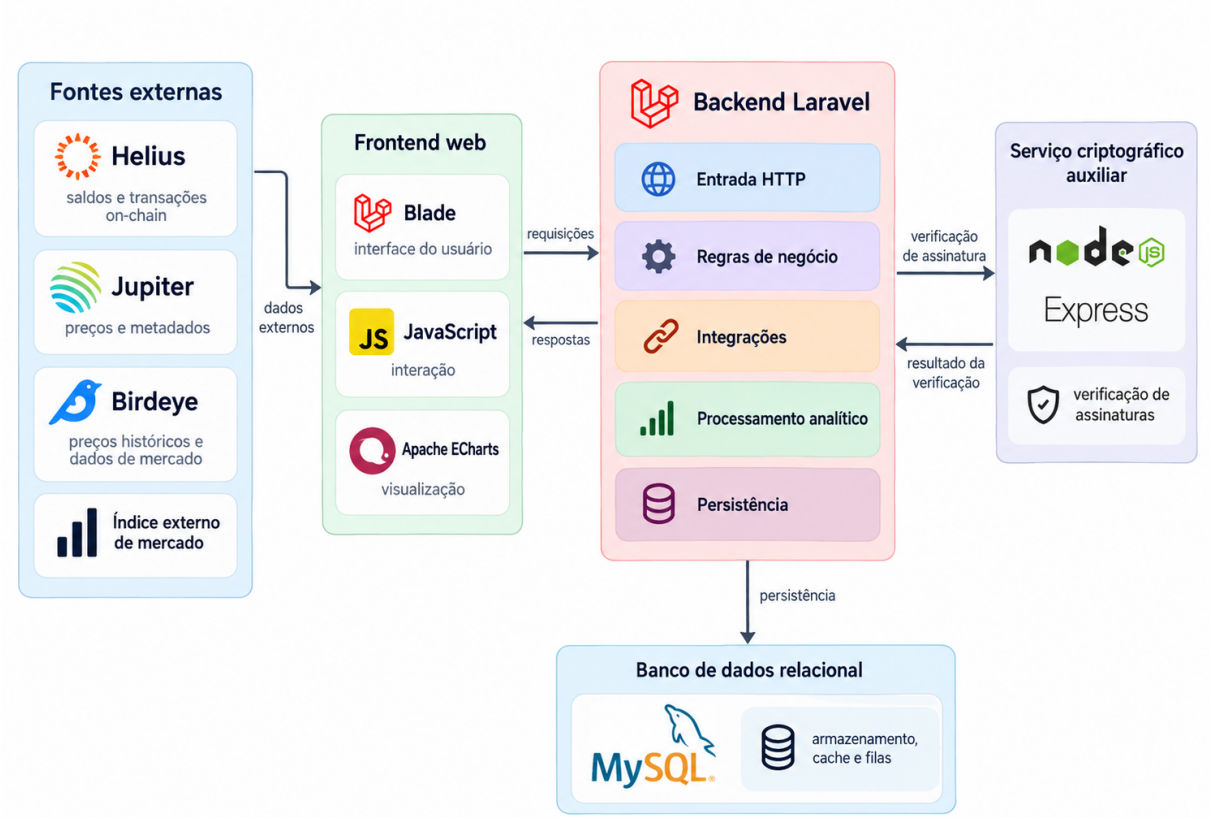


Figura 1 – Arquitetura geral da solução e integrações externas

Fonte: Elaborado pelo autor.

As integrações não foram acionadas todas ao mesmo tempo. O momento de consulta e a forma de reutilização dependeram da natureza do dado, conforme sintetizado na Tabela 5. Essa estratégia evitou chamadas repetidas e distinguiu informações voláteis, que exigiram atualização frequente, de conteúdos estáveis, que puderam permanecer armazenados.

Tabela 5 – Acionamento e frequência das consultas externas

Fonte	**Consulta**	**Quando é acionada**	**Frequência e reutilização**
Helius	Saldo atual do ativo nativo e dos *tokens*	A cada carregamento da carteira no painel principal, na tela de detalhes do ativo ou na composição do retrato atual do portfólio	Sob demanda, sem *cache*: uma chamada por carregamento de página, sem intervalo fixo

Tabela 5 – continuação

Fonte	**Consulta**	**Quando é acionada**	**Frequência e reutilização**
Helius	Sincronização incremental do histórico	Automaticamente, a cada carregamento do painel principal	Uma chamada por carregamento de página; a busca partiu da transação mais recente e foi interrompida ao alcançar a última transação já persistida no banco, de modo que somente movimentações novas foram recuperadas e o histórico armazenado funcionou como *cache* persistente
Helius	Sincronização completa do histórico	Quando foi solicitado explicitamente um período maior, principalmente na primeira sincronização de uma carteira nova	Sob demanda, em lotes paginados
Jupiter	Preço atual	Enquanto a página do painel principal permaneceu aberta e quando a aba voltou a receber foco	Consulta pela interface a cada 10 segundos e no retorno do foco; *cache* de 5 segundos no servidor, limitando a fonte externa a, no máximo, uma chamada a cada 5 segundos
Jupiter	Metadados do ativo, como símbolo e nome	Quando surgiu um ativo ainda não catalogado localmente, durante a sincronização ou a composição do retrato atual	Não periódica, com armazenamento permanente; após o cadastramento, o ativo deixou de exigir nova consulta externa de metadados
Birdeye	Dados de mercado, como capitalização, volume e oferta	Na abertura da tela de detalhes de um ativo específico	Sob demanda, com *cache* de 5 minutos por ativo
Birdeye	Preço histórico correspondente ao momento da movimentação	Durante o enriquecimento das transações sincronizadas	Sob demanda, com armazenamento permanente; somente pontos ainda inexistentes foram buscados externamente
Birdeye	Série histórica de 30 dias para as métricas de risco	No cálculo das métricas de um ativo, quando os dados armazenados eram insuficientes	Sob demanda, com *cache* de 10 minutos quando foi necessária uma consulta em tempo real
Birdeye	Atualização do preço médio diário	Por tarefa agendada, independentemente do acesso de usuários	A cada 4 horas, em segundo plano
Yahoo Finance	Cotação do S&P 500, referência do mercado tradicional	No cálculo da correlação e do beta em relação ao índice de referência	Sob demanda, com *cache* de 1 hora

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.3 Ambiente de desenvolvimento e tecnologias

O sistema foi desenvolvido com Laravel 12 sobre PHP 8.2 ou superior no *backend* e MySQL como banco de dados relacional. A interface utilizou *templates* Blade e JavaScript puro, sem adoção de um *framework* de aplicação de página única. A comunicação ocorreu por requisições HTTP assíncronas com respostas em formato JSON.

A estilização das páginas utilizou Tailwind CSS, e as visualizações interativas foram produzidas com ECharts 5. Nas páginas utilizadas em produção, essas bibliotecas foram carregadas por rede de distribuição de conteúdo (*Content Delivery Network*, CDN), embora o projeto também mantivesse infraestrutura de compilação de recursos para desenvolvimento. A verificação criptográfica das assinaturas foi executada por um serviço local em Node.js com Express, separado do fluxo principal da aplicação.

O próprio MySQL foi empregado como armazenamento de *cache*, sem dependência de um servidor Redis, e as tarefas periódicas foram executadas pelo agendador do *framework*, sem filas de processamento. Os períodos de validade e as frequências de atualização variaram conforme a finalidade de cada consulta e foram detalhados na Tabela 5. Chaves de acesso, limites de tempo e parâmetros de repetição de chamadas foram mantidos em configuração de ambiente fora do controle de versão.

3.1.4 Fontes de dados e integrações externas

A solução combinou dados *on-chain*, metadados de ativos, preços atuais e históricos, indicadores de mercado e uma série de referência externa. As integrações foram realizadas por chamadas HTTP diretas, com armazenamento em *cache* e persistência local de acordo com a frequência de atualização e o custo de obtenção de cada informação.

3.1.4.1 Dados *on-chain* de carteira

A Helius é uma plataforma de infraestrutura e indexação de dados da rede Solana que disponibiliza interfaces para consulta de saldos e transações enriquecidas. No sistema desenvolvido, ela foi utilizada como fonte principal para a obtenção do saldo do ativo nativo, dos saldos dos *tokens* SPL e do histórico paginado de movimentações da carteira. Uma interface de baixo nível da própria rede foi mantida como alternativa para consultas que não pudessem ser atendidas pela fonte principal. A documentação técnica das interfaces consumidas foi relacionada à arquitetura na Subseção 3.1.2.

3.1.4.2 Metadados e preços atuais

A Jupiter é uma plataforma do ecossistema Solana que disponibiliza, entre outros recursos, interfaces para consulta de *tokens* e informações de mercado. No sistema desenvolvido, seus serviços de dados foram utilizados para obter metadados como símbolo,

nome, número de casas decimais e ícone. A consulta priorizou os registros conhecidos localmente e recorreu à Jupiter apenas para ativos ainda não catalogados, reduzindo chamadas repetidas e permitindo o tratamento de limitações de taxa.

As cotações atuais em dólares norte-americanos (USD) e as variações de 24 horas foram recuperadas em lotes, respeitando o número máximo de itens aceito por cada requisição. Quando a fonte primária não disponibilizou preço para um ativo fungível, a consolidação aplicou uma fonte alternativa antes de classificá-lo como não precificado.

3.1.4.3 Preços históricos e dados de mercado

A Birdeye é uma plataforma de dados de mercado voltada a ativos digitais. No sistema desenvolvido, ela forneceu séries históricas e informações complementares de capitalização, volume, oferta e valor totalmente diluído. As consultas históricas foram divididas em janelas e armazenadas localmente. Em situações de limitação de cota ou falha transitória, o processamento aplicou pausas e novas tentativas, evitando descartar a coleta completa por indisponibilidade temporária. A documentação técnica correspondente foi apresentada junto às integrações da arquitetura na Subseção 3.1.2.

A série diária do índice S&P 500, obtida do Yahoo Finance, foi utilizada como referência externa do mercado tradicional. Seus valores foram mantidos em *cache* por período compatível com sua frequência de atualização e posteriormente normalizados ao mesmo ponto inicial da carteira para permitir comparação visual.

A Figura 2 sintetiza o fluxo empregado para transformar os registros obtidos da rede em movimentações organizadas e precificadas. Após a sincronização incremental ou completa, os registros foram persistidos e submetidos ao enriquecimento definido na Seção 2.6. No sistema, essa etapa compreendeu três operações sobre cada movimentação: (i) associação aos metadados do ativo, como nome, símbolo, número de casas decimais e ícone; (ii) atribuição do preço em dólares vigente no intervalo da operação; e (iii) cálculo do valor monetário correspondente. Os procedimentos de normalização das quantidades e de precificação são especificados na Subseção 3.1.6.

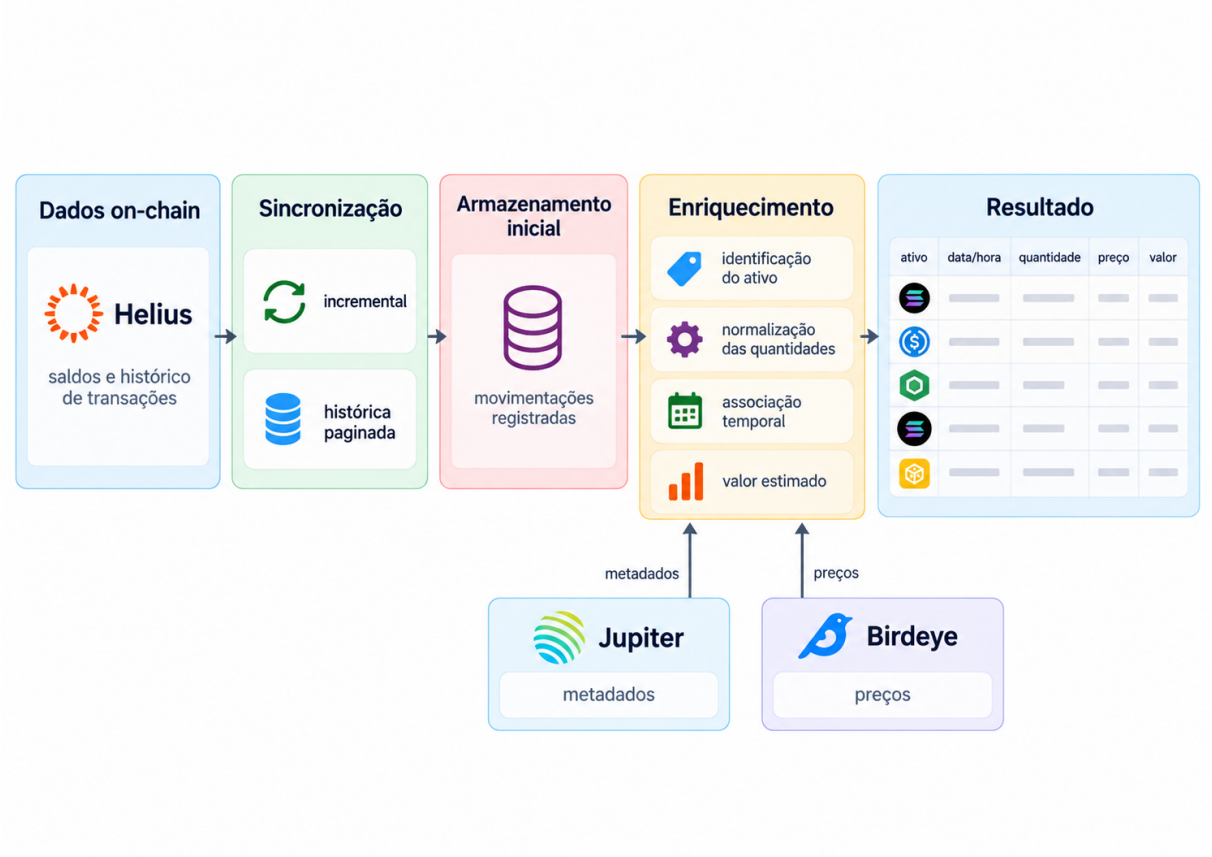


Figura 2 – Fluxo de sincronização e enriquecimento das movimentações

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.5 Modelagem e organização dos dados

A modelagem relacional contemplou a carteira observada, as movimentações por ativo, o catálogo de *tokens* e o histórico de preços. A carteira foi representada pelo endereço público e por metadados básicos. Cada movimentação registrou a transação de origem, seu instante, o ativo afetado, a variação de quantidade e, quando disponíveis, a cotação e o valor monetário correspondente. Restrições de unicidade impediram que a mesma movimentação fosse armazenada mais de uma vez, e índices compostos favoreceram consultas por carteira, ativo e período.

A Figura 3 representa as entidades conceituais e seus relacionamentos. Uma carteira pode possuir várias movimentações; cada movimentação esteve associada a um ativo catalogado, exceto quando representou o ativo nativo da rede; e cada ativo pode possuir diversos pontos de preço. As estruturas de *cache* e de observabilidade foram apresentadas separadamente por desempenharem funções operacionais, e não por integrarem diretamente o histórico patrimonial.

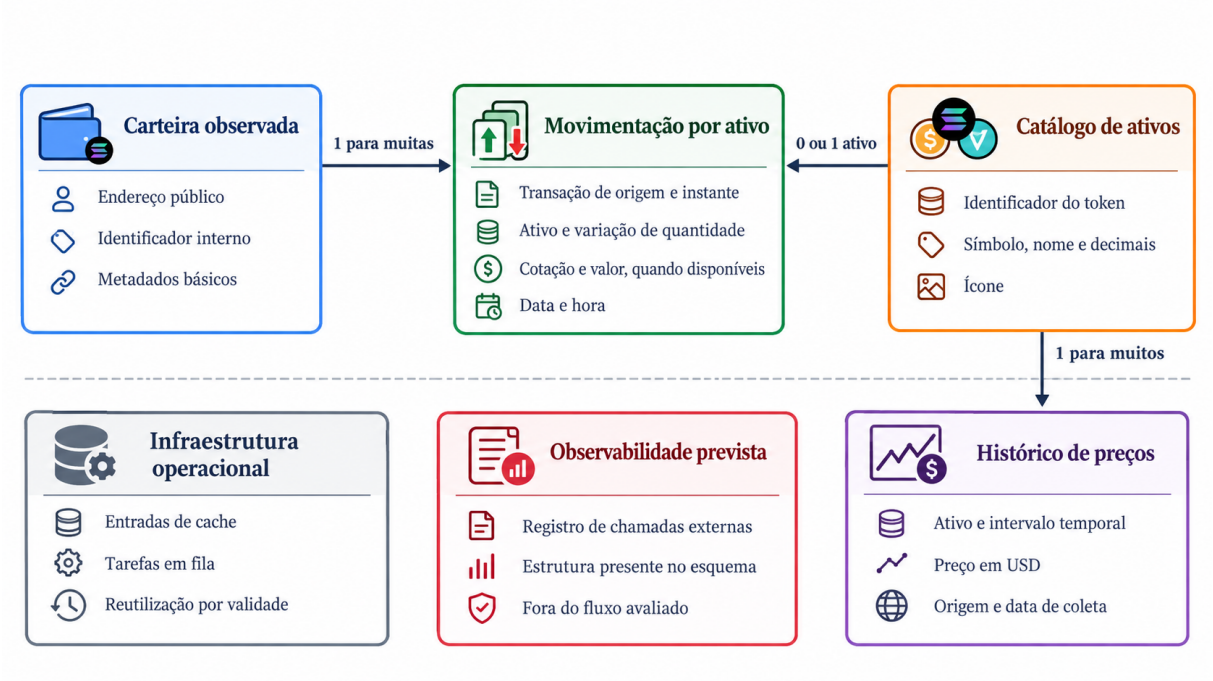


Figura 3 – Modelo conceitual dos dados persistidos

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 6 detalha o conteúdo efetivamente mantido no banco e sua finalidade no processamento.

