

MARIA DE FÁTIMA ROSOLEM
FUNDAÇÃO CPqD



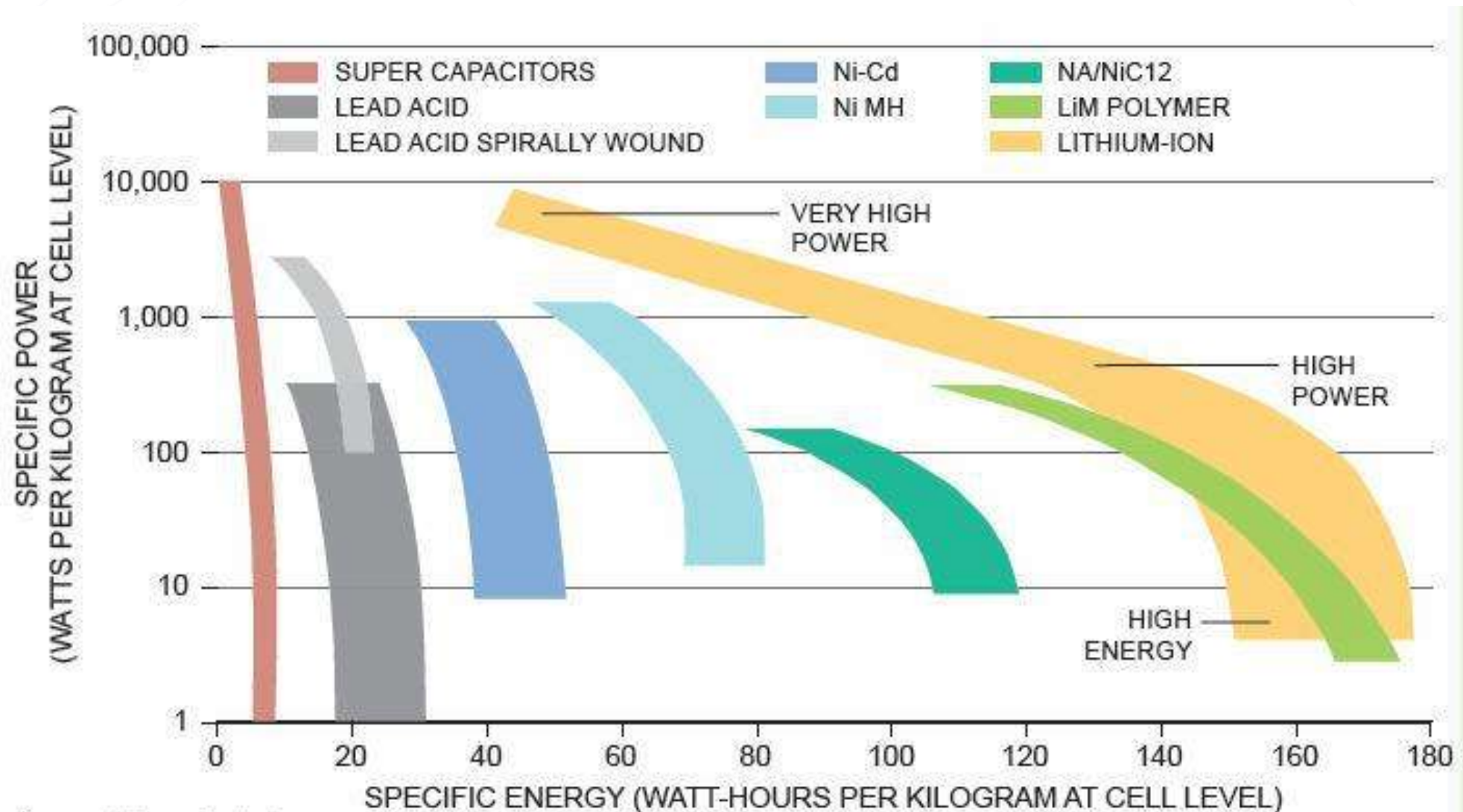
BATERIAS DE LÍTIO-ÍON – DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Cenário mundial

- Desenvolvimento de produtos e soluções que reduzam a emissão de gás carbônico e que sejam ambientalmente amigáveis
- Veículos movidos a combustíveis fósseis são um dos agentes que contribuem para a poluição ambiental dos grandes centros urbanos
- Movimento mundial:
 - **Energias renováveis (solar e eólica)**
 - **Desenvolvimentos dos veículos híbridos e elétricos**
 - **Novos sistemas de acumulação de energia**



Por que bateria de lítio?



Source: Johnson Controls.

Bateria de lítio-ion (LiB)

Tensão: cerca de 3,6 V

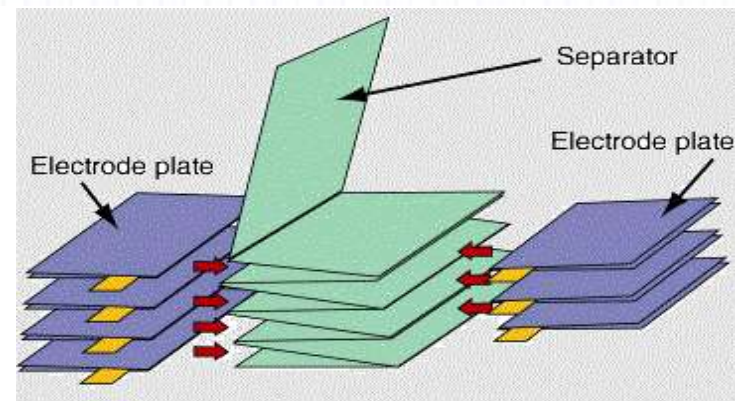
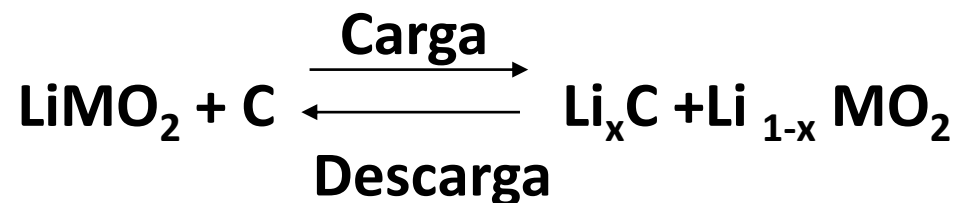
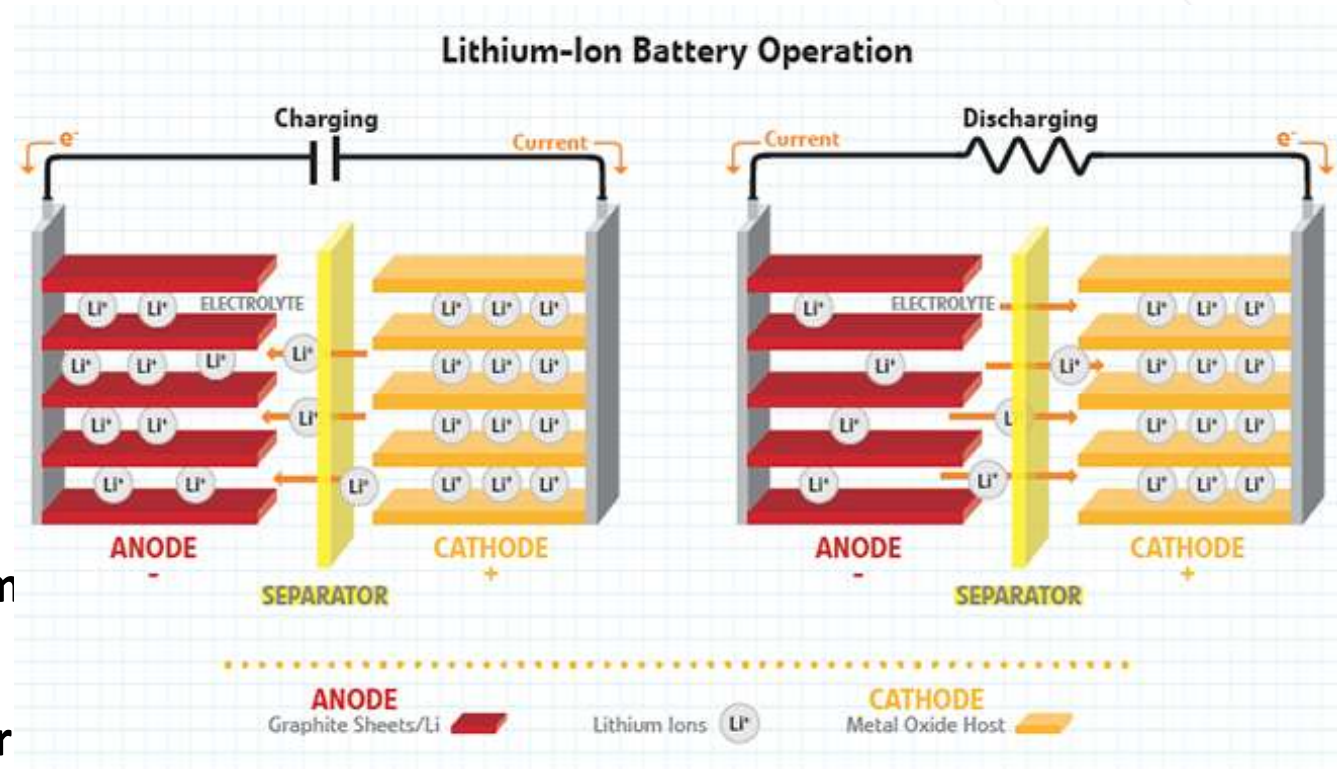
Energia: 100 Wh/kg a 250 Wh/kg

