



# Armazenamento: Elemento-chave para o gerenciamento flexível, autônomo e mais econômico de energia

Marcio Moran

[marcio.moran@vedantaess.com.br](mailto:marcio.moran@vedantaess.com.br)

Richard Phillips

[richard.phillips@vedantaess.com.br](mailto:richard.phillips@vedantaess.com.br)

São Paulo - Brasil / Maio 2023



VEDANTA  
ENERGY  
STORAGE  
SYSTEMS

A **Vedanta Energy Storage Systems** é uma empresa de projetos de integração de ativos e serviços de energia, especializada em **armazenamento**, que tem acordos de fornecimento, montagem e assistência técnica de tecnologias norte-americanas de baterias (Níquel-Hidrogênio e Fluxo de Ferro) no Brasil, bem como de sistemas de gerenciamento de recursos energéticos.

---

Marcio Moran é Sócio-Diretor da Vedanta Energy Storage Systems, Economista e Ph.D.  
Universidade de São Paulo / Virginia Polytechnic Institute and State University

Richard Phillips é Sócio-Diretor da Vedanta Energy Storage Systems, Engenheiro Químico  
Oregon State University / Syracuse University Maxwell School of Business

# Nossos Sistemas de Armazenamento



- BESS pode ser operado em vários ciclos por dia, sem restrição de número de ciclos.
- Vida útil garantida de 20 anos ou 20.000 ciclos.
- Garantia estendida de 30 anos ou 30.000 ciclos sem degradação da capacidade de armazenamento.
- Sem limites de carga ou descarga, pode operar de 0% a 100%.
- Sem restrições de temperatura (-20°C a +50°C).
- Sem risco de fuga térmica.
- Certificações UL1973 A, UL 1940 e UL 1940 A.
- Não requer sistemas de supressão de incêndio.