Tabela 6 – Grupos de informações mantidos no banco de dados

Grupo conceitual	**Conteúdo armazenado**	**Finalidade**
Carteira observada	Endereço público, identificador interno e metadados básicos	Vincular movimentações e consultas ao endereço analisado
Movimentações por ativo	Identificação da transação, instante, ativo, variação de quantidade e valores monetários quando disponíveis	Reconstruir saldos, calcular custo médio e auditar posições
Catálogo de ativos	Identificador do *token*, símbolo, nome, casas decimais e ícone	Padronizar a identificação e evitar consultas repetidas de metadados
Histórico de preços	Ativo, intervalo temporal, preço em USD, origem e data de coleta	Precificar movimentações e reconstruir séries históricas
Infraestrutura operacional	Entradas de *cache* com prazo de validade	Controlar a validade e a reutilização das consultas externas
Observabilidade prevista	Registros destinados ao acompanhamento de chamadas externas	Estrutura disponível no esquema, mas não integrada ao fluxo avaliado

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.5.1 Movimentações e posições

O histórico de movimentações constituiu a base para auditoria, cálculo do custo médio e reconstrução temporal dos saldos. O ativo nativo recebeu identificação conceitual própria, pois sua representação difere daquela utilizada pelos *tokens* SPL, conforme discutido na Seção 2.10. As quantidades foram convertidas das unidades mínimas da rede para unidades convencionais antes dos cálculos financeiros.

3.1.5.2 Catálogo de ativos

O catálogo local armazenou os metadados necessários à apresentação consistente dos ativos. Esse conteúdo foi mantido de forma persistente e atualizado apenas quando surgiram ativos ainda desconhecidos, funcionando como *cache* permanente para informações estáveis.

3.1.5.3 Histórico de preços e observabilidade

O histórico de preços associou cada ativo a uma cotação em USD e a um instante agregado, além de registrar a origem e a data de coleta. A unicidade por ativo e intervalo

evitou duplicidade e permitiu atualizar pontos existentes. A modelagem também previu registros para observabilidade das chamadas externas; essa estrutura permaneceu disponível no esquema, embora não tenha sido integrada ao fluxo operacional avaliado.

3.1.6 Processamento e cálculo dos valores

O processamento foi organizado como uma sequência de sincronização, normalização, precificação, cálculo dos resultados, reconstrução histórica e análise de risco. A sincronização incremental recuperou apenas movimentações posteriores à última transação conhecida, enquanto a sincronização completa percorreu o histórico de forma paginada. A Figura 4 sintetiza a transformação dos dados externos nos resultados apresentados na interface; as subseções seguintes especificam as definições, as fórmulas e os parâmetros adotados em cada etapa.

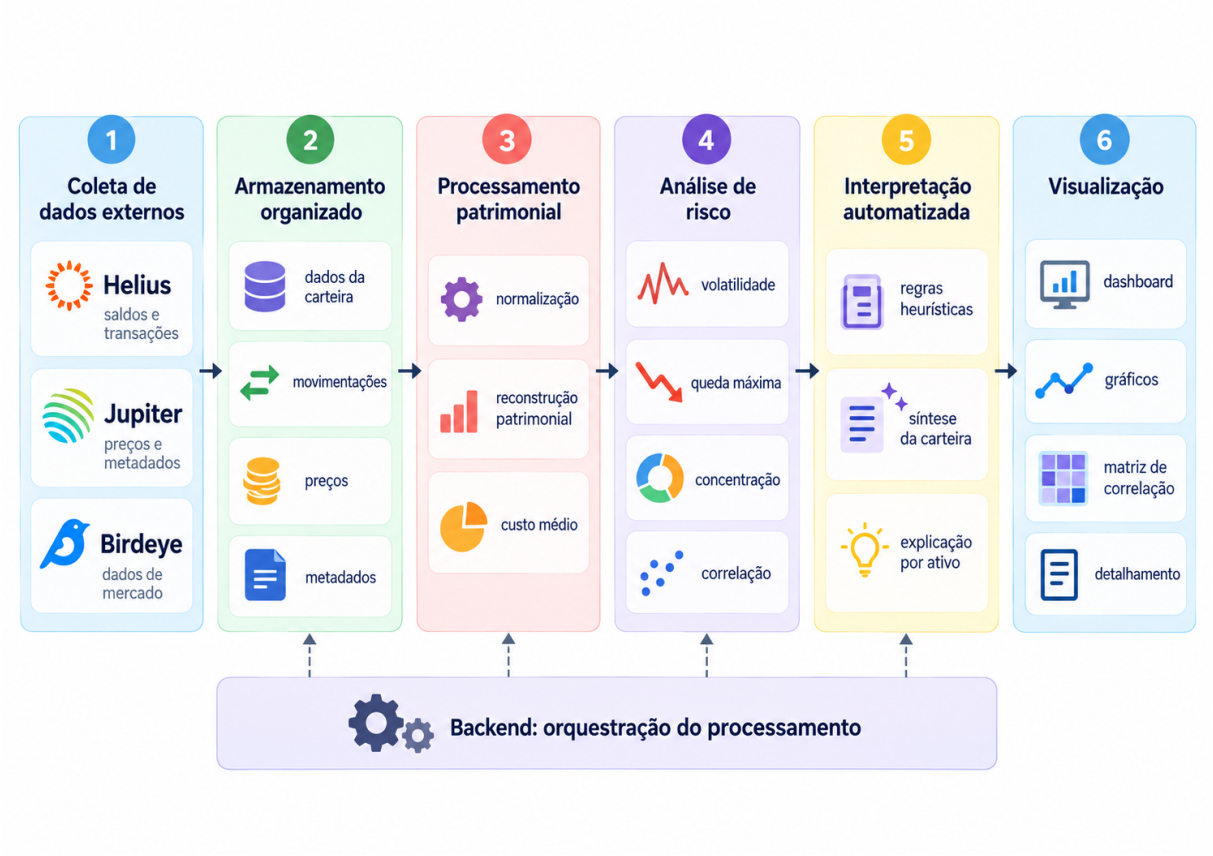


Figura 4 – Fluxo de coleta e processamento analítico

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.6.1 Unidade de análise e normalização das quantidades

A unidade de análise adotada foi a movimentação por ativo, definida como o par formado por uma transação e por um ativo cujo saldo na carteira analisada foi alterado

por ela. Como uma única transação na rede Solana pode modificar diversos ativos e diversas contas, inclusive contas de terceiros, foram consideradas apenas as variações das contas pertencentes à carteira analisada. O ativo nativo e cada *token* SPL foram agregados separadamente, de modo que uma mesma transação pode originar mais de uma movimentação.

As quantidades registradas pela rede são números inteiros expressos na menor unidade de cada ativo. A conversão para a unidade convencional foi realizada por:

$$q = \frac{q_{\text{bruta}}}{10^d}, \tag{3.1}$$

em que q_{bruta} é a variação registrada na menor unidade, d é o número de casas decimais do ativo e q é a quantidade convertida. Para o SOL, $d = 9$, e a menor unidade corresponde ao *lamport*. O sinal de q indicou a direção da movimentação: valores positivos representaram entradas na carteira, e valores negativos, saídas. Itens não fungíveis, identificados por $d = 0$ e quantidade unitária, foram excluídos do cálculo monetário, pois não possuem cotação comparável à dos ativos fungíveis.

3.1.6.2 Precificação histórica das movimentações

Para associar cada movimentação a uma cotação, o tempo foi discretizado em intervalos de largura Δ. O instante da movimentação, representado em segundos no padrão Unix, foi associado ao início do intervalo que o contém por:

$$b(t) = \left\lfloor \frac{t}{\Delta} \right\rfloor \cdot \Delta, \tag{3.2}$$

em que t é o instante da transação e $b(t)$ é o início do intervalo correspondente. Adotou-se $\Delta = 5$ minutos como valor padrão, admitindo-se configurações entre 1 e 60 minutos. O valor monetário da movimentação foi calculado por:

$$V_{\text{USD}} = q \cdot P\Big(b(t)\Big), \tag{3.3}$$

em que q é a quantidade obtida pela Equação (3.1) e $P(b(t))$ é o preço unitário do ativo, em USD, no intervalo $b(t)$. A multiplicação foi efetuada em aritmética decimal de precisão fixa, com 12 casas decimais, e não em ponto flutuante. Essa escolha evitou erros de arredondamento em ativos de preço unitário muito baixo e com grande número de casas decimais, nos quais a representação binária aproximada poderia distorcer o valor resultante.

Quando não existiu preço para o intervalo exato, utilizou-se o preço diário persistido mais próximo e anterior à movimentação, com tolerância de um dia. Persistindo a ausência, a movimentação permaneceu sem valor monetário, sem qualquer estimativa artificial. Um caso particular correspondeu aos recibos não fungíveis que representam posições de liquidez concentrada, como os emitidos pelo protocolo Orca Whirlpool. Esses recibos receberam valor nulo, pois o valor econômico da posição já estava refletido nos *tokens* depositados ou retirados na mesma transação; atribuir valor também ao recibo produziria dupla contagem.

3.1.6.3 Agregação diária do histórico de preços

O histórico de preços empregado na precificação e no cálculo das métricas foi mantido em granularidade diária, com o dia definido no fuso UTC. O preço diário de cada ativo correspondeu à média aritmética dos pontos horários disponíveis:

$$\bar{p}_d = \frac{1}{n_d} \sum_{h \in d} p_h, \tag{3.4}$$

em que p_h é o preço observado na hora h do dia d e n_d é a quantidade de pontos horários disponíveis nesse dia. A média atenuou a influência de extremos isolados ocorridos em uma única hora e padronizou a granularidade entre ativos com níveis distintos de liquidez. O preenchimento foi incremental: cada execução buscou somente os dias ainda ausentes na base local.

3.1.6.4 Preço médio e resultados das posições

O preço médio e os resultados das posições foram calculados pelo método do custo médio ponderado móvel. As movimentações de cada ativo foram processadas em ordem cronológica, sendo Q_k a quantidade acumulada e C_k o custo acumulado após a k-ésima movimentação, com $Q_0 = C_0 = 0$. Em uma entrada ($q_k > 0$), cujo valor V_k foi obtido pela Equação (3.3), quantidade e custo foram acrescidos:

$$Q_k = Q_{k-1} + q_k, \qquad C_k = C_{k-1} + V_k. \tag{3.5}$$

Em uma saída ($q_k < 0$), considerou-se o custo médio vigente imediatamente antes da operação,

$$\bar{P}_{k-1} = \frac{C_{k-1}}{Q_{k-1}}, \tag{3.6}$$

e o resultado realizado R_k, o custo e a quantidade acumulados foram atualizados por:

$$R_k = |V_k| - |q_k|\,\bar{P}_{k-1}, \qquad C_k = C_{k-1} - |q_k|\,\bar{P}_{k-1}, \qquad Q_k = Q_{k-1} - |q_k|. \tag{3.7}$$

Desse modo, uma saída reduziu a base de custo na proporção da quantidade retirada, sem alterar o custo médio das unidades remanescentes. Para a posição ainda mantida, com quantidade Q e preço médio $P_{\text{médio}}$ resultante das Equações (3.5) a (3.7), o resultado não realizado e o retorno percentual foram definidos por:

$$R_{\text{nr}} = (P_{\text{atual}} - P_{\text{médio}})\,Q, \qquad r_{\text{pos}} = \left(\frac{P_{\text{atual}}}{P_{\text{médio}}} - 1\right) \times 100, \tag{3.8}$$

em que P_{atual} é a cotação corrente do ativo. O resultado total da carteira correspondeu à soma dos resultados realizados de todos os ativos, inclusive daqueles já integralmente vendidos, com os resultados não realizados dos ativos ainda mantidos.

3.1.6.5 Reconstrução temporal do portfólio

A rede informa apenas o saldo corrente de cada conta, e não os saldos mantidos em instantes anteriores. Por isso, a evolução patrimonial foi obtida por reconstrução reversa: partiu-se do saldo atual e desfizeram-se, em sentido cronológico inverso, as movimentações registradas. Considerando intervalos consecutivos $b_1, \ldots, b_K$, sendo b_K o mais recente, a quantidade de cada ativo a ao final de cada intervalo foi definida por:

$$Q_a(b_K) = \text{saldo atual de } a, \qquad Q_a(b_{k-1}) = Q_a(b_k) - \delta_a(b_k), \tag{3.9}$$

em que $\delta_a(b_k)$ é a soma das movimentações do ativo a ocorridas no intervalo b_k. Assim, ao retroceder no tempo, as entradas foram subtraídas e as saídas foram adicionadas novamente. O valor da carteira em cada intervalo foi calculado por:

$$V(b_k) = \sum_{a \in A^*} Q_a(b_k)\, P_a(b_k), \tag{3.10}$$

em que $P_a(b_k)$ é a cotação do ativo a no intervalo b_k e A^* é o conjunto formado pelos dez ativos de maior valor atual. A restrição a esse conjunto preservou a legibilidade do gráfico e concentrou o processamento nas posições de maior influência sobre o patrimônio. Intervalos sem cotação receberam a última cotação válida (*forward fill*), e o último intervalo foi calculado com o preço corrente, de modo que a série terminasse exatamente no valor total exibido no painel.

O índice S&P 500 foi utilizado como referência do mercado tradicional e normalizado ao valor inicial da carteira:

$$S'(t) = S(t) \cdot \frac{V(t_0)}{S(t_0)}, \tag{3.11}$$

em que $S(t)$ é a cotação do índice no instante t, $V(t_0)$ é o valor da carteira obtido pela Equação (3.10) e t_0 é o primeiro intervalo com valor positivo. A normalização permitiu comparar trajetórias relativas sem sugerir equivalência entre os valores monetários do índice e da carteira. A Figura 5 sintetiza a relação entre a valoração atual, o cálculo dos resultados e a reconstrução temporal.



Figura 5 – Valoração da carteira, análise dos resultados e reconstrução temporal

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.7 Métricas de risco por ativo

As métricas desta subseção operacionalizaram os conceitos financeiros discutidos na Seção 2.9; as faixas e os pesos da pontuação consolidada, entretanto, constituíram uma decisão heurística específica deste trabalho.

Adotou-se uma janela móvel de 30 dias. A fonte prioritária foi o histórico diário local descrito na Subseção 3.1.6.3, no qual o preço de cada dia correspondeu à média da Equação (3.4). Quando a base local continha menos de 10 observações na janela, recorreu-se a uma consulta externa da série horária, adotando-se como fechamento o último preço de cada dia. Se nenhuma das fontes fornecesse ao menos 10 observações, as métricas não foram calculadas, e o ativo foi tratado como de risco incerto na pontuação consolidada. A partir da série de preços, foram calculados os retornos simples:

$$r_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, \tag{3.12}$$

em que P_t é o preço no dia t. Exigiu-se um mínimo de 5 retornos para qualquer estimador.

Referências adotadas. As métricas que comparam um ativo a uma referência ou a uma taxa livre de risco utilizaram as referências da Tabela 7.