Placa negativa: grafite

Placa positiva: óxido metálico de lítio

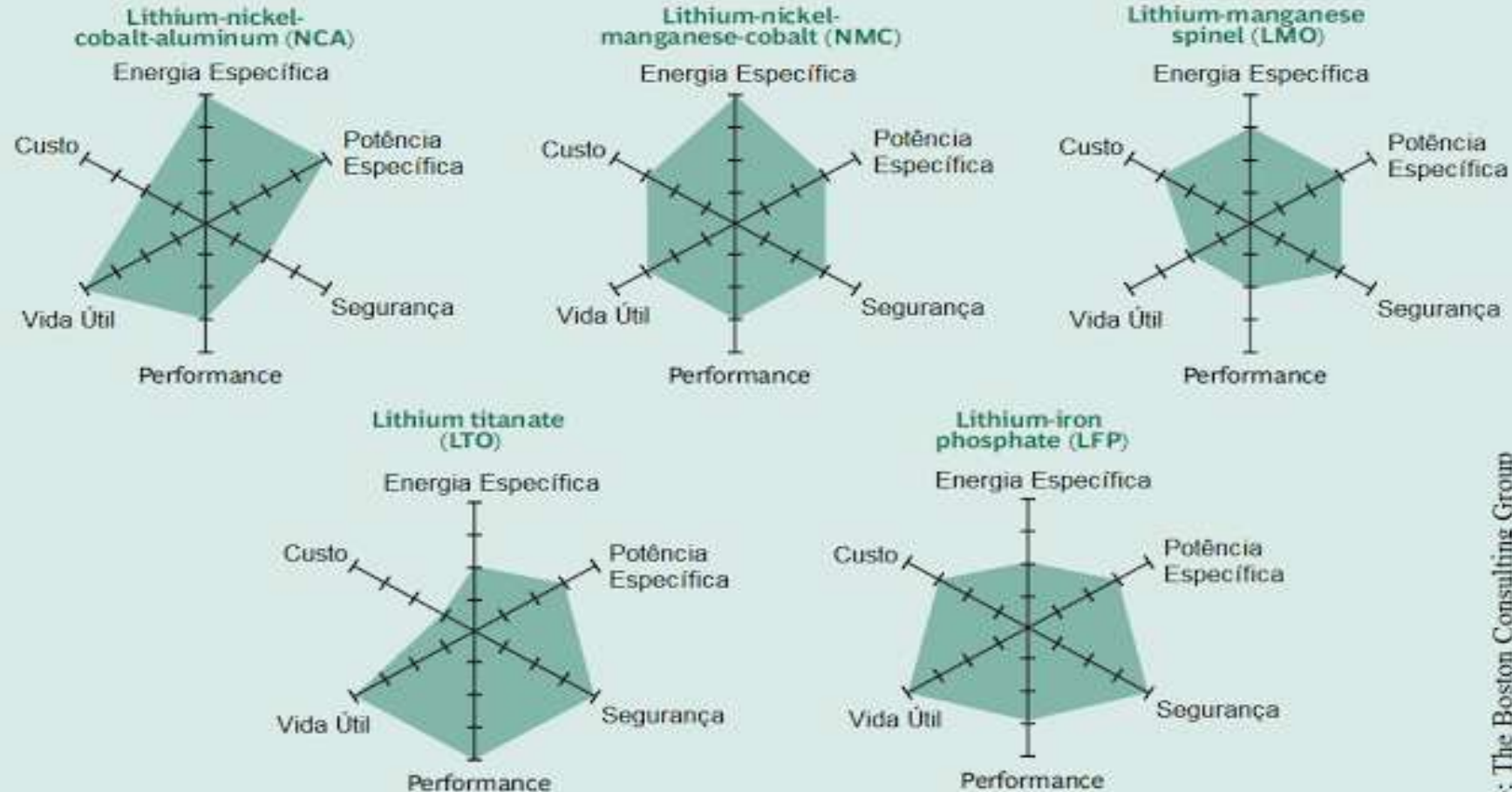
(p.ex. LiCoO_2 , LiMO_2 , etc.)

Eletrólito: sal de lítio (LiPF_6) misturado em solventes orgânicos (geralmente a base de carbonatos) embebido num separador



Resumo comparativo de diferentes LiBs

Há Vantagens e Desvantagens entre os Cinco Principais Tecnologias de Baterias de Íons de Lítio



Note: Quanto mais a forma colorida se estende ao longo de um determinado eixo, melhor o desempenho ao longo daquela dimensão

Resumo comparativo de diferentes LiBs

Table II Summary of the Main Lithium-ion Variants								
	Cell level energy density, Wh kg ⁻¹	Cell level energy density, Wh l ⁻¹	Durability cycle life, 100% DoD	Price estimate, US\$ Wh ⁻¹	Power C-rate	Safety thermal runaway onset, °C	Potential, V	Temperature range in ambient conditions, °C
LiCoO ₂	170–185	450–490	500	0.31–0.46	1 C	170	3.6	–20 to 60
LiFePO ₄ (EV/PHEV)	90–125	130–300	2000	0.3–0.6	5 C cont. 10 C pulse	270	3.2	–20 to 60
LiFePO ₄ (HEV)	80–108	200–240	2000	0.4–1.0	30 C cont. 50 C pulse	270	3.2	–20 to 60
NCM (HEV)	150	270–290	1500	0.5–0.9	20 C cont. 40 C pulse	215	3.7	–20 to 60
NCM (EV/PHEV)	155–190	330–365	1500	0.5–0.9	1 C cont. 5 C pulse	215	3.7	–20 to 60
Titanate vs. NCM/LMO	65–100	118–200	12,000	1–1.7	10 C cont. 20 C pulse	Not susceptible	2.5	–50 to 75
Manganese spinel (EV/PHEV)	90–110	280	>1000	0.45–0.55	3–5 C cont.	255	3.8	–20 to 50

