



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

SEMINÁRIO SOBRE ACUMULADORES DE ENERGIA



FORÇA AÉREA BRASILEIRA





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Desenvolvimento de Baterias de Íon de Lítio no contexto da Defesa: A experiência do Comando da Aeronáutica

Apresentador:

Eng. Paulo Cesar **MISCOW** Ferreira, M.Sc

Divisão de Tecnologias Sensíveis e de Defesa (ASD)

Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE)

Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA)





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Roteiro

- Objetivo
- Introdução
- Origem do envolvimento do DCTA/IAE em baterias de íon de lítio
- Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio
- Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial
- Comentários finais





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Roteiro

- **Objetivo**
- **Motivação**
- **Origem do envolvimento do DCTA/IAE em baterias de íon de lítio**
- **Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio**
- **Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial**
- **Comentários finais**





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Objetivo

- ✓ Discorrer sobre a importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa.
- ✓ Apresentar a experiência adquirida pelo COMAER, por intermédio do DCTA/Instituto de Aeronáutica e Espaço, com o desenvolvimento laboratorial de baterias de íon de lítio.
- ✓ Apresentar os processos de fabricação de baterias de íon de lítio em escala laboratorial e os custos para a montagem de um laboratório piloto.
- ✓ Discorrer brevemente sobre plantas industriais para baterias de íon de lítio.



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Roteiro

- Objetivo
- **Introdução**
- Origem do envolvimento do DCTA/IAE em baterias de íon de lítio
- Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio
- Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial
- Comentários finais





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

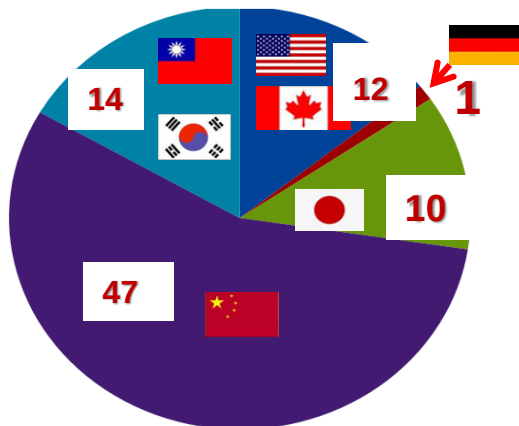
- ✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de Defesa
- ✓ Aspectos relevantes apontados pelo Gen Div Santos Guerra em sua apresentação no Seminário Tecnologias Estratégicas em Baterias e Economia do Hidrogênio, realizado na Fundação Parque Tecnológico Itaipu, em Mai/2018.
- ✓ Informações de caráter geral sobre o mercado de baterias de íon de lítio
- ✓ Informações sobre o potencial de mercado de aplicações militares no Brasil
- ✓ Outras informações sobre a aplicação de baterias de íon de lítio em Defesa



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa
- ✓ Informações de caráter geral
- ✓ Maiores produtores mundiais de baterias de Lítio (Gen. Santos Guerra)



■ USA + Canadá

■ Alemanha

■ Japão

■ China

■ Extremo Oriente sem China e Japão



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa
 - ✓ Informações de caráter geral
 - ✓ Valor do mercado mundial de baterias de Lítio em 2022: US\$ 46 bilhões.
 - ✓ Reservas brasileiras de Lítio: 8% das reservas mundiais (*seria uma vantagem competitiva?*)
 - ✓ Crescimento da demanda de Lítio no mundo: 25% a.a
 - ✓ Lítio: a nova gasolina (China vende a US\$ 13 k/ton) $\Rightarrow$ incentivo aos EV's e HEV's e proibições aos carros a combustão.



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa
- ✓ Potencial de mercado de aplicações militares no Brasil
 - ✓ Rádios portáteis: 22.764
 - ✓ Repetidoras convencionais táticas
 - ✓ Repetidoras veiculares
- ✓ Necessidades do Exército Brasileiro: 15.000 baterias de diferentes tipos (diferentes aplicações) no período 2018-2020.
- ✓ Necessidades do setor público no período 2018-2020: 240.000