Tabela 7 – Referências utilizadas nas métricas de risco e desempenho

Papel	**Referência**	**Fonte, frequência e justificativa**
Carteira de mercado (R_m)	Índice S&P 500	Fechamento diário obtido do Yahoo Finance; representa o mercado acionário tradicional na correlação e no beta externos
Referência do ecossistema	SOL	Preço diário do histórico local ou do provedor de dados históricos; representa o comportamento da própria rede na correlação, no beta e na pontuação de risco
Ativo livre de risco (R_f)	5% ao ano, valor fixo	Aproximação do rendimento dos títulos de curto prazo do Tesouro norte-americano; adotado porque todos os valores são expressos em dólares, o que torna inadequada uma taxa em reais, como a Selic; utilizado apenas no índice de Sharpe

Fonte: Elaborado pelo autor.

Volatilidade anualizada. A volatilidade foi estimada pelo desvio-padrão populacional dos n retornos da janela e anualizada pela raiz quadrada de 365 (LIU; TSYVINSKI, 2021):

$$\bar{r} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} r_t, \qquad \sigma_d = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(r_t - \bar{r})^2}, \qquad \sigma_a = \sigma_d\sqrt{365} \times 100, \tag{3.13}$$

em que $\bar{r}$ é o retorno médio diário, σ_d a volatilidade diária e σ_a a volatilidade anualizada, em percentual. O fator 365, em vez dos 252 dias úteis usuais no mercado acionário, reflete o funcionamento contínuo do mercado de criptoativos, inclusive em fins de semana e feriados. A anualização foi aplicada apenas às séries de criptoativos, na volatilidade e no índice de Sharpe. O S&P 500 foi utilizado somente na correlação e no beta, que são razões entre medidas calculadas sobre os mesmos retornos alinhados e, portanto, não dependem de anualização; por isso, o fator 252 não foi necessário. Caso a volatilidade do índice fosse apresentada em base anual, seria esse o fator adequado.

Queda máxima. O *drawdown* máximo correspondeu à maior queda percentual entre um pico acumulado e um valor posterior:

$$M_t = \max_{s \le t} P_s, \qquad D_{\max} = \max_{t}\left(\frac{M_t - P_t}{M_t}\right) \times 100. \tag{3.14}$$

Diferentemente da volatilidade, que trata altas e quedas de forma simétrica, essa métrica captura exclusivamente o risco de perda.

Correlação. A associação entre os retornos do ativo i e os de uma referência m, que pode ser o SOL, o S&P 500 ou outro ativo da carteira, foi medida pelo coeficiente de correlação de postos de Spearman. Sejam $R_{i,t}$ e $R_{m,t}$ os postos do retorno da data t

na ordenação crescente de cada série, de 1 a n; retornos empatados recebem a média dos postos que ocupariam. O coeficiente é a correlação calculada sobre esses postos:

$$\rho_{i,m} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left(R_{i,t} - \bar{R}\right)\left(R_{m,t} - \bar{R}\right)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n} \left(R_{i,t} - \bar{R}\right)^2 \sum_{t=1}^{n} \left(R_{m,t} - \bar{R}\right)^2}}, \qquad \bar{R} = \frac{n+1}{2}, \tag{3.15}$$

em que n é o número de datas comuns ao par. Na ausência de empates, a Equação (3.15) equivale à forma simplificada $1 - 6\sum_t d_t^2 / \left[n(n^2-1)\right]$, com $d_t = R_{i,t} - R_{m,t}$; a forma geral foi adotada porque empates ocorrem na prática, por exemplo em *stablecoins*, cujo preço pode se repetir em dias consecutivos.

A escolha de um coeficiente de postos respondeu à sensibilidade da correlação linear a valores extremos em séries curtas, discutida na Subseção 2.9.3. Entre os coeficientes de postos, preferiu-se o de Spearman ao de Kendall porque, para os mesmos dados, o τ de Kendall tende a assumir valores absolutos menores; sua adoção exigiria recalibrar os limiares de interpretação e as faixas da pontuação consolidada, que puderam ser mantidos com o coeficiente de Spearman.

Em todos os pares, os preços das duas séries foram primeiro alinhados nas datas com cotação em ambas e só então convertidos em retornos. Esse procedimento garante que os retornos comparados cubram o mesmo período: na comparação com o S&P 500, por exemplo, o retorno de segunda-feira de ambas as séries corresponde à variação desde a sexta-feira anterior, sem confrontar a variação de um fim de semana inteiro do índice com a de um único dia do criptoativo. Como os criptoativos são negociados continuamente, os pares entre eles contam com aproximadamente 30 observações na janela de 30 dias corridos. O S&P 500, por sua vez, não é negociado em fins de semana e feriados, de modo que os pares que o envolvem contam com apenas 20 a 22 pregões, exigindo-se ao menos 6 datas comuns. O número de observações de cada par foi registrado junto ao coeficiente e exibido na interface, permitindo distinguir estimativas apoiadas em amostras de tamanhos diferentes. A correlação do SOL com ele próprio não foi calculada.

Beta. A sensibilidade do ativo aos movimentos da referência, conceito apresentado na Subseção 2.9.4, foi estimada por:

$$\beta_i = \frac{\mathrm{Cov}(r_i, r_m)}{\mathrm{Var}(r_m)}. \tag{3.16}$$

Diferentemente da correlação, o beta foi mantido sobre os próprios retornos, e não sobre postos, porque sua interpretação depende da magnitude das variações: um beta de 1,5 indica que o ativo tendeu a variar uma vez e meia a variação da referência, informação que se perde quando os retornos são substituídos por sua ordenação. Essa escolha preserva o significado econômico do indicador, definido no modelo CAPM, mas mantém sua sensibilidade a valores extremos. Por isso, o beta foi calculado sobre as mesmas datas comuns da correlação correspondente, tratado como estimativa histórica restrita à janela analisada e mantido

fora da pontuação consolidada. Para os casos em que a correlação correspondente fosse fraca, as regras de interpretação previam sinalizar o baixo poder explicativo do beta; a Subseção 5.1.3 discute um caso em que essa sinalização não ocorreu.

Índice de Sharpe. O índice de Sharpe, apresentado na Subseção 2.9.4, foi calculado em base anual por:

$$S_i = \frac{365\,\bar{r} - R_f}{\sigma_a/100}, \tag{3.17}$$

em que $\bar{r}$ e σ_a provêm da Equação (3.13) e $R_f = 0{,}05$ é a taxa livre de risco definida na Tabela 7. A média foi anualizada de forma linear, e não composta, porque a capitalização de retornos de uma janela de 30 dias produzia valores desproporcionais; uma alta de 70% no mês, por exemplo, resultava em índice superior a 500. O índice não foi calculado quando $\sigma_a < 1\%$ ao ano, situação típica de *stablecoins*, na qual o denominador próximo de zero torna o resultado instável.

Sensibilidade da janela de 30 dias. A janela curta privilegia o comportamento recente do mercado, mas limita o tamanho das amostras e, com ele, a precisão das estimativas. A correlação de postos reduz a influência de um dia extremo isolado, mas não compensa o número reduzido de observações: com 20 a 30 pontos, coeficientes de pequena magnitude podem resultar apenas da variação amostral, e os pares que envolvem o S&P 500, com cerca de um terço a menos de observações, produzem estimativas menos precisas que os pares entre criptoativos. O beta herda essa limitação e acrescenta a sensibilidade a valores extremos. O índice de Sharpe é o indicador mais afetado, pois a média diária de 30 dias é multiplicada por 365 na Equação (3.17): uma diferença de apenas 0,1 ponto percentual no retorno médio diário altera o retorno anualizado em 36,5 pontos percentuais. Por essas razões, beta e índice de Sharpe permaneceram como indicadores complementares, fora da pontuação consolidada, e todas as interpretações textuais declararam a janela utilizada.

Concentração. A participação do ativo i na carteira foi definida por

$$w_i = \frac{V_i}{\sum_j V_j}, \tag{3.18}$$

em que V_i é o valor atual da posição e o somatório abrange os ativos precificados, em consonância com a discussão sobre alocação e diversificação apresentada na Subseção 2.9.3.

Liquidez. O sistema não estima o *slippage* de cada posição nem incorpora a liquidez à pontuação consolidada. Como indicadores de liquidez, apresentou a capitalização de mercado e o volume negociado em 24 horas de cada ativo, obtidos do provedor de dados de mercado, permitindo ao usuário comparar o tamanho de sua posição com o volume efetivamente negociado. Uma posição pequena em relação a esse volume pode ser convertida a preços próximos da cotação exibida; uma posição relevante em relação a ele indica que o valor apresentado tende a superestimar o valor realizável.

Pontuação consolidada. As métricas de volatilidade, queda máxima, concentração e correlação com o SOL foram convertidas em uma pontuação de 0 a 100:

$$Score = \min\left\{100,\ f_\sigma(\sigma_a) + f_D(D_{\max}) + f_w(w) + f_\rho\left(|\rho_{\mathrm{SOL}}|\right)\right\}, \tag{3.19}$$

em que cada função f atribui pontos conforme as faixas da Tabela 8. Beta, índice de Sharpe e correlação com o S&P 500 foram mantidos como indicadores complementares e não integraram a pontuação.

Tabela 8 – Faixas e pontos dos componentes da pontuação de risco

Componente	**Peso máximo**	**Faixas e pontos atribuídos**
Volatilidade anualizada (σ_a)	40	$<$ 20%: 5; 20–50%: 10; 50–100%: 18; 100–200%: 30; $\geq$ 200%: 40
Queda máxima ($D_{\max}$)	30	$<$ 10%: 3; 10–25%: 7; 25–45%: 14; 45–70%: 22; $\geq$ 70%: 30
Participação na carteira (w)	20	$<$ 5%: 2; 5–15%: 5; 15–40%: 11; $\geq$ 40%: 20
Correlação com o SOL ($\lvert\rho_{\mathrm{SOL}}\rvert$)	10	$<$ 0,30: 1; 0,30–0,50: 3; 0,50–0,80: 6; $\geq$ 0,80: 10

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na ausência de dados suficientes, atribuíram-se 20 pontos à volatilidade e 15 pontos à queda máxima. Essas pontuações intermediárias representaram incerteza, impedindo que a falta de histórico fosse interpretada como risco baixo. A correlação ausente, inclusive no caso do próprio SOL, recebeu 0 ponto. A classificação textual foi definida como baixa para pontuações inferiores a 35, média para pontuações entre 35 e 64 e alta para pontuações iguais ou superiores a 65.

Optou-se por funções escalonadas, em vez de funções contínuas, por dois motivos: a contribuição de cada componente pode ser auditada diretamente a partir da Tabela 8, e a pontuação tornou-se menos sensível ao ruído dos estimadores calculados sobre amostras curtas. A Figura 6 resume as entradas, as métricas utilizadas na pontuação, os indicadores complementares e a conversão dos resultados em classes e interpretações textuais.



Figura 6 – Fluxo de análise de risco e interpretação automatizada

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.8 Análise agregada e interpretação textual

A análise da carteira combinou indicadores de concentração, métricas individuais ponderadas e relações entre os ativos, considerando que a distribuição das posições e a correlação entre elas influenciam o risco do portfólio, conforme a Equação (2.1). Esses indicadores foram calculados separadamente e não foram combinados em uma medida única de risco da carteira, como a variância da Equação (2.1).

Concentração da carteira. A concentração global foi medida por um índice de concentração (I_C), definido pela soma dos quadrados das participações dos ativos com valor superior a US$ 1, multiplicada por 10 000 para facilitar a leitura:

$$I_C = 10\,000 \sum_{i=1}^{N} w_i^2, \tag{3.20}$$

em que w_i é a participação definida na Equação (3.18), expressa como fração, e N é o número de ativos considerados. O índice varia de $10\,000/N$, quando o valor está igualmente distribuído, a 10 000, quando a carteira contém um único ativo. A concentração foi

classificada como alta para $I_C \geq 4\,000$, moderada para $2\,000 \leq I_C < 4\,000$ e baixa para $I_C < 2\,000$.

Métricas ponderadas. Para uma métrica individual X, o valor agregado foi obtido por

$$\bar{X} = \frac{\sum_i w_i X_i}{\sum_i w_i}, \tag{3.21}$$

em que os somatórios abrangem apenas os ativos para os quais a métrica estava disponível. O procedimento foi aplicado à volatilidade, à pontuação de risco e à correlação com o S&P 500; a pontuação agregada foi classificada pelos mesmos limiares de 35 e 65 adotados na análise individual.

A volatilidade ponderada obtida pela Equação (3.21) não equivale à volatilidade da carteira no sentido de Markowitz. Conforme a Equação (2.1), ela constitui um limite superior para a volatilidade da carteira e só coincide com esta quando todos os ativos são perfeitamente correlacionados; nos demais casos, desconsidera a redução de risco proporcionada pela diversificação e tende a superestimar o risco agregado. Por essa razão, foi interpretada como o nível médio de oscilação das posições, e não como o risco efetivo do portfólio. O mesmo vale para a pontuação agregada, que resume as pontuações individuais sem considerar a interação entre os ativos. A dimensão conjunta foi tratada separadamente, pela matriz de correlação e pela correlação média entre pares, descrita a seguir. Como indicador complementar do benefício efetivo da diversificação, calculou-se a correlação média entre os pares de ativos da matriz de correlação:

$$\bar{\rho} = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i<j} \rho_{i,j}, \tag{3.22}$$

em que $\rho_{i,j}$ é o coeficiente de Spearman entre os retornos dos ativos i e j, obtido pela Equação (3.15) sobre as datas comuns ao par, e N é o número de ativos com histórico suficiente.

Interpretação por regras. As narrativas foram produzidas por regras determinísticas, sem aprendizado de máquina nem modelos de linguagem. Cada regra associou uma faixa de uma métrica a uma frase previamente definida, classificada como ponto favorável ou ponto de atenção. A Tabela 9 apresenta exemplos das regras aplicadas à carteira.

Tabela 9 – Exemplos de regras de interpretação da carteira

Condição	**Leitura produzida**
Maior posição $\geq 50\%$	Alerta de concentração elevada
Maior posição entre 30% e 50%	Alerta de concentração moderada
$I_C \geq 4\,000$	Alta concentração da carteira
$I_C \leq 1\,500$, com ao menos 3 ativos	Alocação equilibrada
Volatilidade ponderada $\geq 100\%$	Comportamento agressivo
Volatilidade ponderada $< 40\%$	Comportamento relativamente estável
Correlação média entre pares $\geq 0{,}7$	Diversificação limitada
|Correlação ponderada com o S&P 500| $\geq 0{,}5$	Co-movimento relevante com o mercado acionário

Fonte: Elaborado pelo autor.

A correlação foi interpretada em quatro níveis: forte, para $|\rho| \geq 0{,}75$; moderada, para $0{,}45 \leq |\rho| < 0{,}75$; fraca, para $0{,}20 \leq |\rho| < 0{,}45$; e muito baixa, para $|\rho| < 0{,}20$. Expressões que sugerem independência entre ativos foram reservadas ao nível muito baixo, evitando conclusões desproporcionais; um coeficiente de 0,61, por exemplo, foi descrito como moderado, e não como indicativo de independência. Todos os textos declararam a janela de 30 dias utilizada, deixando explícito que o diagnóstico estava condicionado ao período analisado.

O caráter determinístico das regras conferiu duas propriedades à interpretação: reprodutibilidade, pois a mesma entrada sempre produziu o mesmo texto, e rastreabilidade, pois cada frase pode ser associada à métrica e ao limiar que a originaram. Essas propriedades viabilizaram a verificação das narrativas durante a validação. Os textos foram apresentados como apoio interpretativo, sem caráter de recomendação financeira.

3.1.9 Autenticação por carteira

A autenticação utilizou um desafio aleatório de uso único associado ao endereço público e válido por poucos minutos. Como cada tentativa exigiu um novo desafio ainda válido, uma assinatura capturada em uma tentativa anterior não pode ser reutilizada por terceiros em um ataque de repetição. A carteira conectada no navegador assinou esse conteúdo localmente, sem transmitir a chave privada. A assinatura foi encaminhada ao servidor e verificada pelo serviço criptográfico auxiliar com Ed25519.

Ed25519 é um esquema de assinatura digital baseado no algoritmo EdDSA e em curvas de Edwards. Nesse mecanismo, a chave privada produz a assinatura da mensagem e a chave pública correspondente permite verificar sua autenticidade sem revelar o segredo utilizado na assinatura (JOSEFSSON; LIUSVAARA, 2017). Como o endereço da carteira representa sua chave pública na rede, uma verificação válida demonstrou que o usuário controlava a chave privada correspondente ao endereço informado.