VEDANTA  
ENERGY  
STORAGE  
SYSTEMS

# Agenda

---

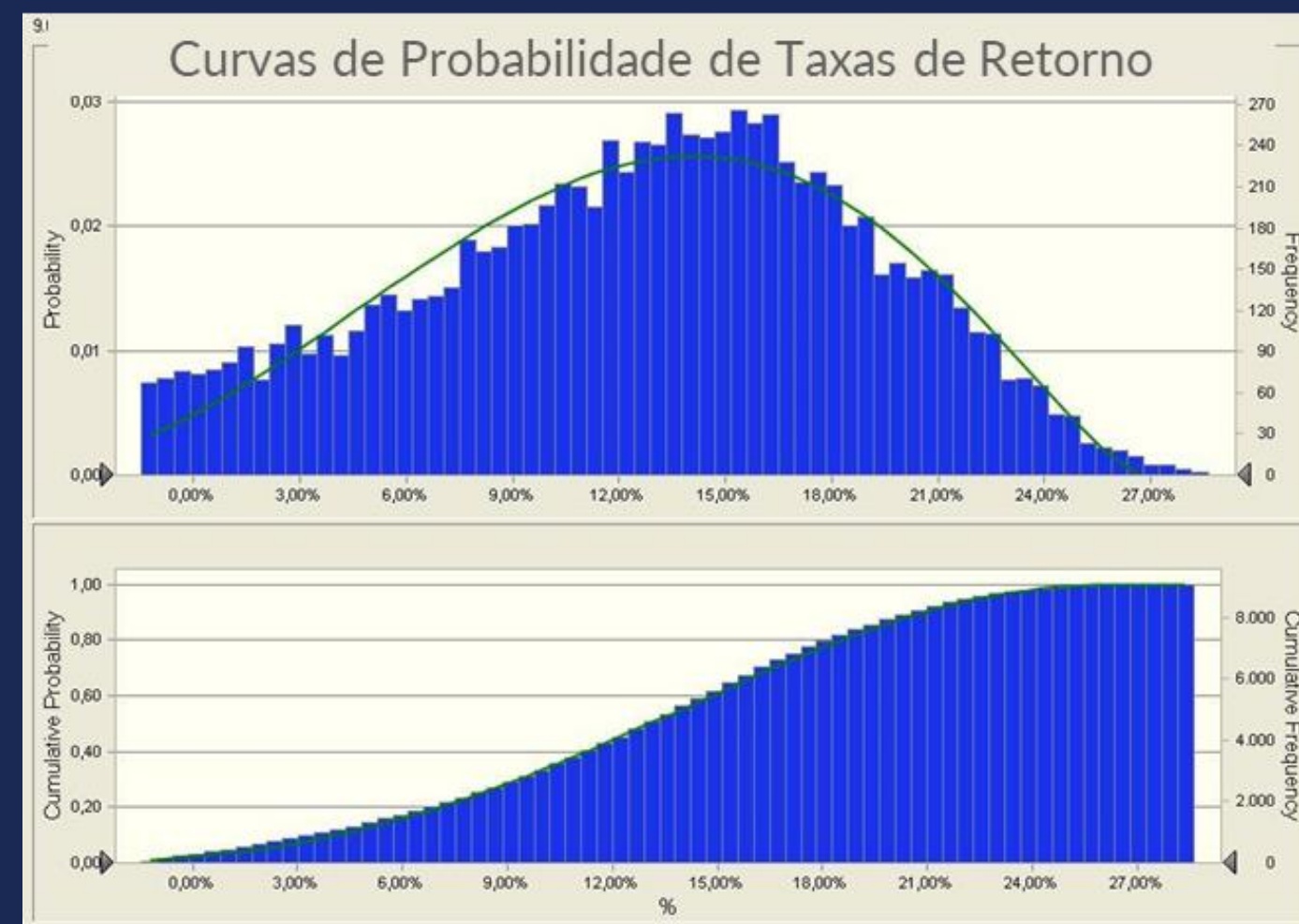
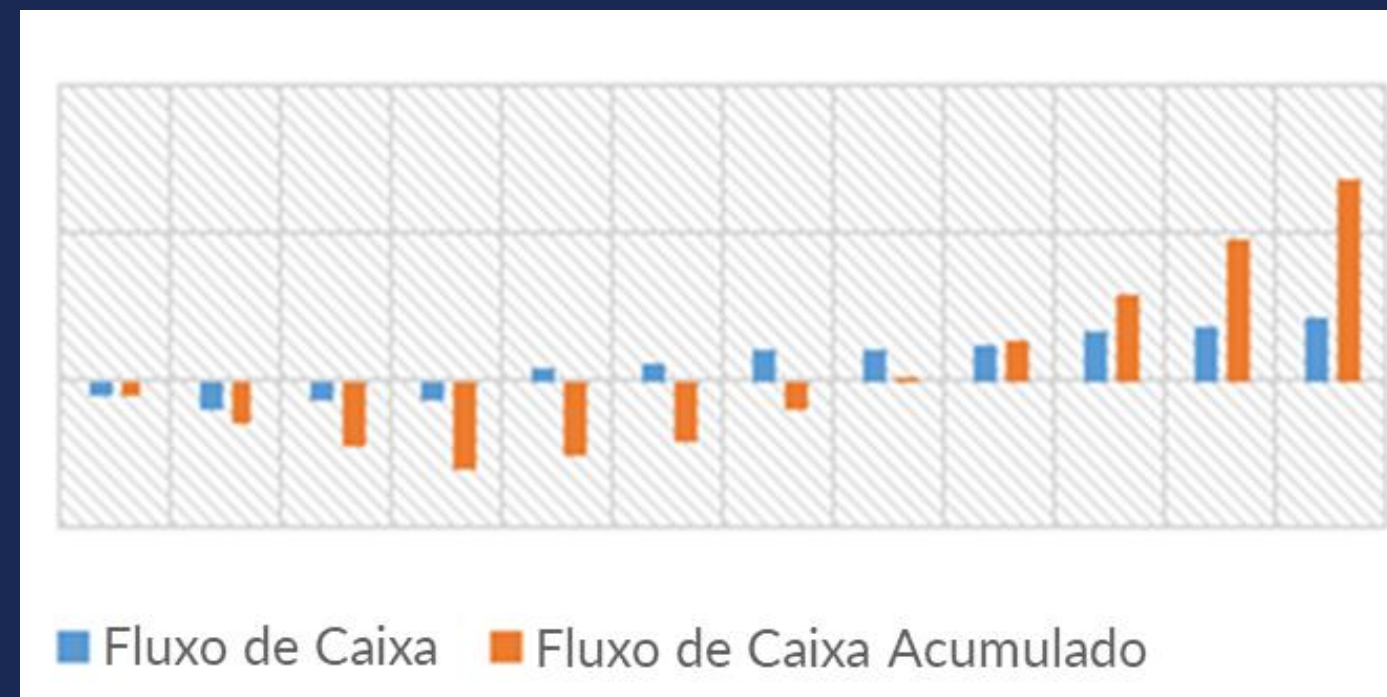
- 1. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos**
- 2. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos de Armazenamento de Energia**
- 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia**





