

Aplicações em OTIMIA

Otimização + Inteligência Artificial

Prof^a Laura Bahiense

PESC/COPPE/UFRJ

Otimização

O que é Otimização? (1/2)

- **Otimização** possui o mesmo radical de **ótimo**, que significa **melhor**.
- Portanto, quando **otimizamos** algo, estamos tornando-o **melhor**.
- Dependendo do contexto, o conceito de **melhor** pode variar:
 - ✓ Se você pratica ginástica olímpica, busca , por exemplo, **maximizar** a precisão de seus exercícios e **minimizar** as quedas e as dores.
 - ✓ Se você é dono de um restaurante, busca, por exemplo, **maximizar** o sabor dos pratos, a qualidade da comida, a satisfação de seus clientes e **minimizar** os custos e os desperdícios.



O que é Otimização? (2/2)

- **Otimização** é uma área interdisciplinar da Matemática Aplicada que utiliza **modelos** (matemáticos, estatísticos, de aprendizado de máquina...) e **algoritmos** (exatos, heurísticos, híbridos) para o **apoio à tomada de decisões** na **resolução de problemas complexos do mundo real**.
- A **tomada de decisões** está presente em qualquer processo que envolva gestão.
- **Decidir** → escolher dentre diversas alternativas viáveis.



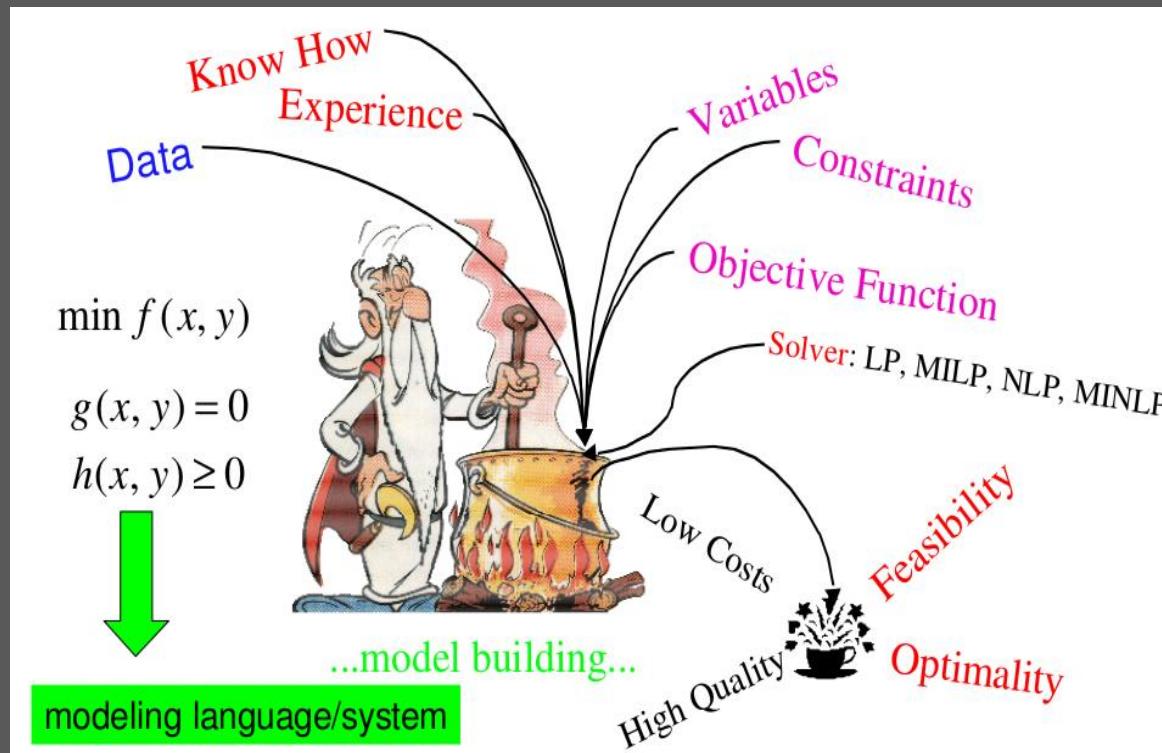
O papel do decisor

- Identificar o problema.
- Definir o problema.
- Formular o(s) objetivo(s).
- Analisar as limitações.
- Avaliar as alternativas viáveis e escolher a melhor.



