

# Aula 29 – O Futuro da Ethereum: Danksharding e Proto-Danksharding (EIP-4844)

Imagine um futuro onde a Ethereum, a espinha dorsal de grande parte da inovação em blockchain, não apenas suporta milhões de transações por segundo, mas o faz de forma acessível e eficiente para todos. Parece um sonho distante, especialmente para quem já enfrentou as altas taxas de gás e a lentidão da rede em momentos de pico. No entanto, esse futuro está mais próximo do que você imagina, e a chave para ele reside em conceitos como Danksharding e, mais imediatamente, o Proto-Danksharding, materializado na EIP-4844.

Nesta aula, embarcaremos em uma jornada para desvendar como a Ethereum está se preparando para uma nova era de escalabilidade. Você entenderá o que são os "blobs" de dados e por que eles são revolucionários para as soluções de Camada 2 (Layer 2). Exploraremos como a EIP-4844, também conhecida como Proto-Danksharding, promete reduzir drasticamente os custos de transação, tornando as dApps mais viáveis e acessíveis.

- 📄 **Objetivos de Aprendizagem:** Ao final desta aula, você será capaz de explicar a importância dos blobs de dados, descrever o funcionamento e o impacto da EIP-4844 na economia das transações de Layer 2, e contextualizar o Proto-Danksharding dentro do roadmap de longo prazo da Ethereum para escalabilidade nativa.

# O Dilema da Escalabilidade na Ethereum e o Papel das Layer 2

A Ethereum, desde sua concepção, tem sido um campo fértil para a inovação, impulsionando o desenvolvimento de finanças descentralizadas (DeFi), tokens não fungíveis (NFTs) e uma infinidade de aplicações descentralizadas (dApps). No entanto, o sucesso estrondoso trouxe consigo um desafio inerente: a escalabilidade. A arquitetura original da rede, projetada para segurança e descentralização, não foi construída para lidar com o volume massivo de transações que a adoção em massa exige, resultando em congestionamento e taxas de gás proibitivas.

## O Problema

Pense na Ethereum como uma rodovia principal que, embora robusta e segura, tem apenas algumas pistas. Quando muitos carros (transações) tentam usá-la ao mesmo tempo, o tráfego fica lento e o pedágio (taxa de gás) dispara.

## A Solução

As soluções de Camada 2 (Layer 2), como os Optimistic Rollups (Arbitrum, Optimism) e ZK-Rollups (zkSync, StarkNet), atuam como "vias expressas" construídas sobre a rodovia principal.

Essas soluções Layer 2 processam a maioria das transações fora da cadeia principal da Ethereum, agrupando-as e enviando um resumo compacto de volta para a Layer 1. Isso alivia a carga da rede principal, permitindo que mais transações sejam processadas a um custo muito menor. No entanto, mesmo com essa otimização, o custo de "publicar" esses resumos de dados na Ethereum Layer 1 ainda representa uma parcela significativa dos custos operacionais das Layer 2, limitando seu potencial de redução de taxas.

# "Blobs" de Dados: Uma Nova Abordagem para a Disponibilidade de Dados

Para entender a próxima grande evolução da Ethereum, precisamos primeiro compreender um conceito fundamental: os "blobs" de dados. Atualmente, quando uma solução Layer 2 agrupa transações e as envia de volta para a Ethereum Layer 1, esses dados são armazenados como "calldata" dentro de uma transação regular da Ethereum. Embora funcional, essa abordagem é ineficiente e cara, pois o calldata compete por espaço com outras transações e é armazenado permanentemente no estado da Ethereum, o que é um recurso escasso e valioso.

## Calldata Tradicional

- Armazenado permanentemente
- Compete por espaço com outras transações
- Mais caro por caractere
- Não otimizado para grandes volumes

## Blobs de Dados

- Temporários (~18 dias)
- Espaço dedicado e otimizado
- Significativamente mais barato
- Projetado para grandes volumes

Imagine que você precisa enviar um grande pacote de documentos importantes. Em vez de usar um serviço de entrega especializado para pacotes, você está tentando enviar esses documentos como parte de uma carta comum, que é mais cara por caractere e não otimizada para grandes volumes. Os "blobs" de dados (Binary Large Objects) são, em essência, uma nova maneira de anexar grandes quantidades de dados a blocos da Ethereum, mas de uma forma muito mais eficiente e barata do que o calldata tradicional.

