

META II FORMAÇÃO DE PREÇO

Propostas para o preço por oferta

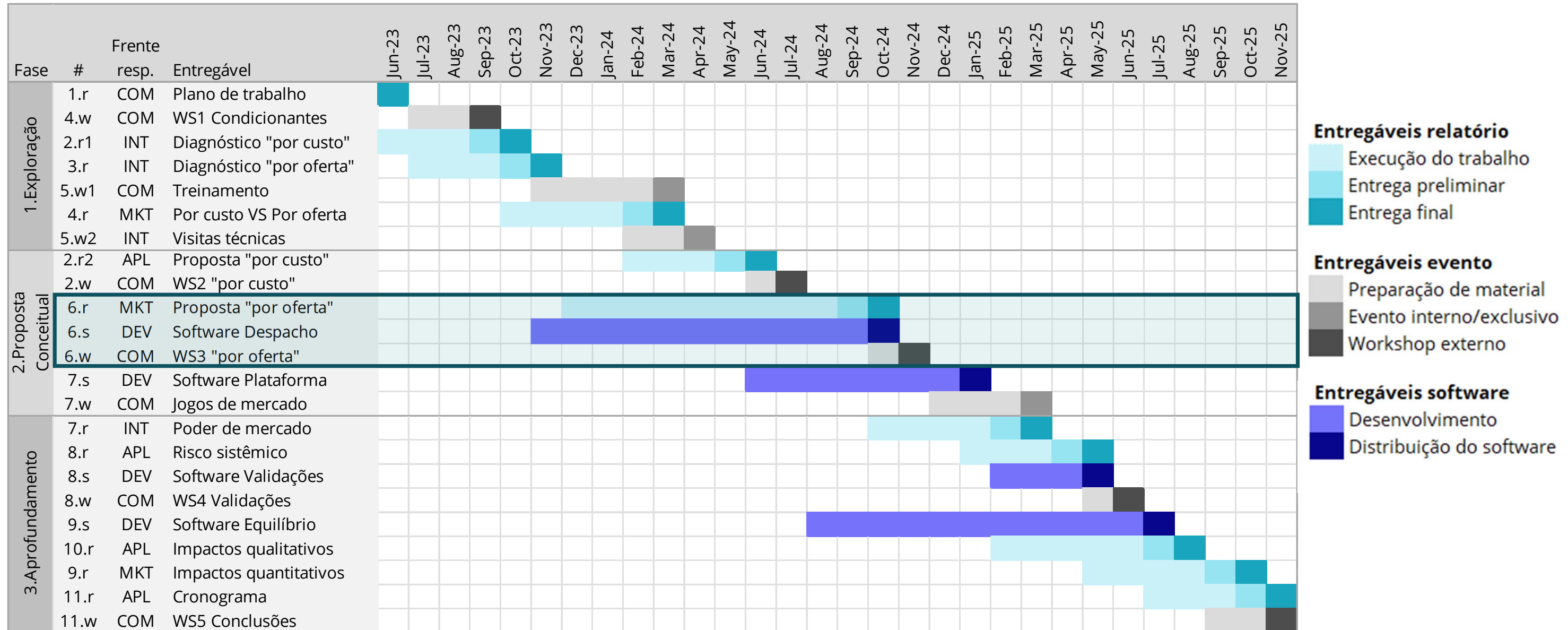
Apresentação às instituições

4 de novembro de 2024

Contexto do projeto



Propostas preço por oferta: e6r + e6s + e6w



- Entregáveis relatório**
 - Execução do trabalho
 - Entrega preliminar
 - Entrega final
- Entregáveis evento**
 - Preparação de material
 - Evento interno/exclusivo
 - Workshop externo
- Entregáveis software**
 - Desenvolvimento
 - Distribuição do software

Sumário



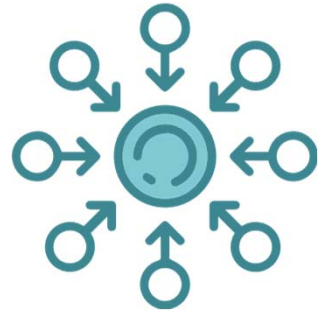
1. Fundamentos
2. Proposta base
3. Reservatório virtual



01 Fundamentos



Distinção fundamental

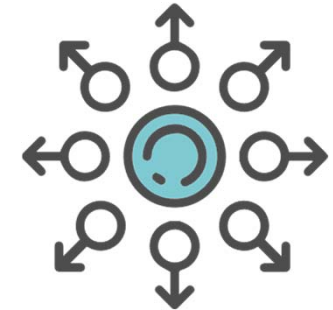


POR CUSTOS

Mais centralizado
do planejador para os agentes

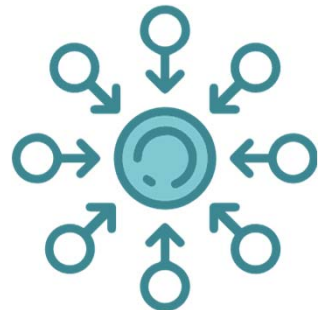
POR OFERTAS

Mais descentralizado
dos agentes para o planejador



Espectro de possibilidades de desenho

Recomendação do relatório 4

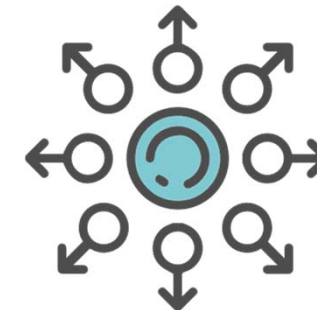


POR CUSTOS

Mais centralizado
do planejador para os agentes

POR OFERTAS

Mais descentralizado
dos agentes para o planejador

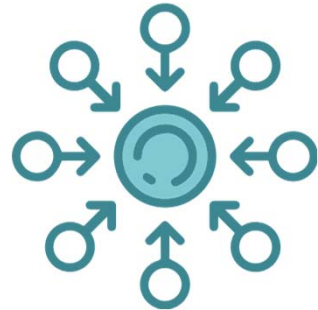


Espectro de possibilidades de desenho

“Modelos híbridos”

- **Extraem valor** das informações descentralizadas dos agentes
- **Sem abrir mão** da prudência / supervisão centralizada

Exploramos no último relatório e Workshop

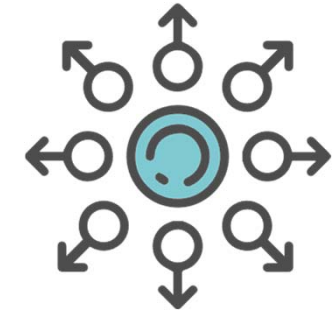


POR CUSTOS

Mais centralizado
do planejador para os agentes

POR OFERTAS

Mais descentralizado
dos agentes para o planejador



Espectro de possibilidades de desenho

CONSCIENTIZAÇÃO

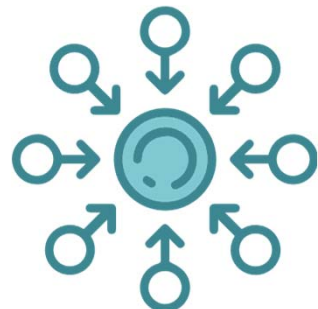
ESFORÇO
REGULATÓRIO E
SISTEMATIZAÇÃO

DESENVOLVIMENTO E
IMPLEMENTAÇÃO

“Híbridos partindo do modelo por **custo**”

- Mantêm a lógica central do modelo atual
- **Introduzem incentivos** – por exemplo, liquidação dupla

Tema do próximo relatório e Workshop

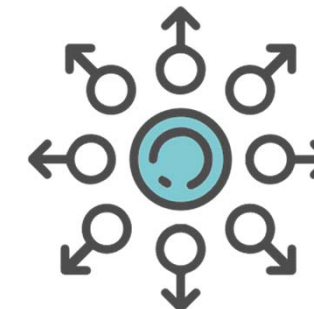


POR CUSTOS

Mais centralizado
do planejador para os agentes

POR OFERTAS

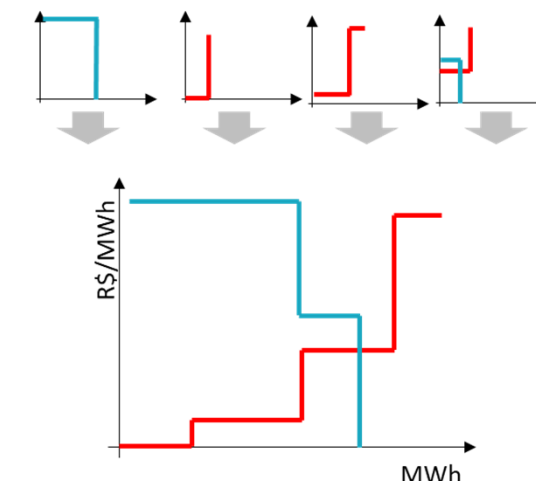
Mais descentralizado
dos agentes para o planejador



Espectro de possibilidades de desenho

“Híbridos partindo do modelo por oferta”

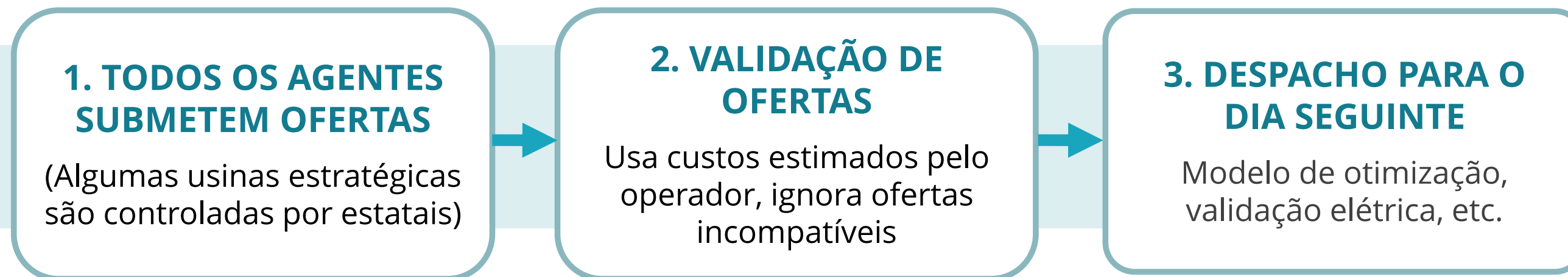
- Mudança de paradigma do modelo atual
- Ônus da prova – demonstrar que mudança é desejável