**VEDANTA  
ENERGY  
STORAGE  
SYSTEMS**

# 1. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos



# 1. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos

- **Decisão de investimento:** quais ativos (fixos e de giro) devem ser adquiridos para explorar o negócio?
- **Decisão de financiamento:** quais fontes de recursos devem ser utilizadas para financiar a aquisição dos ativos operacionais?
- **Quais são os riscos conhecidos na decisão de investimento?**

$$FCD = \frac{FC_1}{(1+r)} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \frac{FC_n}{(1+r)^n} + \frac{FC_n \cdot (1+g)}{[(rp - gp) \cdot (1+r)^n]}$$

Onde:

FCD = Fluxo de Caixa Descontado

*FC* = Fluxo de Caixa

*r* = taxa de desconto no curto prazo (antes da perpetuidade);

*g* = taxa de crescimento;

*rp* = taxa de desconto na perpetuidade;

*gp* = taxa de crescimento na perpetuidade.

---

Os ativos adquiridos devem produzir retorno aos fornecedores de capital por meio de remuneração adequada e, também, suficiente para fazer frente aos riscos assumidos.

**FLEXIBILIDADE E AUTONOMIA SÃO PREMISAS PARA A ANÁLISE**

## 2. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos de Armazenamento de Energia

$$FCD = \frac{FC_1}{(1+r)} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \frac{FC_n}{(1+r)^n} + \frac{FC_n \cdot (1+g)}{[(rp - gp) \cdot (1+r)^n]}$$

Fluxo de Investimentos/Capex e Gastos Operacionais/Opex (-) \$

- Investimentos em unidade(s) de geração de energia
- Investimentos em sistema de armazenamento de energia
- LCOE (Levelised Cost of Energy) = custo da energia que será consumida
- LCOS (Levelised Cost of Storage) = custo da energia que será armazenada e despachada
- Inflação
- Impostos
- Manutenção



## 2. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos de Armazenamento de Energia

$$FCD = \frac{FC_1}{(1+r)} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \frac{FC_n}{(1+r)^n} + \frac{FC_n \cdot (1+g)}{[(rp - gp) \cdot (1+r)^n]}$$

Fluxo de Receitas / Economias Geradas (+) \$

- Reduções de Custo de Energia de Ponta
- Reduções de Custo de Energia Fora de Ponta
- Reduções de Demanda Contratada de Energia
- Reduções de Perdas de Processo Produtivo (off-rate sheet)
- Reduções de Impacto da Inflação ao Longo do Tempo
- Reduções de Impostos



## 2. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos de Armazenamento de Energia

$$FCD = \frac{FC_1}{(1+r)} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \frac{FC_n}{(1+r)^n} + \frac{FC_n \cdot (1+g)}{[(rp - gp) \cdot (1+r)^n]}$$