**Ponto-Chave:** A grande sacada dos blobs é que eles são projetados para serem temporários e não fazem parte do estado executável da Ethereum. Isso significa que eles não precisam ser armazenados para sempre pelos nós da rede da mesma forma que os dados de transação regulares.

# EIP-4844: Proto-Danksharding e a Redução de Custos para Layer 2

A necessidade de uma solução mais eficiente para a disponibilidade de dados das Layer 2 levou à proposta da EIP-4844, também conhecida como Proto-Danksharding. Esta EIP (Ethereum Improvement Proposal) é um passo intermediário e crucial em direção ao Danksharding completo, que é a visão de longo prazo da Ethereum para escalabilidade massiva. A EIP-4844 introduz os blobs de dados na rede principal da Ethereum, criando um novo tipo de transação que pode aceitar esses blobs.

01

---

## Introdução dos Blobs

Criação de um novo tipo de transação que aceita blobs de dados anexados

03

---

## Redução de Custos

Custos significativamente menores para publicação de dados na Layer 1

02

---

## Pista Expressa Dedicada

Os blobs não competem com o tráfego regular (calldata) na rede

04

---

## Economia para Usuários

Layer 2s repassam as economias em forma de taxas muito mais baixas

Pense na EIP-4844 como a construção de uma "pista expressa" dedicada exclusivamente para os pacotes de dados das Layer 2. Em vez de competir com o tráfego regular na rodovia principal (calldata), esses pacotes agora têm seu próprio caminho, otimizado para seu propósito. Isso significa que o custo de enviar esses dados para a Ethereum Layer 1 é significativamente menor, pois eles não são armazenados permanentemente no estado da EVM (Ethereum Virtual Machine) e têm um mecanismo de precificação de gás separado.

**O impacto direto da EIP-4844 é uma redução substancial nos custos de transação para as soluções de Layer 2.** Como o maior custo operacional para rollups é a publicação de dados na Layer 1, ao tornar essa operação mais barata, a EIP-4844 permite que Arbitrum, Optimism, zkSync e outras Layer 2s repassem essas economias aos seus usuários na forma de taxas de transação muito mais baixas.

# A Mecânica da EIP-4844 e seu Impacto Econômico

A EIP-4844 não é apenas uma mudança de formato; ela introduz uma nova lógica de como os dados são tratados na Ethereum. Os blobs de dados são anexados aos blocos da Ethereum, mas não são diretamente acessíveis pela EVM. Em vez disso, eles são referenciados por "compromissos KZG" (Kate-Zaverucha-Goldberg), que são provas criptográficas que garantem a integridade e a disponibilidade dos dados do blob sem que a EVM precise processar o blob inteiro.

## Compromissos KZG

Provas criptográficas que garantem integridade dos dados sem processamento completo pela EVM

## Armazenamento Temporário

Nós armazenamos blobs por período curto (~18 dias) e depois descartamos automaticamente

## Mercado de Taxas Separado

Preço ajustado dinamicamente com base na demanda, similar ao EIP-1559

Essa abordagem é como ter um selo de segurança em um pacote que garante o conteúdo, sem a necessidade de abrir e inspecionar cada item dentro. Os nós da rede ainda precisam armazenar os blobs por um curto período para garantir que os dados estejam disponíveis para as Layer 2s verificarem suas transações, mas, como mencionado, eles são automaticamente descartados após algumas semanas. Essa natureza temporária é a chave para a economia de custos.

- ❏ **Para Desenvolvedores e Usuários:** A EIP-4844 também introduz um mercado de taxas separado para blobs, similar ao EIP-1559, que ajusta dinamicamente o preço com base na demanda. Isso significa que, embora os blobs sejam inerentemente mais baratos que o calldata, seu preço ainda flutuará, garantindo que o recurso seja alocado de forma eficiente. Para os desenvolvedores de dApps e usuários de Layer 2, isso se traduz em um ambiente muito mais previsível e econômico, incentivando a inovação e a adoção em massa.