Tipos de células



Prismática



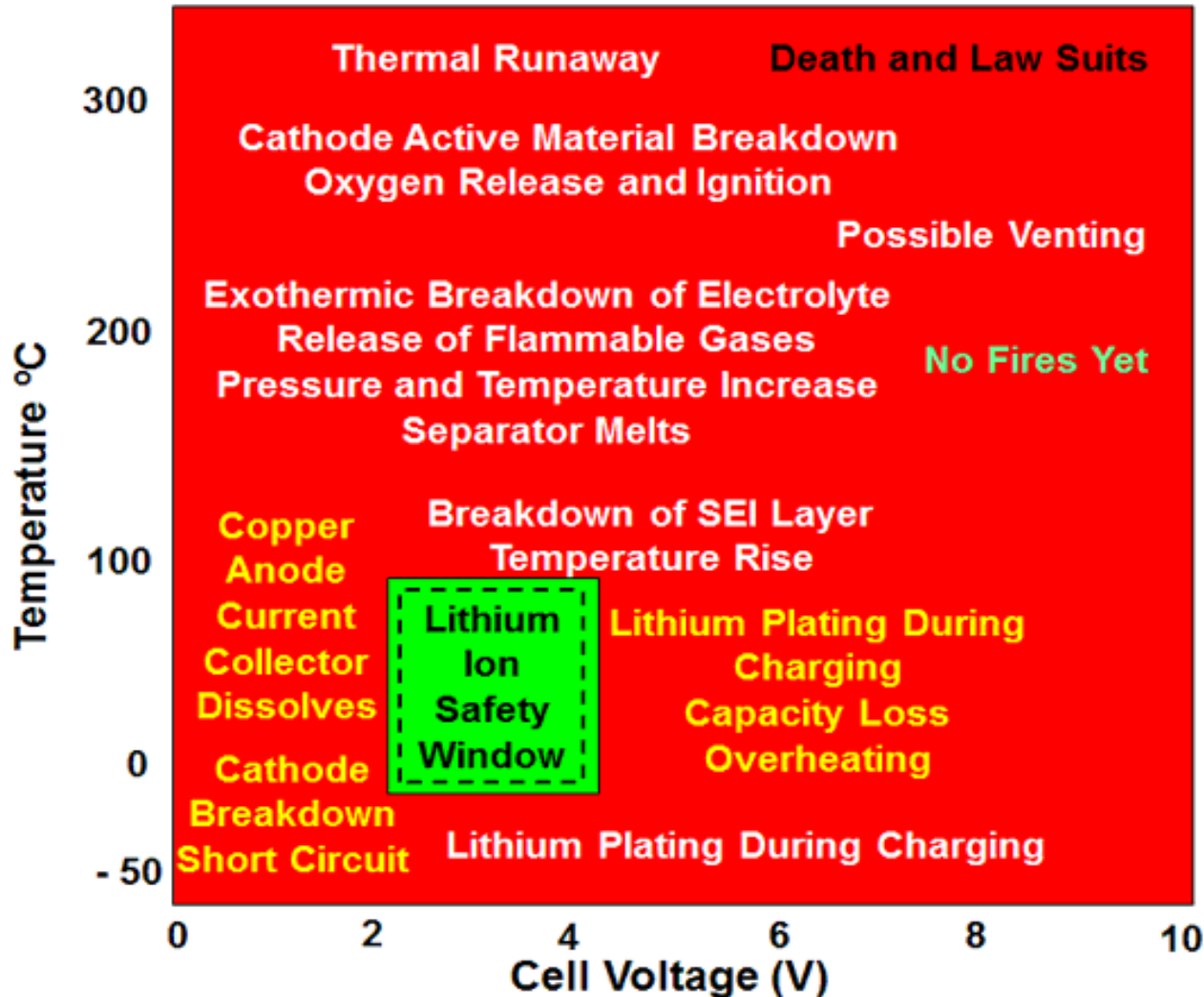
Cilíndrica



Pouch

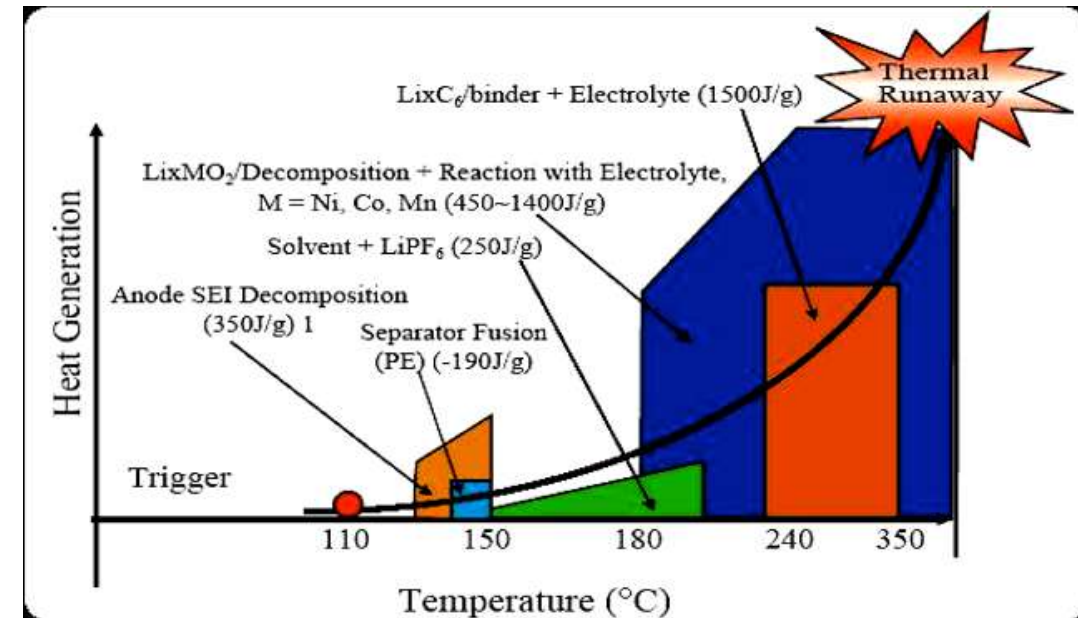
Limites operacionais

Lithium Ion Cell Operating Window

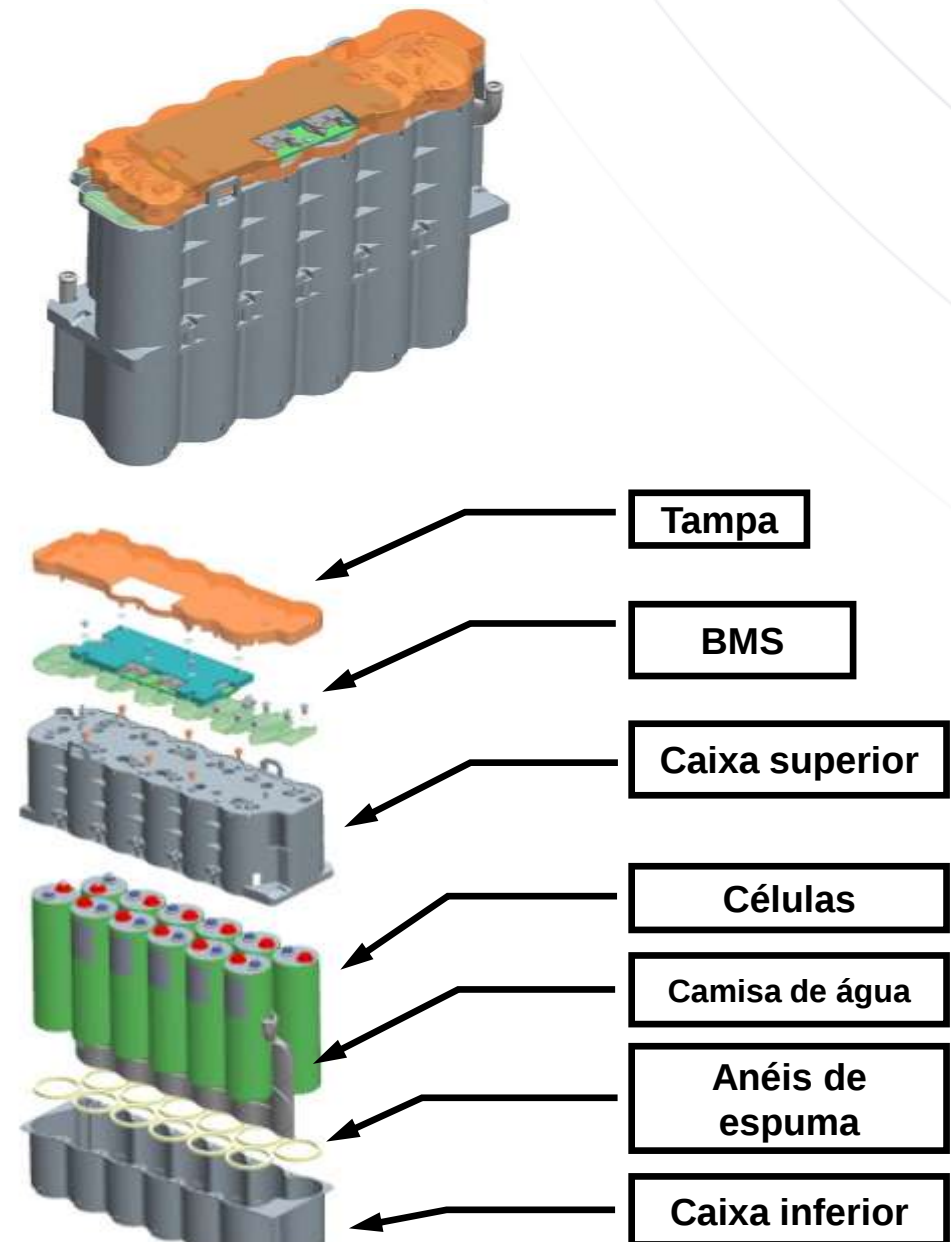
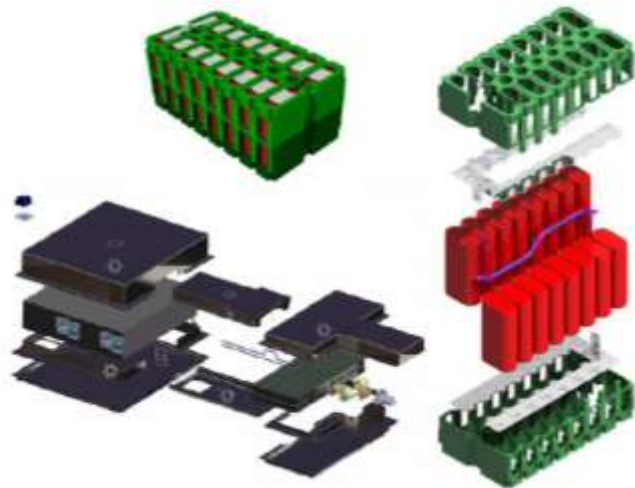
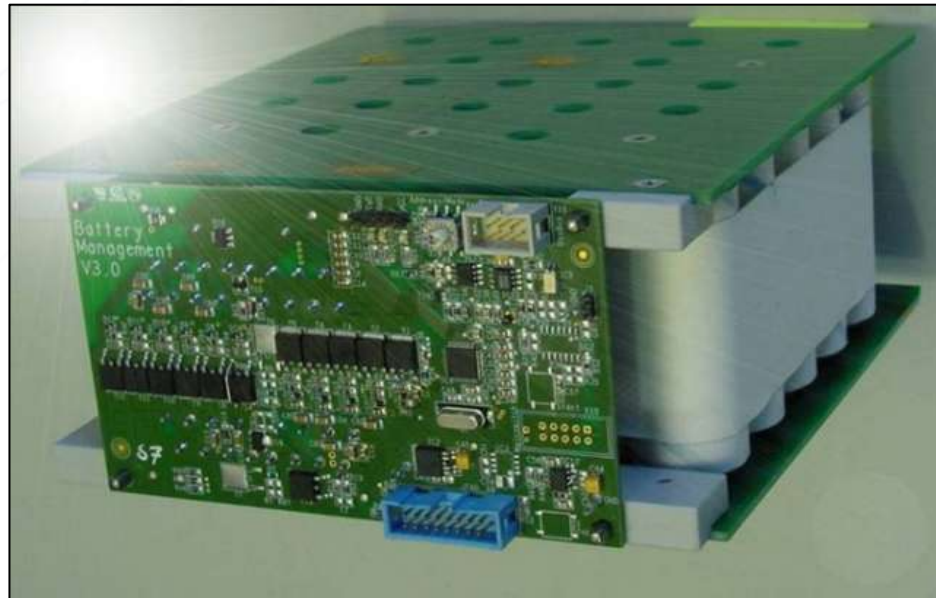


BMS

- Imprescindível
- ✓ Segurança
- ✓ Vida útil



"Pack" de bateria



Comparativo das tecnologias de bateria

Bateria	Pb-ácida VRLA	Na/NiCl ₂	Lítio-íon	Fluxo Vanádio
Tensão nominal (V)	2,0	2,6	3,2 a 3,8	1,4
Densidade de energia (Wh/kg)	25 a 50	90 a 150	100 a 220	10 a 20
Temp. de operação (°C)	- 10 a +40	- 30 a +60	-25 a +45	+10 a +40
Eficiência (%)	80 a 85	82 a 91	90 a 95	60 a 74
Vida cíclica (ciclos)	500 a 2.000	+4.500	+5.000	+10.000
Vida projetada (anos)	10	+10	+20	10 a 15

Bateria de Lítio-íon (LiB)

Vantagens

- **Alta densidade de energia → ocupa pouco espaço**
- **Possui sistema eletrônico de controle e monitoração na bateria**
- **Suporta elevados picos de corrente**
- **Excelente desempenho em aplicações de ciclagem**
- **Baixo tempo de recarga (1 a 3 h)**
- **Elevada eficiência de carga**