Taxa de Desconto (%)

- Custo de Capital Próprio
- Custo de Capital de Terceiros
- Impostos
- Riscos Operacionais
- Riscos Reputacionais

# 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia

- **História da Tecnologia**
  - Maturidade
  - Escala de uso na aplicação requerida
  - Incidentes
- **Round Trip Efficiency**
  - Razão entre a quantidade de energia que entra e sai do sistema
- **Vida Útil da Bateria**
  - Número total de ciclos de carga/descarga que uma bateria pode atingir antes de não conseguir mais manter a carga ou ocorrer degradação significativa da capacidade de energia
  - Limitações de ciclos completos por dia comprometem uso em aplicações de longa duração

# 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia

- **Saída de Energia Específica**
  - Produção total de energia específica anual quanto vitalícia pode ser determinada combinando-se a densidade de energia efetiva com o número de ciclos de carga/descarga teóricos anuais e vitalícios
- **C-rate (Classificação C - taxa de carga/descarga)**
  - Velocidade para carregar ou descarregar totalmente uma bateria
  - C-rate de longa duração varia de 4 a 12 horas
- **Faixa de Temperatura Ambiente**
  - Determina a necessidade de acondicionamento térmico especial em razão da maior eficiência da bateria em certos ambientes, com efeitos sobre a vida útil, e de riscos de explosão

# 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia

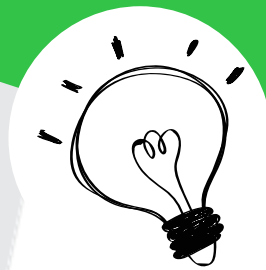
- **Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential – GWP)**
  - **GWP é utilizado para entender o impacto do aquecimento com base nos gases liberados durante a produção. Isso pode ser estendido para uma base por kWh para baterias, quando a composição da bateria e a demanda de energia de combustível fóssil são conhecidas**
  - **GWP é uma medida de quanta energia as emissões de 1 ton. de um gás irão absorver durante um determinado período de tempo, em relação às emissões de 1 ton. de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). As unidades para esta medida são tipicamente kgCO<sub>2</sub>e/kg**
- **Segurança**
  - **Teste de segurança contra incêndio**
  - **Padrões UL associados a sistemas estacionários de armazenamento de energia**



# 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia



**Objetivo:** fornecer uma comparação técnica e comercial de várias químicas de BESS atualmente disponíveis no mercado, como entendê-las sobre a perspectiva da segurança e do impacto ambiental.



**Escopo:** custos, benefícios e riscos dos vários sistemas estacionários de armazenamento de energia conduzido por ARA AKE (<https://www.araake.co.nz/>), em março de 2023.



**Levelized Cost of Storage (LCOS):** custo nivelado de armazenamento de energia estacionária é uma função dos custos de vida útil tanto CapEx quanto OpEx dividido pela energia total armazenada e despachada, descontada no tempo.

# 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia

---

A análise sobre soluções de baterias estacionárias de longa duração adequadas para aplicação em sistemas intermitentes de energia renovável.

Um típico BESS em contêiner de 20 pés produzindo mais de 100 kWh de energia, em 12 horas ou menos, foi usado como linha de base para esta análise, portanto, apenas concorrentes percebidos para tal produto foram incluídos.



# 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia

- Dos mais de 10 BESS em contêineres estudados, o níquel-hidrogênio (NiH<sub>2</sub>) é uma química de destaque para armazenamento de 12 horas ou menos.
- BESS de níquel-hidrogênio, bem como de fluxo sal e ferro, são competitivas em termos de produção de energia anual utilizável e longevidade (vida útil sem degradação).
- O níquel-hidrogênio é projetado para até 3 ciclos de carga/descarga por dia, mas também é capaz de taxas de descarga que variam entre 2 e 12 horas. Os concorrentes têm taxas de carga/descarga semelhantes, mas são projetados para um máximo de um a dois ciclos por dia antes de impactar significativamente a vida útil da bateria.
- Do ponto de vista de custo, o níquel-hidrogênio é o melhor valor para 12 horas ou menos de armazenamento ao comparar o custo nivelado de armazenamento (LCOS) das tecnologias.