# Além do Proto-Danksharding: A Visão do Danksharding Completo

Embora a EIP-4844 seja um marco significativo, é crucial entender que o Proto-Danksharding é apenas o primeiro passo em uma jornada maior. A visão de longo prazo da Ethereum para escalabilidade é o Danksharding completo. Se o Proto-Danksharding é a "pista expressa" dedicada para dados de Layer 2, o Danksharding completo é a construção de múltiplas "autoestradas paralelas" inteiramente dedicadas à disponibilidade de dados.

## Proto-Danksharding

- Introduz blobs de dados
- Alguns blobs por bloco
- Redução significativa de custos
- Implementação imediata

## Danksharding Completo

- Fragmentação em múltiplos shards
- Centenas/milhares de blobs
- Escalabilidade exponencial
- Visão de longo prazo

O Danksharding completo envolve a fragmentação da rede Ethereum em vários "shards" de dados. Cada shard seria capaz de processar e armazenar dados de forma independente, aumentando exponencialmente a capacidade total de dados da rede. Isso significa que, em vez de ter apenas um punhado de blobs por bloco, a Ethereum poderia ter centenas ou até milhares, cada um com sua própria capacidade de dados. Essa arquitetura modular é fundamental para atingir a meta de milhões de transações por segundo.

Além da fragmentação de dados, o Danksharding completo também incorpora o Proposer-Builder Separation (PBS), que visa descentralizar a produção de blocos e mitigar os riscos de MEV (Maximal Extractable Value). Essa combinação de inovações não apenas aumenta a escalabilidade, mas também fortalece a segurança e a descentralização da rede.

# O Roadmap da Ethereum: Escalabilidade, Segurança e Sustentabilidade

O Danksharding, em suas fases de Proto e completo, é uma peça central no ambicioso roadmap da Ethereum, frequentemente dividido em fases como "The Merge", "The Surge", "The Scourge", "The Verge", "The Purge" e "The Splurge". Cada uma dessas fases aborda um pilar fundamental para o futuro da rede: escalabilidade, segurança, descentralização e sustentabilidade.



## The Merge

Transformação de Proof-of-Work para Proof-of-Stake, reduzindo consumo de energia e aprimorando segurança



## The Surge

Foco em escalabilidade através de Danksharding e melhorias para Layer 2s



## The Scourge

Resolução de problemas de MEV e produção de blocos mais justa e descentralizada



## The Verge

Introdução de Verkle Trees para verificação de estado aprimorada



## The Purge

Remoção de histórico antigo, simplificando o protocolo e reduzindo requisitos de armazenamento