<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9Gc1nZQzg2syAhp2Re98w7OnAa8Dq8MahYHf2YA&usqp=CAU>

Modelagem = Alquimia



- A resolução de problemas reais complexos requer a **combinação de modelos e métodos computacionais provenientes de diferentes áreas da computação**.
- Buscam-se desenvolver **algoritmos computacionalmente tratáveis, robustos e eficientes, que garantam estabilidade e convergência** na solução destes problemas.

Principais técnicas de resolução

- Algoritmos **exatos** → alto custo computacional; garantem otimalidade (desde que se tenha memória e capacidade de processamento).
- Algoritmos **heurísticos** → baixo custo computacional; não garantem otimalidade.
- Para obter melhores resultados → **combinam-se as duas estratégias!**



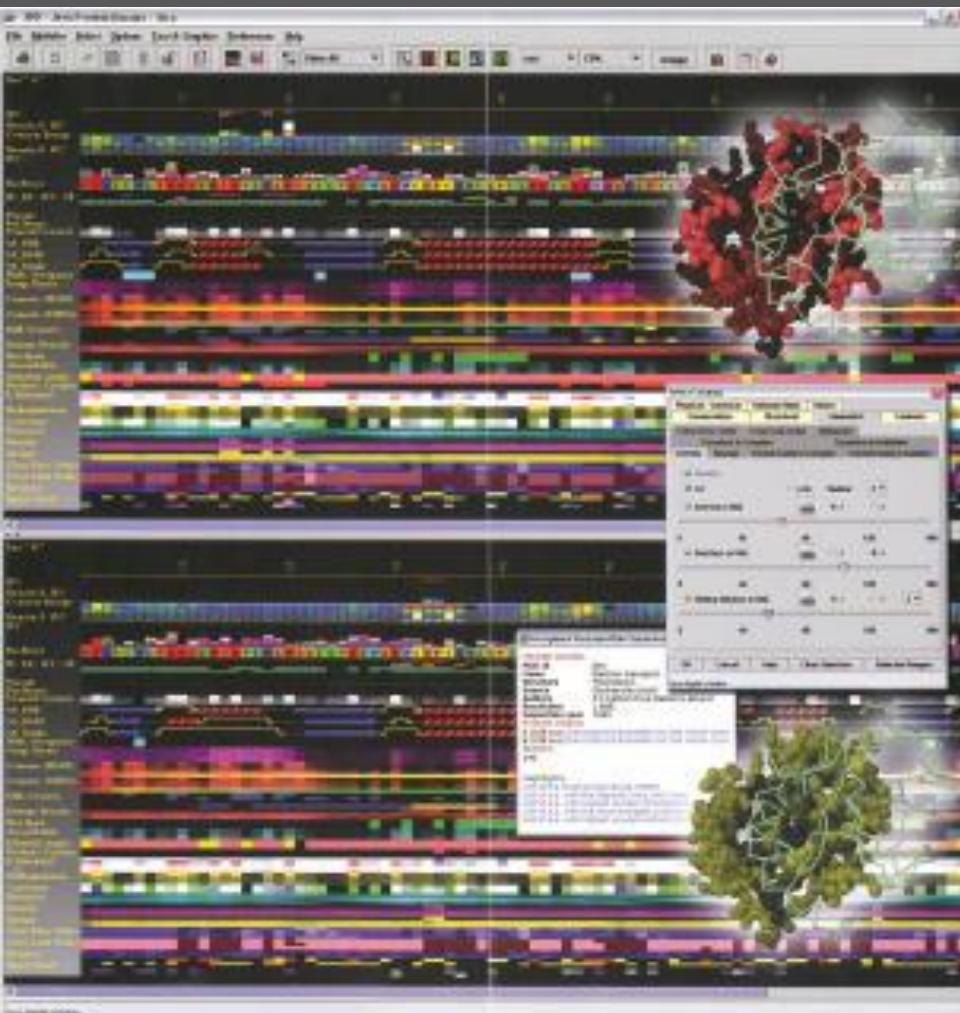
Aprendizado de Máquina

Aprendizado de máquina



- **Aprendizado de máquina (ML) → indução de aprendizado a partir de dados.**
- Existem vários tipos de técnicas e modelos, e o sucesso na sua aplicação ao problema alvo não se deve tanto à escolha dessas técnicas e modelos, mas sim ao **bom uso das técnicas e modelos**.

Quando é interessante usar ML?