Desvantagens

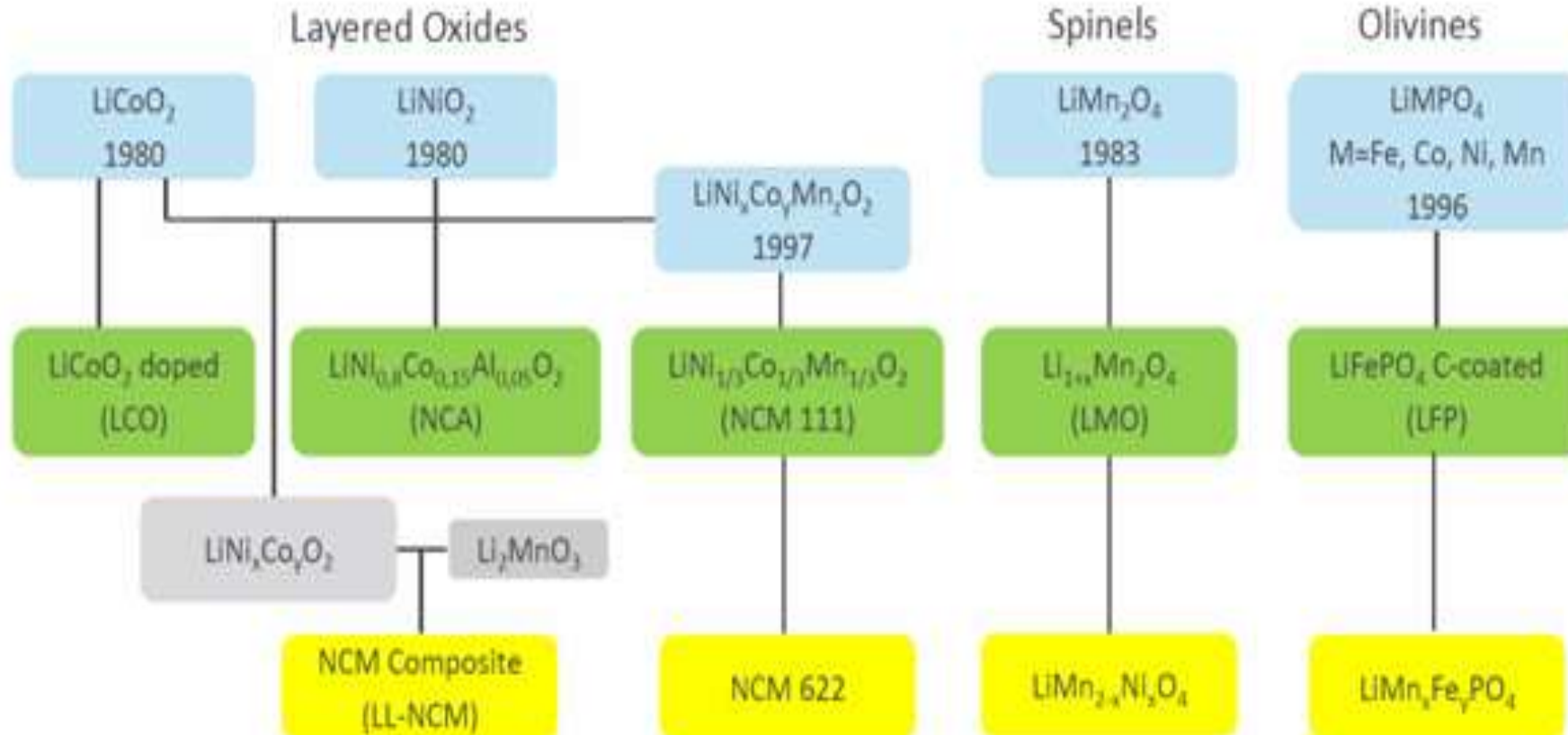
- **Imprescindível possuir BMS confiável e com desempenho adequado**
- **Pequenos desvios da tensão de operação pode reduzir sua vida útil**
- **Avalanche térmica**

Novas gerações de cátodo

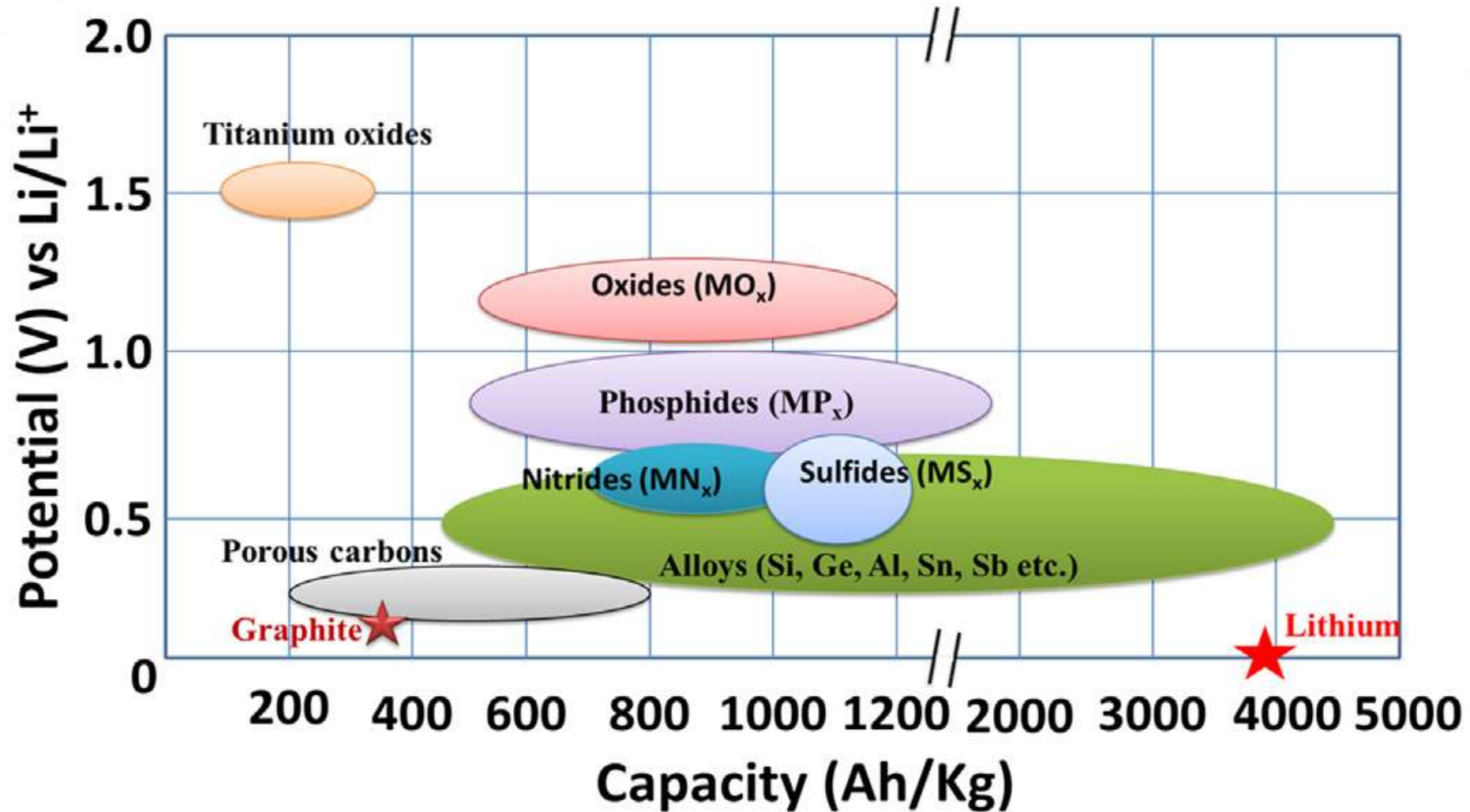
Next Generation Cathode Materials



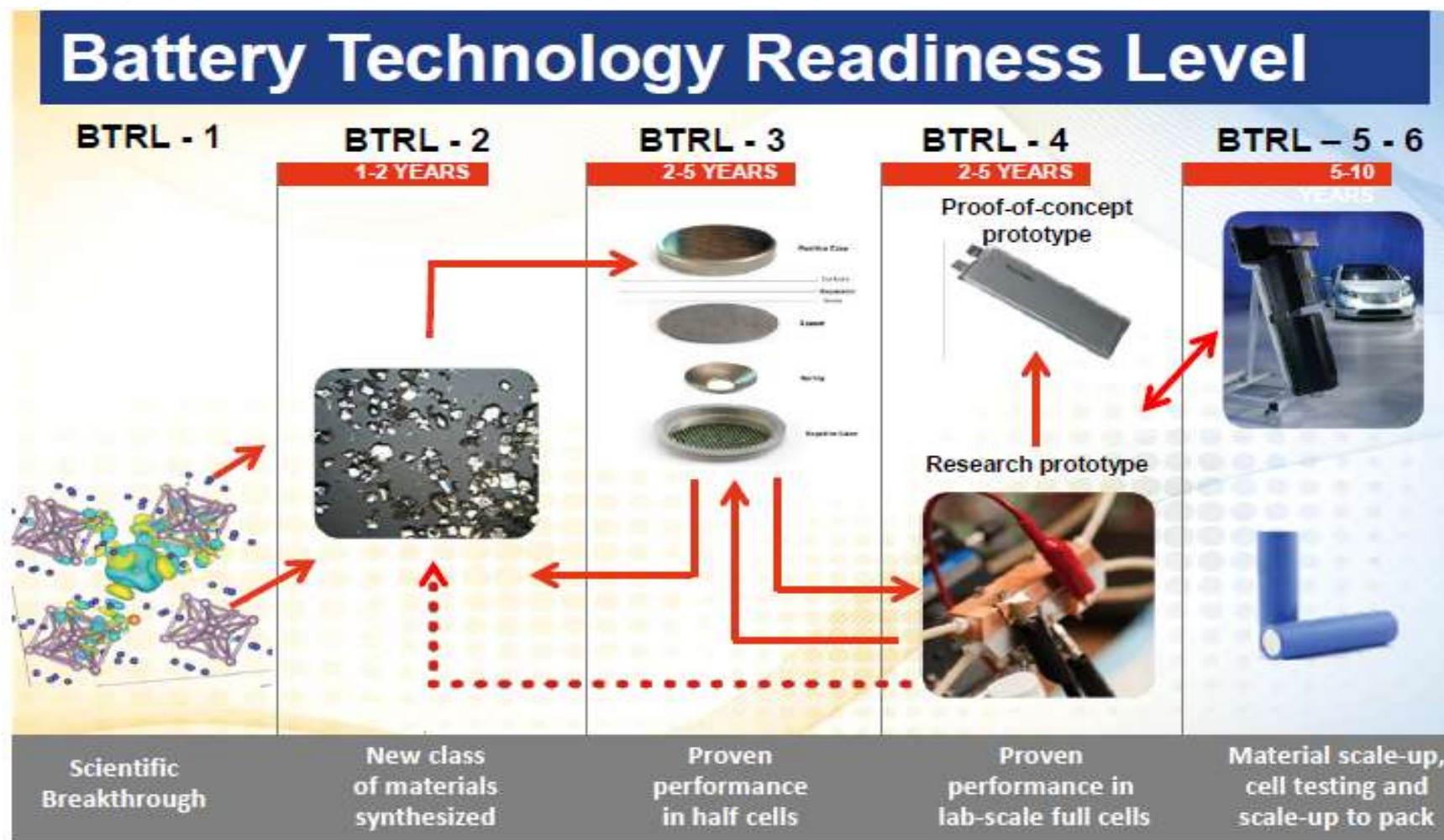
Johnson Matthey



Novas gerações de ânodos



Tempo de desenvolvimento de uma bateria



5 a 10 anos
Escala industrial

JCESR
"sweet spot"