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa
- ✓ Principais demandas





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa
- ✓ Principais demandas



SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES TÁTICAS



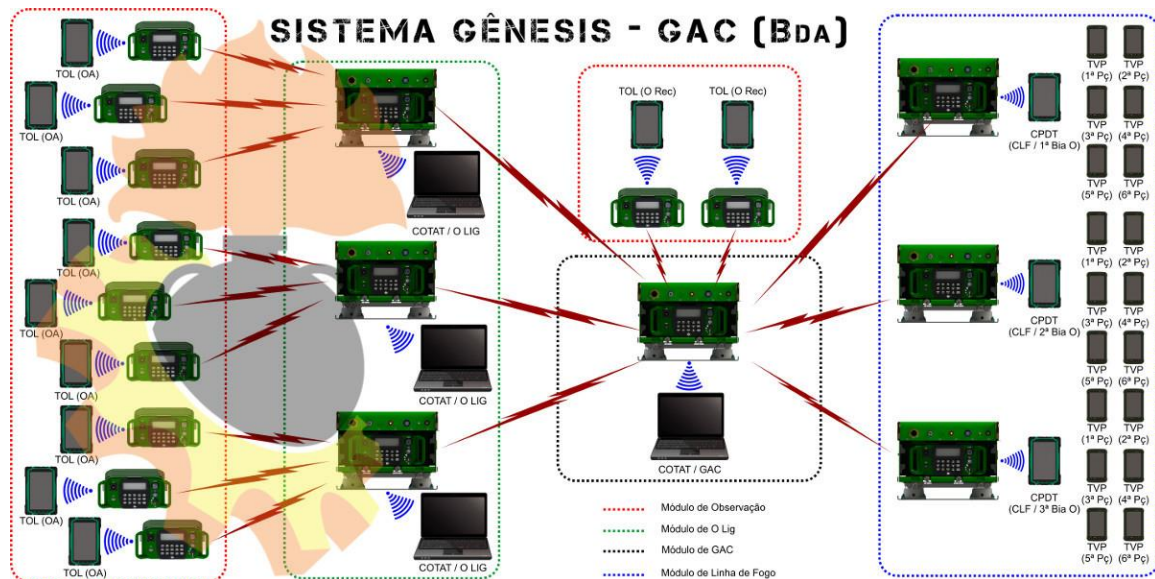


INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa

✓ Principais demandas





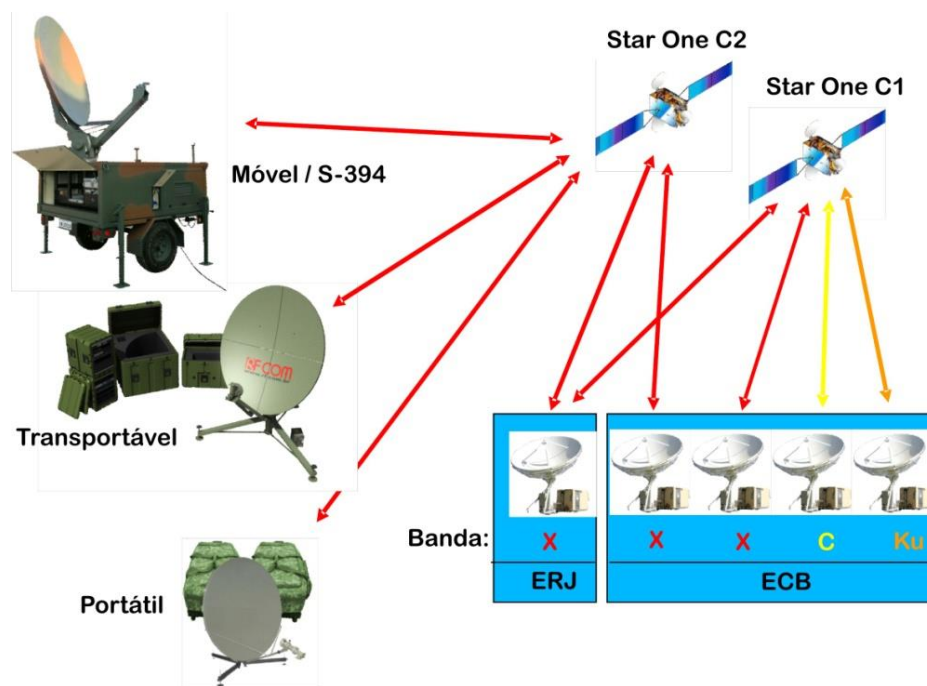
INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa

✓ Principais demandas

Comunicações por
satélite





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa
- ✓ Principais demandas

Sensoriamento
eletromagnético





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa
- ✓ Principais demandas

Articulação do Exército
na fronteira



87 QUARTÉIS (de diferentes tipos)
NA FAIXA DE FRONTEIRA
(16.886 km x 150 km)



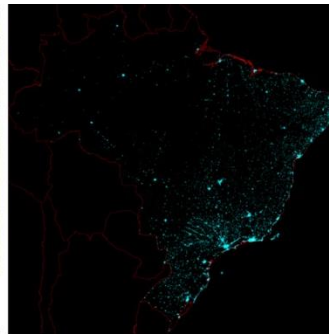
INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa

✓ Principais demandas

Sistemas de sustentabilidade da vida na Amazônia





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de defesa

✓ Principais demandas

Transceptor Portátil Pessoal TPP-1400

Acessórios



Osteofone OTF-2200 - Combinado por Condução Óssea



Bateria Lítio-Íon Inteligente CB-2352i



Compressor Tático de Vídeo



Visor Remoto Tático VRT-1410



BIT-1410 Bateria Inteligente Tática



Carregador de Baterias de Lítio-Íon Modular CB-2354i



Adaptador para Rede Elétrica ARE-2366i



Indústria de
Material Bélico



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Outras informações sobre a aplicação de baterias de íon de lítio em Defesa
- ✓ *EUA: AFRL-PR-WP-TR-1998-2096 Development of large li-ion batteries for aircraft and spacecraft applications*
- ✓ *EUA: Development of a High Capacity Lithium-Ion Battery for a Navy Aircraft*





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Outras informações sobre a aplicação de baterias de íon de lítio em Defesa
 - ✓ *“New li-ion battery will make soldiers’ electronics more efficient and less explosive”* (<https://defensesystems.com/articles/2017/09/15/army-lithium-ion-batteries.aspx> - 2017)
 - ✓ *Lithium-ion batteries are reshaping how we power military vehicles (SAFT) → substituição de baterias de chumbo ácido por baterias de íon de lítio em veículos militares (aumento do consumo de energia devido às demandas de diversos equipamentos eletrônicos a bordo)* (www.saftbatteries.com/press-releases/lithium-ion-batteries-are-reshaping-how-we-power-military-vehicles - 2016)



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Introdução

- ✓ Outras aplicações militares de baterias de íon de Lítio
 - ✓ *Soldier-Portable Battery Supply - Foreign Dependence and Policy Options*
(www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR500/RR500/RAND_RR500.pdf) → aborda questões logísticas sobre baterias de íon de lítio no âmbito do DOD.



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO



Revision's NervCentr SharePack provides 14.6V of power.
(Photo: Revision Military)

BATTERIES

The Conformal Wearable Battery, which is shown being placed into a tactical vest, is flexible and wraps around the body. (Photo: RDECOM)



Soft Li-ion batteries were used during testing of Lockheed Martin's contender for the US JLTV programme.
(Photo: Lockheed Martin)



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO



28 V LBB, ITAS



IM20-G2



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Roteiro

- Objetivo
- Introdução
- **Origem do envolvimento do DCTA/IAE em baterias de íon de lítio**
- Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio
- Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial
- Comentários finais





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Origem do envolvimento do DCTA/IAE em baterias de íon de lítio

- ✓ Programa de Offset de Aquisição da aeronave C-295 pela Força Aérea Brasileira junto à Airbus Military.
- ✓ Participação no projeto de desenvolvimento de baterias de íon de lítio para aplicação em micro UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*).
- ✓ Local: Universidad de San Pablo - Madri/Espanha
- ✓ Período: Jan/2013 – Fev/2015



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Roteiro

- Objetivo
- Motivação
- Origem do envolvimento do DCTA/IAE em baterias de íon de lítio
- **Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio**
- Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial
- Comentários finais