A Figura 7 apresenta o fluxo completo. Após a validação, uma sessão foi criada no servidor e a aplicação passou a consultar os dados públicos da carteira. O processo confirmou o controle do endereço sem conceder à aplicação capacidade de movimentar fundos. Há, contudo, uma limitação: o bloqueio de acesso à tela principal foi implementado apenas no navegador. O servidor cria a sessão após a assinatura válida, mas não a verifica antes de entregar essa tela, de modo que a proteção completa no lado do servidor ficou fora do escopo validado. Como a tela exibe apenas dados públicos e a aplicação nunca recebe a chave privada, essa falha não permite movimentar fundos, mas reduz a efetividade do controle de acesso; ela é discutida na Subseção 5.1.6.

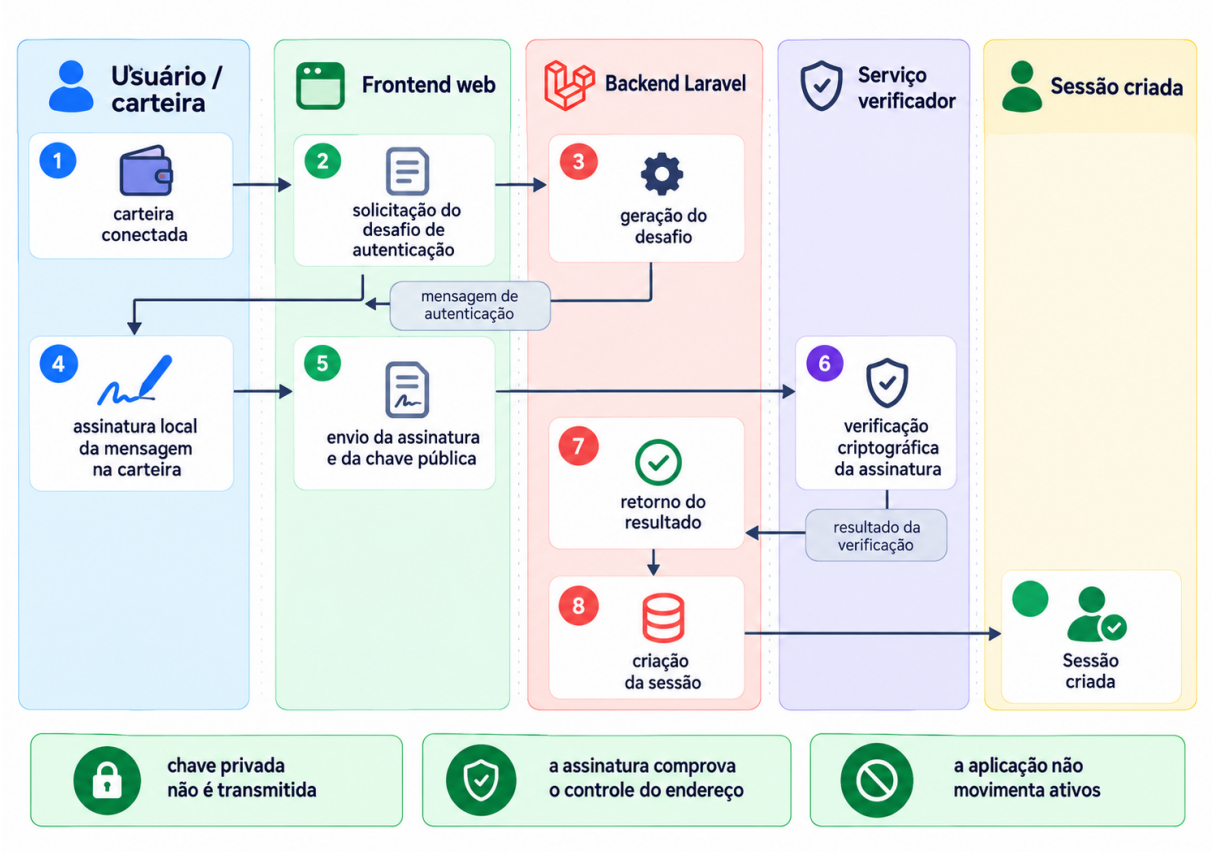


Figura 7 – Fluxo de autenticação não custodial por assinatura Ed25519

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.10 Validação funcional e consistência dos resultados

A validação foi realizada com carteiras reais pertencentes ao autor, complementadas por cenários controlados, dados sintéticos e verificações de consistência. Foram comparados saldos e cotações com as fontes externas, inspecionadas as séries reconstruídas e verificados o custo médio, os resultados realizados e não realizados, as métricas de risco e seus limiares de classificação. Também foram avaliados casos de ausência de preço, alterações de

metadados, diferenças entre o ativo nativo e *tokens* SPL, falhas transitórias das integrações e insuficiência de histórico.

O processo verificou ainda a autenticação por assinatura, a geração das interpretações e o comportamento das visualizações em diferentes períodos. A validação concentrou-se na correção funcional e analítica; não foi conduzido um experimento formal de usabilidade com participantes externos.

Complementarmente, o desempenho da API foi avaliado por duas métricas. A **latência** correspondeu ao tempo total de uma requisição, medido no cliente, desde o envio até o recebimento completo da resposta. O ***throughput***, ou vazão, correspondeu ao número de requisições concluídas por segundo quando vários clientes acessam o sistema simultaneamente. Além de quantificar essas métricas, a avaliação buscou identificar se o tempo de resposta era determinado pelo processamento interno ou pelas fontes externas das quais o sistema depende. O ambiente utilizado é descrito na Tabela 10.

Tabela 10 – Ambiente da avaliação de desempenho

Item	**Configuração**
Máquina	Notebook pessoal com processador Intel Core i5-13420H e 7,7 GB de RAM
Sistema operacional	Windows 11 Pro
Aplicação	PHP 8.4 e MySQL 8.0, ambos locais
Servidor HTTP	Servidor de desenvolvimento do *framework*, que atende uma requisição por vez
Cliente de carga	*Script* em Node.js 22 com temporizador de alta resolução, executado na mesma máquina
Dados	Modo de demonstração ativo, com preços reais e quantidades sintéticas; carteira com 1.693 transações sincronizadas e seis ativos com valor

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram avaliadas as oito funcionalidades da API utilizadas pelas telas principais: listagem de transações, sincronização de transações, saldo atual da carteira, resumo de resultados, gráfico da carteira, matriz de correlação, interpretação da carteira e detalhes do ativo. A listagem de transações, que não consulta fontes externas, funcionou como grupo de controle, pois sua latência reflete apenas o custo interno de roteamento, consulta ao banco e serialização.

Na medição de latência, cada funcionalidade recebeu uma requisição de aquecimento, descartada, seguida de dez requisições sequenciais, das quais se registraram os tempos médio, mínimo e máximo. Foram realizadas duas rodadas: uma sem intervalo entre requisições, representando uso intenso, e outra com intervalo de 3 segundos, representando a navegação típica de um usuário, na qual as estatísticas consideraram apenas as respostas bem-sucedidas. Uma medição exploratória anterior, com os *caches* da aplicação vazios, foi

utilizada como referência do primeiro acesso. Na medição de *throughput*, quatro clientes simultâneos enviaram requisições até completar um total fixo, de 40 para a listagem de transações e de 12 para a interpretação da carteira, a funcionalidade analítica mais completa; o *throughput* foi obtido pela divisão do total de requisições concluídas pelo tempo total do teste. Em ambas as medições, considerou-se erro toda resposta HTTP fora da faixa 2xx.

4 PROJETO E DESENVOLVIMENTO

4.1 Projeto e desenvolvimento

4.1.1 *Backend*: organização e serviços

O *backend* foi implementado em Laravel segundo o encadeamento *Controller*, *Service* e *Model*, cuja posição na solução aparece na Figura 1. As regras de negócio e as integrações foram concentradas na camada de serviços, enquanto os controladores apenas validaram parâmetros, orquestraram os serviços e serializaram as respostas em JSON (PRESSMAN; MAXIM, 2021; SOMMERVILLE, 2019). A Tabela 11 relaciona os componentes implementados às etapas especificadas no capítulo anterior.

Tabela 11 – Componentes do *backend* e etapas que implementam

Camada	**Componente**	**Responsabilidade**
Integração externa	Serviço de dados *on-chain*	Saldos e transações da carteira (Helius)
	Serviço de cotações atuais	Preços correntes dos ativos (Jupiter)
	Serviço de metadados	Símbolo, nome, casas decimais e ícone (Jupiter)
	Serviços de histórico e de mercado	Séries históricas e dados de mercado (Birdeye)
Processamento	Serviço de sincronização	Coleta e decomposição das transações (Subseção 3.1.6.1)
	Serviço de enriquecimento	Precificação das movimentações (Subseção 3.1.6.2)
	Serviço de preenchimento de preços	Agregação diária dos preços (Subseção 3.1.6.3)
	Serviço de valoração	Consolidação do valor atual da carteira
	Serviço de resultados	Custo médio e resultados (Subseção 3.1.6.4)
	Serviço de séries temporais	Reconstrução temporal (Subseção 3.1.6.5)
Análise	Serviço de risco	Métricas e pontuação de risco (Subseção 3.1.7)
	Serviço de interpretação da carteira	Análise agregada (Subseção 3.1.8)
	Serviço de demonstração	Modo de demonstração (Subseção 4.1.9)

Tabela 11 – continuação

Camada	Componente	Responsabilidade
Entrada HTTP	Controladores de detalhes do ativo, séries temporais, resultados, transações e autenticação	Validação de parâmetros, orquestração dos serviços e serialização das respostas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada provedor externo foi acessado por um único serviço, o que isolou os efeitos de mudanças nas interfaces de terceiros. Essa decisão foi posta à prova durante o desenvolvimento: a interface REST de saldos do provedor *on-chain* foi descontinuada, e somente o serviço de integração correspondente precisou ser alterado, passando a consultar os saldos pelos métodos RPC padrão da rede.

4.1.2 Integrações, sincronização e *cache*

O serviço de sincronização implementou os dois modos descritos no capítulo anterior, cada um exposto por uma rota própria da API:

- a **sincronização incremental** é chamada automaticamente pela interface na abertura do painel. O serviço consulta no banco a transação mais recente registrada para a carteira e interrompe a busca na primeira assinatura já persistida. Dessa forma, o histórico armazenado atuou como *cache*: em recarregamentos sem novas movimentações, a consulta externa limitou-se à primeira página de resultados, e o volume transferido passou a depender das transações ocorridas desde o último acesso, e não do tamanho total do histórico;
- a **sincronização completa** percorre o histórico em lotes. Cada resposta informa se ainda há registros e a partir de qual transação continuar, o que permite à interface solicitar o lote seguinte e evita que uma carga extensa exceda o tempo limite de uma única requisição.

A decomposição de cada transação em movimentações por ativo, segundo a regra da Subseção 3.1.6.1, utiliza as variações de saldo por conta informadas pelo provedor e recorre às listas de transferências do ativo nativo e de *tokens* quando aquela informação não está disponível. A sincronização também pode ser executada fora do ciclo HTTP por um comando de console, que permite limitar o número de páginas, percorrer todo o histórico e encadear o enriquecimento em lotes.

Os prazos de validade da Tabela 5 foram aplicados nos próprios serviços por meio da interface de *cache* do *framework*, com as entradas armazenadas no banco de dados. A sequência completa é apresentada na Figura 2.

4.1.3 Banco de dados e persistência

O esquema conceitual da Subseção 3.1.5 foi implementado em MySQL, versionado por *migrations* do *framework* e mapeado por modelos do ORM para as quatro entidades principais. A Tabela 12 resume as decisões de esquema que afetaram diretamente a correção e o desempenho do processamento.

Tabela 12 – Decisões de esquema relevantes ao processamento

Entidade	**Decisão**
Carteira	Endereço público com restrição de unicidade
Movimentação	Unicidade da combinação carteira, transação e ativo; quantidades e valores com 18 casas decimais e preços com 12 casas; índices compostos por carteira e instante e por ativo e instante; ativo nativo representado sem identificador de *token*
Ativo	Identificador do *token* com restrição de unicidade
Preço	Unicidade da combinação ativo e intervalo; preço com 12 casas decimais

Fonte: Elaborado pelo autor.

As restrições de unicidade tornaram idempotentes as operações de inserção ou atualização executadas pela sincronização e pelo preenchimento de preços, de modo que a reexecução de qualquer etapa não produziu registros duplicados. Os índices compostos atenderam às consultas por carteira e período, utilizadas na reconstrução temporal, e por ativo e período, utilizadas na precificação. A precisão decimal acompanhou a aritmética de precisão fixa adotada na Subseção 3.1.6.2. O mesmo banco armazenou as entradas de *cache* do *framework*; a estrutura prevista para observabilidade das chamadas externas consta do esquema, mas não foi integrada ao fluxo operacional, conforme discutido na Subseção 5.1.6.

4.1.4 Autenticação não custodial

O protocolo descrito na Subseção 3.1.9 foi implementado em quatro passos, distribuídos entre a interface, o controlador de autenticação e um microsserviço de verificação:

1. uma rota de emissão gera o desafio com 128 bits obtidos de um gerador de números aleatórios criptograficamente seguro, codificados em hexadecimal, e o mantém em *cache* por 5 minutos, associado ao endereço informado;

2. a interface solicita a assinatura do desafio à extensão da carteira, Phantom ou Solflare, que a executa localmente, e envia a assinatura, em hexadecimal, a uma rota de autenticação;

3. o controlador de autenticação encaminha a verificação, por HTTP, a um microsserviço local desenvolvido em Node.js com Express, que verifica a assinatura Ed25519 com

a biblioteca *tweetnacl*; somente uma verificação válida leva o controlador a registrar o endereço na sessão do servidor;

4. uma rota de consulta informa à interface se existe sessão ativa.

A Figura 8 apresenta a tela inicial utilizada para selecionar o provedor e iniciar a conexão. A ação do usuário disparou a solicitação de autorização na extensão da carteira, que permaneceu responsável pela assinatura local do desafio criptográfico.

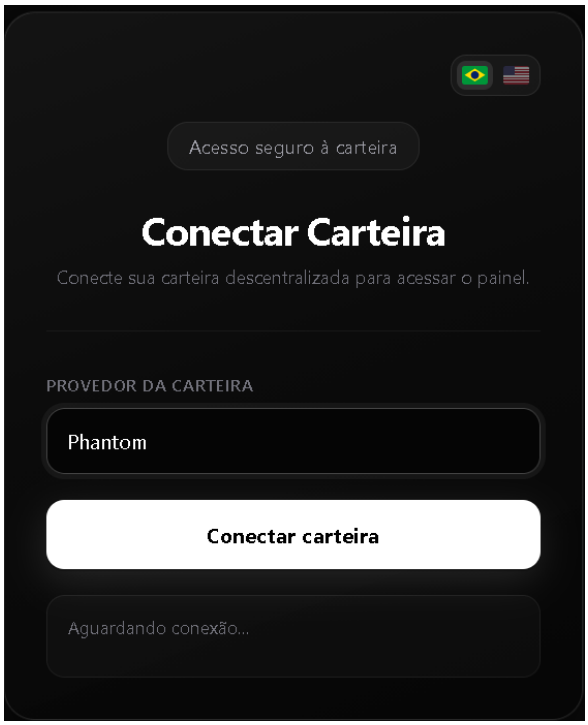


Figura 8 – Tela de conexão e solicitação de autorização da carteira

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.5 Histórico de preços: *backfill* e agregação diária

A agregação diária da Subseção 3.1.6.3 foi implementada no serviço de preenchimento de preços. O serviço identifica os ativos presentes nas movimentações e os dias ainda ausentes no histórico local, obtém do provedor de dados históricos a série horária de toda a janela em uma única chamada e grava as médias diárias por inserção ou atualização. O processo é exposto por um comando de console, parametrizado pela largura da janela (padrão de 30 dias) e pela data-limite, e foi registrado no agendador do *framework* para execução a cada 4 horas, em segundo plano e sem sobreposição de execuções.

Todo o processamento em segundo plano foi realizado por comandos acionados pelo agendador, sem filas de processamento. Para proteger a cota do provedor, o serviço

de histórico, ao receber o aviso de limite de uso excedido, grava um sinalizador em *cache* por 300 segundos e suspende novas chamadas durante esse período.

A precificação das movimentações, especificada na Subseção 3.1.6.2, foi implementada no serviço de enriquecimento, que processa lotes de 500 registros e identifica os recibos de posições de liquidez concentrada antes da valoração. O enriquecimento também pode ser executado por comando de console, com o tamanho do lote (padrão de 500) e a largura do intervalo de precificação (padrão de 5 minutos) como parâmetros.

4.1.6 Preço médio, PnL e série temporal

O custo médio e os resultados das posições, definidos na Subseção 3.1.6.4, foram implementados no serviço de resultados e expostos pelo controlador correspondente; o valor atual da carteira foi consolidado pelo serviço de valoração.