- Quando existem **padrões presentes nos dados**.
- Quando não se consegue estabelecer a relação funcional de forma precisa.
- Quando se tem uma **boa (qualidade e grande) massa de dados para explorar**.

Como se deve usar ML?

- É **muito importante entender profundamente o que se está fazendo**: simplesmente apertar o botão do software não é suficiente.
- Para isso, **é importante compreender a matemática (métodos estatísticos e probabilísticos) que embasa cada modelo**.
- Além disso, **é importante tratar** (remoção de outliers ou ruídos, aplicação de filtros de suavização, padronização, seleção de variáveis, visualização gráfica etc.) **previamente os dados**.
- Por fim, é muito importante que o problema seja o mote, e não as técnicas e modelos, i.e., **deve-se partir do problema para escolher a técnica ou modelo**.

Modos de aprendizado (1/2)

- **Aprendizado supervisionado** → o algoritmo de ML é treinado (aprende) sobre um conjunto de dados de entrada de treinamento, para apurar sua capacidade de chegar a uma conclusão precisa quando receber dados de entrada novos. Encontrar a função preditora é um problema de otimização.
- **Aprendizado não supervisionado** → o algoritmo recebe um conjunto de dados, e é encarregado de encontrar padrões (estruturas particulares) e correlações neles (redução de dimensionalidade, agrupamentos e associações).

Modos de aprendizado (2/2)

- **Aprendizado por reforço** → o algoritmo de ML aprende diretamente a partir de sua interação com o ambiente, sem precisar conhecer a priori como o ambiente comportar-se-á em resposta às suas ações.
- A dinâmica do ambiente é aprendida através da escolha entre:
 - ✓ **Diversificação** – explorar novos estados para refinar o conhecimento do ambiente para possíveis melhorias no longo prazo (muito frequente no início do processo), e
 - ✓ **Intensificação** – tirar proveito dos melhores cenários aprendidos até o momento, i.e., tomar a melhor decisão com base nas informações atuais (mais frequente após o agente já ter um conhecimento razoável do ambiente).

OTIMIA:
Otimização +
IA (aprendizado de máquina)

Otimização + ML = OTIMIA

- Aprendizado de máquina → **orientar decisões de ramificação forte** em árvores de decisão baseadas em branch-and-bound.
- Aprendizado de máquina → **gerenciar heurísticas primais** em árvores de decisão baseadas em branch-and-bound.
- Aprendizado de máquina → **desenvolver hiper-heurísticas primais**: métodos de busca, de propósito geral, que gerenciam, de forma dinâmica e adaptativa, a seleção de outras heurísticas ou componentes dessas heurísticas para a resolução aproximada e eficiente de problemas complexos advindos de aplicações reais.

Problemas complexos de IA e Otimização – aplicações reais

Aplicação I – Energia (1/5)

Planejamento da expansão de geração e transmissão

- Gerar e transmitir energia elétrica de forma econômica e sustentável.
- Brasil – vantagem competitiva: 80% de fontes renováveis.



<https://www.mecanicaindustrial.com.br/wp-content/uploads/2012/03/parque-aeolico.jpg>