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

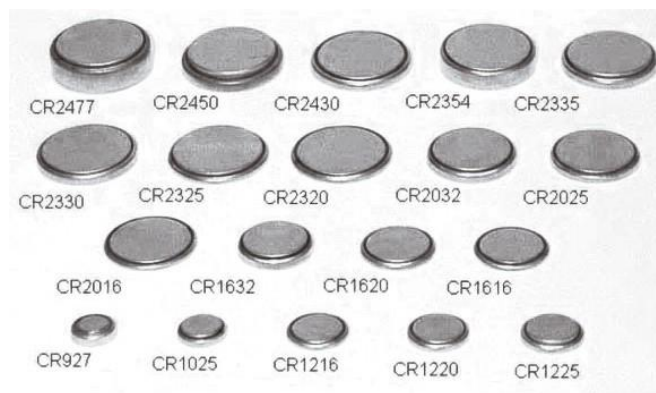
Processos de preparação de baterias *Coin Cell* (A experiência do DCTA)

1. Mescla dos materiais : anodo/catodo + carvão + PVDF (*binder*) $\Rightarrow$ se disponíveis/comerciais
2. Síntese de novos materiais $\Rightarrow$ **pesquisa e desenvolvimento de novas baterias**
3. Montagem de baterias *coin cell* em caixa seca (*glove box*)
 - ✓ Excelentes para o treinamento em laboratório das técnicas que envolvem baterias de íon de lítio.
 - ✓ Baixo custo de aquisição.
 - ✓ Facilidade de manuseio e testes.
 - ✓ Indispensável para o desenvolvimento de novos materiais (anodo e catodo).



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio



Prensagem da CR2032

(dentro da caixa seca; inserção do LiPF_6)



Caixa seca (glove box)



Coin Cell montada



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos de preparação de baterias *Coin Cell*

4. Análise de desempenho das baterias *coin cell* em banco de testes (ciclos de carga e descarga aplicados por equipamento assistido por computador)





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

5. Preparação do *slurry* para a montagem de baterias tipo *pouch cell*

- ✓ *Slurry* $\Rightarrow$ Lama formada pelos reagentes (anodo/catodo) com um solvente (NMP)
- ✓ *Pouch cell* $\Rightarrow$ baterias de maiores dimensões, muitas vezes próximas ou iguais à da bateria real
- ✓ Preparo dos reagentes idêntico ao das baterias *coin cell*
- ✓ Introdução do solvente (NMP), que junto com os reagentes, formará a lama ser aplicada nos coletores do anodo e catodo



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

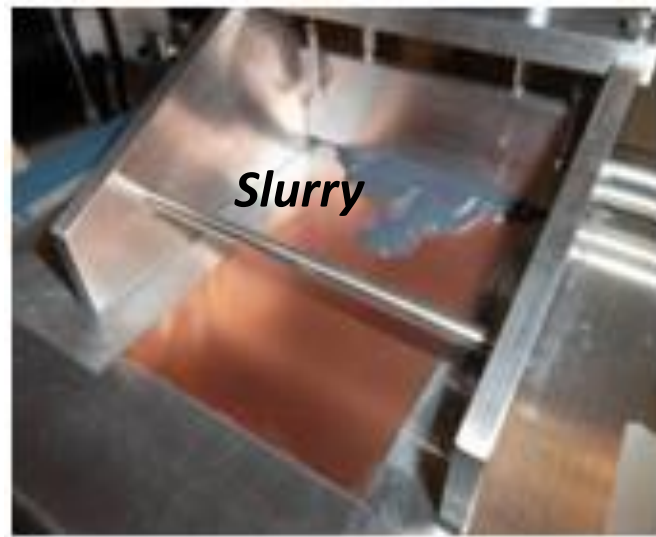
5. Preparação do *slurry* para a montagem de baterias tipo *pouch cell*



Misturador a vácuo
(reagentes + solvente)



Medidor de
viscosidade





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

6. Aplicação do slurry sobre os coletores

- ✓ Corte dos coletores (largura e comprimento)
 - ✓ Anodo $\Rightarrow$ folha de cobre; Catodo $\Rightarrow$ folha de alumínio
- ✓ Fixação das folhas dos coletores na mesa de aplicação
- ✓ Aplicação do *slurry* com equipamento *doctor blade*
- ✓ Variável de controle: espessura do material depositado $\Rightarrow$ função da energia por unidade de área que se pretende para a célula (anodo e catodo)