“Híbridos por oferta” comuns na prática

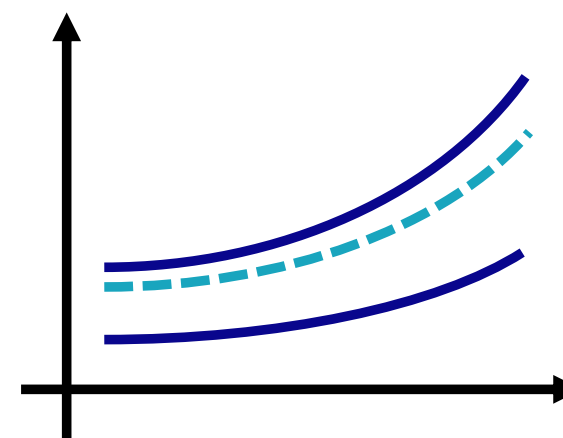


Caso dos modelos de mercado no México e Vietnã (países que adotam um modelo “**por custo**”):



EXEMPLO:

validação para termelétricas
(limite máximo e mínimo)



1 VND/kWh até o CVU estimado



0 até 110% do CVU estimado

Tipos de “oferta” já presentes no Brasil hoje



Elementos “híbridos” atualmente são tratados **caso a caso** (específicos por tecnologia)

Tipo de agente	Frequência de declaração	Influencia preço (<i>ex ante</i>)?	Influencia despacho até o PDO?	Pedidos de alterações pós PDO?
Disponibilidade & Inflexibilidade UTE	Semanal + Diária	Sim	Sim	Sim
CVU UTE	Semanal (até 100% do CVU oficial)	Sim	Sim	Não
CVU UTE para RRO	Semanal (até 130% do CVU oficial)	Não	Sim	Não
Importação / Exp. UTE / Exp. EVT	Diária (CVU Importação Semanal)	Não	Sim	Sim
Resposta da demanda	Diária	Não*	Sim	Não*
Ajuste perfil hidrelétricas	Diária (pós-DESSEM)	Não	Sim	Sim

Separando a proposta em “etapas”



Introdução do mecanismo “por oferta”

- **Relatório 6**
- Sistematização de como os agentes **submetem informação**, de forma **extremamente flexível** e **neutra à tecnologia**
- Demonstrar que **é possível traduzir** a representação “por custo” na representação “por oferta”
- Demonstrar que o desenho proposto **é compatível** com os fundamentos e a experiência internacional (capaz de extrair informação descentralizada)

Introdução de elementos de validação “híbridos”

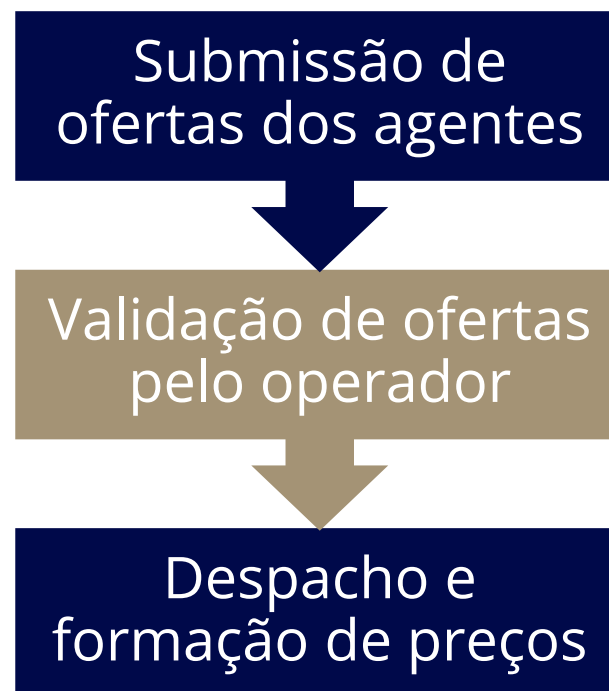
- **Relatórios 7 e 8**
- Sistematização de como o operador **valida informação** submetida pelos agentes, segundo **regras claras** e **estruturadas**
- Demonstrar que **é possível traduzir** a informação do operador em “restrições” às ofertas submetidas
- Demonstrar que o desenho proposto **é compatível** com as preocupações das instituições e da sociedade (capaz de garantir a prudência na supervisão)

Etapa de “validação” na prática

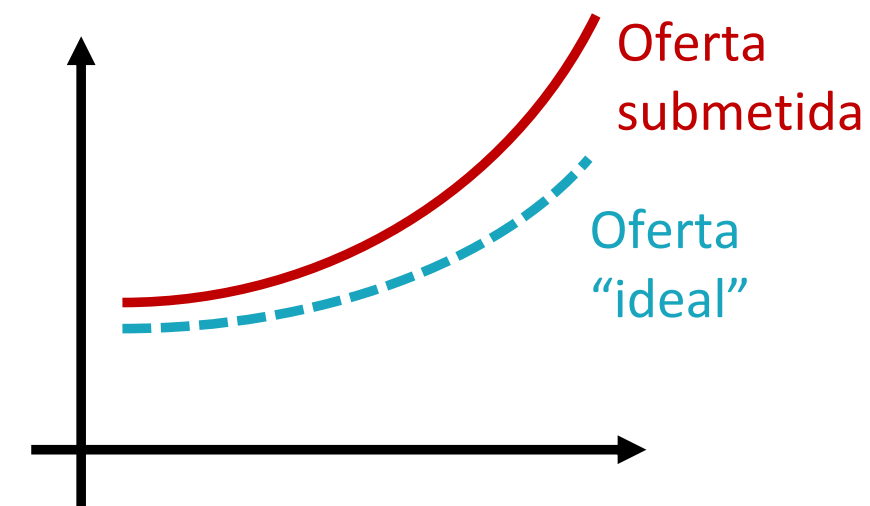


Será endereçada em relatórios futuros

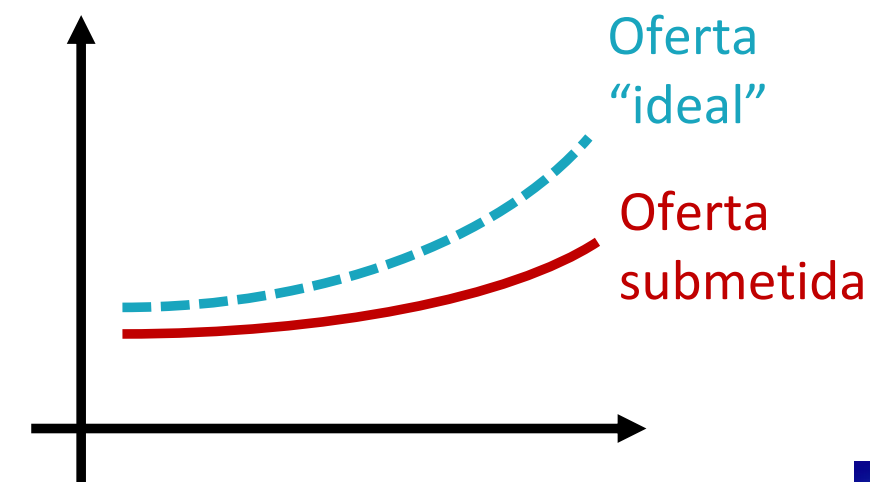
- O **mesmo tipo** de processo de validação pode ser usado para combater **duas** preocupações comuns do modelo por oferta:
 - **Poder de mercado**
 - **Segurança de suprimento**
- Fundamentalmente relacionados a **ofertas não críveis** de alguma forma (sobrescritas pelo operador)



Agentes ofertam **muito caro**
(poder de mercado)



Agentes ofertam **muito barato**
(segurança de suprimento)

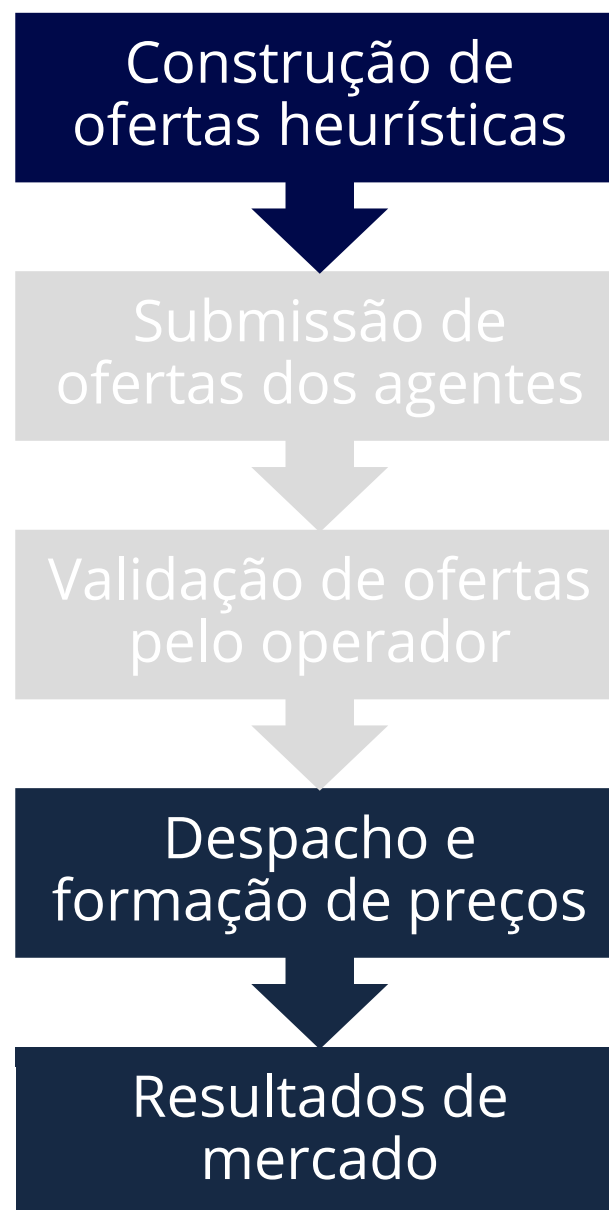


Esforço de modelagem de software



IARA: modelo de liquidação

- **Estará disponível** na data do Workshop primeira versão pública do modelo IARA
- Capaz de analisar os sinais de preço sob diferentes **cenários regulatórios** (com ou sem elementos híbridos por custo VS por oferta)
- Mesmo sem as **funcionalidades completas** de submissão e validação de ofertas, possível extrair bastante informação