A série de evolução patrimonial é servida por uma rota que recebe o período desejado e a largura dos intervalos. O serviço de séries temporais seleciona os dez ativos de maior valor a partir do serviço de valoração, agrega as movimentações por intervalo diretamente na consulta SQL, por meio da divisão inteira do instante Unix pela largura do intervalo (Equação (3.2)), e aplica a reconstrução reversa, o preenchimento das lacunas e a normalização do S&P 500 conforme a Subseção 3.1.6.5. A agregação no banco reduziu o volume de registros transferidos para a aplicação. A série resultante é renderizada com ECharts no painel principal.

4.1.7 Métricas de risco e interpretações

As métricas da Subseção 3.1.7 foram implementadas no serviço de risco, com um método dedicado a cada métrica: volatilidade, queda máxima, correlação, beta, índice de Sharpe e pontuação consolidada. Antes do cálculo de correlação e beta, as duas séries de cada par são alinhadas pelas datas comuns. O método de correlação ordena então cada série, atribui postos médios aos empates e aplica a Equação (3.15) sobre os postos, enquanto o método do beta opera sobre os retornos alinhados. Cada coeficiente é devolvido acompanhado do número de observações que o originou. A série de preços é obtida primeiro do histórico local e, havendo menos de 10 pontos, do provedor de dados históricos, com *cache* de 600 segundos. A série do S&P 500 é obtida do Yahoo Finance e mantida em *cache* por 3.600 segundos. Os dados de mercado, como capitalização, volume, oferta e valor totalmente diluído, são fornecidos pelo serviço de mercado, com *cache* de aproximadamente 5 minutos.

Os resultados foram expostos por três rotas da API:

- a rota de **detalhes do ativo** reúne, em uma única resposta, os dados do ativo, os

dados de mercado, a posição na carteira, as métricas de risco, a série do gráfico e a interpretação individual, gerada no próprio controlador;

- a rota da **matriz de correlação** executa o cálculo para todos os pares de ativos com histórico suficiente e informa, para cada par, o coeficiente e o número de observações, com *cache* de 10 minutos;
- a rota da **interpretação da carteira** calcula o índice de concentração e as médias ponderadas da Subseção 3.1.8 e reutiliza o resultado em *cache* da matriz de correlação para não recalcular as séries de retornos.

4.1.8 *Frontend*: interface e experiência de uso

O *frontend* foi desenvolvido com Blade, JavaScript puro, Tailwind CSS e ECharts 5. A interface reuniu identificação da carteira, valor consolidado, distribuição dos ativos, PnL, interpretação agregada, matriz de correlação e controles de período. As páginas de detalhe apresentaram os indicadores de mercado, as métricas de risco, a pontuação consolidada e a narrativa correspondente ao ativo selecionado.

Na parte superior do painel principal, o resumo da carteira reuniu valor total, resultados realizados e não realizados, quantidade de ativos, distribuição da alocação e retorno percentual das posições, conforme apresentado na Figura 9. Essa organização forneceu uma visão sintética antes do detalhamento individual.

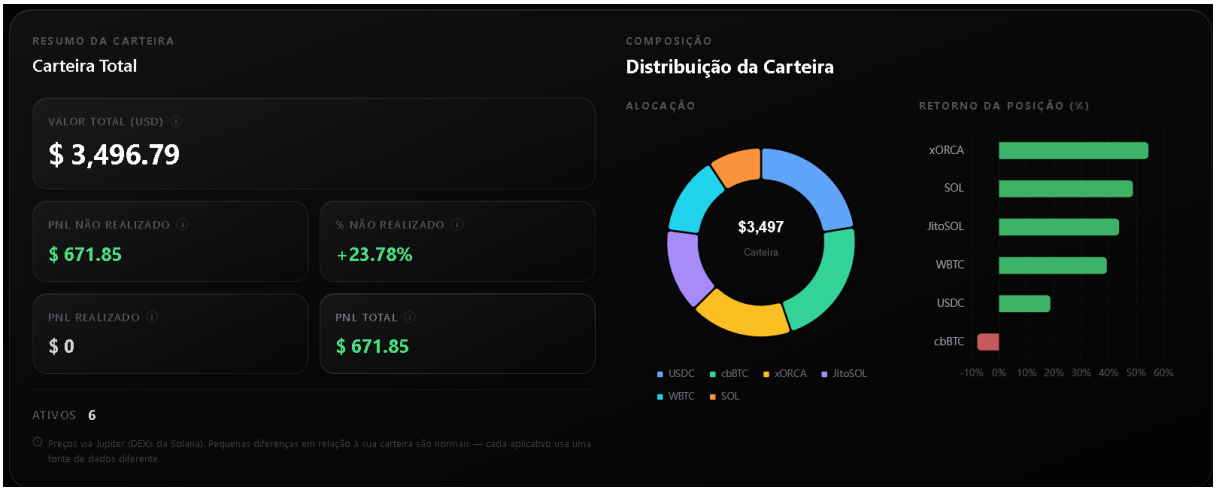


Figura 9 – Resumo e composição da carteira no painel principal

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

As posições foram apresentadas em cartões navegáveis com identificação do ativo, quantidade, preço médio, valor corrente e parcelas do resultado. A Figura 10 mostra esse

componente, que permitiu comparar rapidamente as posições e acessar a página detalhada de cada ativo.

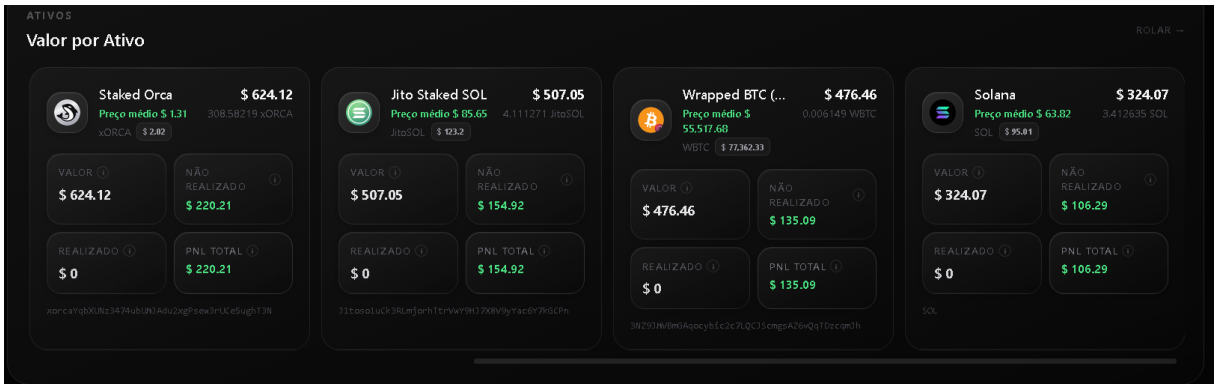


Figura 10 – Cartões das posições que compõem a carteira

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

A interpretação agregada ocupou uma área própria do painel. Como mostra a Figura 11, a interface apresentou uma síntese da situação, indicadores ponderados e listas de pontos fortes e de atenção. Esse componente materializou a proposta de traduzir os resultados quantitativos em uma narrativa acessível.

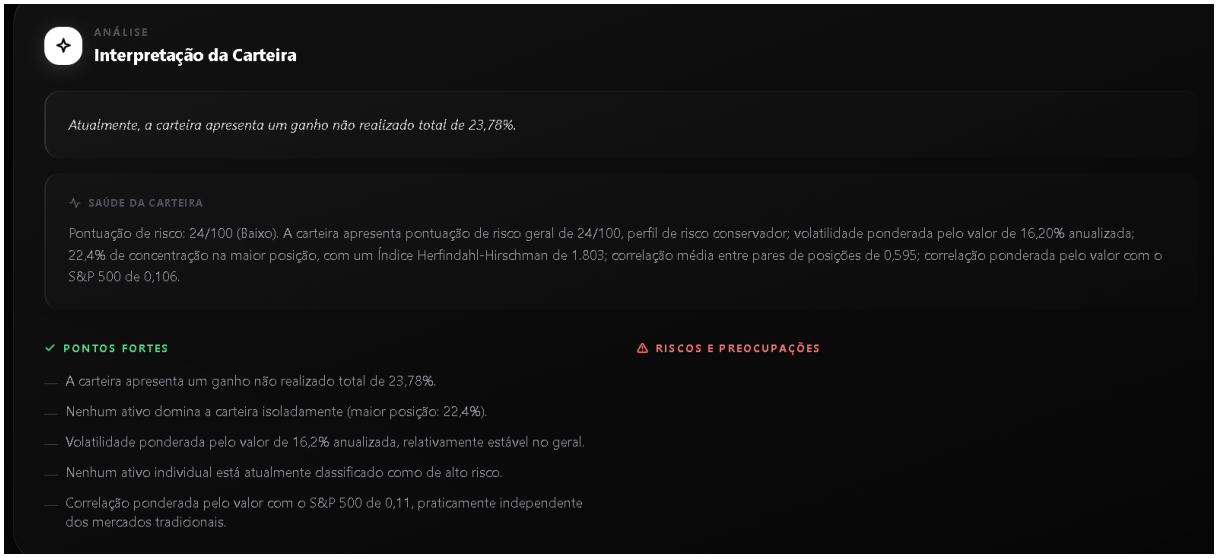


Figura 11 – Interpretação automatizada da carteira

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

O gráfico temporal combinou a evolução do portfólio, séries individuais e referência de mercado. Recursos como *tooltip*, legenda acionável, seleção temporal e navegação

apoiaram a exploração dos dados. A Figura 12 apresenta uma visualização de três meses com a trajetória da carteira, dos ativos e do S&P 500 normalizado para comparação.

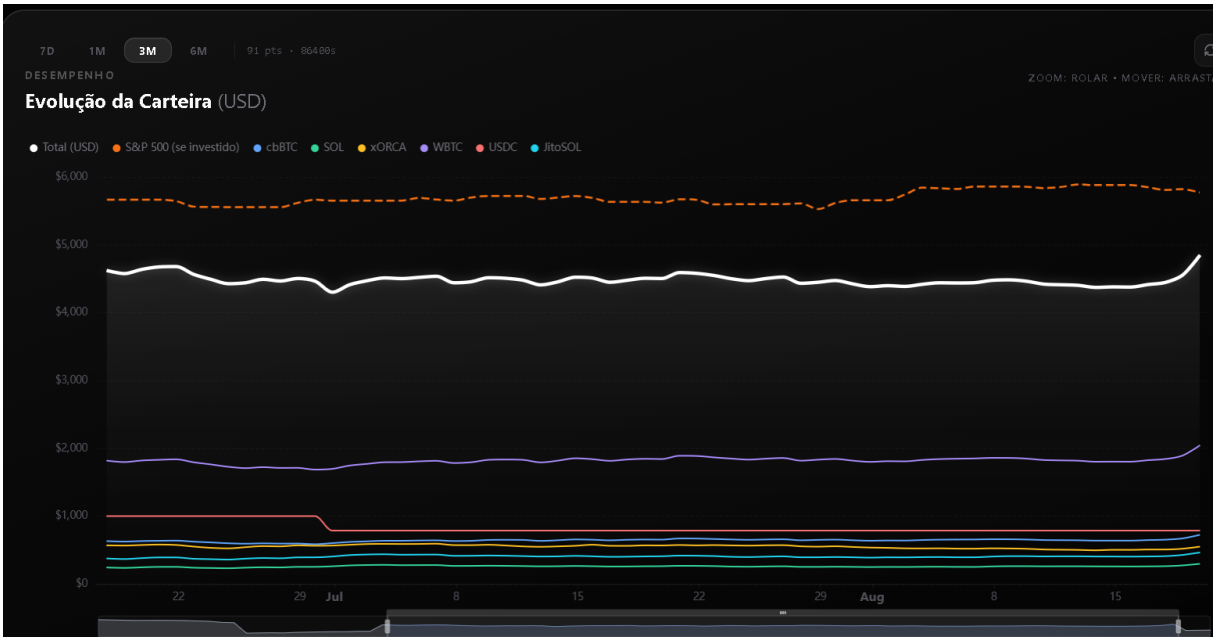


Figura 12 – Evolução patrimonial e comparação com o S&P 500

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

A matriz de correlação complementou a análise temporal ao permitir comparar os retornos diários dos ativos entre si e com a referência externa. Na Figura 13, cores e coeficientes de Spearman identificam relações positivas, negativas ou próximas de zero, facilitando a observação de possíveis benefícios ou limitações de diversificação. Ao posicionar o cursor sobre uma célula, o *tooltip* informa o número de observações do par, o que torna visível a diferença de amostra entre os pares de criptoativos e os que envolvem o S&P 500.



Figura 13 – Matriz de correlação dos ativos da carteira

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

Ao selecionar uma posição, o usuário foi direcionado à página de detalhes do ativo. O cabeçalho apresentado na Figura 14 reuniu cotação, variação recente, classe de risco, quantidade, alocação, preço médio, capital investido e valor corrente.

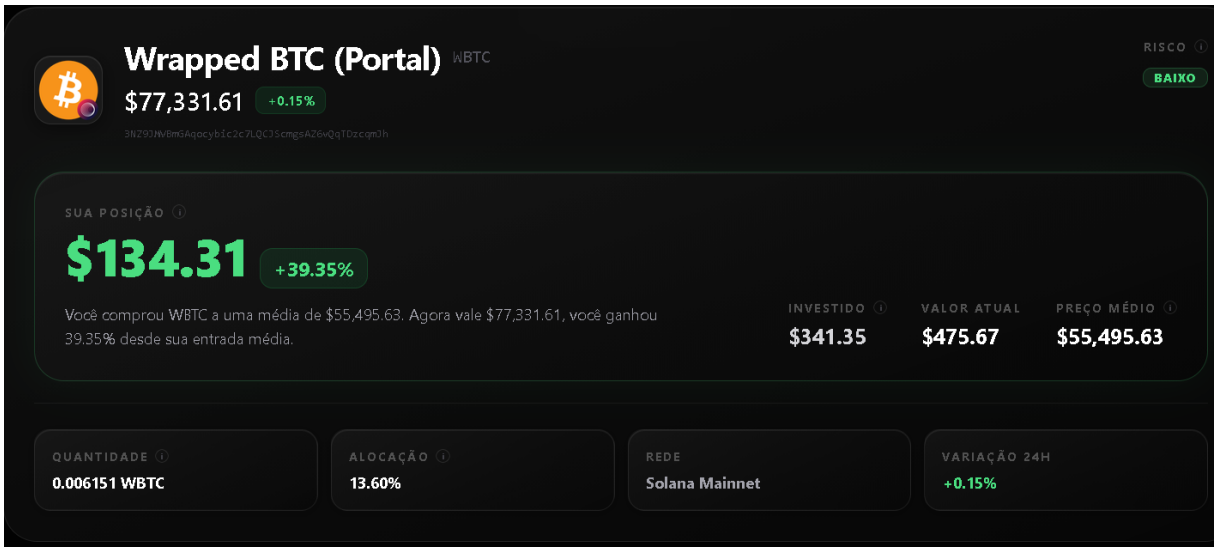


Figura 14 – Resumo da posição na página de detalhes do ativo

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

A trajetória do preço foi apresentada em relação ao preço médio da posição. A Figura 15 evidencia a linha de entrada média e a zona de lucro, permitindo alternar entre a visão da posição e a perspectiva geral de mercado.

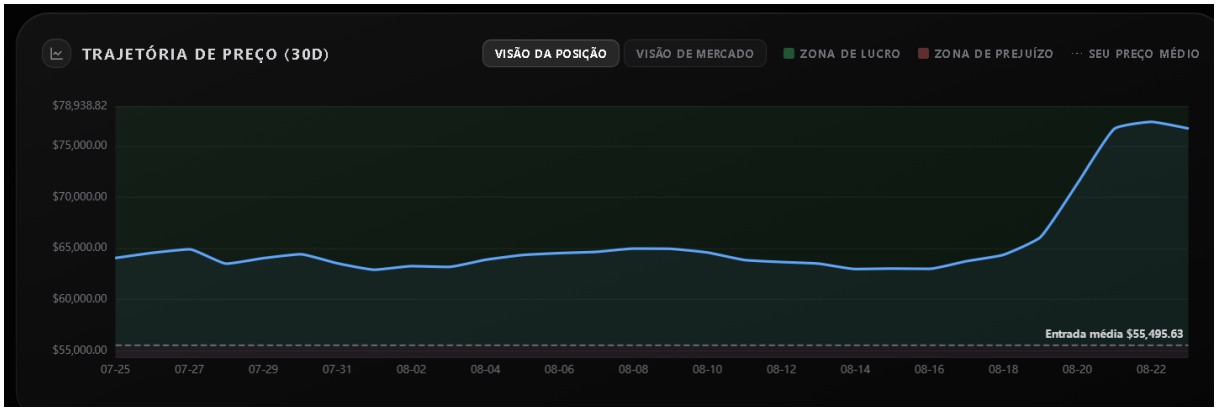


Figura 15 – Trajetória de preço e referência do preço médio da posição

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

A análise textual individual, exibida na Figura 16, relacionou desempenho, concentração, *drawdown*, correlações, beta e índice de Sharpe. A divisão entre pontos fortes e

riscos permitiu apresentar simultaneamente aspectos favoráveis e limitações da posição.