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

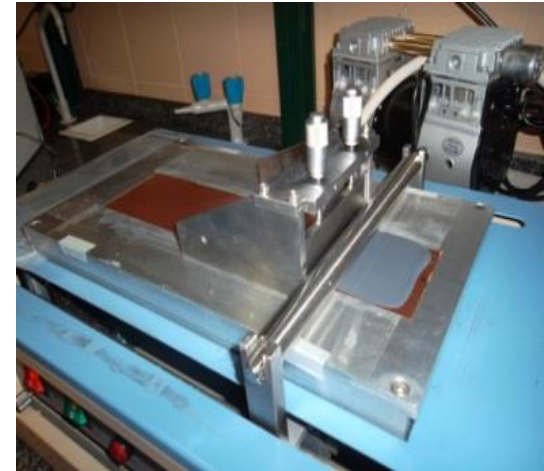
6. Aplicação do *slurry* sobre os coletores



Coletores de alumínio e cobre



Coletor sobre a mesa



Aplicação do *slurry* com o *doctor blade*



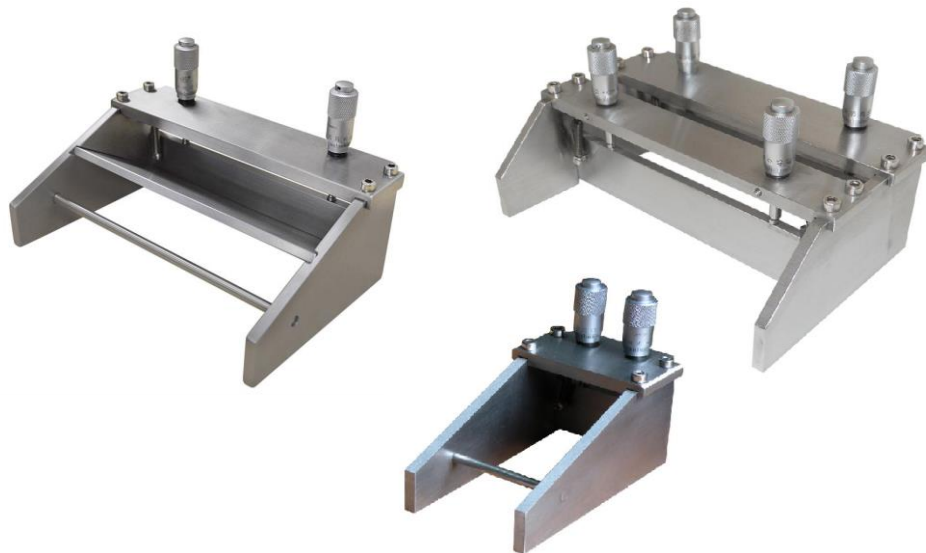
INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

6. Aplicação do *slurry* sobre os coletores



Mesa de aplicação de lama
sobre coletores



Doctor blade com diversas
larguras



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

7. Preparação dos coletores para a montagem da *pouch cell*

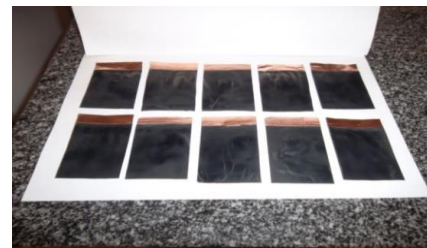
- ✓ Secagem a vácuo das folhas coletoras
- ✓ Prensagem das folhas em calandra para uniformização de espessura
- ✓ Corte das folhas coletoras em tamanhos pré-definidos, em comprimento e largura, compatíveis com as dimensões da *pouch cell*



Estufa a vácuo



Calandra



Corte das folhas



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

8. Introdução dos coletores no invólucro *pouch cell* e soldagem dos coletores



Invólucro *pouch cell*



Contatos



Pouch cell com contatos soldados



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

9. Selagem e apronto final da *pouch cell*



Selador a vácuo de *pouch cell*



Câmara de difusão
(remoção de ar da *pouch cell*)



Caixa seca



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

10. Testes das baterias *pouch cell*



Pouch Cell formadas



Banco de testes de baterias



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio

- ✓ Custos para a montagem de um laboratório piloto
 - ✓ US\$ 3.000.000,00 $\Rightarrow$ equipamentos + materiais + consultoria/treinamento + diárias + passagens aéreas + bolsas
 - ✓ Não há necessidade de investimentos em infraestrutura civil
 - ✓ Entendimentos IAE, PTI e UFSCar.