Expectativa ao final do projeto

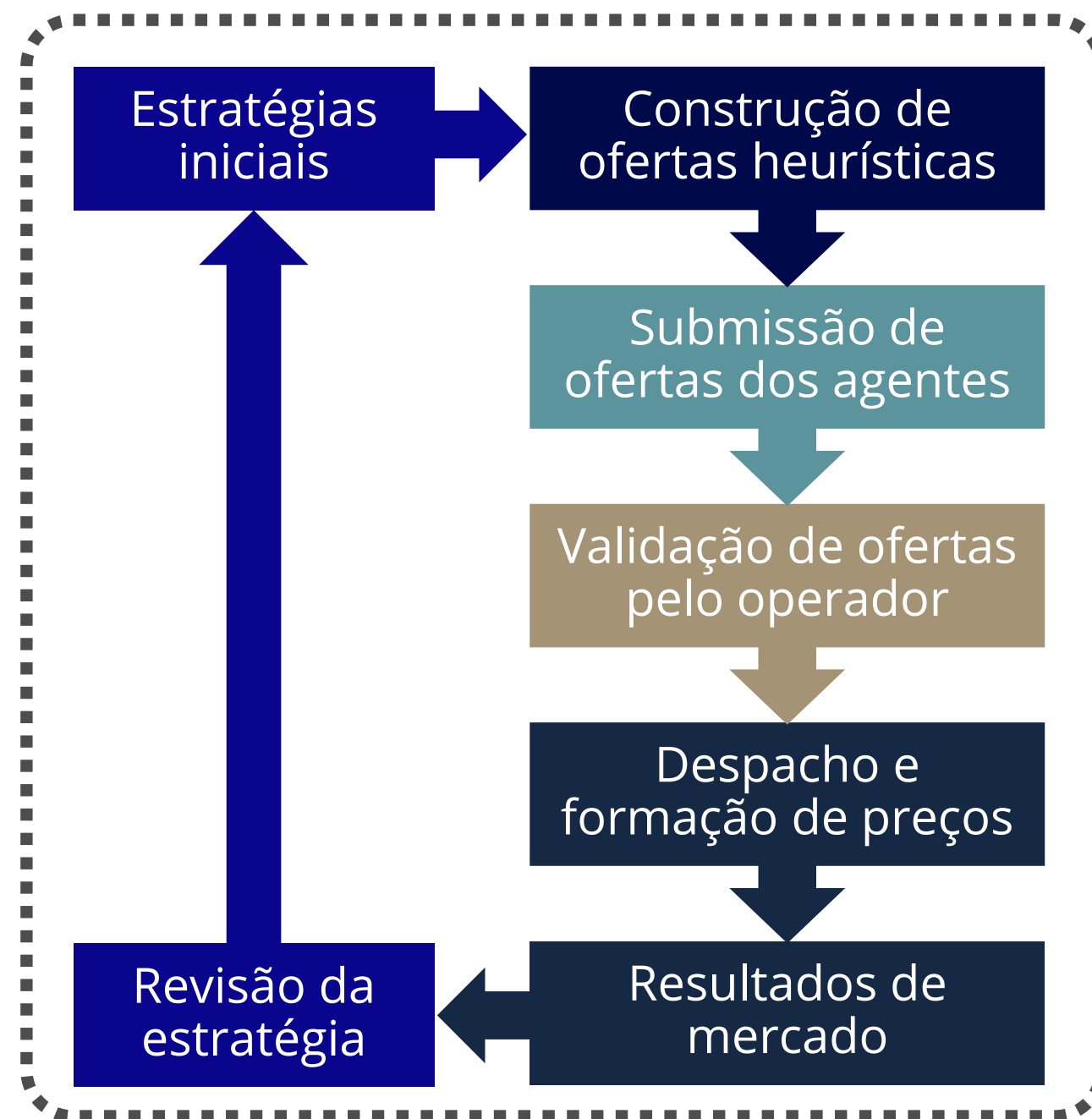


e.6.s:
Despacho

e.7.s:
Plataforma

e.8.s:
Validação

e.9.s:
Equilíbrio



IARA: modelo de equilíbrio

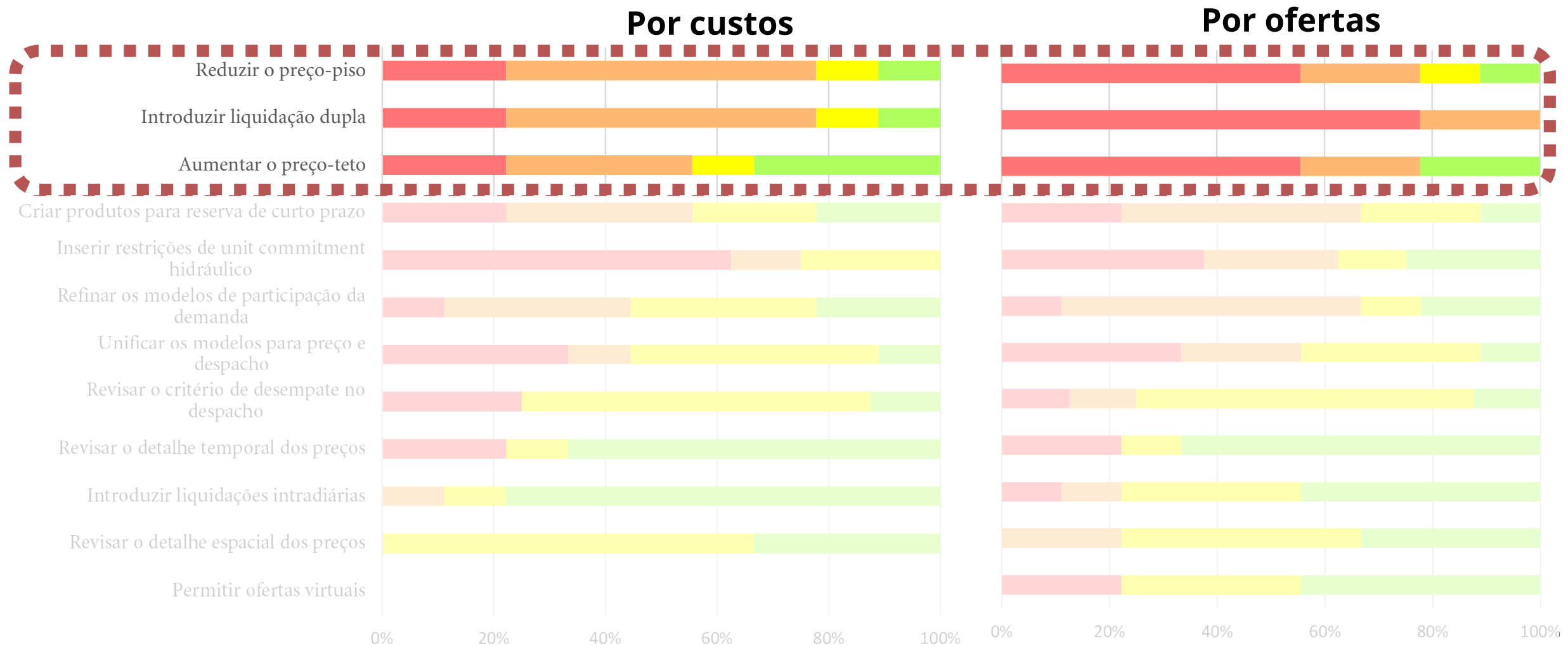
- Haverá **quatro entregas de software** até o final do projeto, incrementando gradualmente o pacote em código aberto

Premissa: Componentes imprescindíveis



Já tocadas em relatórios anteriores (4 e 2.2) – componente importante da proposta

■ Imprescindível ■ Prioritário ■ Desejável ■ Dubitável



Liquidação dupla: Explorada no último WS



- ✓ A liquidação dupla **melhoraria o sinal de preço** atual
- ✓ Os agentes **não podem ter dúvidas** quanto às regras exatas de funcionamento
- ✓ O agente terá incentivo a **melhorar** sua previsão se ele **não influencia preços** e é **avesso ao risco**
 - ✓ Se existe **poder de mercado**, dinâmica mais complexa (avaliar futuramente)



Síntese das iniciativas de desenho paralelas



Com base no relatório e.4.r, usamos como ponto de partida este conjunto de elementos de desenho
O relatório e.10.r explorará (com parcimônia) possibilidades adicionais para alguns destes elementos
Quase toda a nossa proposta **independe** destas iniciativas – compatível com refinamentos posteriores

Iniciativa de desenho paralela	Desenho inicialmente considerado	OBS	Análise quanti?
Preço-piso e preço-teto	Piso mais baixo e teto mais alto que é hoje	“Imprescindível”	Parcial
Liquidação dupla	Considerar liq. dupla (mas não múltipla)	“Imprescindível”	Não
Granularidade espacial e temporal	Manter atual (horário e zonal para preço)	Não-imprescindível	Não
Estrutura modelos preço e despacho	Manter atual (problemas independentes)	Não-imprescindível	Sim
Representação de tecnologias	Neutro à tecnologia nas ofertas (D, UC hidro)	Não-imprescindível	Não
Estrutura de encargos	Simplificado (constrained-on/off)	Fora do escopo	Parcial
Produtos reserva	Não contemplado	Fora do escopo	Não
Desempate quando custos idênticos	Não contemplado	Fora do escopo	Não



02 Proposta base



Componentes da proposta base



Estrutura de ofertas

Agentes se registram como ofertantes (voluntariamente) e submetem dados para o “fechamento do mercado”

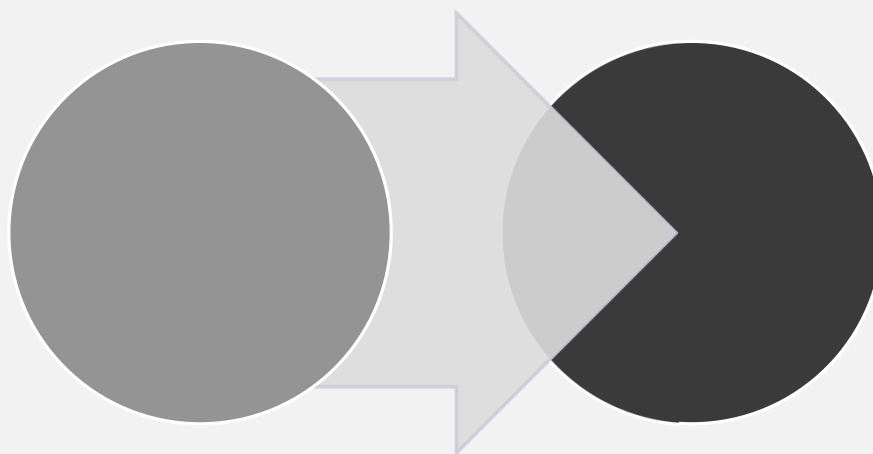
Agente ofertante

Ofertas independentes
(horárias)

Ofertas de perfil
(multi-horárias)

Conversão físico-ofertas

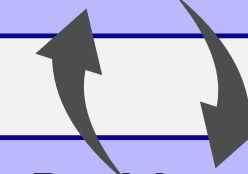
Ser capaz de “traduzir” a informação física das bases de dados tradicionais em uma “oferta recomendada” na estrutura



Estrutura de subproblemas

Endereçar que, na prática, o “fechamento de mercado” é um **processo** (não um problema de otimização único)

Problema ex ante



Problema ex post

Elementos levados em conta de forma **conjunta** na construção da proposta

É importante tratar de como **operacionalizar** e de como **emular/simular** o mercado

O problema de fechamento de mercado



Em geral, um **problema de otimização** é usado para representar o despacho e formação de preço

O preço de mercado π corresponde à variável dual da restrição de balanço oferta-demanda – demonstra-se que este é o **sinal de preço** mais eficaz (na ausência de poder de mercado) para que os agentes tomem decisões de geração e consumo **coerentes** com as condições do sistema