# 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia

- O impacto ambiental estimado da bateria é comparável a vários concorrentes, mas significativamente menor do que o de íon de lítio.
- A tecnologia de níquel-hidrogênio passou em todos os testes relevantes de segurança de baterias, incluindo-se o teste UL 9540A para descontrole térmico. Poucos fabricantes de íon de lítio o fizeram.
- O fabricante, EnerVenue, foi apoiado pela empresa multibilionária de engenharia Schlumberger (comercializada como SLB), que apoiará a implantação em larga escala da tecnologia de bateria de níquel-hidrogênio em mercados globais selecionados. O volume de produção atual é de 60MWh/ano, no entanto, as instalações em construção resultarão em mais de 2GWh/ano até o final de 2024.





# VEDANTA ENERGY STORAGE SYSTEMS

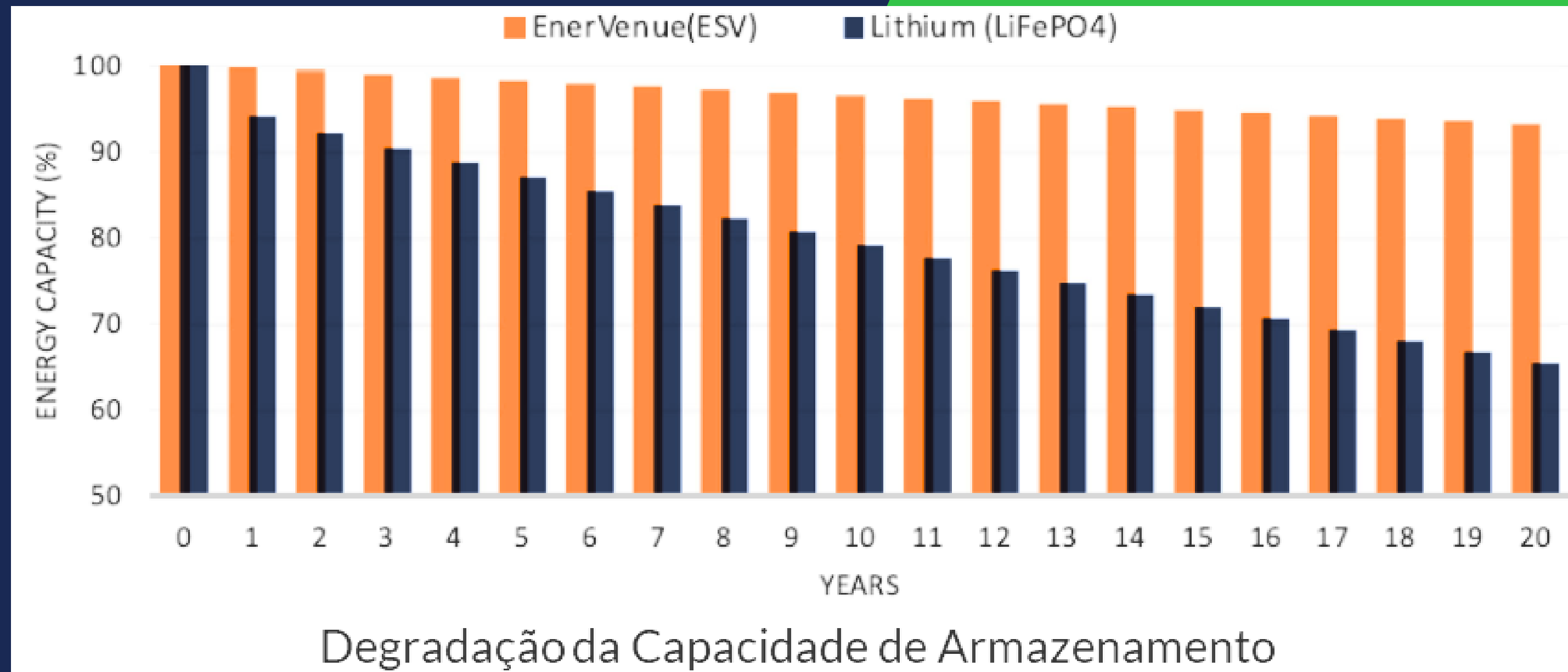
## 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia

Degradação da Capacidade de Armazenamento

Year	EnerVenue (ESV)		Li-Ion (LiFePO <sub>4</sub> )	
	SoH (%)	DC Capacity (MWh)	SoH (%)	DC Capacity (MWh)
0	100.00	112.36	100.00	219.17
1	99.65	111.97	94.25	206.56
2	99.30	111.57	92.29	202.26
3	98.95	111.18	90.54	198.44
4	98.60	110.79	88.84	194.71
5	98.25	110.40	87.17	191.04
6	97.91	110.01	85.53	187.45
7	97.57	109.62	83.92	183.92
8	97.22	109.24	82.34	180.46
9	96.88	108.85	80.79	177.07
10	96.54	108.47	79.27	173.74
11	96.20	108.09	77.78	170.47
12	95.86	107.71	76.32	167.26
13	95.53	107.33	74.88	164.12
14	95.19	106.96	73.47	161.03
15	94.86	106.58	72.09	158.00
16	94.52	106.20	70.73	155.03
17	94.19	105.83	69.40	152.11
18	93.86	105.46	68.10	149.25
19	93.53	105.09	66.82	146.44
20	93.20	104.72	65.56	143.69

Fonte: Storlythics Report (2023)

# 4. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia



Fonte: Storlythics Report (2023)

# 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia

Comparação financeira de custo do projeto para atendimento das especificidades de uso do armazenamento e desempenho requerido da tecnologia

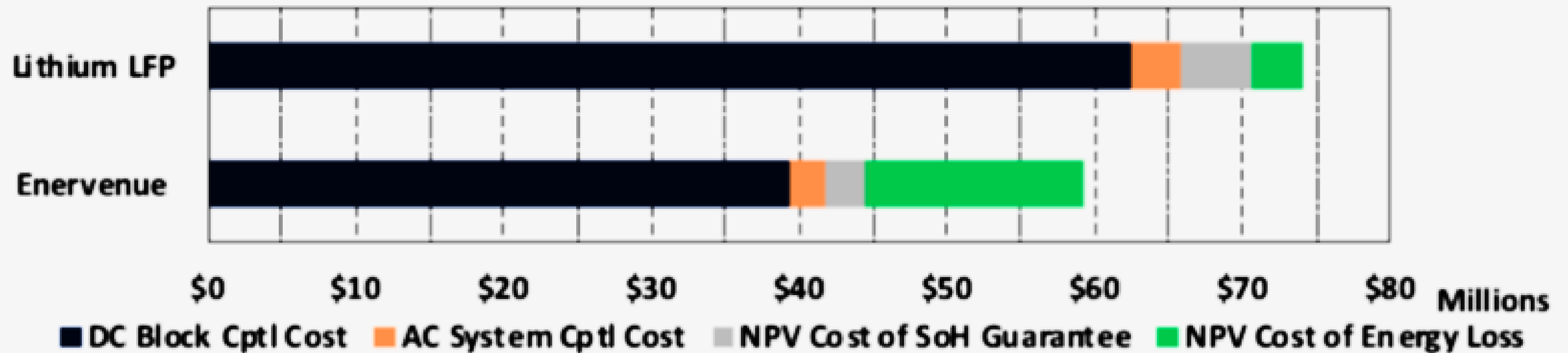


Figure 2: EnerVenue cost of ownership benchmark



# VEDANTA ENERGY STORAGE SYSTEMS

## 3. Análise Econômica e de Riscos de Tecnologias de Armazenamento de Energia

Scores de performance em diferentes atributos das tecnologias de armazenamanto comparadas