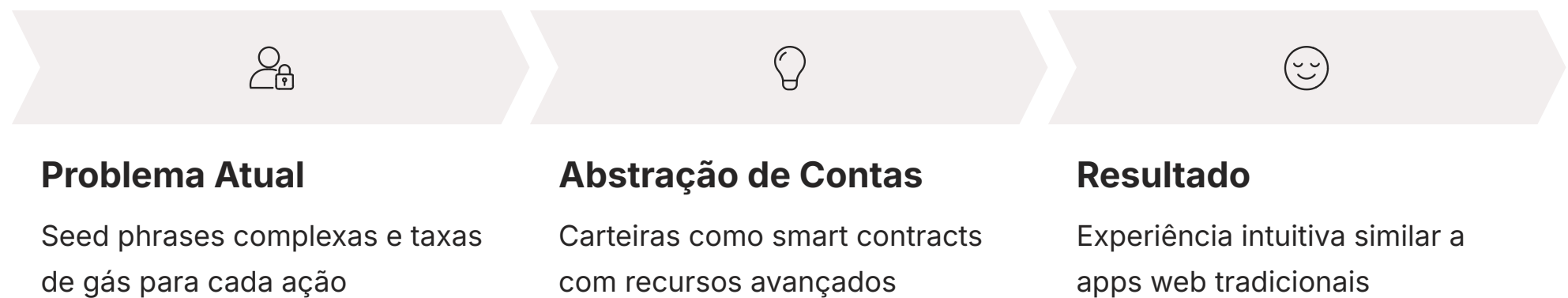
## The Splurge

Melhorias menores que garantem longevidade e robustez do sistema

"The Merge", já concluído, transformou a Ethereum de Proof-of-Work para Proof-of-Stake, reduzindo drasticamente seu consumo de energia e aprimorando a segurança. "The Surge" é onde o Danksharding se encaixa, focado em aumentar a capacidade de transações através da fragmentação de dados e das melhorias para Layer 2s. "The Scourge" visa resolver os problemas de MEV e garantir uma produção de blocos mais justa e descentralizada.

# Incorporando Tendências Modernas: Abstração de Contas (ERC-4337)

Enquanto a escalabilidade é crucial para o desempenho da rede, a experiência do usuário (UX) é igualmente vital para a adoção em massa. É aqui que a Abstração de Contas, especialmente através da ERC-4337, entra em cena. Atualmente, as carteiras de criptomoedas exigem que os usuários gerenciem "seed phrases" complexas e paguem taxas de gás para cada transação, o que pode ser uma barreira significativa para novos usuários.



Imagine tentar usar um aplicativo bancário onde cada ação – desde verificar seu saldo até fazer uma transferência – exige que você insira uma senha de 12 palavras e pague uma pequena taxa. Seria impraticável! A Abstração de Contas visa resolver isso, permitindo que as carteiras sejam implementadas como "smart contracts" em vez de contas de chave privada. Isso abre um mundo de possibilidades para melhorar a UX.

## Recursos da ERC-4337:

- **Recuperação de conta social** – sem necessidade de seed phrases
- **Pagamentos de taxas por terceiros** – patrocinados por dApps
- **Transações em lote** – múltiplas ações em uma única operação

Com a ERC-4337, as carteiras de smart contracts podem oferecer recursos como recuperação de conta social (sem seed phrases), pagamentos de taxas de gás por terceiros (patrocinados por dApps) e transações em lote. Isso significa que os usuários podem interagir com dApps de forma mais intuitiva, similar à experiência que têm com aplicativos web tradicionais. A Abstração de Contas, combinada com a escalabilidade proporcionada pelo Danksharding, cria um ecossistema onde a tecnologia blockchain se torna poderosa nos bastidores, mas invisível e amigável para o usuário final.

# O Cenário Multi-Chain e a Necessidade de Interoperabilidade

Com o avanço das soluções de escalabilidade como as Layer 2s e o futuro Danksharding, o ecossistema blockchain está se tornando cada vez mais fragmentado. Teremos não apenas a Ethereum Layer 1, mas também dezenas de Layer 2s, cada uma com suas próprias características e comunidades. Embora isso seja ótimo para a escalabilidade, levanta uma nova questão: como essas diferentes cadeias e soluções se comunicarão entre si? A resposta está na interoperabilidade.

## O Desafio

Pense em um mundo onde cada cidade tem sua própria moeda e idioma, e não há estradas ou pontes conectando-as. Seria um caos para o comércio e a comunicação!



### Chainlink CCIP

Cross-Chain Interoperability  
Protocol para comunicação segura  
entre cadeias



### LayerZero

Protocolo de mensagens omnichain  
para interoperabilidade nativa



### Benefícios

Movimentação de ativos sem atritos  
e dApps operando em ambiente  
multi-chain

## A Solução

No universo blockchain, a interoperabilidade é a construção dessas "pontes" e "estradas" entre diferentes cadeias, permitindo que ativos e informações fluam livremente.

Esses protocolos permitem que smart contracts em uma cadeia enviem mensagens e até mesmo controlem smart contracts em outras cadeias de forma segura e confiável. Isso é crucial para a experiência do usuário, pois permite que os ativos sejam movidos entre Layer 2s ou da Layer 2 para a Layer 1 sem atritos, e que dApps complexas possam operar em um ambiente multi-chain. A interoperabilidade garante que, mesmo com a proliferação de soluções de escalabilidade, o ecossistema blockchain permaneça coeso e interconectado, maximizando o potencial de todas as inovações.