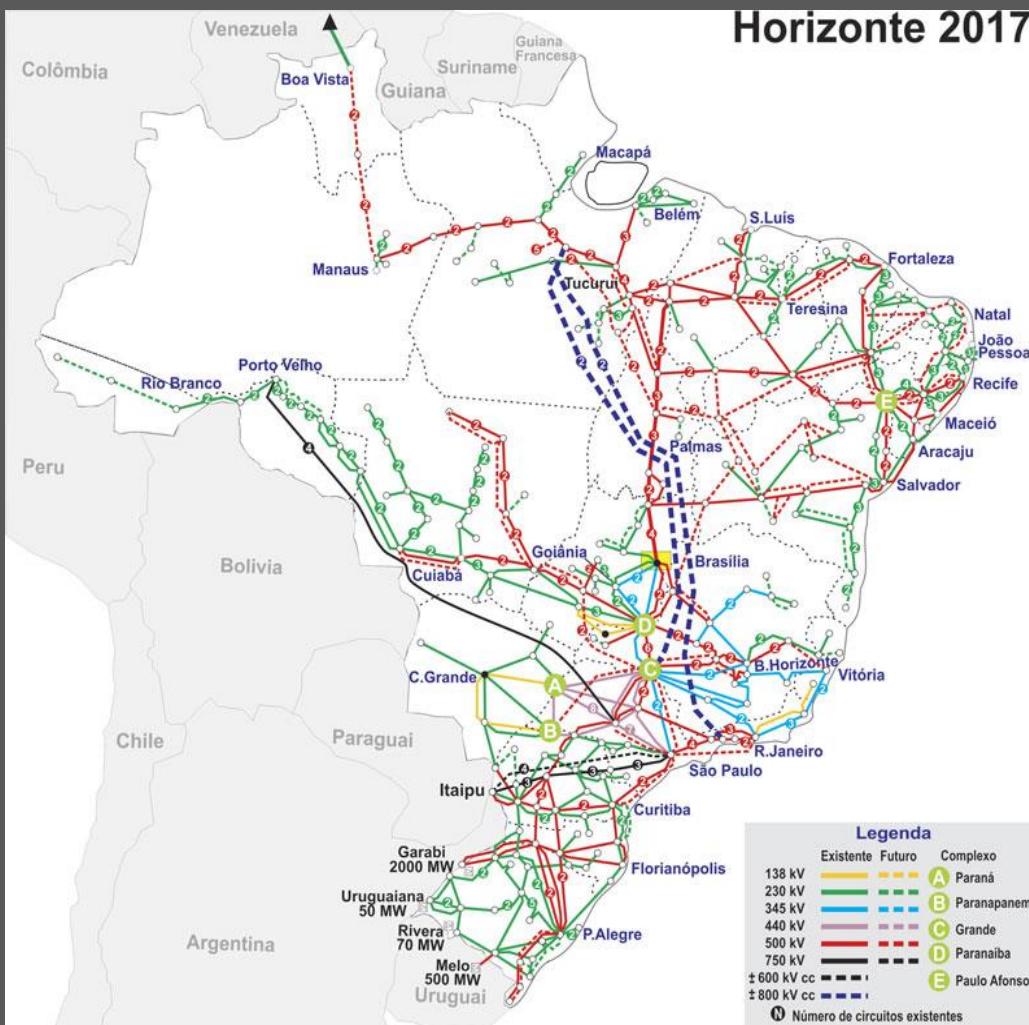
<https://www.comboiguassu.com.br/img/clientes/3/postagens/itaipu-binacional.jpg>



<http://www.edfnortefluminense.com.br/images/empresaApresentacao.jpg>

Aplicação I – Energia (2/5)

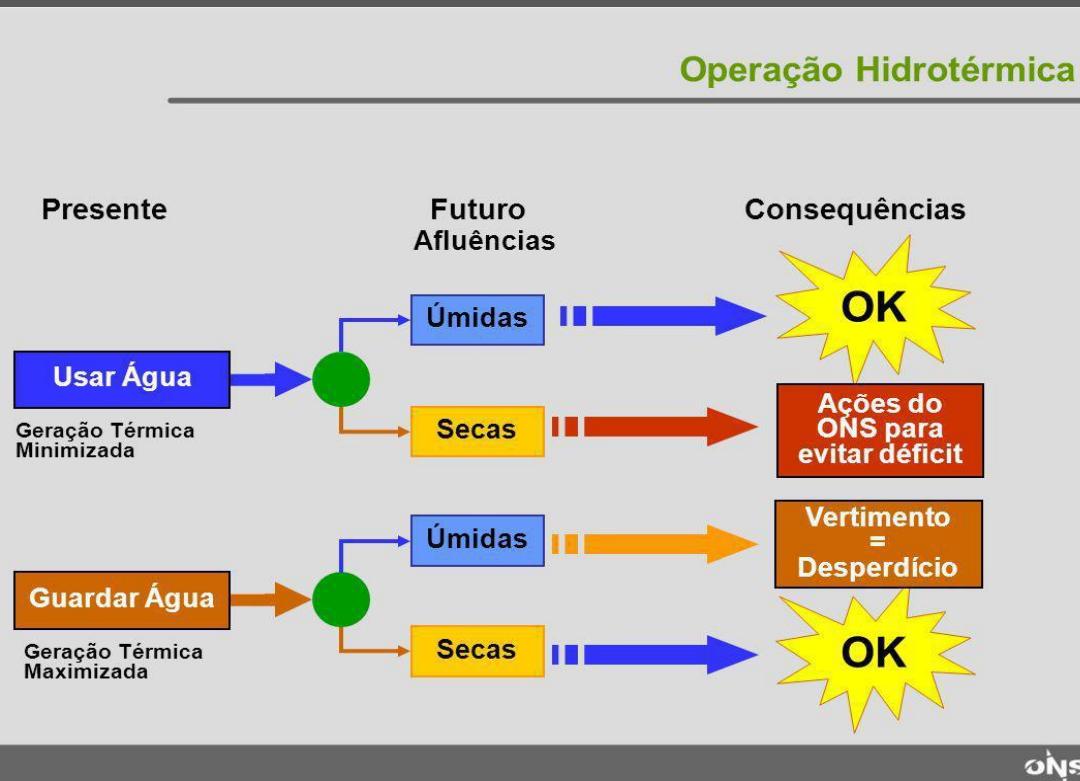
Planejamento da expansão de geração e transmissão