Abstraindo as diferentes **escolhas** de representação deste problema de otimização, temos representações (i) baseada em **funções** e (ii) baseada em **segmentos**

$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^Q(q_j)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$

$$q_j \in Q_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

$$\min_{\lambda} \sum_{j \in \mathcal{J}} \underbrace{\sum_{m \in \mathcal{M}(j)} \lambda_{jm} Q_{jm} P_{jm}}$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} \underbrace{\sum_{m \in \mathcal{M}(j)} \lambda_{jm} Q_{jm}} = 0 \quad : \pi$$

$$0 \leq \lambda_{jm} \leq 1 \quad \forall j, m$$

Representações “por custo” e “por oferta”



Versão “por custo”

- Unidades físicas i
- Decisões $u_i \in \mathcal{U}_i$ (turbinamento, volume...)
- Função custo C^U e função de produção Q

$$\min_u \sum_{i \in \mathcal{I}} C_i^U(u_i)$$
$$\sum_{i \in \mathcal{I}} Q_i(u_i) = 0 \quad : \pi$$
$$u_i \in \mathcal{U}_i \quad \forall i \in \mathcal{I}$$

Versão “por oferta”

- Grupos de oferta j
- Quantidades produzidas/consumidas $q_j \in \mathcal{Q}_j$
- Função custo C^Q

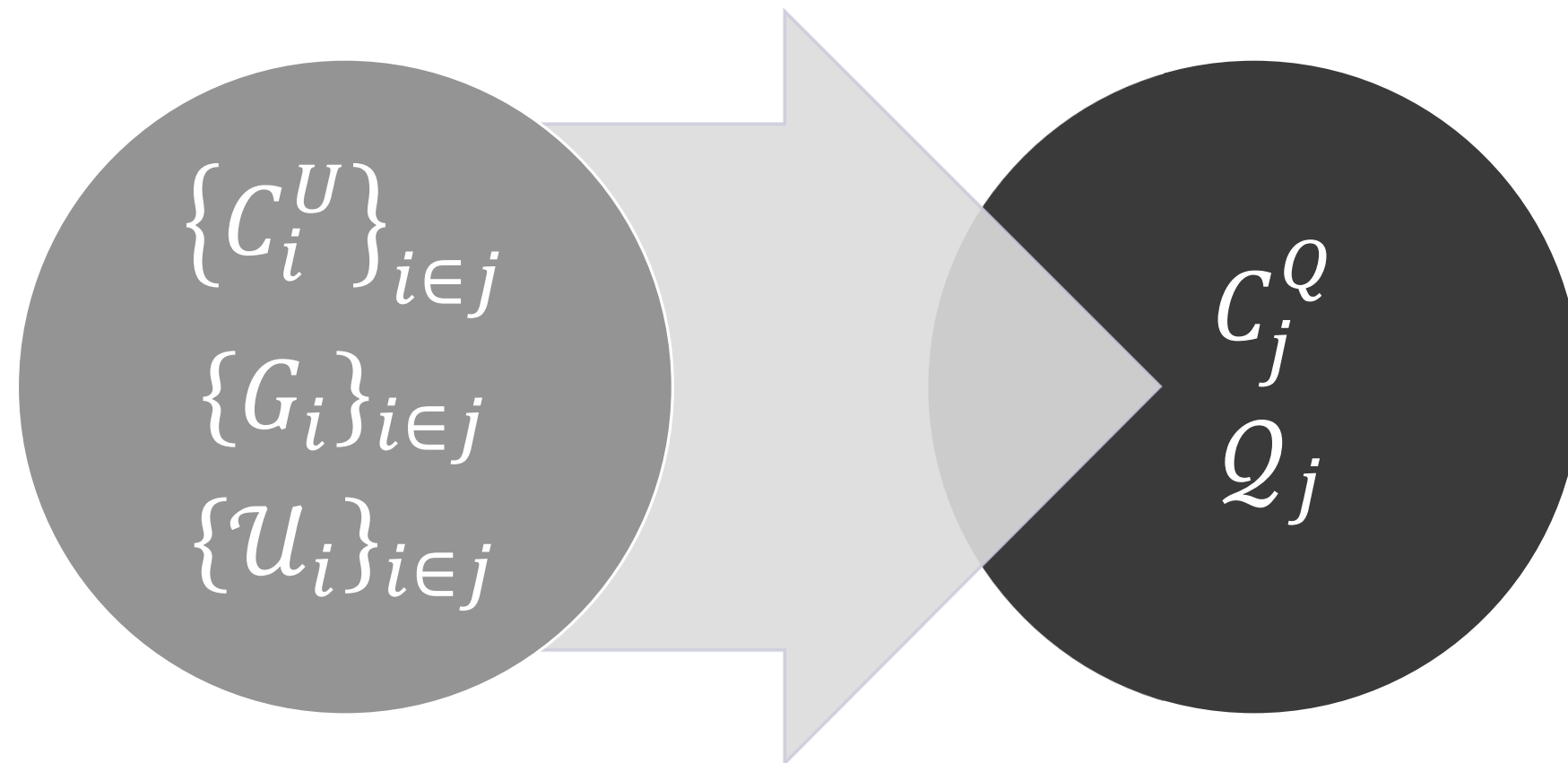
$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^Q(q_j)$$
$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$
$$q_j \in \mathcal{Q}_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

Conversão físico-ofertas



Existe grande **diversidade** entre como diferentes tecnologias / unidades físicas são representadas no mundo “**por custos**”.

É possível “traduzir” estas representações em uma **linguagem comum**?



Estrutura de ofertas: segmentos



Uma padronização (utilizada em mercados maduros europeus): cada “**grupo**” $j \in \mathcal{J}$ pode submeter **ofertas independentes** e **ofertas de perfil**, com **segmentos** $m \in \mathcal{M}^I$ e $m \in \mathcal{M}^P$ respectivamente

Ofertas independentes (horárias)

Dados para cada **intervalo** (horário ou sub-horário) separadamente

$$P_{jmt}, Q_{jmt}$$

Decisão de acionamento é **independente** para cada intervalo

$$\lambda_{jmt}$$

Ofertas de perfil (multi-horárias)

Dados representam um **perfil** englobando **todos** os intervalos

$$P_{jm}, \{Q_{jmt}\}_t$$

Decisão de acionamento é para o **perfil** como um todo

$$\lambda_{jm}$$

Estrutura de ofertas complexas de perfil



Para que permitam de fato uma representação **genérica**, é importante complementar as ofertas de perfil com três tipos de restrição adicional

Este formato para ofertas de perfil e restrições é utilizado na Europa e outros países

Tipo de restrição	Fórmula (simplificada)	Intuição	Para o software
Restrição de complementariedade	$\lambda_M + \lambda_N \leq 1$	Se o perfil N foi aceito, o aceite do perfil M é limitado	Conjuntos de complementariedade
Restrição de precedência	$\lambda_M \leq \lambda_N$	Se o perfil N não foi totalmente aceito, o aceite da oferta M é limitado	Perfil “mãe” (possivelmente \emptyset)
Restrição de ativação mínima	$\lambda_M \neq 0 \Rightarrow \lambda_M \geq L_M$	se aceito, o perfil M deve respeitar o limite mínimo	Variável binária

Na prática: mecanismos facilitadores

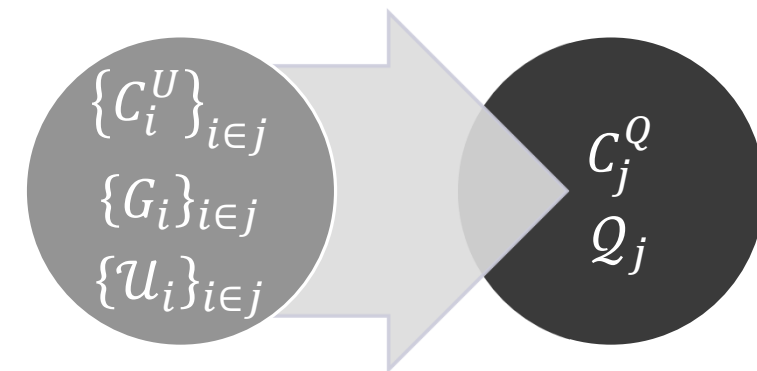


É desejável **permitir** que os agentes submetam “ofertas de perfil” diretamente

- Novas tecnologias são **automaticamente contempladas** sem a necessidade de adaptação (e.g. usinas híbridas, baterias) – **incentivo à inovação**

Por outro lado, mecanismos “facilitadores” **reduzem barreiras à entrada**

- Nem sempre é simples “traduzir” parâmetros usuais da indústria (como mínimo tempo ligado, capacidade de armazenamento, etc.) para a linguagem das ofertas independentes e ofertas de perfil
- No nosso modelo, um **módulo adicional** é usado para criar correspondências diretas