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Roteiro

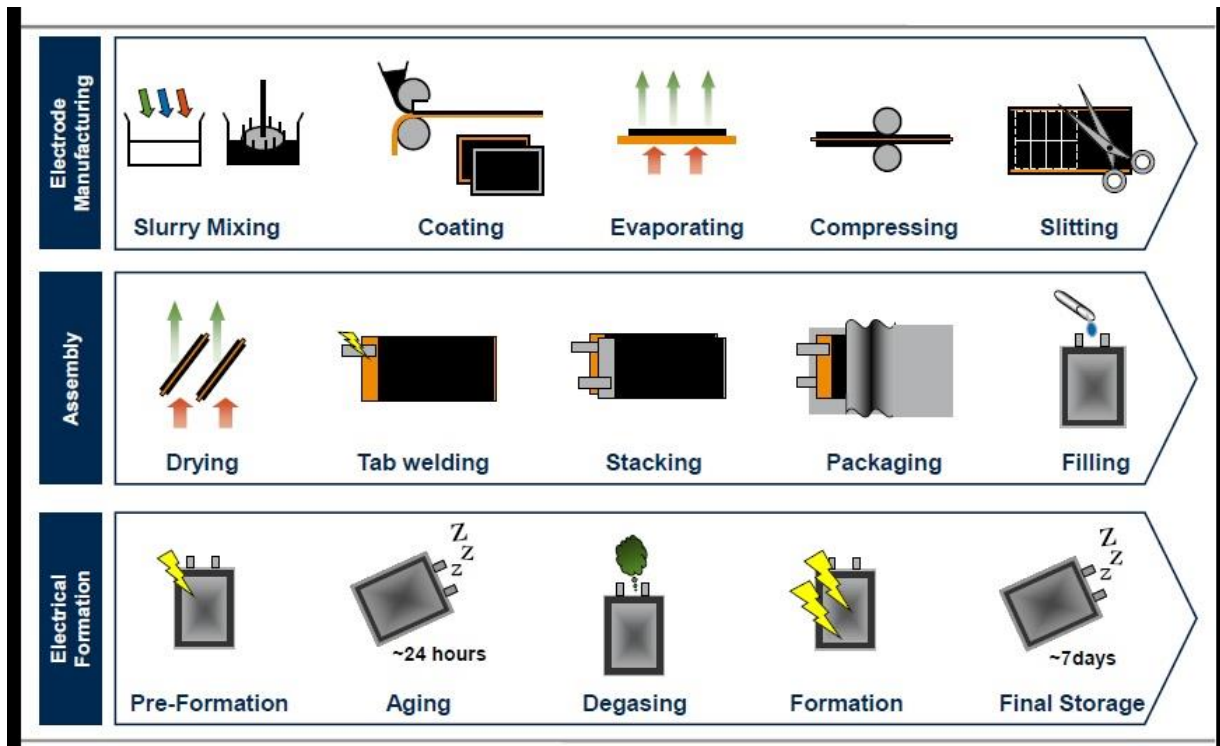
- Objetivo
- Motivação
- Origem do envolvimento do DCTA/IAE em baterias de íon de lítio
- Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio
- **Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial**
- Comentários finais