- Problema desafiador de grande porte:
 - ✓ O Sistema Interligado Nacional (SIN) possui mais de 100.000km de linhas de transmissão.
 - ✓ Sistema hidrotérmico de grande porte com capacidade de regularização (reservatórios).
 - ✓ Acoplamentos temporal e espacial
 - ✓ Sazonalidades inter e intra anuais

Aplicação I – Energia (3/5)

Planejamento da expansão de geração e transmissão



➤ Acoplamento temporal:

- ✓ O que fazer para gerar energia hoje?
 - Usar a água armazenada nos reservatórios das hidrelétricas (baixo custo), ou
 - Despachar as térmicas (alto custo)?
- ✓ O custo imediato da energia impacta no custo futuro da energia, altamente dependente das vazões dos rios no futuro, podendo levar a vertimento ou déficit.

Aplicação I – Energia (4/5)

Planejamento da expansão de geração e transmissão

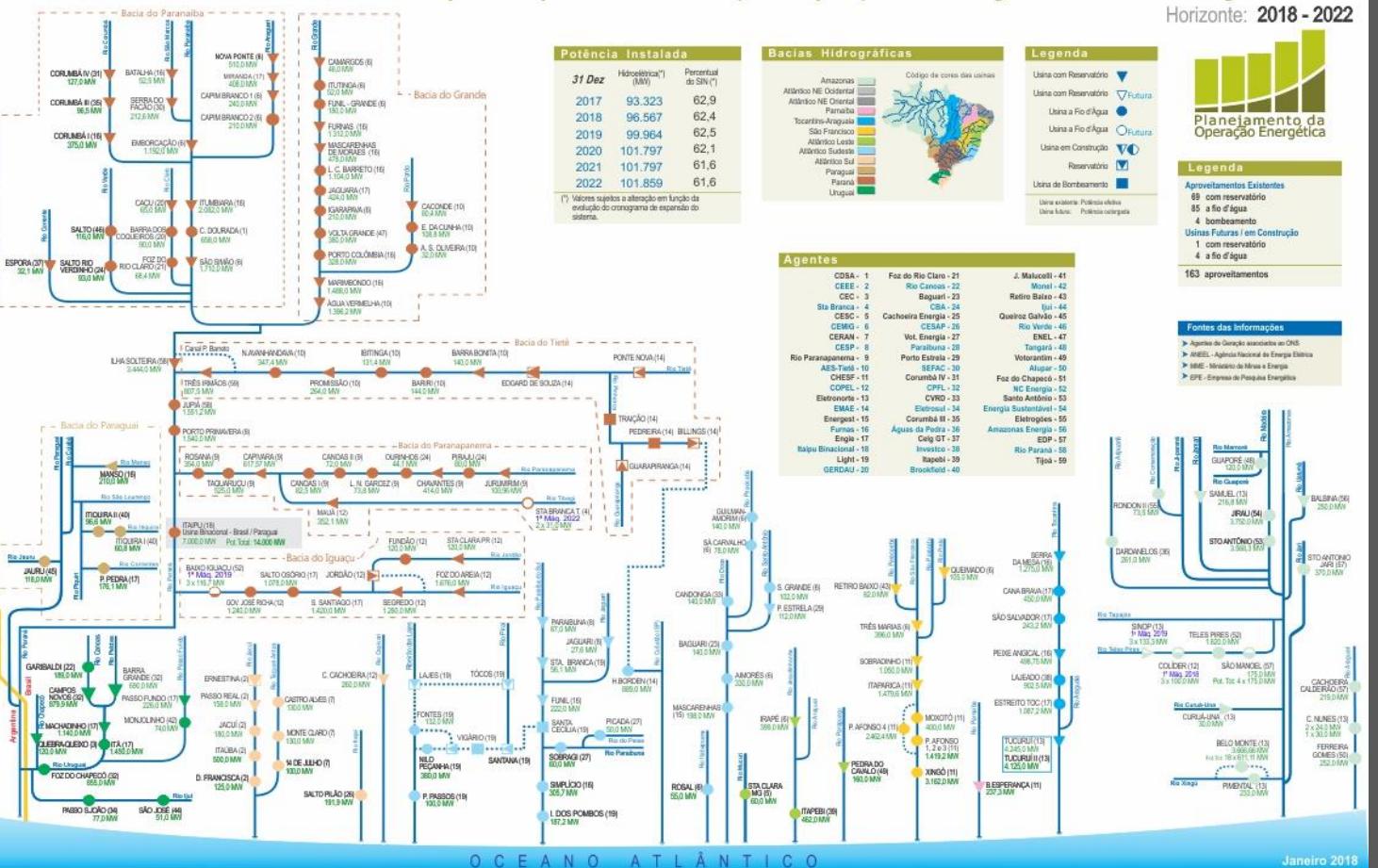


Ope
rador Nacional
do Sistema Elétrico

Diagrama Esquemático das Usinas Hidroelétricas do SIN

Usinas Hidroelétricas Despachadas pelo ONS na Otimização da Operação Eletroenergética do Sistema Interligado Nacional

Horizonte: 2018 - 2022



Acoplamento espacial:

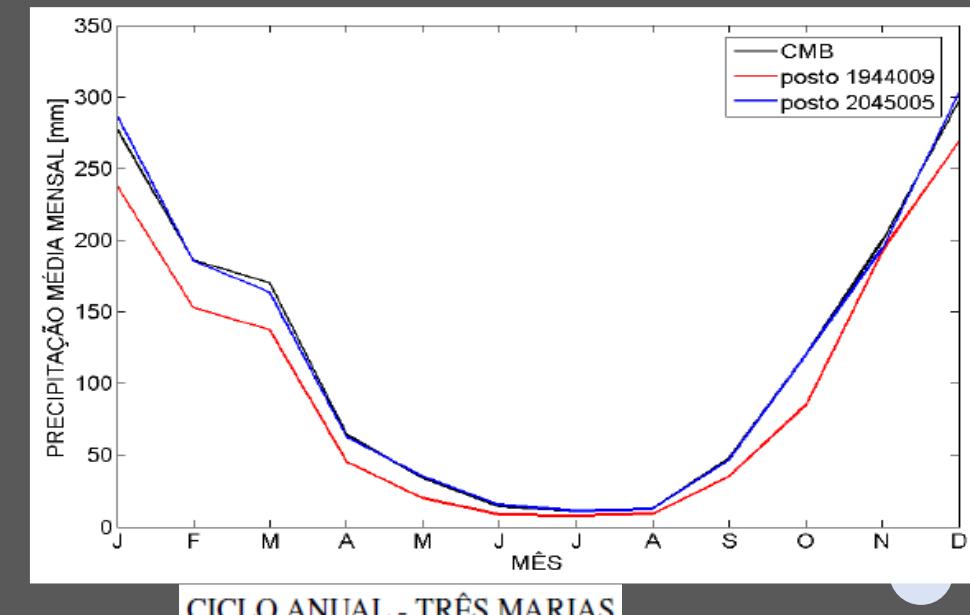
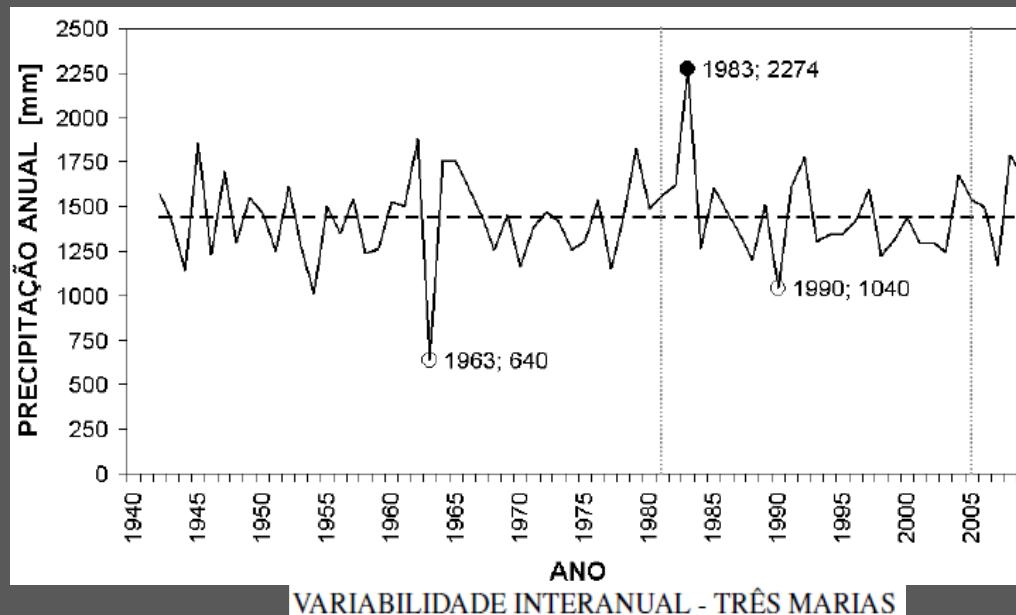
- ✓ Ao regularizar uma bacia, a usina afeta as demais usinas que se conectam hidráulicamente a ela.