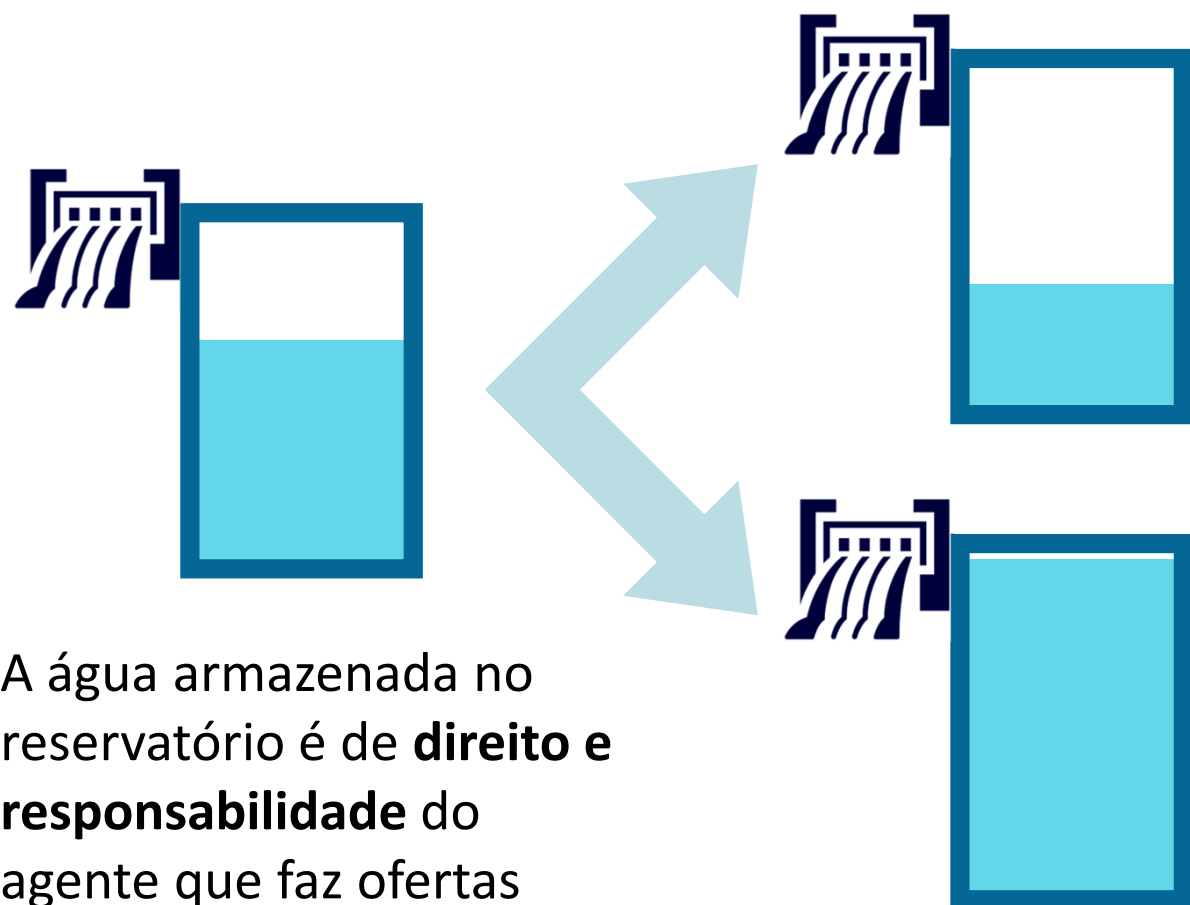


Exemplo: Oferta de reservatório



OBS: **apenas com ofertas independentes e de perfil**, é possível incorporar a “função de lucro futuro” das hidrelétricas com reservatório no modelo (caso Espanha, Noruega, Colômbia, etc)

A hidro (i) oferta **dois patamares** de valor da água e (ii) pode alocar a sua geração a **diferentes períodos**



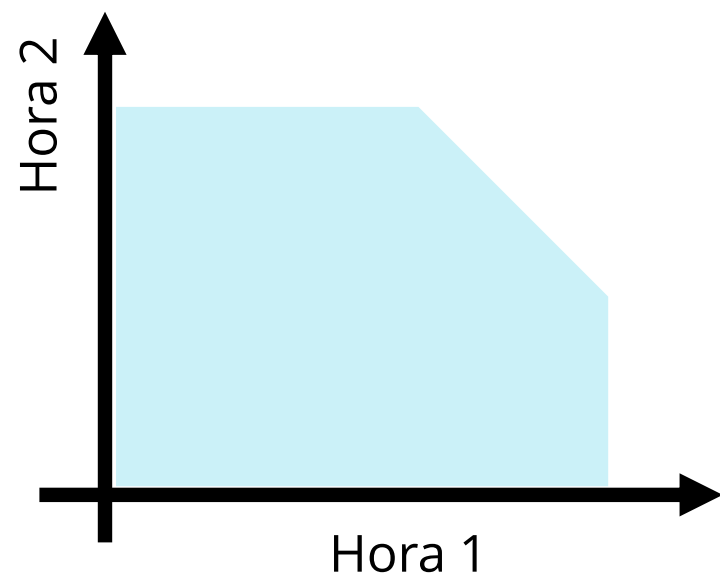
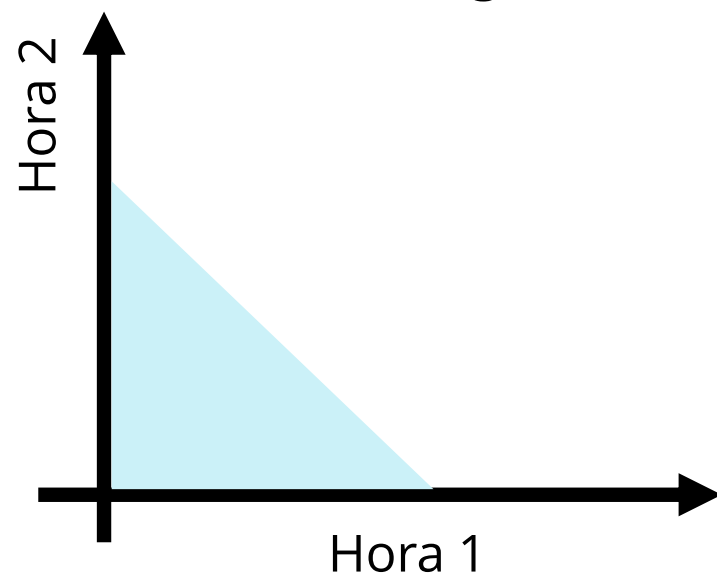
A água armazenada no reservatório é de **direito e responsabilidade** do agente que faz ofertas

Ofertas de perfil	Período 1 (manhã)	Período 2 (tarde)	Período 3 (noite)	Custo
Perfil 1a	5 MW	0 MW	0 MW	10 \$/MWh
Perfil 1b	0 MW	5 MW	0 MW	10 \$/MWh
Perfil 1c	0 MW	0 MW	5 MW	10 \$/MWh
Perfil 2a	10 MW	0 MW	0 MW	50 \$/MWh
Perfil 2b	0 MW	10 MW	0 MW	50 \$/MWh
Perfil 2c	0 MW	0 MW	10 MW	50 \$/MWh

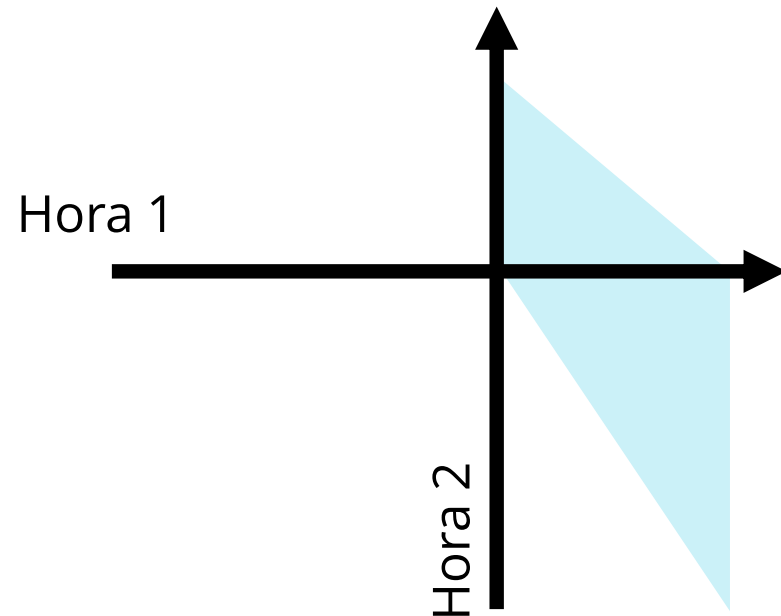
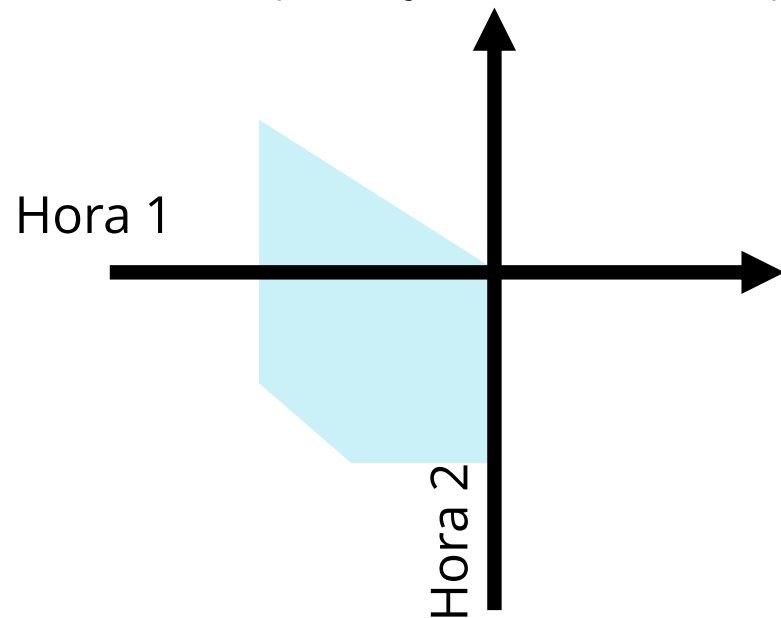
Outros exemplos de ofertas de perfil



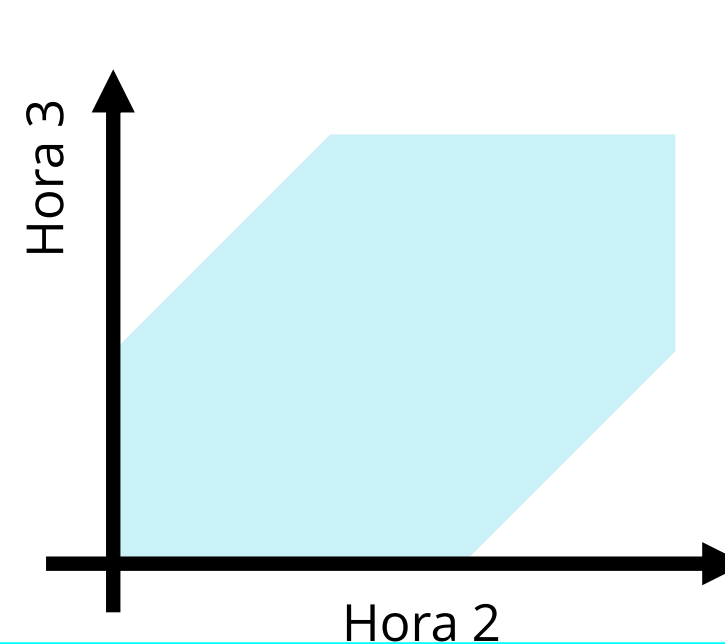
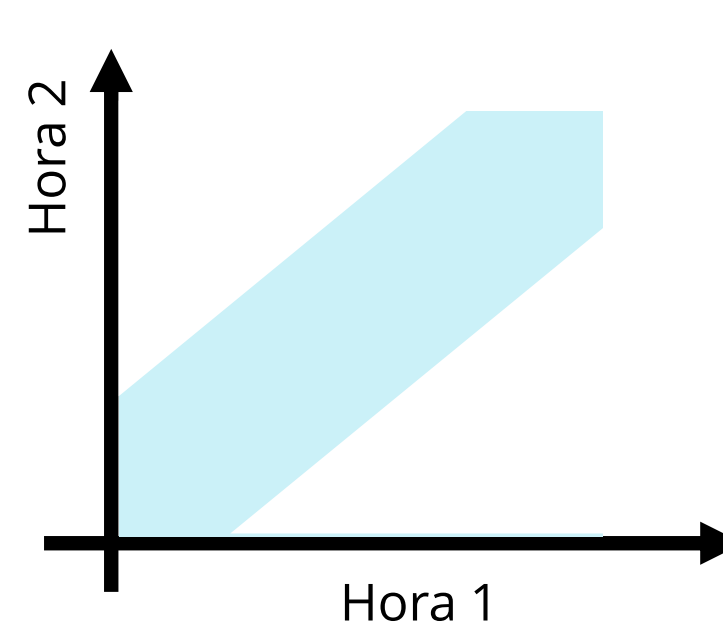
Hidrelétrica fio d'água (pouca/muita/água)