Fonte: Battery Show 2018

Processos do desenvolvimento de uma bateria de lítio-íon

Exemplo caso real brasileiro

Seleção das células



Estudos laboratoriais



Desenvolvimento do BMS



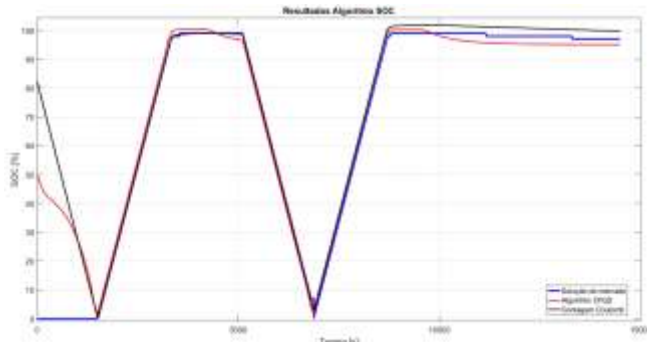
Análise térmica



Montagem de protótipos



Desenvolvimento dos algoritmos



SoC, SOH e balanceamento



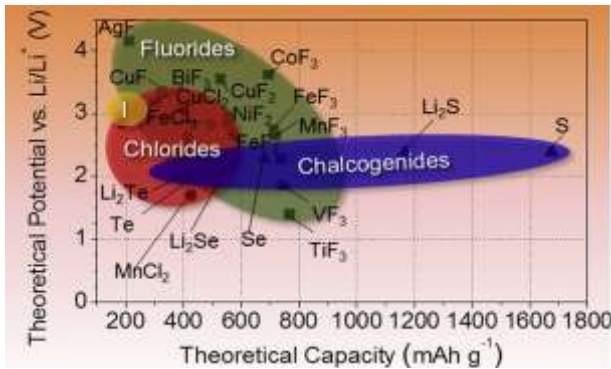
Desenvolvimento do empacotamento



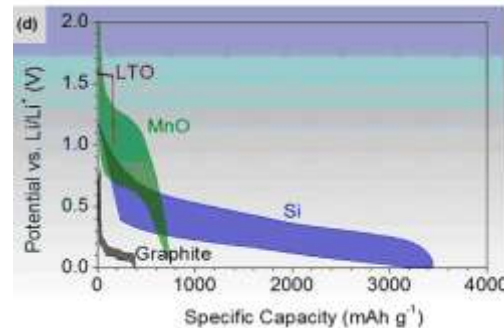
Roadmap famílias de LiB

Próximos 5 anos

Cátodos de metais de transição enriquecidos com Ni e Mg (NMC compostos)



Li-íon - com ânodo de Si

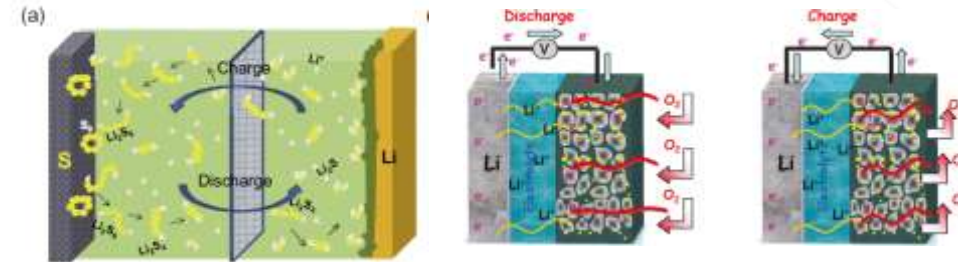


Próximos 10 anos

Ânodo de Li metálico

Li-S

Li-ar



• Desafios

- Estabilidade dos materiais
- Ciclabilidade

• Soluções em estudos

- Nanoestruturas
- Misturas de compostos
- Coberturas das superfícies
- Eletrólitos sólidos