Aplicação I – Energia (5/5)

Planejamento da expansão de geração e transmissão

➤ Sazonalidades inter e intra anuais:

- ✓ Anos (meses) mais úmidos × anos (meses) mais secos.
- ✓ Exemplo: usina de Três Marias, bacia do rio São Francisco.



Aplicação II – Petróleo e Logística

Transporte marítimo de cargas e programação de berços (1/5)



➤ As operações marítimas de E&P no Brasil são apoiadas por um sistema logístico e de serviços (apoio marítimo), composto por portos, armazéns, embarcações, aeródromos, helicópteros.

Aplicação II – Petróleo e Logística

Transporte marítimo de cargas e programação de berços (2/5)

- Embarcações especializadas transportam cargas de convés para as unidades marítimas (UMs) (plataformas e sondas) das bacias de Campos, Espírito Santo e Santos, a partir dos portos de Açu, Vitória e Rio de Janeiro.
- As unidades marítimas enviam demandas, janelas de tempo de atendimento ao longo do dia, e periodicidade semanal de recebimento.



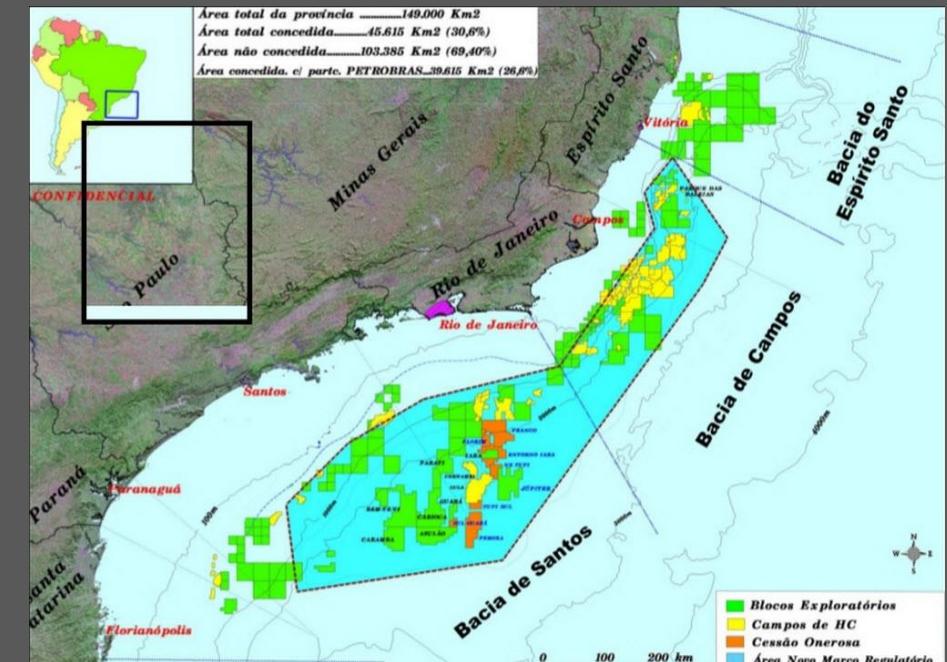
<http://www.petronoticias.com.br/wp-content/uploads/2015/09/PSV.jpg>



<http://www.informativodospontos.com.br/wp-content/uploads/2011/04/plataforma-petrobras-1.jpg>



<https://petronoticias.com.br/wp-content/uploads/2014/11/navio-sonda.jpg>



https://www.2bjtconsulting.com/wp-content/uploads/2012/10/Petrobras_Pre-salt_Santos-basin_Campos-Basin_Esperito-Santo-Basin_Map.jpg

Aplicação II – Petróleo e Logística

Transporte marítimo de cargas e programação de berços (3/5)



- Cargas de convés: água potável, rancho, carga geral, tubos, risers, produtos químicos, água industrial, fluidos e insumos de perfuração.