Bateria (começando vazia/cheia)



Rampa (mais/menos restrita)



Fechamento de mercado como um processo



Até aqui, falamos de um único “problema de otimização”; mas o fechamento de mercado é um **processo**

A distinção entre o problema **ex ante** (mercado do dia seguinte) e o problema **ex post** (mercado de balanço) é necessária – incorporar **informação nova** que chega mais próximo do tempo real

Em muitos países há também uma distinção **regulatória** entre o problema **físico** e o problema **comercial** – que precisa ser representada, já que influencia as estratégias dos agentes

Também é importante fazer distinção entre a **operacionalização** e a **simulação** do processo

Subproblema 1

$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^{Q1}(q_j)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$

$$q_j \in Q_j^1 \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

Subproblema 2

$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^{Q2}(q_j)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$

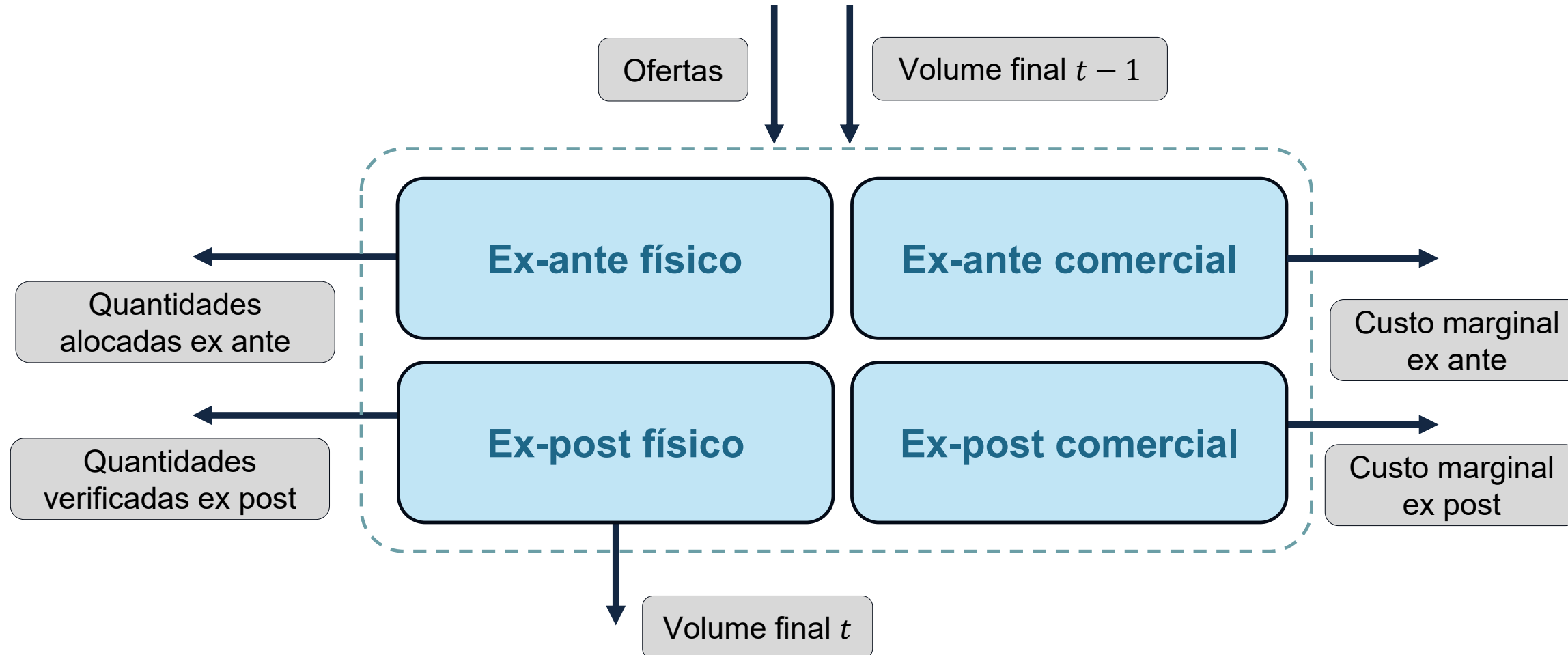
$$q_j \in Q_j^2 \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

...

Síntese da estrutura de subproblemas



Conceitualmente, podemos pensar em 4 **estruturas** de “subproblemas de otimização”, que podem envolver **representações** diferentes dos dados de entrada (por exemplo da rede elétrica)



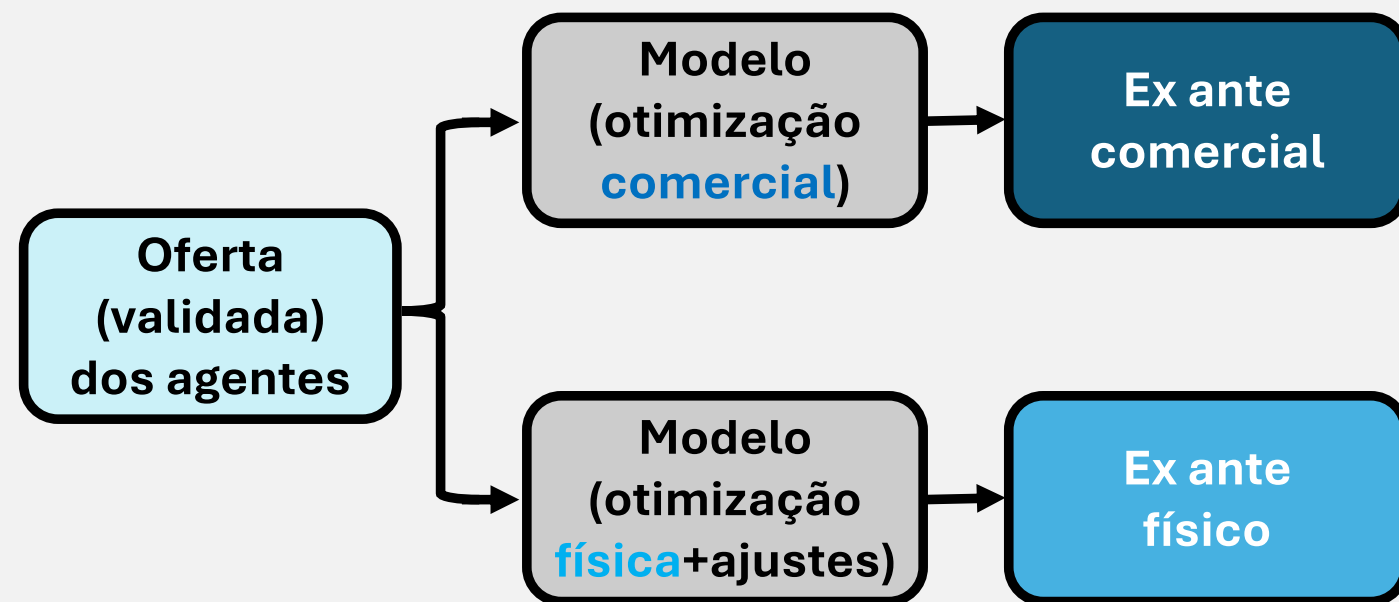
Estrutura de subproblemas: operacional



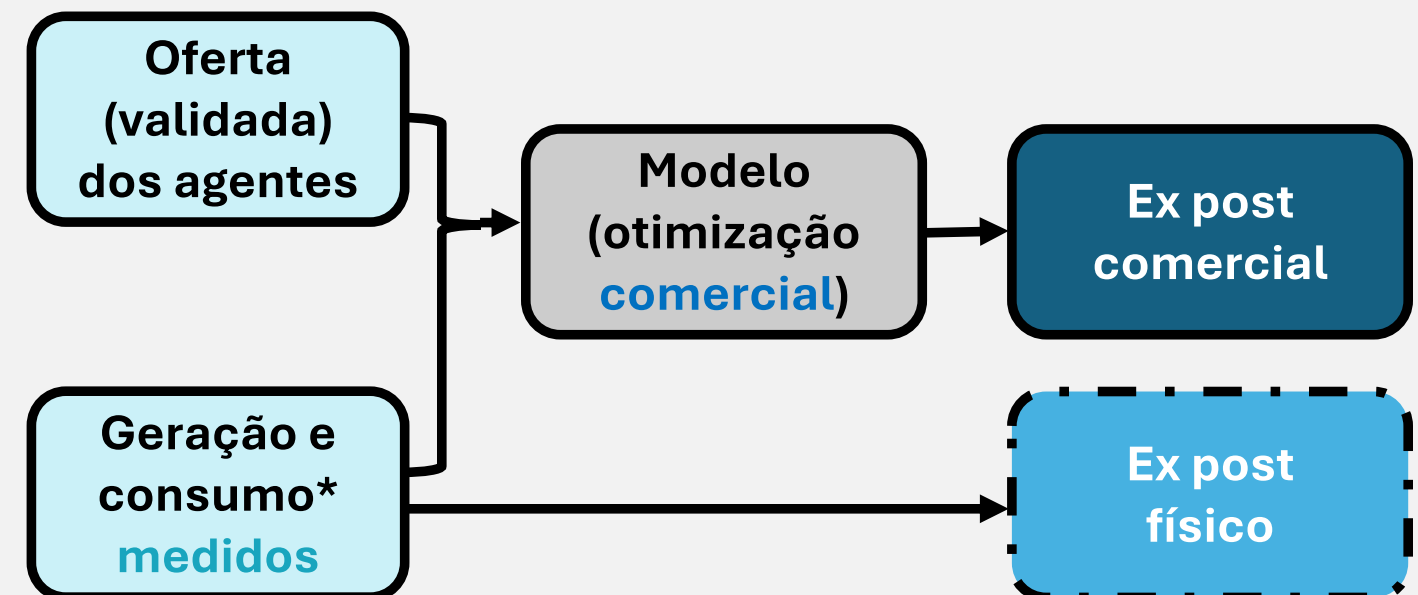
De onde vêm as informações **na prática** para fins de liquidação financeira?