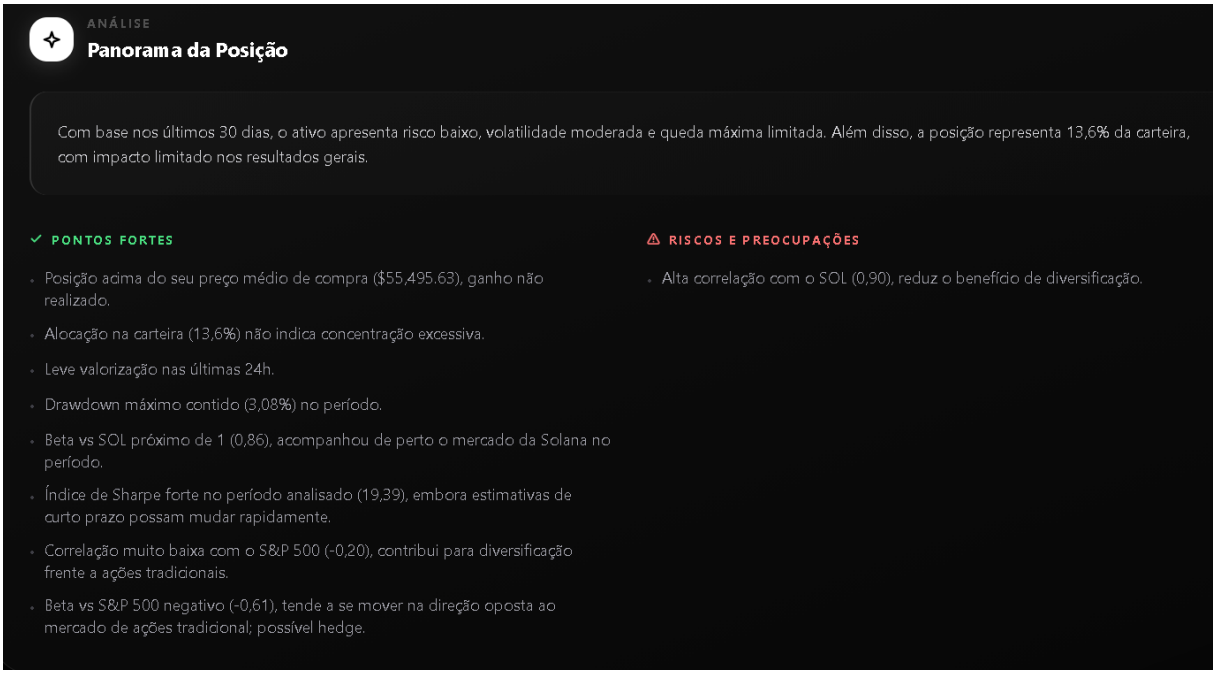


Figura 16 – Interpretação automatizada de uma posição individual

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

Por fim, a Figura 17 mostra a apresentação conjunta de dados de mercado e métricas da posição. A interface reuniu capitalização, volume e oferta com correlação, volatilidade, *drawdown*, concentração e pontuação de risco. O medidor cromático detalhou visualmente a intensidade da pontuação, enquanto a classificação textual permaneceu restrita aos níveis baixo, médio e alto.

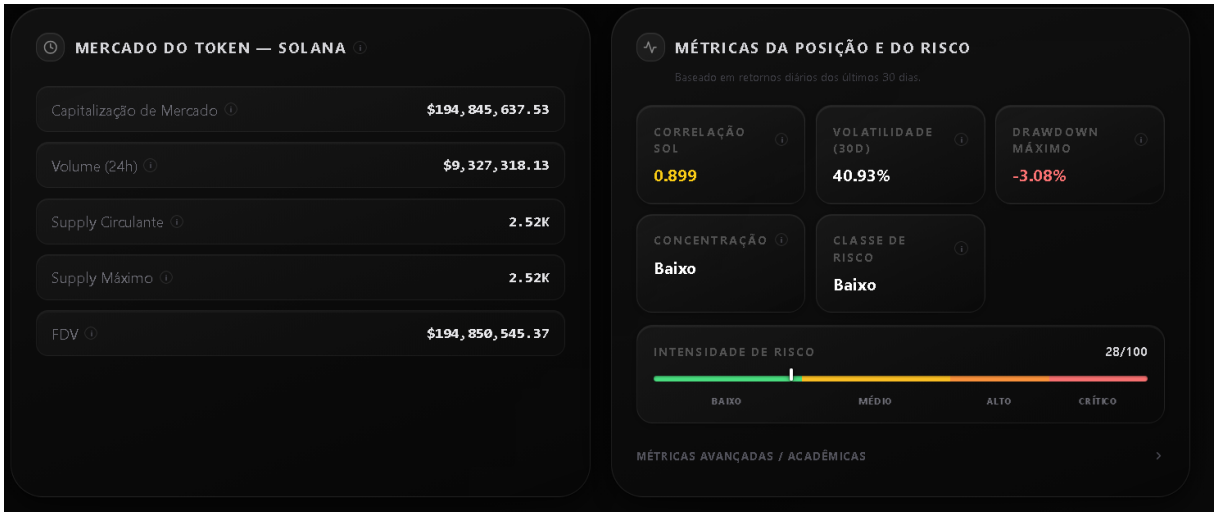


Figura 17 – Dados de mercado e métricas de risco do ativo

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

As capturas de tela utilizaram o modo de demonstração descrito na Subseção 3.1.1. A proteção foi aplicada ao resumo das posições, às interpretações e às séries patrimoniais, evitando a exposição de quantidades, valores monetários e histórico financeiro reais.

4.1.9 Modo de demonstração

O modo de demonstração descrito na Subseção 3.1.1 foi implementado em um serviço próprio, ativado por um parâmetro de configuração. Os demais parâmetros, como as faixas de valor-alvo das posições e de deslocamento do preço médio, também foram mantidos em configuração, fora do código.

O determinismo foi obtido aplicando-se uma função de *hash* ao identificador de cada ativo e convertendo parte do resultado em uma fração no intervalo $[0, 1)$. A partir dessa fração, o serviço define o valor-alvo da posição e um preço médio de compra inferior à cotação atual, de modo que todas as posições sintéticas apresentem lucro. O resumo sintético é devolvido exatamente na mesma estrutura produzida pelo serviço de resultados; por isso, os controladores e o serviço de interpretação funcionaram sem alteração nos dois modos. Na série temporal, o serviço de séries aplica um fator de escala determinístico ao saldo e às movimentações, preservando as variações percentuais sem expor o patrimônio real.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados e discussão

A implementação resultou em um *dashboard* funcional capaz de reconstruir as posições e a evolução patrimonial de uma carteira descentralizada a partir de suas movimentações, calcular indicadores de desempenho dos ativos e analisar os riscos individuais e agregados. A avaliação funcional descrita na Subseção 3.1.10 verificou a consistência dos saldos, valores monetários, resultados e séries temporais. O sistema também produziu uma matriz de correlação, comparou a trajetória da carteira com uma referência de mercado e converteu os indicadores quantitativos em interpretações textuais.

Os resultados visuais e quantitativos deste capítulo utilizaram o modo de demonstração descrito na Subseção 3.1.1. Assim, as posições apresentadas não corresponderam ao patrimônio real das carteiras empregadas na validação funcional. Um vídeo demonstrativo do funcionamento do sistema está disponível no Apêndice A.

5.1.1 Resultados quantitativos da análise de risco

A análise considerou o histórico de preços dos 30 dias anteriores à data de avaliação. Para cada ativo, foram calculadas as métricas, a pontuação consolidada e a classificação em três níveis especificadas na Subseção 3.1.7. A representação visual da pontuação utiliza uma gradação cromática mais detalhada, sem alterar essas três categorias textuais.

A Tabela 13 apresenta os indicadores calculados para os seis ativos incluídos no modo de demonstração. A execução correspondeu a um período de menor intensidade das oscilações, no qual nenhuma posição alcançou pontuação suficiente para as categorias média ou alta. Esse resultado não representou falha da classificação, mas a aplicação dos mesmos critérios de pontuação a condições de mercado relativamente estáveis dentro da janela analisada.

Tabela 13 – Indicadores de risco calculados no modo de demonstração

Ativo	Volatilidade anualizada	*Drawdown* máximo	Correlação com SOL	Concentração	Pontuação de risco
USDC	0,08%	-0,02%	0,04	22,42%	20 (baixo)
WBTC	16,81%	-4,76%	0,80	13,60%	23 (baixo)
cbBTC	16,92%	-4,93%	0,80	22,37%	25 (baixo)
xORCA	19,42%	-9,43%	0,69	17,85%	25 (baixo)
SOL (nativo)	27,44%	-7,20%	não se aplica	9,27%	18 (baixo)
JitoSOL	27,35%	-7,06%	1,00	14,48%	28 (baixo)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do modo de demonstração.

Os resultados evidenciaram diferenças mesmo dentro da categoria de risco baixo. O USDC apresentou volatilidade anualizada de 0,08%, *drawdown* de -0,02% e correlação

de 0,04 com o SOL, comportamento compatível com baixa oscilação e reduzida associação linear com o ativo de referência no período. Sua concentração de 22,42%, entretanto, acrescentou exposição por alocação e contribuiu para que a pontuação alcançasse 20.

O JitoSOL apresentou participação relativamente baixa, de 14,48%, mas volatilidade de 27,35%, *drawdown* de -7,06% e correlação igual a 1,00 com o SOL. A pontuação de 28 permaneceu na faixa baixa, porém os componentes demonstraram que a posição ofereceu pouca diversificação em relação ao ativo nativo durante a janela analisada. A comparação entre USDC e JitoSOL mostrou que ativos classificados no mesmo nível textual podem apresentar fontes de risco distintas, reforçando a necessidade de interpretar os componentes da pontuação em conjunto.

Os demais ativos ocuparam posições intermediárias dentro da faixa baixa. WBTC e cbBTC apresentaram métricas próximas entre si, enquanto xORCA registrou o *drawdown* mais acentuado do grupo. O fato de todas as pontuações terem permanecido abaixo de 35 refletiu as condições observadas no período e os limiares implementados, não a incapacidade do sistema de produzir classificações superiores quando os componentes de risco atingem faixas mais elevadas.

A liquidez não representou limitação relevante para os ativos avaliados. Cinco dos seis correspondem ao ativo nativo da rede, a uma *stablecoin* de ampla circulação, a duas representações de bitcoin e a um derivado de *staking* de SOL, todos com mercados ativos; o sexto, xORCA, está associado a um protocolo específico do ecossistema e tem sua liquidez melhor avaliada pelo volume exibido em sua página de detalhes. Além disso, as posições do modo de demonstração são pequenas: a carteira inteira soma cerca de US$ 3,5 mil (Figura 9), enquanto o ativo apresentado na Figura 17 registrou volume superior a US$ 9 milhões em 24 horas. Nessas condições, o *slippage* na venda das posições seria desprezível, e o valor exibido aproxima adequadamente o valor realizável. A mesma conclusão não se estende a carteiras com *tokens* de baixa liquidez ou a posições de maior porte, conforme discutido na Subseção 5.1.6.

Os indicadores complementares, que não integram a pontuação conforme a Equação (3.19), acrescentaram informações sobre sensibilidade às referências, desempenho ajustado ao risco e comportamento diante de um mercado externo ao ecossistema da rede.

5.1.2 Desempenho e visualização da evolução patrimonial

Na interface desenvolvida, os dados consolidados foram organizados em um painel sintético contendo valor total, distribuição por ativo, preço médio e resultados realizados e não realizados. A separação do PnL permitiu distinguir ganhos ou perdas já reconhecidos em vendas daqueles ainda associados às posições mantidas. O resumo geral e os cartões das posições são apresentados, respectivamente, nas Figuras 9 e 10.

A visualização principal apresentou a evolução patrimonial em dólares norte-americanos (USD), combinando a série agregada do portfólio com séries individuais dos ativos selecionados. Uma série de mercado tradicional, normalizada ao mesmo ponto inicial, funcionou como referência de trajetória. Os recursos de navegação temporal, *tooltip* contextual e ativação ou desativação de séries por legenda permitiram alternar entre uma leitura geral e a inspeção de posições específicas, como exemplificado na Figura 12.

O gráfico também apresentou o preço médio de entrada como referência visual e distinguiu zonas de lucro e prejuízo em relação a esse valor. Essa representação facilitou a identificação dos períodos nos quais a cotação permaneceu acima ou abaixo do custo médio da posição. O resultado foi particularmente útil quando analisado em conjunto com o histórico de movimentações, pois permitiu distinguir alterações patrimoniais causadas por entradas e saídas de ativos daquelas decorrentes exclusivamente da variação de mercado.

A visualização, contudo, não eliminou a necessidade de contextualização. O preço médio de entrada constitui uma referência contábil da posição e não resume, isoladamente, seu desempenho, sobretudo quando existem múltiplas aquisições, vendas parciais ou transferências. Por essa razão, sua apresentação foi mantida como elemento complementar às séries temporais e aos indicadores de risco, e não como medida única de resultado financeiro.

Na página individual, o resumo da posição, o gráfico de preço e o conjunto de indicadores foram organizados conforme as Figuras 14, 15 e 17. Essa sequência permitiu passar da situação monetária da posição para sua trajetória e, em seguida, para a leitura dos fatores de mercado e risco.

5.1.3 Interpretação automatizada das posições

O principal resultado analítico do sistema foi a geração automática de narrativas qualitativas para a carteira e para cada posição. Na visão agregada, as regras consideraram métricas ponderadas pela participação dos ativos, concentração global, PnL e relações observadas na matriz de correlação. A apresentação desse resultado e a matriz utilizada como apoio podem ser observadas nas Figuras 11 e 13. Na leitura da matriz, é necessário considerar que os coeficientes não se apoiam em amostras do mesmo tamanho: os pares entre criptoativos foram estimados com aproximadamente 30 observações diárias, enquanto a linha e a coluna do S&P 500 foram estimadas com apenas 20 a 22 pregões. Assim, coeficientes de pequena magnitude com o índice, em particular, não devem ser tomados como evidência de independência entre a carteira e o mercado acionário, e diferenças entre esses coeficientes e os dos pares de criptoativos refletem também a diferença de precisão das estimativas. Na análise individual, foram combinadas a classificação da volatilidade, a severidade do *drawdown*, a correlação com o ativo de referência, a concentração no portfólio e informações complementares de capitalização e liquidez. As saídas não apenas informaram

as categorias, mas explicitaram quais aspectos contribuíram positiva ou negativamente para a avaliação.

A estrutura visual da interpretação individual é apresentada na Figura 16, utilizando uma posição do modo de demonstração. Para o JitoSOL, a interpretação produzida pode ser representada pelo seguinte exemplo:

> A posição apresenta risco baixo na janela analisada. Sua participação relativamente pequena limita o impacto isolado sobre o valor total da carteira. Entretanto, a correlação praticamente perfeita com o SOL indica que os dois ativos se movimentaram de forma muito semelhante, oferecendo pouco benefício de diversificação entre si. A volatilidade e a queda em relação ao pico foram superiores às observadas nos ativos menos oscilantes do portfólio, embora não tenham elevado a pontuação às faixas média ou alta.

A carteira do modo de demonstração também deve ser lida à luz da literatura sobre o número de ativos discutida na Subseção 2.9.3. Com seis ativos, ela está abaixo da referência de cerca de dez ativos associada a uma diversificação adequada. Além disso, parte das posições representa exposições praticamente equivalentes: SOL e JitoSOL acompanham o mesmo ativo, assim como WBTC e cbBTC, e a matriz da Figura 13 mostra correlações elevadas entre esses pares. Na prática, a carteira concentra-se em poucas fontes de risco independentes, ainda que nenhuma posição isolada seja dominante. A distribuição equilibrada de valor, medida pelo índice de concentração, não deve, portanto, ser confundida com diversificação efetiva.