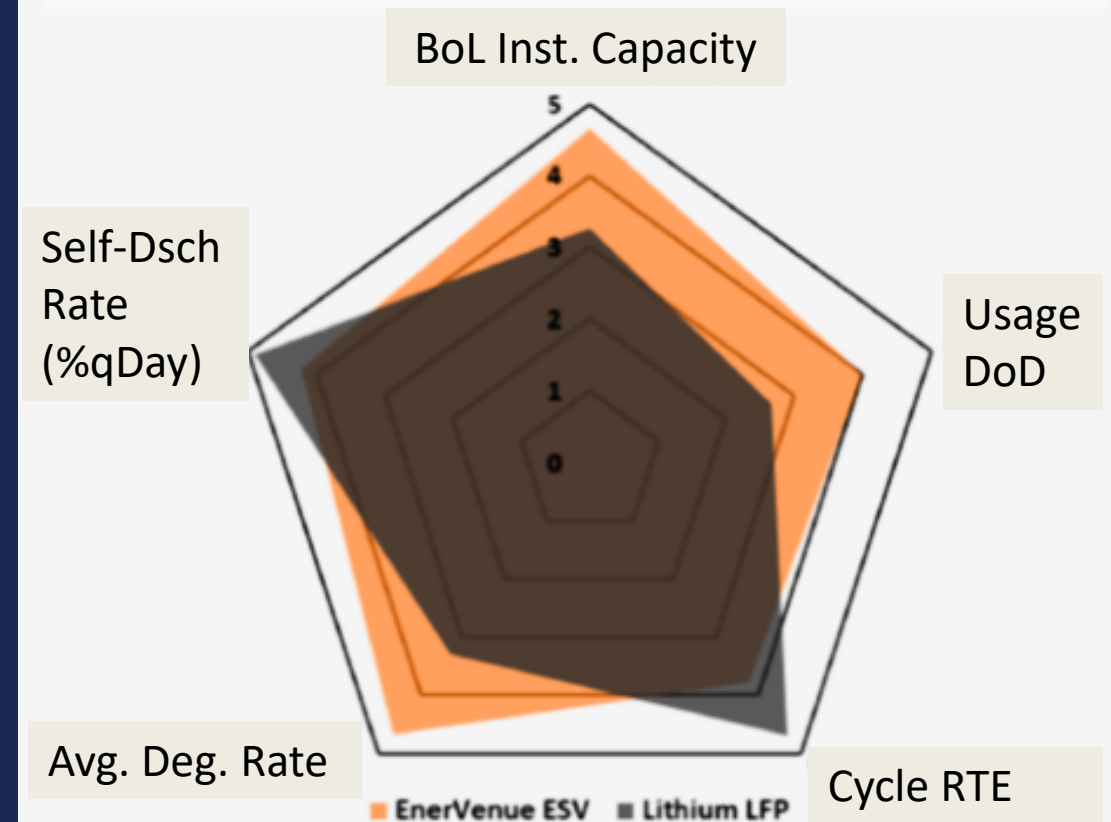


Figure 1. Radar chart for technical comparison

Table I. Technical Scoring

	EnerVenue ESV	Lithium LFP
<i>BoL Instl. Capacity</i>	4.7	3.3
<i>Usable DoD</i>	4	2.7
<i>Cycle RTE</i>	3.8	4.7
<i>Avg. Deg. Rate</i>	4.7	3.3
<i>Self-Dsch Rate (%/Day)</i>	4.2	4.9

Fonte: Storlythics Report (2023)



# Obrigado!

Marcio Moran

[marcio.moran@vedantaess.com.br](mailto:marcio.moran@vedantaess.com.br)



@marciomoran



@marciomoran77