Aplicação II – Petróleo e Logística

Transporte marítimo de cargas e programação de berços (4/5)

- Transporte das cargas – desafiador: Problema de agrupamento + Problema de roteirização periódica das UMs com janelas de tempo + Problema de dimensionamento de frota heterogênea.

Freq	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
1	x						
		x					
			x				
				x			
					x		
						x	
2	x			x			
	x				x		
		x			x		
		x				x	
			x			x	
				x			x
3	x		x		x		
	x		x			x	
		x			x		
		x		x		x	
		x			x		x
			x		x		x

Fonte própria



Aplicação II – Petróleo e Logística

Transporte marítimo de cargas e programação de berços (5/5)

- Programação dos berços – desafiador: Problema de alocação dos berços + Problema de escalonamento das atividades de carga e descarga nos berços.

Class #	3B													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PSV 4500 #1	1362			686			1094			1238				
PSV 4500 #2		1013			1331			1362			686			
PSV 4500 #3			1238			1131			1013		1331			
PSV 4500 #4				1336			39			1336				
PSV 3000 #1	22		167		972			22		167				
PSV 3000 #2		267			31		113		267		31			
PSV 1500 #1	933	49	937	265		933	49	937		265				

Fonte própria

- Fontes de incerteza: condições de mar, tempos de viagem, tempos de carga e descarga nos berços e nas UMs, demandas das Ums (sondas principalmente).

Aplicação III – Saúde (1/2)

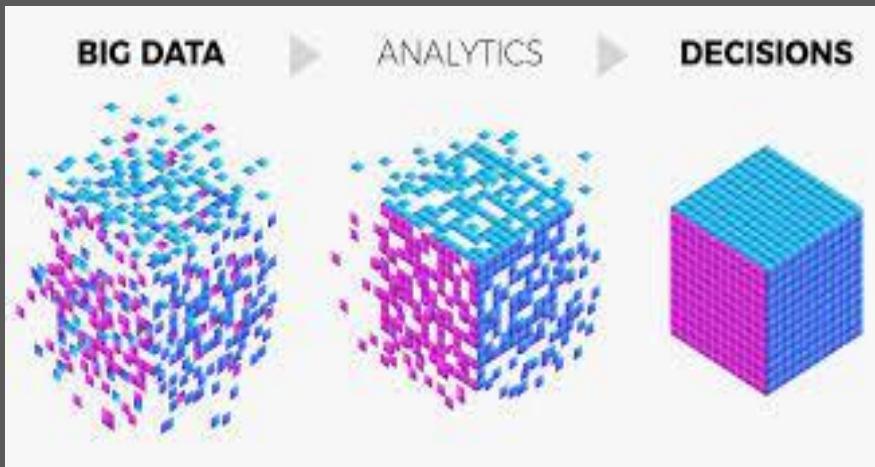
- Influência de cirurgias tardias na deterioração da qualidade de vida dos pacientes – caso de estudo do INTO



- **Longos tempos de espera** por cirurgias eletivas estão associados à **deterioração da qualidade de vida dos pacientes.**
- Característica eletiva das cirurgias ortopédicas + Capacidade limitada do sistema + Falta de planejamento integrado → **Tempos de espera muito longos.**

Aplicação III – Saúde (2/2)

- Influência de cirurgias tardias na deterioração da qualidade de vida dos pacientes – caso de estudo do INTO
 - A partir dos dados cirúrgicos do INTO, é possível inferir a associação entre **cirurgias tardias e piora do prognóstico em pacientes** (principalmente idosos)?
 - Que **fatores** estão associados à **morte** do paciente?
 - Pacientes **transferidos de outros hospitais** costumam esperar mais tempo para a cirurgia. Isso afeta o **resultado das cirurgias**? Como?
 - Que tipos de **comorbidades** afetam negativamente o prognóstico?
 - Alguns **tipos de cirurgias** têm **pior prognóstico**?



Obrigada pela atenção! 😊