O exemplo demonstra que a narrativa não tratou a classificação baixa como ausência de risco. A participação relativamente pequena foi apresentada como aspecto favorável, enquanto a correlação elevada com o ativo nativo foi destacada como limitação para a diversificação. Essa característica evitou que a pontuação numérica fosse apresentada como resultado autossuficiente. Em vez disso, o texto funcionou como uma camada explicativa que relacionou os indicadores ao contexto da posição e tornou mais acessíveis conceitos que poderiam ser pouco intuitivos para usuários sem formação financeira especializada.

Os indicadores complementares exibidos na Figura 16 exigem, porém, uma leitura crítica. O beta de 0,86 em relação ao SOL, inferior a um, é coerente com uma correlação elevada entre os ativos e indica que a posição acompanhou a rede com intensidade um pouco menor. Já o beta de $-0{,}61$ em relação ao S&P 500 foi estimado com cerca de 20 pregões e acompanhado de correlação de apenas $-0{,}20$, classificada como muito baixa. Nessas condições, o valor negativo não se distingue de uma oscilação casual da amostra, e a menção a uma possível proteção contra quedas do mercado acionário, presente na narrativa, não se sustenta; a regra que deveria condicionar a leitura do beta à força da correlação não foi aplicada nesse caso.

O índice de Sharpe de 19,39 exibido na mesma figura também não é plausível. Pela Equação (3.17), com a volatilidade anualizada de 40,93% apresentada para a posição, esse índice exigiria um retorno médio diário de cerca de 2,2%, o que corresponde a uma alta acumulada da ordem de 65% em 30 dias. Esse comportamento é incompatível com o período de baixa intensidade de oscilações descrito na Subseção 5.1.1 e com a própria narrativa, que classifica a volatilidade da posição como moderada e sua queda máxima como limitada, o que indica a necessidade de revisar o cálculo do indicador. Valores de Sharpe nessa ordem de grandeza não devem ser interpretados, e o indicador foi mantido apenas como informação complementar, fora da pontuação de risco.

A interpretação gerada não constituiu recomendação de compra, venda ou manutenção do ativo. Seu propósito foi explicar os dados calculados e destacar condições que merecem atenção. Essa delimitação é necessária porque regras heurísticas simplificam fenômenos de mercado complexos e não incorporam, por si sós, objetivos pessoais, horizonte de investimento ou tolerância individual ao risco.

5.1.4 Autenticação e proteção dos dados de exemplo

O fluxo de autenticação especificado na Subseção 3.1.9 e implementado conforme a Subseção 4.1.4 confirmou o controle do endereço sem solicitar senha. A tela responsável por iniciar a autorização é apresentada na Figura 8. Os dados exibidos seguiram o modo de demonstração descrito nas Subseções 3.1.1 e 4.1.9.

5.1.5 Desempenho do sistema

A Tabela 14 apresenta as latências obtidas na rodada com intervalo de 3 segundos entre requisições, que representa o uso individual para o qual a ferramenta foi concebida. Nessa rodada, as 80 requisições foram atendidas com sucesso.

Tabela 14 – Latência das funcionalidades da API em uso típico, em segundos

Funcionalidade	**Fontes externas**	**Média**	**Mín.**	**Máx.**	***Cache* vazio**
Listagem de transações	Nenhuma	0,16	0,13	0,18	–
Saldo atual da carteira	Helius, Jupiter	1,52	1,36	1,72	–
Sincronização de transações	Helius	2,16	1,88	3,02	–
Resumo de resultados	Helius, Jupiter	2,79	2,63	3,00	6,4–6,5
Matriz de correlação	Helius, Jupiter, Birdeye	2,92	2,67	3,22	7,2–7,6
Interpretação da carteira	Helius, Jupiter, Birdeye, Yahoo Finance	3,01	2,74	3,49	6,5–7,2
Detalhes do ativo	Helius, Jupiter, Birdeye, Yahoo Finance	3,12	2,92	3,45	7,2–9,2
Gráfico da carteira	Helius, Jupiter	3,15	2,78	3,76	6,7–6,8

Nota: dez requisições por funcionalidade, com intervalo de 3 s. A última coluna corresponde à medição exploratória com os *caches* da aplicação vazios.
Fonte: Elaborado pelo autor.

A listagem de transações, que executa consultas com filtros, junções e paginação sobre as 1.693 transações e devolve cerca de 30 KB de JSON, respondeu em 0,16 s em média, com máximo de 0,18 s. Esse resultado indica que o processamento interno, os índices do banco e a serialização não constituíram gargalo. As demais funcionalidades, todas dependentes de chamadas síncronas a fontes externas, apresentaram latências ao menos nove vezes maiores: 1,52 s para o saldo atual, que consulta os provedores de saldos e de cotações, e entre 2,79 s e 3,15 s para as funcionalidades analíticas. Como o cálculo das métricas é realizado sobre séries já persistidas, a diferença entre essas funcionalidades e o grupo de controle foi atribuída principalmente à espera pelas respostas externas. Assim, a latência percebida pelo usuário foi determinada sobretudo pelos tempos de resposta dos provedores e da rede, e não pela lógica de análise implementada.

O efeito do *cache* e da persistência das séries históricas também foi quantificado. No primeiro acesso, com os *caches* vazios, as funcionalidades analíticas levaram entre 6,4 s e 9,2 s; com os *caches* preenchidos, as mesmas funcionalidades responderam em cerca de 3 s, uma redução entre 53% e 66%.

Na rodada sem intervalo entre requisições, a taxa de sucesso caiu para 81,25% (65 de 80 requisições). As falhas concentraram-se na matriz de correlação, na interpretação da carteira e nos detalhes do ativo, cada uma com 5 respostas de erro em 10. As respostas de erro registradas identificaram a origem: a API de cotações da Jupiter respondeu com o código HTTP 429 (*Too Many Requests*), indicando que o limite de requisições do provedor havia sido excedido. Como o cálculo dos resultados consulta as cotações a cada requisição e as funcionalidades analíticas dependem desse cálculo, a recusa propagou-se até a interface, que exibiu uma mensagem de falha na obtenção das informações solicitadas.

A Tabela 15 apresenta o *throughput* obtido com quatro clientes simultâneos.

Tabela 15 – *Throughput* com quatro clientes simultâneos

Funcionalidade	**Requisições**	**Tempo total (s)**	***Throughput* (req/s)**	**Erros**
Listagem de transações	40	6,75	5,93	0 (0%)
Interpretação da carteira	12	28,18	0,43	6 (50%)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para operações restritas ao banco local, o sistema sustentou 5,93 requisições por segundo sem erros, mesmo com um servidor que atende uma requisição por vez. Na interpretação da carteira, o *throughput* de 0,43 requisição por segundo inclui as respostas de erro; considerando apenas as bem-sucedidas, a vazão efetiva foi de 0,21 requisição por segundo. Esse valor resultou da combinação de três fatores: a serialização das requisições pelo servidor de desenvolvimento, a espera de cerca de 3 s pelas fontes externas em cada requisição e a recusa de parte das chamadas pelo limite de requisições da API de cotações. Como o servidor utilizado não processa requisições em paralelo, os valores de *throughput* constituem um limite inferior e não devem ser extrapolados para um ambiente de produção.

No cenário de uso individual, representado pela rodada com intervalo, todas as funcionalidades responderam com sucesso e em no máximo 3,76 s, desempenho adequado a uma ferramenta de análise que não exige resposta em tempo real. Um cenário com múltiplos usuários simultâneos, entretanto, exigiria reduzir a dependência síncrona das fontes externas, conforme discutido a seguir.

5.1.6 Discussão crítica e limitações

Os testes funcionais indicaram que a integração entre saldos, transações, preços e metadados permitiu produzir séries temporais coerentes e indicadores interpretáveis. A separação entre séries por ativo e valor total favoreceu a identificação da origem das variações patrimoniais, enquanto a análise individual evitou que riscos específicos fossem ocultados pelo comportamento agregado da carteira. Ainda assim, a qualidade dos resultados permaneceu condicionada à disponibilidade e à consistência das fontes externas.

A principal limitação observada foi a cobertura de preços históricos. Ativos de baixa liquidez, recém-criados ou pouco negociados podem apresentar lacunas, cotações esparsas ou ausência completa de precificação. Quando não existe preço confiável, o ativo não pode ser incorporado de maneira equivalente aos demais no cálculo monetário e nas métricas baseadas em retornos. O tratamento adotado reduz distorções no valor total, mas pode produzir uma visão incompleta da exposição patrimonial caso a parcela sem precificação seja relevante.

Mesmo quando há cotação, a valoração pela cotação de mercado pressupõe que a posição possa ser vendida àquele preço. Como o sistema não estima o *slippage*, o valor total e o resultado não realizado podem superestimar o valor realizável de posições em *tokens* com pouca profundidade de mercado ou de porte elevado em relação ao volume negociado. A capitalização e o volume exibidos permitem ao usuário identificar esses casos, mas a liquidez não foi incorporada à pontuação de risco nem convertida em um ajuste do valor apresentado.

A janela de 30 dias também impõe restrições. Esse recorte favorece uma leitura sensível às condições recentes do mercado e mantém o volume de dados compatível com a atualização da análise. Entretanto, eventos pontuais podem exercer influência elevada sobre a volatilidade e o *drawdown*. A adoção do coeficiente de Spearman limitou o efeito de dias extremos sobre a correlação, mas não o do tamanho reduzido das amostras, de 20 a 30 observações, discutido na Subseção 3.1.7; por isso, os coeficientes podem variar significativamente entre janelas consecutivas. O beta e, sobretudo, o índice de Sharpe anualizado permanecem mais sensíveis a essas oscilações. Os resultados da Subseção 5.1.3 confirmaram essa fragilidade: o beta em relação ao S&P 500 foi interpretado sem considerar a baixa correlação correspondente, e o índice de Sharpe atingiu valores incompatíveis com o comportamento observado dos ativos. Além disso, a taxa livre de risco foi tratada como um valor fixo, sem acompanhar a variação dos juros ao longo do tempo. Consequentemente, as métricas descrevem o comportamento recente e não devem ser interpretadas como estimativas estáveis de risco de longo prazo.

Outra limitação decorre da própria consolidação heurística. A pontuação entre 0 e 100 facilita comparações, mas reduz diferentes dimensões de risco a uma única escala. Dois ativos podem alcançar pontuações semelhantes por razões distintas, como concentração elevada em um caso e volatilidade extrema em outro. A narrativa automatizada atenuou essa perda de informação ao explicitar os componentes relevantes, mas não substituiu uma análise financeira abrangente.

Na análise agregada, a mesma simplificação afetou a medida de risco da carteira. A volatilidade e a pontuação da carteira foram obtidas por médias ponderadas das métricas individuais, sem incorporar as covariâncias entre os ativos previstas no modelo de Markowitz, apresentado na Equação (2.1). Como consequência, esses indicadores representam o risco médio das posições e superestimam o risco do portfólio sempre que os ativos não são perfeitamente correlacionados, sem quantificar o benefício da diversificação. A matriz de correlação e a correlação média entre pares tornaram essa interação visível ao usuário, mas de forma descritiva e separada, e não integrada a uma medida única de risco de carteira. As regras de interpretação também não consideram o número de ativos: a leitura de alocação equilibrada exige apenas três ativos, quantidade inferior à referência de cerca de dez apontada pela literatura, e não distingue posições que representam exposições

equivalentes.

No fluxo de autenticação, a proteção da tela principal foi aplicada somente no lado do cliente, sem uma barreira equivalente no servidor. Essa limitação não permitiu movimentar fundos, pois os dados consultados eram públicos, mas reduziu a efetividade do controle de acesso da interface e deve ser corrigida em evolução posterior.

A infraestrutura destinada ao registro de chamadas externas também não estava conectada ao fluxo operacional. Por isso, a latência e o *throughput* da Subseção 5.1.5 foram obtidos em medições pontuais, por um cliente de carga externo, sem monitoramento contínuo de taxas de erro, latência ou consumo de cota durante o uso real.

As próprias medições de desempenho possuem limitações. Foram realizadas em um notebook pessoal, com servidor de desenvolvimento de processo único, o que impede extrapolar os valores de *throughput* para produção. A amostra foi pequena, com dez requisições por funcionalidade e uma única carteira, e as latências dependeram da rede doméstica e da carga momentânea dos provedores, fatores fora do controle do sistema; a própria listagem de transações variou de 0,16 s para 0,50 s em média entre as duas rodadas. Também não foram medidos o consumo de memória e de processador nem o comportamento sob carga sustentada por longos períodos.

Ainda em relação às integrações, a consulta de saldo e a sincronização incremental do histórico permaneceram vinculadas ao carregamento do painel principal. O ponto de parada baseado na última transação persistida limitou o volume de dados transferidos e processados, mas não eliminou a dependência de uma chamada externa a cada acesso. As medições confirmaram esse efeito: a consulta de saldo levou em média 1,52 s e a sincronização incremental, 2,16 s, ambas pagas a cada carregamento. O mesmo padrão se repetiu nas cotações consultadas a cada cálculo de resultados, cuja API, sob requisições em sequência rápida ou simultâneas, recusou parte das chamadas pelo limite de requisições. A dependência síncrona das fontes externas constituiu, portanto, o principal gargalo de desempenho e de escalabilidade do sistema.

Por fim, conforme delimitado na Subseção 3.1.10, a validação concentrou-se na consistência funcional e analítica da solução. Embora os cenários avaliados tenham permitido verificar o comportamento do processamento, das visualizações e das interpretações geradas, não foi conduzido um estudo amplo com usuários para mensurar aspectos como compreensão, tempo de execução de tarefas ou percepção de utilidade. Essa etapa constitui uma possibilidade de continuidade para avaliar, com métodos empíricos, a contribuição da interface e da narrativa automatizada para diferentes perfis de usuário.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Considerações finais

Este trabalho resultou no desenvolvimento de um *dashboard* funcional para o acompanhamento de carteiras digitais descentralizadas. A solução consolidou dados *on-chain* e informações de mercado em uma única interface, calculou o preço médio e os resultados realizados e não realizados, reconstruiu a evolução patrimonial e comparou sua trajetória com uma referência externa. Também apresentou a distribuição dos ativos, uma matriz de correlação e análises individuais baseadas em volatilidade, *drawdown*, correlação, beta, índice de Sharpe e concentração.

Parte dessas métricas foi combinada na pontuação de risco definida na Subseção 3.1.7. Indicadores adicionais e dados de capitalização e liquidez complementaram as interpretações automatizadas da carteira e de cada posição. A tradução dos resultados quantitativos em narrativas acessíveis constituiu o principal diferencial do trabalho, pois explicitou fatores positivos e negativos sem apresentar a saída como recomendação de investimento.

O objetivo geral estabelecido na Introdução foi alcançado, uma vez que a ferramenta integrou acompanhamento patrimonial, cálculo de desempenho e análise de risco. Os objetivos específicos foram atendidos mediante coleta e persistência das movimentações, enriquecimento dos ativos, manutenção do histórico de preços, construção das séries temporais, cálculo do PnL, geração de indicadores individuais e agregados, autenticação por assinatura criptográfica e desenvolvimento da interface interativa. A validação funcional verificou a consistência dos dados e orientou ajustes na precificação, na interpretação das movimentações e na reconstrução do portfólio. A avaliação de desempenho mostrou que o processamento interno respondeu em menos de 0,2 s e que, em uso individual, todas as funcionalidades foram atendidas em no máximo 3,76 s, com a latência concentrada nas consultas às fontes externas.

Os resultados apresentados no Capítulo 5 demonstraram que a avaliação conjunta das métricas distinguiu ativos com diferentes fontes de risco e evitou que a análise se restringisse a um único indicador. O modo de demonstração (Subseção 4.1.9) também permitiu validar e apresentar a solução sem divulgar endereços, posições financeiras ou trajetória patrimonial reais.

As limitações discutidas na Subseção 5.1.6 permaneceram relacionadas à cobertura do histórico de preços, à sensibilidade da janela de 30 dias, à redução de diferentes dimensões a uma única pontuação e ao cálculo do risco agregado por médias ponderadas, sem as

covariâncias entre os ativos. Também se identificaram a ausência de um estudo formal com usuários, a falta de integração da infraestrutura de observabilidade, a dependência síncrona das fontes externas, que concentrou a latência e expôs o sistema ao limite de requisições da API de cotações, e a necessidade de aplicar proteção de acesso no servidor, além do controle já existente na interface.

Como trabalhos futuros, propõe-se permitir o acompanhamento simultâneo de múltiplas carteiras, consolidando endereços pertencentes ao mesmo usuário sem eliminar a possibilidade de analisar cada um separadamente. A ampliação para diferentes redes *blockchain* permitiria reunir posições atualmente distribuídas entre ecossistemas distintos e produzir uma visão consolidada da parcela criptográfica do patrimônio. Em uma etapa posterior, a integração com ativos do mercado tradicional, como ações, fundos, títulos e outros instrumentos, poderia transformar a solução em um painel geral da carteira de investimentos, preservando o detalhamento específico dos criptoativos.