# Consolidação e Próximos Passos

Chegamos ao fim de nossa exploração sobre o futuro da Ethereum, um futuro moldado pela busca incessante por escalabilidade e uma experiência de usuário aprimorada. Vimos como a EIP-4844, ou Proto-Danksharding, é um divisor de águas, introduzindo os "blobs" de dados para reduzir drasticamente os custos das transações em Layer 2. Este é um passo fundamental em direção ao Danksharding completo, que promete uma capacidade de dados sem precedentes para a rede.



## Blobs de Dados

Armazenamento temporário e eficiente para Layer 2s



## Redução de Custos

Taxas drasticamente menores para usuários finais



## Melhor UX

Abstração de contas para experiência intuitiva



## Interoperabilidade

Ecosistema multi-chain coeso e conectado

Em prática, entender esses conceitos é crucial para qualquer desenvolvedor ou entusiasta de blockchain. A capacidade de construir dApps mais baratas e eficientes, ou de simplesmente usar a rede com custos reduzidos, impacta diretamente a viabilidade e a adoção de projetos. A Abstração de Contas (ERC-4337) complementa essa visão, tornando a interação com dApps mais intuitiva, enquanto a interoperabilidade garante que todas essas inovações funcionem em conjunto em um cenário multi-chain.

## Autoavaliação

- Qual é o principal objetivo da EIP-4844 (Proto-Danksharding) para as soluções de Layer 2?**
  - Aumentar a segurança da rede Ethereum Layer 1.
  - Reduzir o custo de armazenamento de dados para rollups na Layer 1.
  - Acelerar o tempo de finalização de blocos na Ethereum.
  - Introduzir novas funcionalidades de smart contracts na EVM.
- Os "blobs" de dados se diferenciam do "calldata" principalmente por:**
  - Serem armazenados permanentemente no estado da EVM.
  - Terem um custo de gás fixo, independentemente da demanda.
  - Serem temporários e não fazerem parte do estado executável da EVM.
  - Serem utilizados apenas para transações de Layer 1.
- Qual das seguintes tendências visa melhorar a experiência do usuário (UX) em dApps, permitindo carteiras de smart contracts sem a necessidade de gerenciamento de seed phrases?**
  - Danksharding completo.
  - Proposer-Builder Separation (PBS).
  - Abstração de Contas (ERC-4337).
  - Otimização de ZK-Rollups.
- O Danksharding completo, em relação ao Proto-Danksharding, representa:**
  - Uma versão simplificada e menos ambiciosa do Proto-Danksharding.
  - A introdução de um novo algoritmo de consenso para a Ethereum.
  - A fragmentação da rede em múltiplos shards de dados para escalabilidade massiva.
  - Um protocolo de interoperabilidade entre diferentes blockchains.
- Explique como a redução dos custos de dados para Layer 2s, proporcionada pela EIP-4844, pode impactar a adoção e o desenvolvimento de novas aplicações descentralizadas (dApps).**

**Gabarito:** 1. b) | 2. c) | 3. c) | 4. c)

## Próxima Aula

### Aula 30 – O Cenário Multi-Chain e a Necessidade de Interoperabilidade

Aprofundaremos ainda mais como as diferentes blockchains e soluções de escalabilidade se conectam e se comunicam, explorando protocolos e desafios da interoperabilidade.

## Recursos Adicionais

- Ethereum.org:** Para documentação oficial sobre EIPs e o roadmap da Ethereum.
- Artigos de Vitalik Buterin:** Para insights aprofundados sobre a visão técnica e filosófica da Ethereum.
- Documentação de Rollups (Arbitrum, Optimism, zkSync):** Para entender a implementação prática das Layer 2s.

**NOTA IMPORTANTE:** As informações regulatórias/legais/técnicas desta aula estão atualizadas até 2025. Consulte sempre fontes oficiais para verificar alterações.