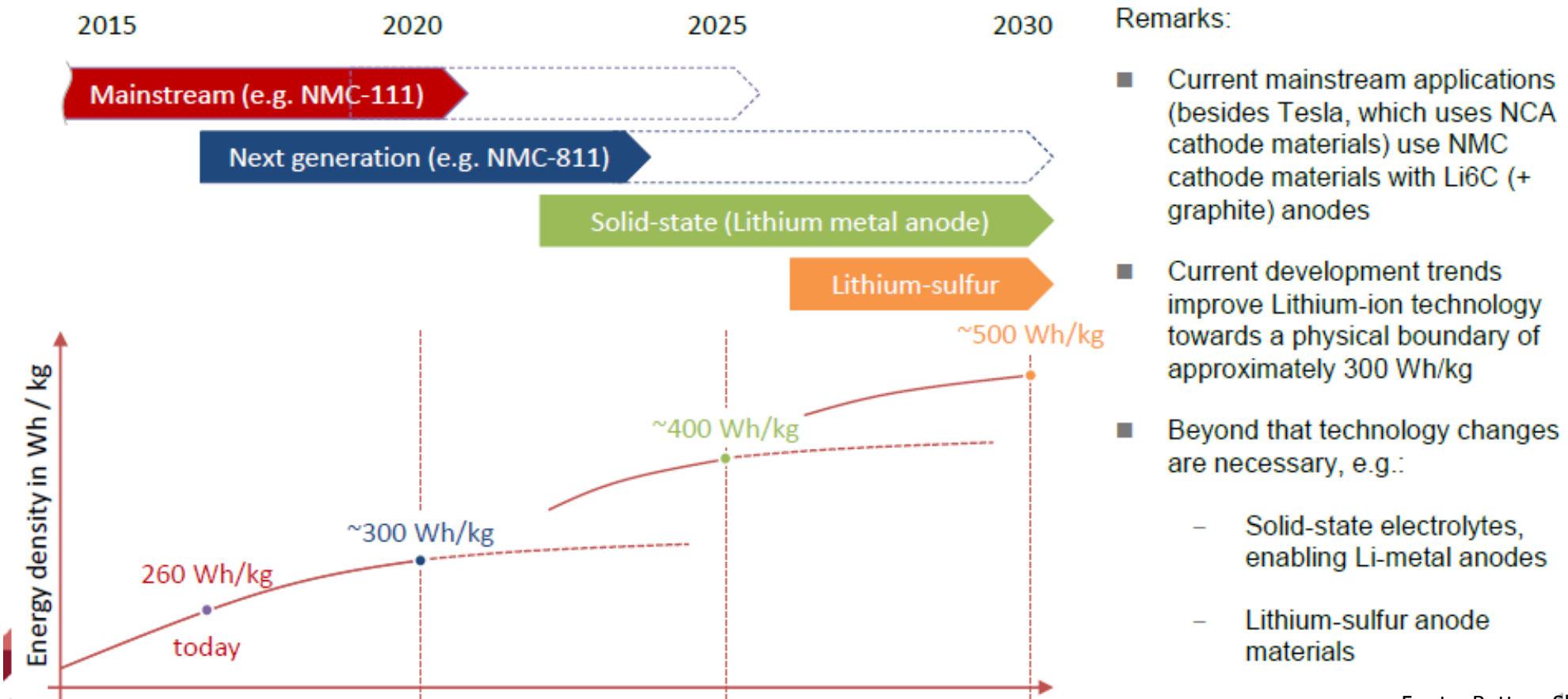
• Desafios

- Formação de dendritas
- Estabilidade dos materiais
- Segurança
- Ciclabilidade

Novas gerações de baterias de lítio

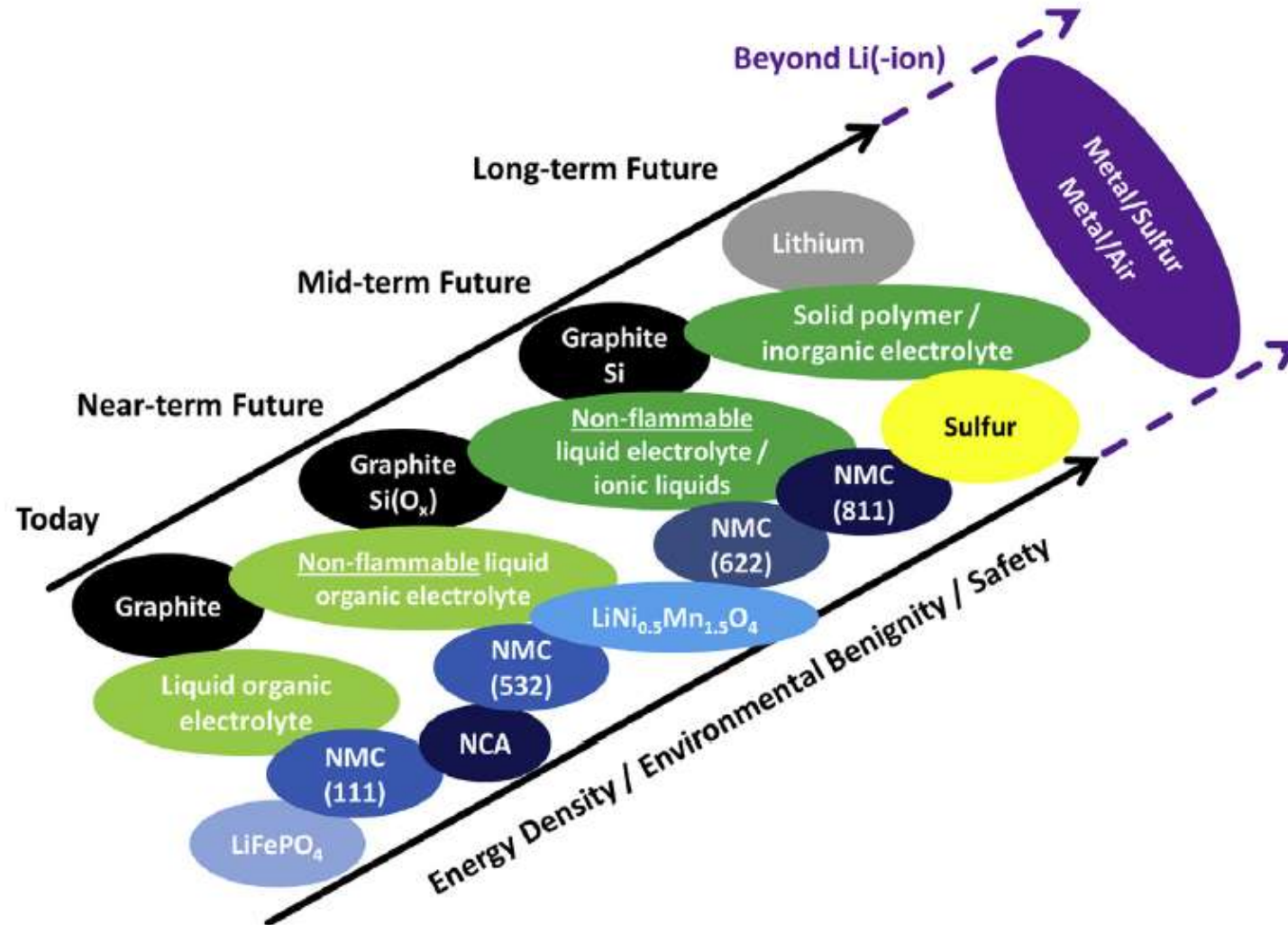
Current mainstream technology NMC is continuously improved until disruptors such as solid-state or Lithium-sulfur batteries are expected

BATTERY CELL TECHNOLOGY ROADMAP

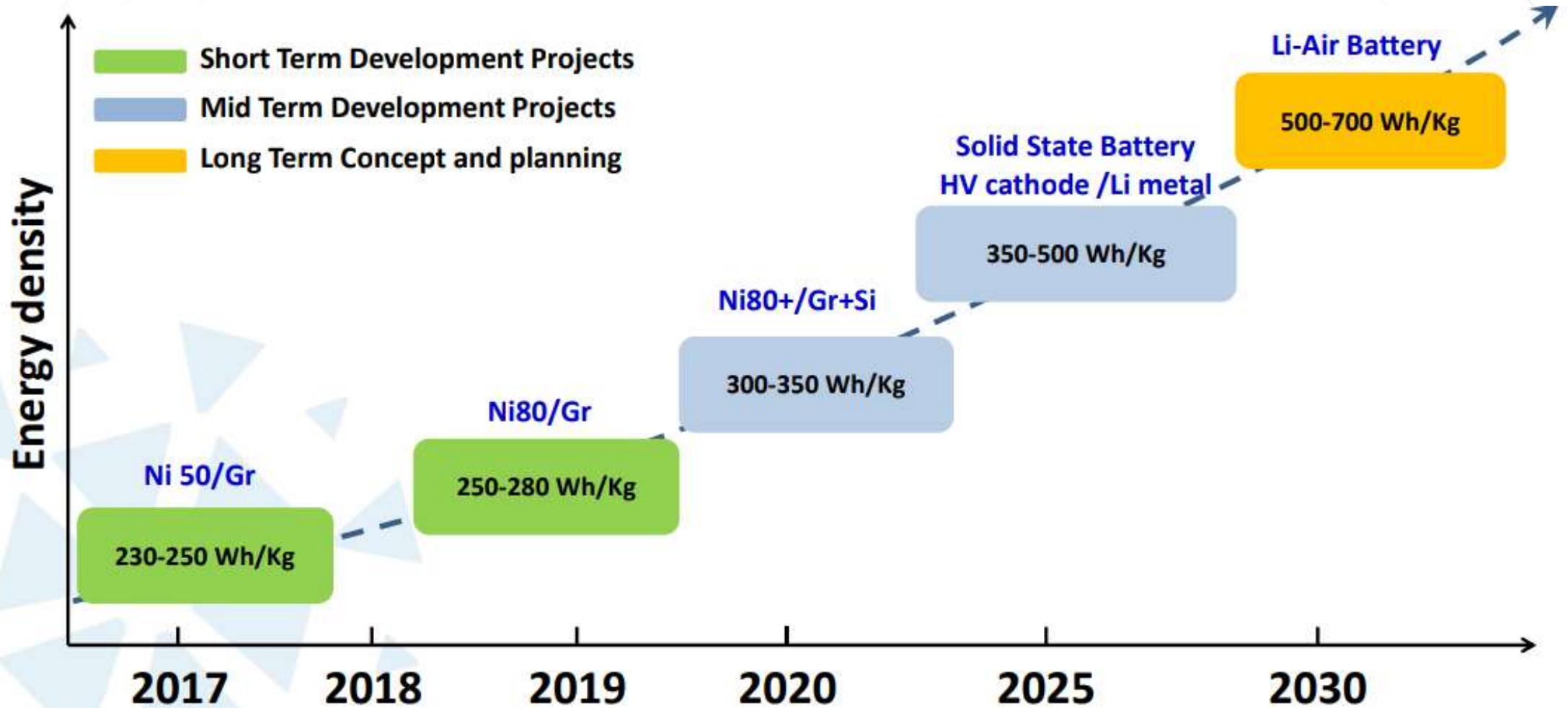


Novas gerações de baterias de lítio

D. Bresser et al.

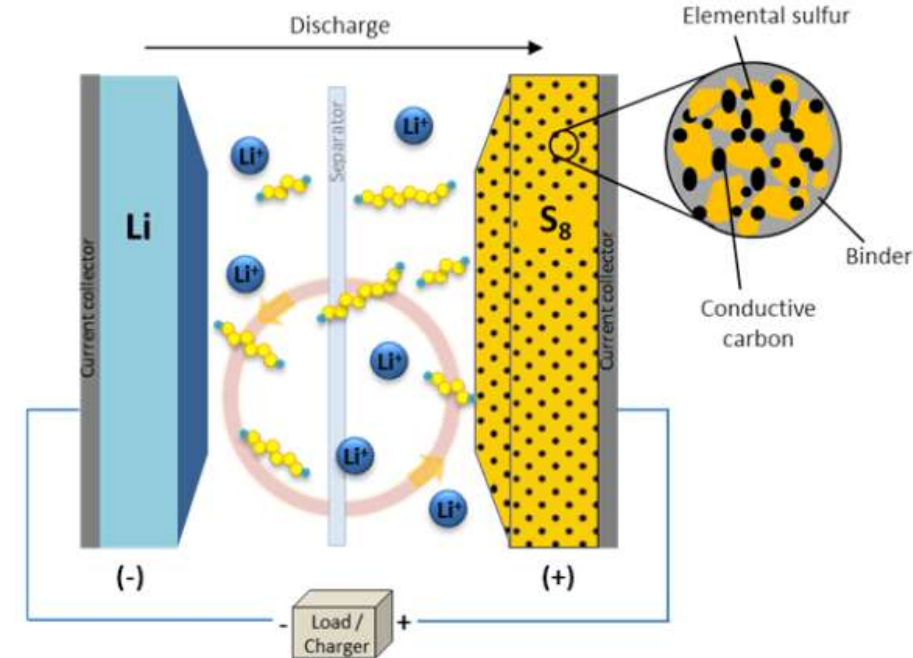
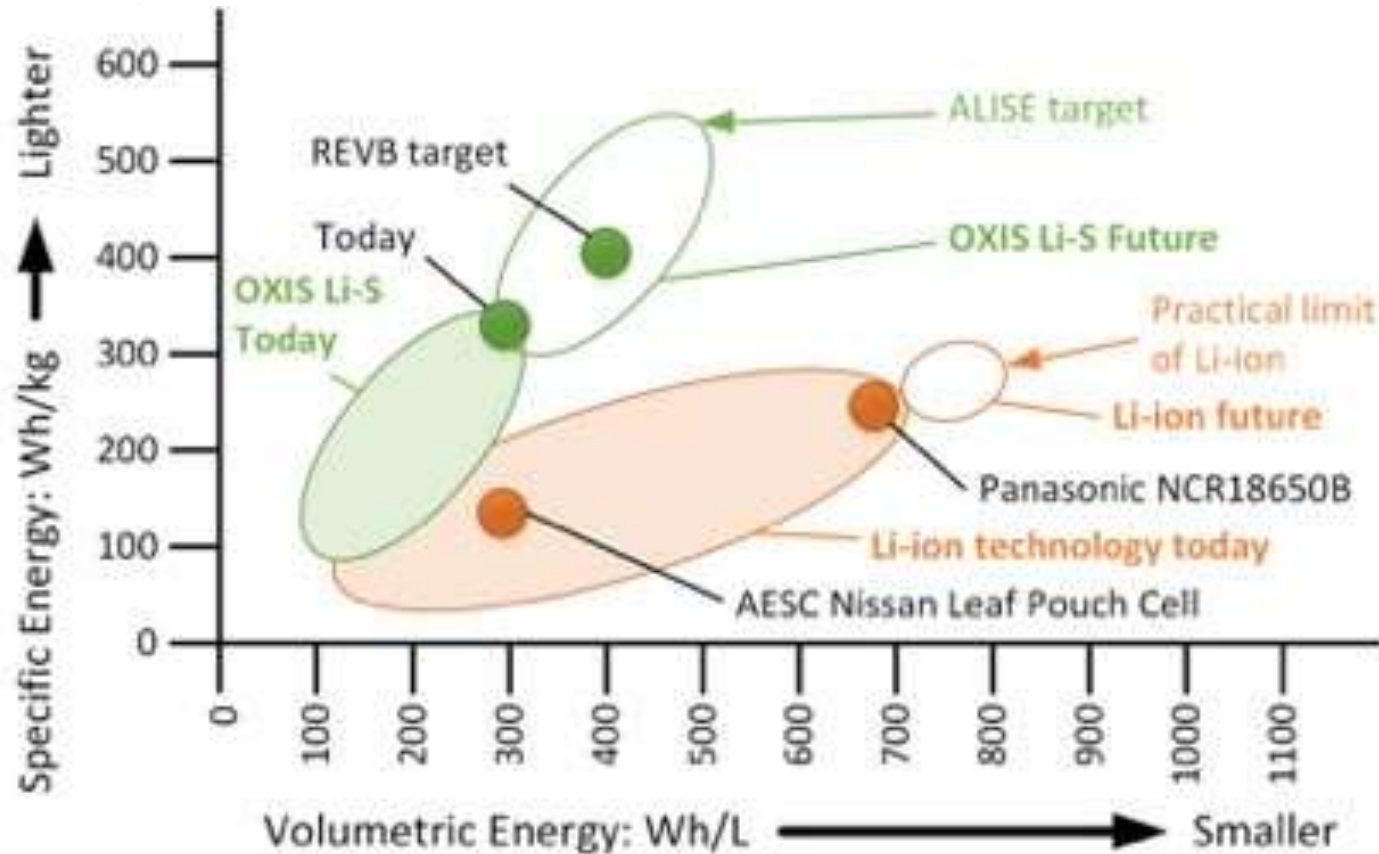