No âmbito analítico, recomenda-se ampliar o embasamento das métricas em estudos consolidados sobre risco de criptoativos, tanto no nível de cada *token* quanto no da carteira. A revisão sistemática de Corbet et al. (2019) reúne as evidências empíricas sobre o comportamento desses ativos e pode orientar a escolha dos indicadores individuais. Para o risco agregado, estudos que aplicaram o modelo de média e variância a carteiras de criptoativos (BRAUNEIS; MESTEL, 2019; LIU, 2019) e que avaliaram o efeito do erro de estimação nessas carteiras (PLATANAKIS; URQUHART, 2019) oferecem referências para a construção e a validação de uma medida de risco de portfólio. Medidas de risco de cauda, como o *Conditional Value-at-Risk* (ROCKAFELLAR; URYASEV, 2000), também poderiam complementar a volatilidade e o *drawdown*, por concentrarem-se nas perdas extremas, frequentes nesse mercado. Nesse sentido, propõe-se calcular a volatilidade da carteira segundo o modelo de Markowitz, a partir da série de retornos diários da carteira formada pelos pesos atuais sobre as datas comuns aos ativos, o que equivale a incorporar as covariâncias entre eles. Essa medida permitiria apresentar também a razão de diversificação, dada pelo quociente entre a volatilidade média ponderada e a volatilidade da carteira, indicando quanto a combinação dos ativos reduziu o risco em relação às posições isoladas. Também se propõe revisar o cálculo do índice de Sharpe, acompanhar o beta de testes de significância ou intervalos de confiança, condicionar sua interpretação à força da correlação, substituir a taxa livre de risco fixa por uma série histórica de juros e incluir nas regras uma verificação do número de ativos e das exposições equivalentes, a partir, por exemplo, do número efetivo de ativos, dado por $10\,000/I_C$. Propõe-se ainda incorporar a liquidez à análise, estimando o impacto de preço da venda integral de cada posição por meio de cotações de troca obtidas de agregadores de liquidez e incluindo na pontuação de risco a razão entre o tamanho da posição e o volume negociado. Também se propõe avaliar janelas temporais alternativas ou combinadas, aprimorar o tratamento de ativos com precificação incompleta, integrar os registros de observabilidade, reforçar a autorização

no servidor, evoluir os indicadores e refinar as regras das narrativas. No âmbito das integrações e do desempenho, recomenda-se desacoplar a sincronização incremental e a consulta de saldo do carregamento do painel, seja migrando-as para execução assíncrona, em segundo plano, seja adotando um *cache* de curta duração, entre 10 e 15 segundos, que evite chamadas repetidas em recarregamentos sucessivos. O mesmo princípio pode ser estendido às cotações, por meio de um *cache* compartilhado entre requisições e usuários, de novas tentativas com espera crescente diante do código HTTP 429 e de um provedor alternativo de preços, e às métricas analíticas, que poderiam ser pré-calculadas em segundo plano para que a interface consultasse resultados prontos, com latência próxima à das consultas restritas ao banco. Essas melhorias deverão ser verificadas por testes de carga em ambiente de produção, com servidor de múltiplos processos, maior número de usuários simultâneos e maior duração, utilizando ferramentas dedicadas como k6 ou JMeter, e acompanhadas por monitoramento contínuo de latência e de taxa de erros durante o uso real. A expansão para múltiplas carteiras, redes e classes de ativos exigirá critérios de normalização, identificação de transferências internas, conversão monetária e controle de acesso adequados ao novo escopo. Por fim, um estudo empírico com usuários, realizado com dados de teste ou devidamente anonimizados, poderá mensurar a compreensão das informações e a utilidade percebida da interpretação automatizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, D. G. et al. *SEC Approves Spot Bitcoin ETFs; Gensler Still Disapproves*. 2024. Mintz. Disponível em: <https://www.mintz.com/insights-center/viewpoints/2024-01-12-sec-approves-spot-bitcoin-etfs-gensler-still-disapproves>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 42.

ADAMYK, B. et al. Risk management in defi: Analyses of the innovative tools and platforms for tracking defi transactions. *Journal of Risk and Financial Management*, v. 18, n. 1, p. 38, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jrfm18010038>. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 37.

BAKHSHI, F.; ASHTIANI, M.; AZGOMI, M. A. A systematic literature review on proof-of-useful work consensus algorithms. *Blockchain: Research and Applications*, p. 100387, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2025.100387>. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Resolução BCB nº 520, de 10 de novembro de 2025: Constituição e funcionamento das sociedades prestadoras de serviços de ativos virtuais*. 2025a. Brasília, DF: BCB. Citado na página 39.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Resolução BCB nº 521, de 10 de novembro de 2025: Inclusão de operações com ativos virtuais no mercado de câmbio*. 2025b. Brasília, DF: BCB. Citado na página 39.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. *The next-generation monetary and financial system*. 2025. In: BIS Annual Economic Report 2025, cap. III. Disponível em: <https://www.bis.org/publ/arpdf/ar2025e3.htm>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 37.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. *Project Agorá: exploring tokenisation of cross-border payments*. 2026. Disponível em: <https://www.bis.org/about/bisih/topics/fmis/agora.htm>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 38.

BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. *Prudential treatment of cryptoasset exposures*. 2022. Basel: Bank for International Settlements. Disponível em: <https://www.bis.org/bcbs/publ/d545.htm>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 38.

BIRDEYE. *Authentication & API Keys*. 2026. Disponível em: <https://docs.birdeye.so/docs/authentication-api-keys>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado na página 56.

BIRDEYE. *Price History: API Reference*. s.d. Disponível em: <https://docs.birdeye.so/reference/get_defi-history-price>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado 5 vezes nas páginas 41, 42, 46, 52 e 56.

BITWISE. *The Bitwise Solana Staking ETF (BSOL) Begins Trading*. 2025. Disponível em: <https://bitwiseinvestments.com/newsroom/the-bitwise-solana-staking-etf-bsol-begins-trading>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 42.

BLACKROCK. *BlackRock Launches Its First Tokenized Fund, BUIDL, on the Ethereum Network*. 2024. Business Wire. Disponível em: <https://www.businesswire.com/news/home/20240320771318/en/BlackRock-Launches-Its-First-Tokenized-Fund-BUIDL-on-the-Ethereum-Network>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 38.

BRASIL. *Lei nº 14.478, de 21 de dezembro de 2022: Dispõe sobre diretrizes a serem observadas na prestação de serviços de ativos virtuais e na regulamentação das prestadoras de serviços de ativos virtuais*. 2022. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 dez. 2022. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2022/lei-14478-21-dezembro-2022-793516-publicacaooriginal-166582-pl.html>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 39.

BRASIL. *Decreto nº 11.563, de 13 de junho de 2023: Regulamenta a Lei nº 14.478, de 21 de dezembro de 2022, para estabelecer competências ao Banco Central do Brasil*. 2023. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jun. 2023. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2023/decreto-11563-13-junho-2023-794295-publicacaooriginal-168062-pe.html>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 39.

BRAUNEIS, A.; MESTEL, R. Cryptocurrency-portfolios in a mean-variance framework. *Finance Research Letters*, v. 28, p. 259–264, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.05.008>. Citado na página 102.

CIRCLE. *Transparency & Stability: USDC Reserves*. 2026. Disponível em: <https://www.circle.com/en/transparency>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 42.

COINSTATS. *Crypto Portfolio Tracker*. s.d. Disponível em: <https://coinstats.app/portfolio/>. Acesso em: 15 ago. 2026. Citado na página 53.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. *Parecer de Orientação CVM nº 40, de 11 de outubro de 2022: Os criptoativos e o mercado de valores mobiliários*. 2022. Rio de Janeiro: CVM. Citado na página 39.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. *Resolução CVM nº 249: Institui, em caráter experimental, o Programa Piloto DLT CVM*. 2026. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 out. 2026. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol249.html>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 39.

CORBET, S. et al. Cryptocurrencies as a financial asset: A systematic analysis. *International Review of Financial Analysis*, v. 62, p. 182–199, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.09.003>. Citado na página 102.

DEBANK. *Your Go-To Portfolio Tracker for Ethereum and EVM*. s.d. Disponível em: <https://debank.com/>. Acesso em: 15 ago. 2026. Citado na página 53.

DECRYPT. *Coinbase Brings its Wrapped Bitcoin to Solana*. 2024. Disponível em: <https://decrypt.co/290731/coinbase-brings-its-wrapped-bitcoin-to-solana>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 42.

ESTADOS UNIDOS. *Public Law 119-27: Guiding and Establishing National Innovation for U.S. Stablecoins Act*. 2025. 139 Stat. 419, 18 jul. 2025. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/app/details/PLAW-119publ27>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 38.

ETORO. *Delta Investment Tracker*. s.d. Disponível em: <https://www.etoro.com/investing/delta/>. Acesso em: 15 ago. 2026. Citado na página 53.

EVANS, J. L.; ARCHER, S. H. Diversification and the reduction of dispersion: An empirical analysis. *The Journal of Finance*, v. 23, n. 5, p. 761–767, 1968. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1968.tb00315.x>. Citado na página 47.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Citado na página 55.

HELIUS. *Wallet API (Beta): Overview*. s.d. Disponível em: <https://www.helius.dev/docs/wallet-api/overview>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado 4 vezes nas páginas 28, 41, 52 e 56.

HJELLE, S. et al. Organizational decision making and analytics: An experimental study on dashboard visualizations. *Information & Management*, v. 61, n. 4, p. 104011, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.im.2024.104011>. Citado 4 vezes nas páginas 25, 29, 43 e 52.

INACIO, A. *CVM cria piloto para testar o ciclo completo da tokenização*. 2026. Capital Aberto. Disponível em: <https://www.capitalaberto.com.br/regulacao/2026/10/cvm-cria-piloto-para-testar-o-ciclo-completo-da-tokenizacao>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 39.

JOSEFSSON, S.; LIUSVAARA, I. *Edwards-Curve Digital Signature Algorithm (EdDSA)*. 2017. RFC 8032. Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8032.html>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado 3 vezes nas páginas 35, 36 e 75.

JUPITER DEVELOPERS. *How to Get Token Prices on Solana*. 2026a. Disponível em: <https://developers.jup.ag/docs/guides/how-to-get-token-price>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado 4 vezes nas páginas 41, 42, 52 e 56.

JUPITER DEVELOPERS. *Token Information*. 2026b. Disponível em: <https://developers.jup.ag/docs/tokens/token-information>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado 4 vezes nas páginas 46, 51, 52 e 56.

KUMAR, R. et al. Decentralized finance evolution: A comprehensive bibliometric analysis. *Sustainable Futures*, v. 10, p. 101209, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.101209>. Citado 4 vezes nas páginas 25, 35, 36 e 37.

LIU, W. Portfolio diversification across cryptocurrencies. *Finance Research Letters*, v. 29, p. 200–205, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.07.010>. Citado na página 102.

LIU, Y.; TSYVINSKI, A. Risks and returns of cryptocurrency. *The Review of Financial Studies*, v. 34, n. 6, p. 2689–2727, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa113>. Citado 2 vezes nas páginas 49 e 69.

MAFRUR, R. Blockchain data analytics: Review and challenges. *arXiv preprint arXiv:2503.09165*, 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2503.09165>. Citado 9 vezes nas páginas 25, 26, 27, 34, 35, 37, 40, 41 e 52.

MALAR, J. P. *O que vai acontecer com o Drex em 2026? Mudanças abrem nova fase do projeto*. 2025. Exame. Disponível em: <https://exame.com/future-of-money/o-que-vai-acontecer-com-o-drex-em-2026-mudancas-nova-fase-projeto/>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 40.

MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017. Citado na página 55.

MARINS, L. G.; VERSIGNASSI, A. *Por que o BC desligou o Drex*. 2025. InvestNews. Disponível em: <https://investnews.com.br/economia/por-que-o-bc-desligou-o-drex/>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 40.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>. Citado na página 43.

NAKAMOTO, S. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 2008. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. White paper. Citado 4 vezes nas páginas 31, 32, 33 e 34.

PINEDA, M. et al. Sustainable consensus algorithms applied to blockchain: A systematic literature review. *Sustainability*, v. 16, n. 23, p. 10552, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su162310552>. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

PLATANAKIS, E.; URQUHART, A. Portfolio management with cryptocurrencies: The role of estimation risk. *Economics Letters*, v. 177, p. 76–80, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2019.01.019>. Citado na página 102.

POP, C. et al. Blockchain based decentralized applications: Technology review and development guidelines. *Future Internet*, v. 13, n. 3, p. 62, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fi13030062>. Citado 5 vezes nas páginas 25, 27, 32, 34 e 35.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. *Engenharia de software: uma abordagem profissional*. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 55 e 79.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. d. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Citado na página 55.

ROCKAFELLAR, R. T.; URYASEV, S. Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of Risk*, v. 2, n. 3, p. 21–41, 2000. Citado na página 102.

ROMERO-CASTRO, N. et al. Decentralized finance in business and economics research: A bibliometric analysis. *International Journal of Financial Studies*, v. 13, n. 4, p. 211, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijfs13040211>. Citado 4 vezes nas páginas 25, 32, 36 e 37.

SHAIKH, M. et al. An overview and comparison of blockchain consensus mechanisms. *International Journal of Networked and Distributed Computing*, v. 14, p. 4, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s44227-025-00087-8>. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

SHARPE, W. F. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, v. 19, n. 3, p. 425–442, 1964. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x>. Citado na página 47.

SHARPE, W. F. Mutual fund performance. *The Journal of Business*, v. 39, n. 1, p. 119–138, 1966. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/294846>. Citado na página 48.

SOLANA. *Account Structure*. 2026a. Disponível em: <https://solana.com/docs/core/accounts/account-structure>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado 3 vezes nas páginas 28, 50 e 51.

SOLANA. *Accounts*. 2026b. Disponível em: <https://solana.com/docs/core/accounts>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado 4 vezes nas páginas 35, 41, 50 e 51.

SOLANA. *Solana Tokens, Token Accounts, and Token Extensions*. 2026c. Disponível em: <https://solana.com/docs/tokens>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado 4 vezes nas páginas 28, 41, 50 e 51.

SOLANA FOUNDATION. *Sync Native*. 2026. Disponível em: <https://solana.com/docs/tokens/basics/sync-native>. Acesso em: 01 ago. 2026. Citado 2 vezes nas páginas 51 e 52.

SOMMERVILLE, I. *Engenharia de software*. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 55 e 79.

TOVANICH, N. et al. Visualization of blockchain data: A systematic review. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, v. 27, n. 7, p. 3135–3152, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2019.2963018>. Citado 7 vezes nas páginas 25, 26, 29, 35, 41, 43 e 52.

UNIÃO EUROPEIA. *Regulamento (UE) 2023/1114 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de maio de 2023: relativo aos mercados de criptoativos*. 2023. Jornal Oficial da União Europeia, L 150, p. 40–205, 9 jun. 2023. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1114/oj/por>. Acesso em: 27 out. 2026. Citado na página 38.

WAZLAWICK, R. S. *Metodologia de pesquisa para ciência da computação*. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021. Citado na página 55.

WU, H. et al. Blockchain for finance: A survey. *IET Blockchain*, v. 4, n. 2, p. 101–123, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/blc2.12067>. Citado na página 25.

ZERION. *View Transaction History*. 2025a. Disponível em: <https://help.zerion.io/en/articles/8245135-view-transaction-history>. Acesso em: 15 ago. 2026. Citado na página 53.

ZERION. *What Is Zerion?* 2025b. Disponível em: <https://help.zerion.io/en/articles/4771522-what-is-zerion>. Acesso em: 15 ago. 2026. Citado na página 53.

APÊNDICE A – VÍDEO DEMONSTRATIVO DO SISTEMA

Este apêndice contém o *link* para o vídeo demonstrativo do sistema implementado, disponível no YouTube. O vídeo ilustra o funcionamento prático das funcionalidades descritas no Capítulo 5 (Resultados e discussão). Para facilitar o acesso a partir da versão impressa, a Figura 18 apresenta um código QR que direciona ao mesmo endereço.

Tabela 16 – Vídeo demonstrativo do sistema

Conteúdo	***Link***
Demonstração do sistema	<https://youtu.be/zjOG1E1VBxw>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Código QR de acesso ao vídeo demonstrativo

Fonte: Elaborado pelo autor.