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial

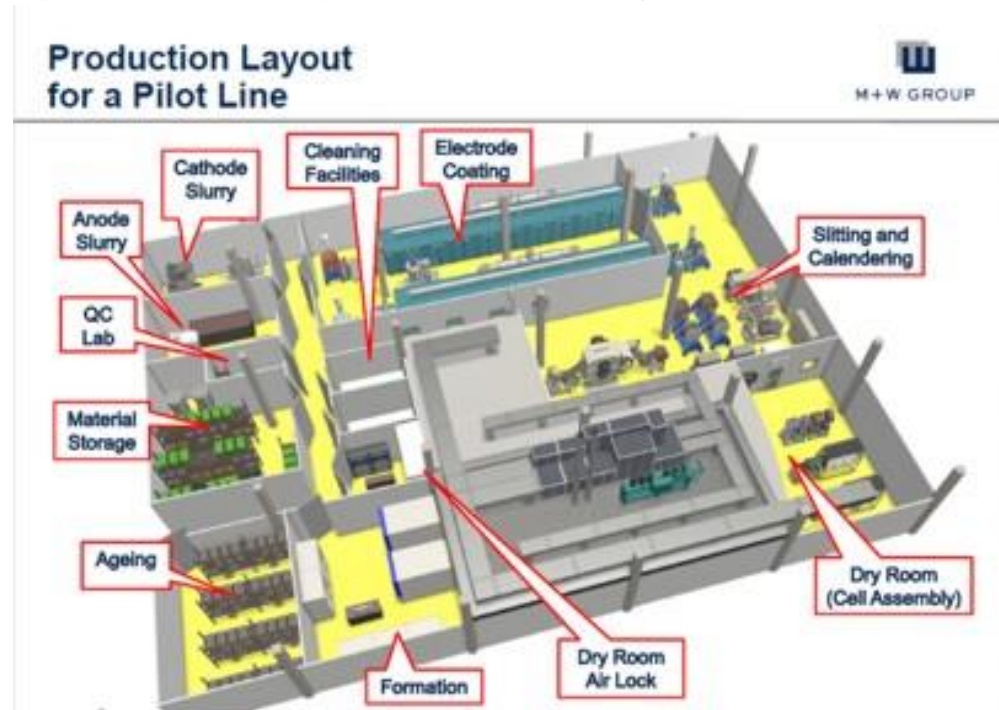




INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial

Planta para
linha piloto





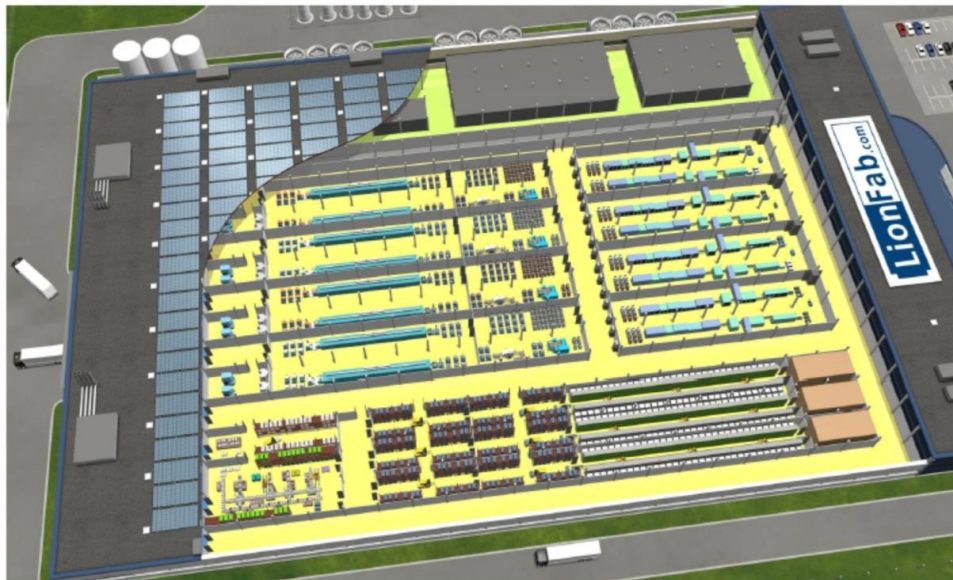
INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial

Factory Concept
Large Scale Production 400 MWh/a



Planta escala
industrial





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial

✓ Algumas empresas fornecedoras de plantas piloto e industrial



M+W GROUP



SIEMENS

Ingenuity for life

SOVEMA GROUP



Equipment for Lithium
Batteries

HITACHI
Inspire the Next



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Roteiro

- Objetivo
- Motivação
- Origem do envolvimento do DCTA/IAE em baterias de íon de lítio
- Processos laboratoriais de fabricação de baterias de íon de lítio
- Processos e equipamentos para fabricação em escala industrial
- **Comentários finais**





INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Comentários Finais

- ✓ Importância do uso de baterias de íon de lítio na “indústria” de Defesa
 - ✓ Mercado mundial, aplicações militares e o potencial de mercado no Brasil no âmbito da Defesa
- ✓ *O envolvimento do DCTA/IAE no desenvolvimento de baterias de íon e lítio (Offset)*
 - ✓ *Negociações: IAE + PTI + UFSCar*
- ✓ *Processos e equipamentos para um laboratório de protótipos (custo de implantação)*
- ✓ *Uma breve abordagem sobre plantas para escala piloto e industrial (possíveis fornecedores)*



INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Fim

*Muito obrigado a todos
pela atenção*