CATL - Evolução da densidade energética LiB

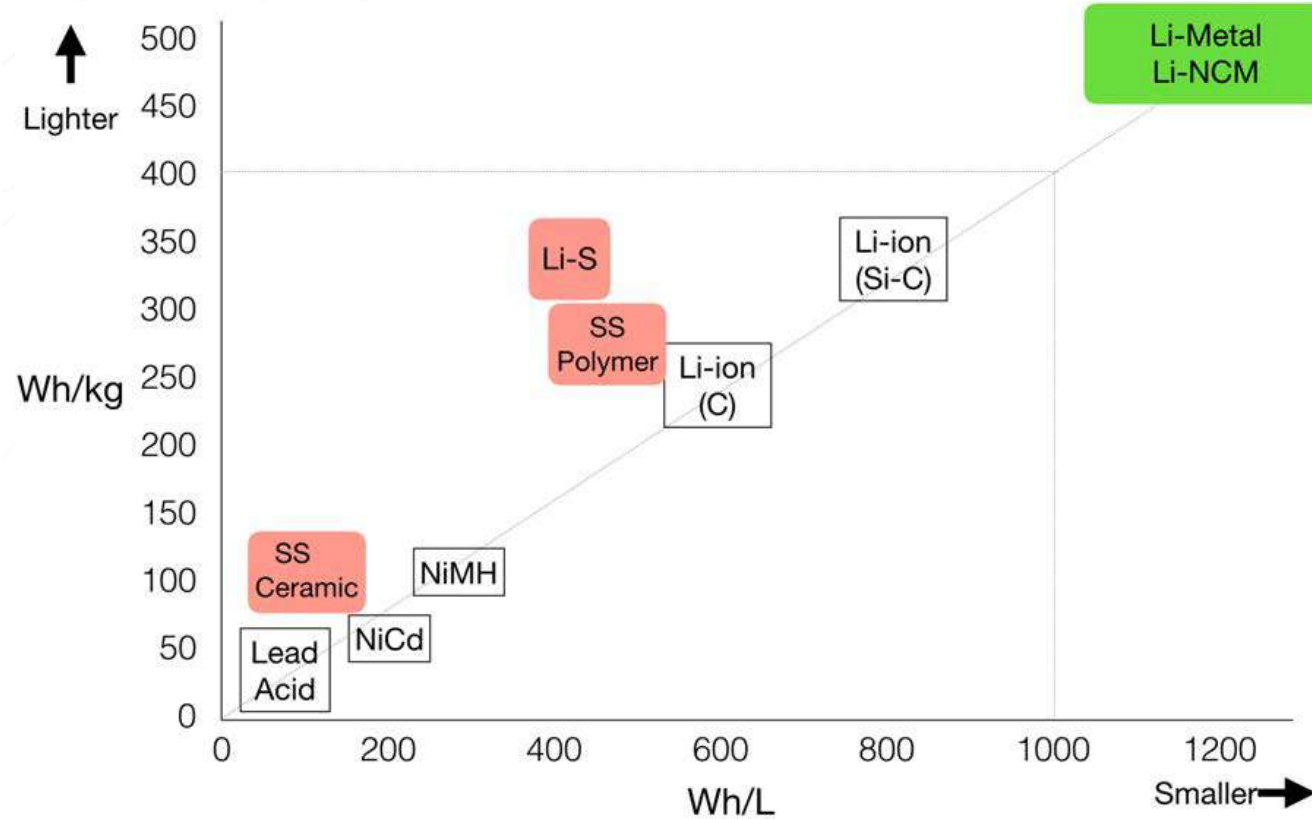


Oxis Li-S

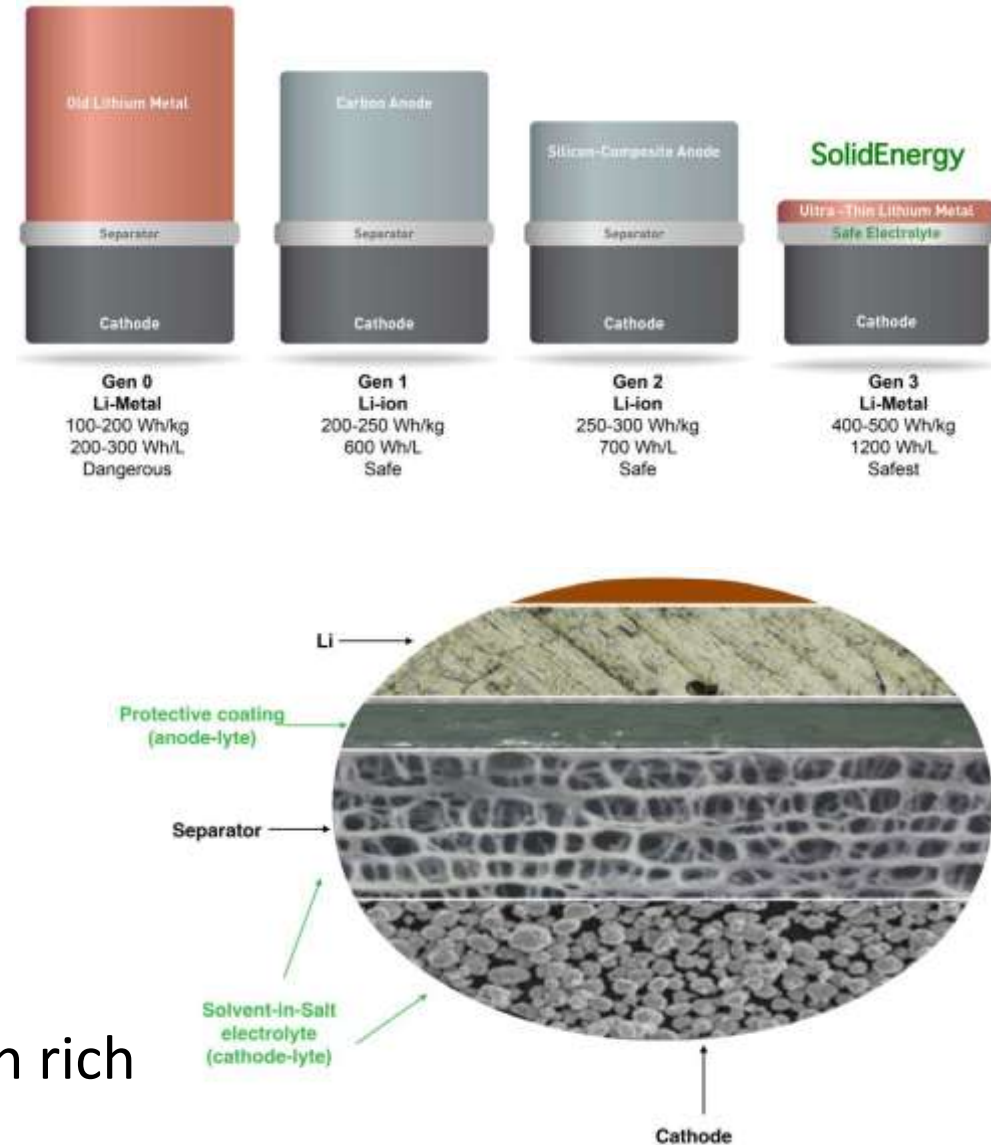
- Densidade atual: 300 a 400 Wh/kg - 200 a 300 Wh/L
- Densidade em 2019 : 500Wh/kg
- Ciclos: 50 a 100 (atual) - 500 (2020)



SolidEnergy Li-Metal



- Li-Metal NCM 450 Wh/kg - 1200 Wh/L
- Tensão elevada >4,4V
- Químicas do cátodo incluem LCO, NCM, NCA, Li-Mn rich
- Descarga em regimes até 10C