Conceitualmente: **preços** vêm das simulações comerciais, **quantidades** vêm das “simulações” físicas

Mercado ex ante



Mercado ex post



*E indisponibilidades

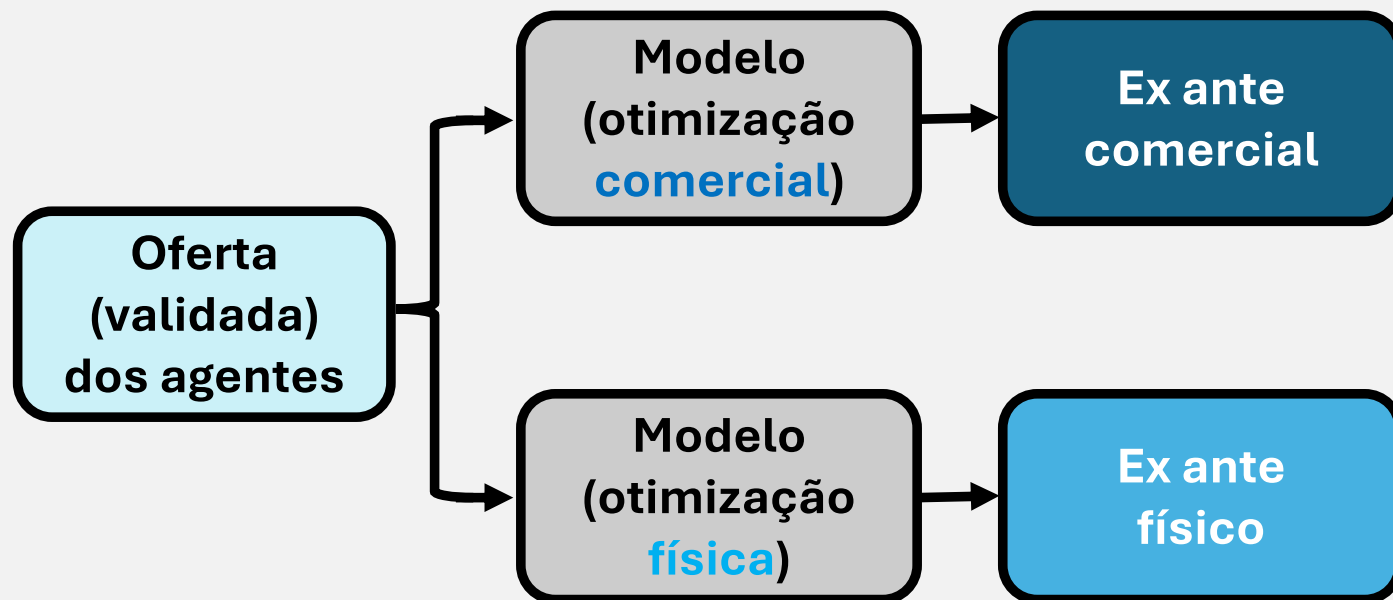
Estrutura de subproblemas: simulação



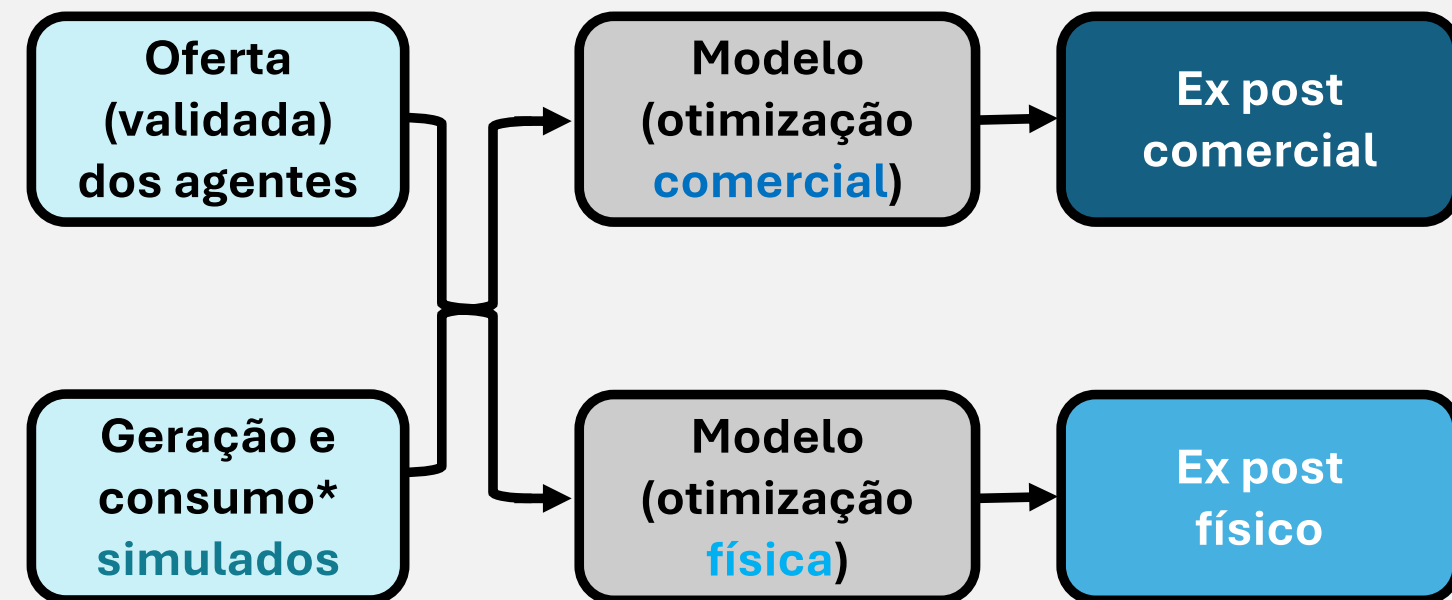
Para fazer uma **simulação** de mercado, não temos dados de “ajuste ex ante” e de “medição ex post”

A “otimização física” é a responsável por representar as informações de **quantidade**

Mercado ex ante



Mercado ex post



*E indisponibilidades

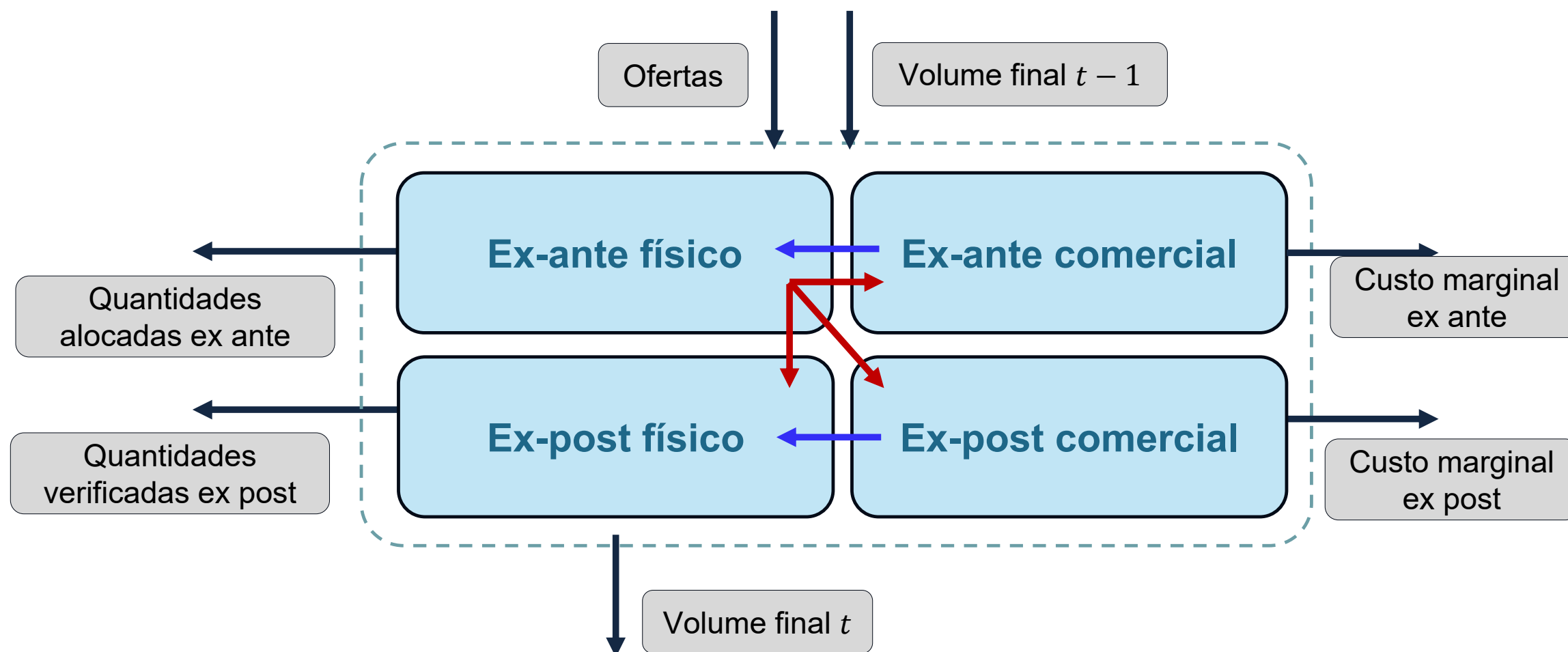
Inter-relações entre os problemas?



Embora o “caso base” seja a situação atual, é interessante avaliar possíveis **interdependências**

- Vínculo no que diz respeito à definição das variáveis de *commitment*?
- Vínculo representando “minimização de desvios” (ou de encargos) na função objetivo?

Muitas permutações possíveis – mas será importante analisar ao menos algumas delas (e.10.r)