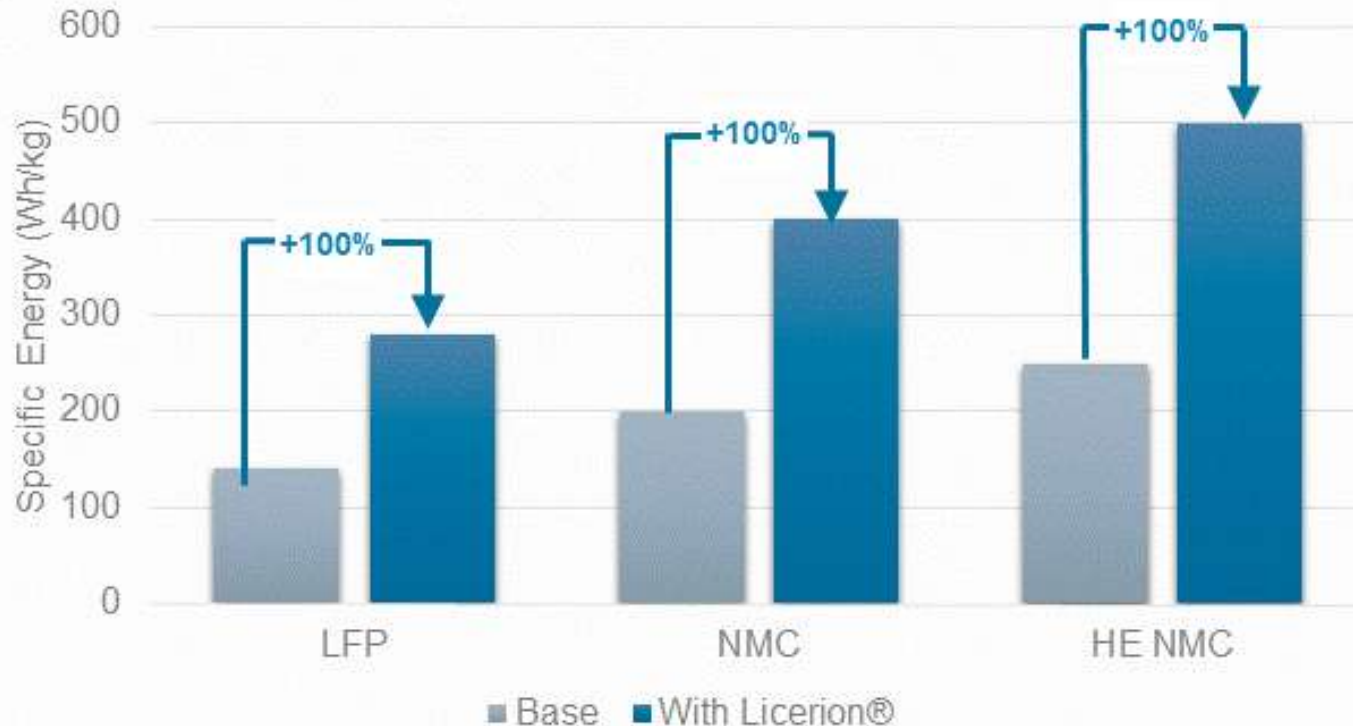


Sion Power Li-Metal (Licerion)

- HE NMC 500 Wh/kg – 1.000 Wh/L disponível no final de 2018 (limite 450 ciclos)

Licerion® Doubles Specific Energy

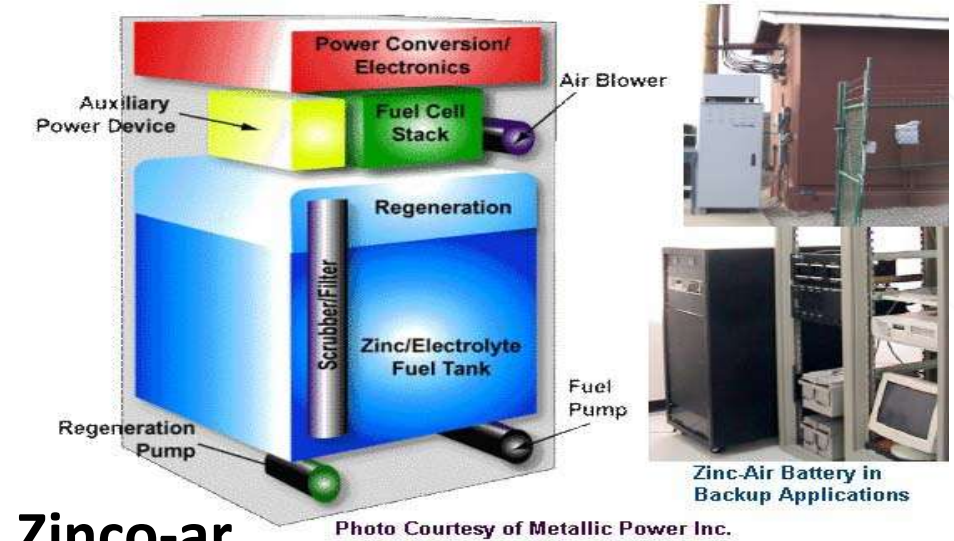
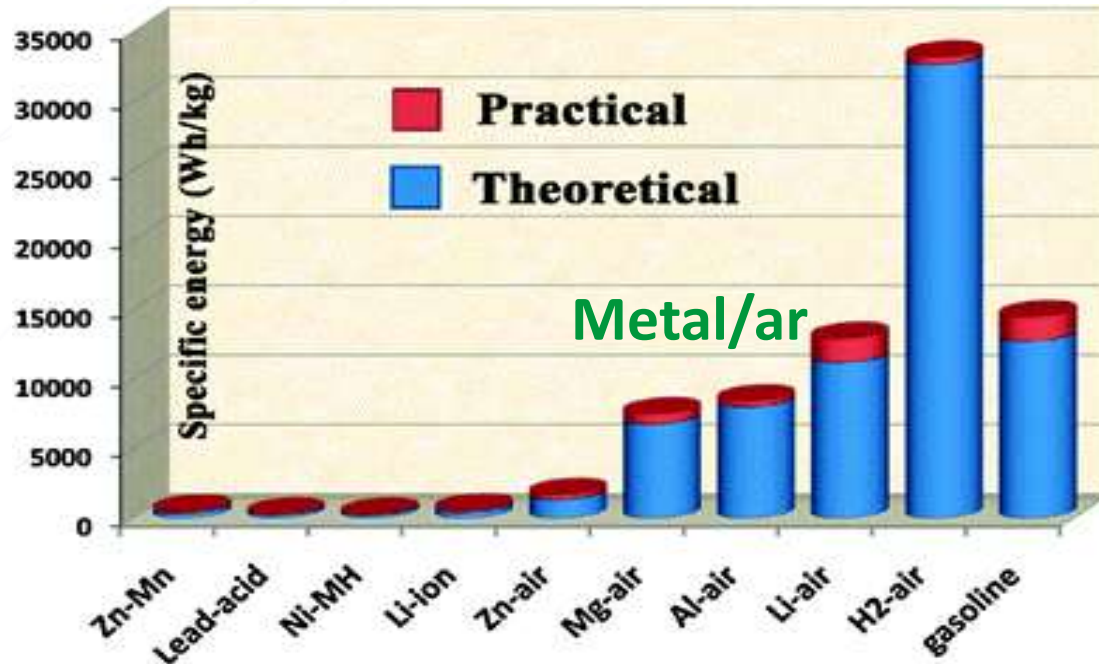
Benefits multiple existing cathode systems



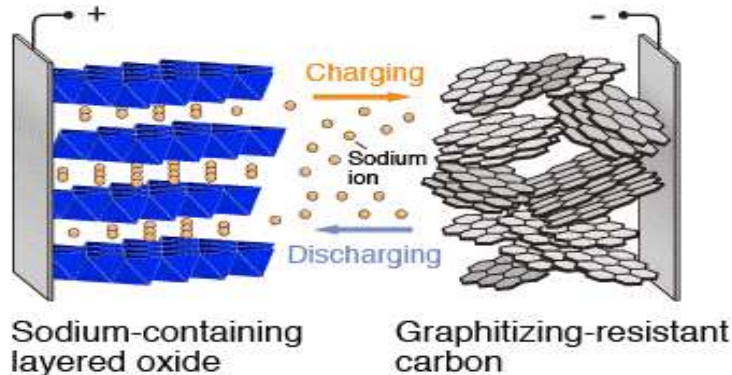
Licerion® technology doubles the energy density using today's mass-market cathodes.

Applicable to existing cell assembly manufacturing processes.

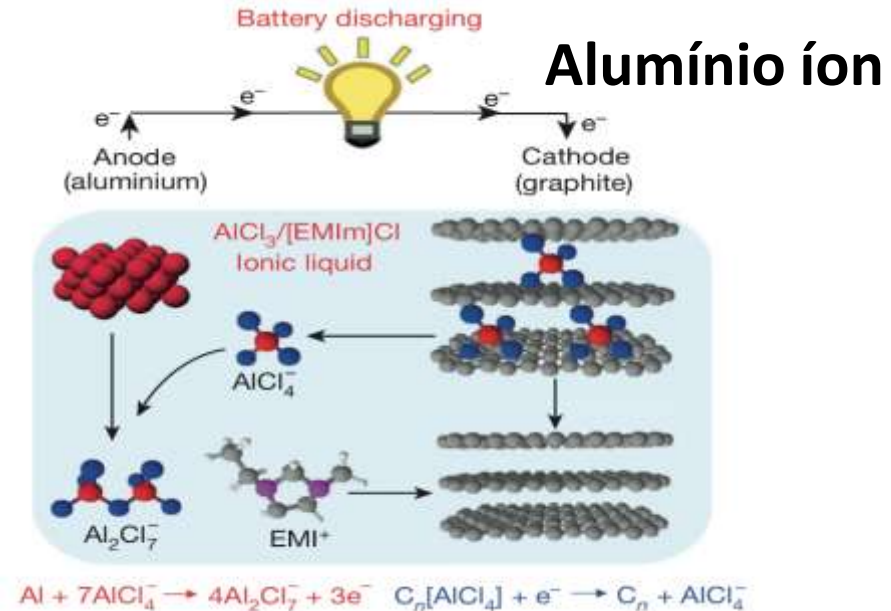
Tendências futuras



Zinco-ar



Sódio íon



Conclusões

- **Grandes investimentos, a nível mundial, em pesquisa e desenvolvimento de acumuladores elétricos para uso em armazenamento de energia (grid) e veículo elétrico**
- **Preços das baterias estão reduzindo**
- **É um caminho sem volta**
- **Brasil tem condições de atuar também nestas novas tecnologias**



Agradecimentos





CPqD
Campinas - SP

www.cpqd.com.br

Obrigada!
Maria de Fátima N.C. Rosolem
mfatima@cpqd.com.br