03 Ofertas de reservatórios virtuais

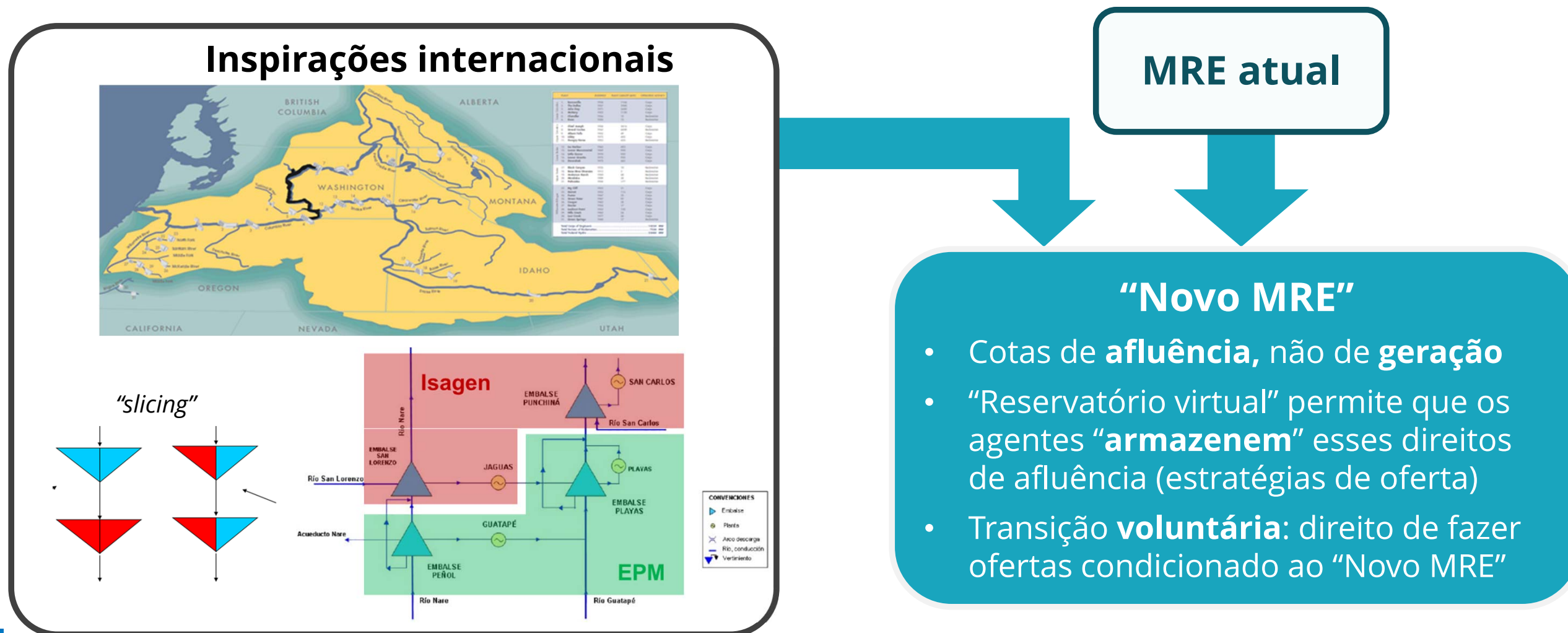
Abstract teal wavy lines are positioned at the bottom of the slide, creating a sense of motion and depth.

Como se integram à proposta?



Toda a proposta desenvolvida até aqui já “fica de pé” por si só – muitos países que adotam o preço por oferta aplicam **apenas** a lógica “tradicional” (ofertas de perfil) para representar hidrelétricas

O **mecanismo de reservatórios virtuais** é uma componente adicional **recomendada**



Muito além dos legados



Cascatas brasileiras são “fora da curva” internacionalmente

Brasil
22% of capacity
22 owners

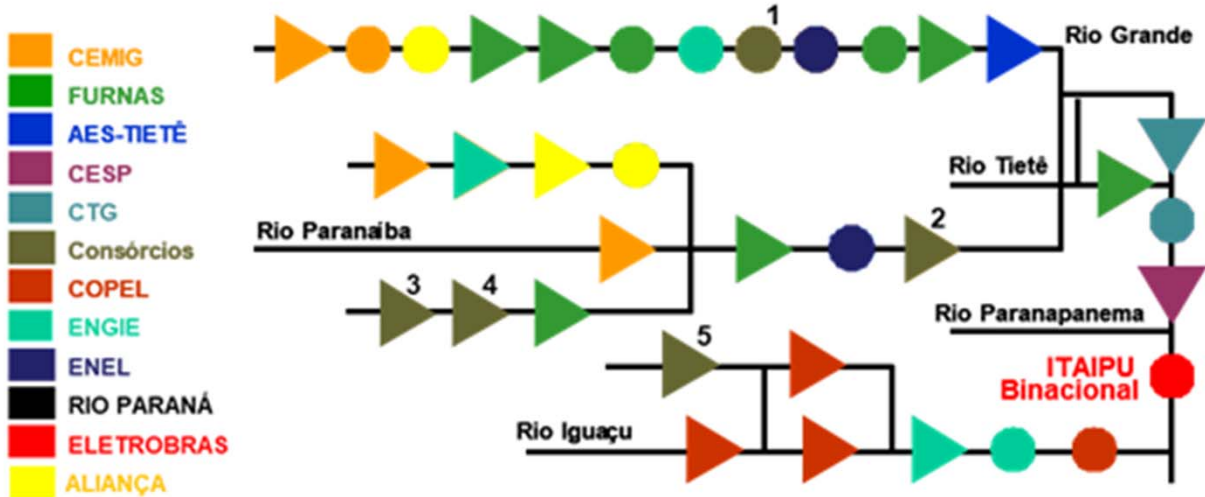
El Salvador
23% of capacity
1 owner

Noruega
6% of capacity
5 owners

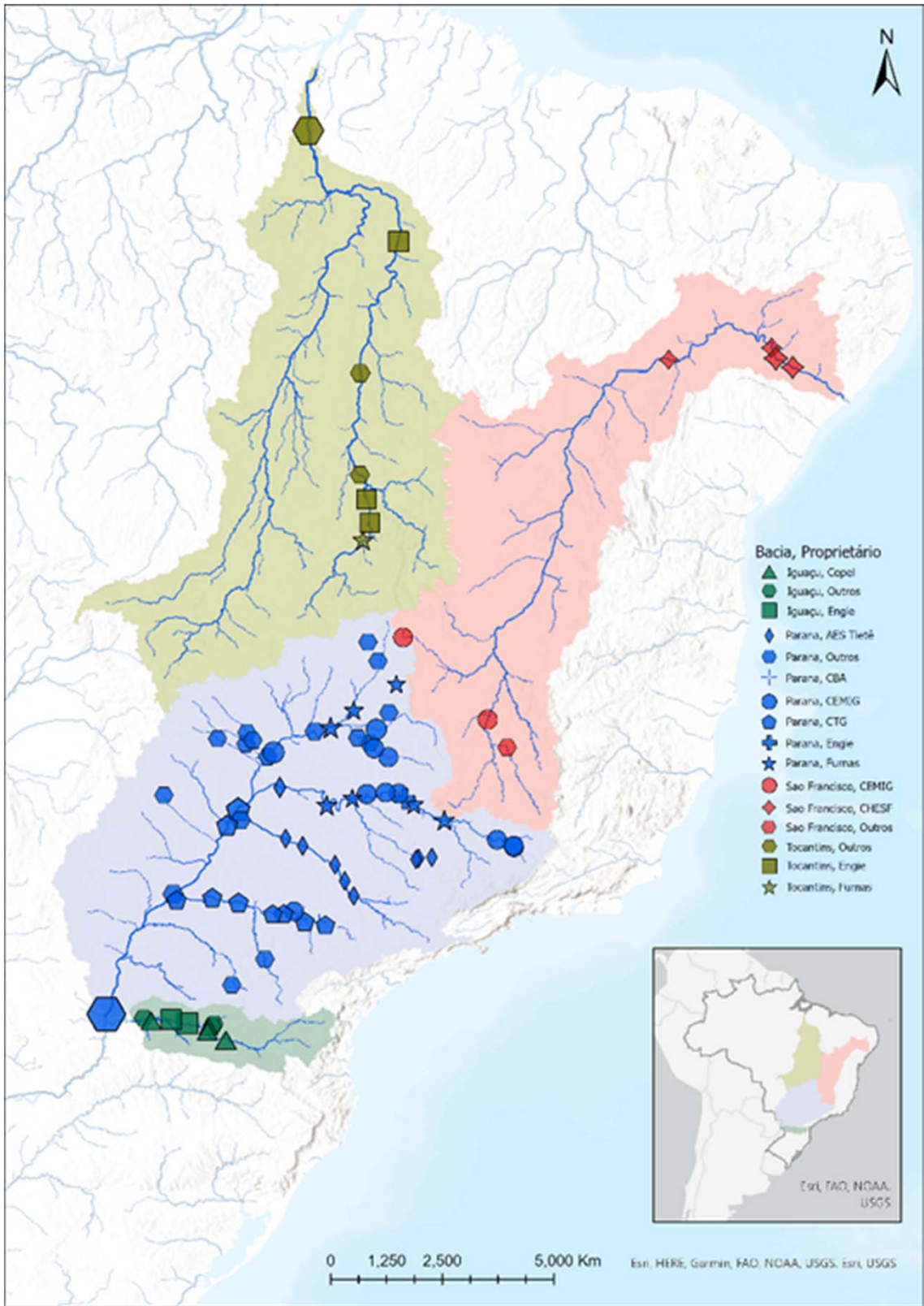
Colômbia
11% of capacity
8 owners

Chile
4% of capacity
5 owners

N.Zelândia
18% of capacity
2 owners



Acionistas majoritários dos consórcios: 1. Aliança Energia; 2. SPIC Brasil; 3. CEB; 4. Neoenergia; 5. COPEL



As soluções “clássicas” não funcionam bem

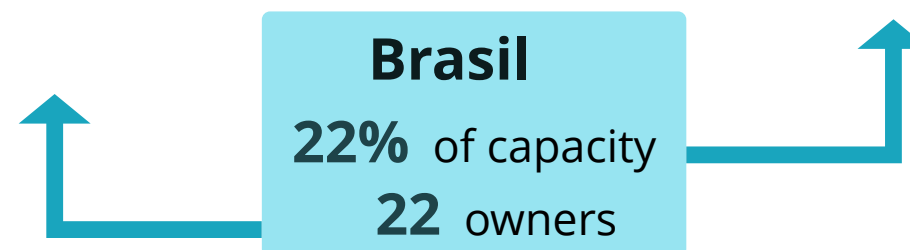


Ignorar a externalidade?

- Implementar um mercado de eletricidade “clássico”, ignorando as cascatas hidrelétricas
- Isto normalmente resultará em uma operação **subótima** da cascata, mesmo em um mercado competitivo (sem poder de mercado)
- O contraponto é que os agentes em uma mesma cascata podem **negociar bilateralmente** para internalizar externalidades (Teorema de Coase)
- Contra-contraponto: o Teorema de Coase exige custos de transação **nulos** – entre 22 agentes (!?)

Consórcio controlador da cascata?

- Forçar fusões e aquisições (ou consórcios) para que cada cascata tenha um único controlador
- O agente tomador de decisão “enxerga” a cascata como um todo, ele “internaliza” as externalidades – logo, suas escolhas no mercado competitivo são em linha com a operação ótima
- Porém, exige considerar que um agente controlador da cascata do Paraná não terá poder de mercado (!?)



Como funciona o mecanismo de RV?



1. O operador continua a fazer a operação da cascata **física** (decisões $u_i \in \mathcal{U}_i$)
2. Porém, a operação **agregada** do reservatório virtual não está mais sob o controle do operador, e sim dos agentes **ofertantes de reservatório virtual**, que submetem ofertas $w_a \in \mathcal{W}_a$
3. O operador **deve** operar o reservatório virtual como um todo de acordo com a diretriz das ofertas apresentadas, $\sum_a w_a$ – mas pode usar seus próprios critérios para “distribuir” entre hidrelétricas físicas
4. As ofertas w_a são capazes de incorporar **informação descentralizada** sobre o valor da água
5. O “direito de propriedade” é **distribuído** entre os agentes – tende a mitigar poder de mercado

Formulação com reservatórios virtuais



Componentes análogas (i) à formulação “por oferta”, (ii) à formulação “por custo”, (iii) **próprios** do RV

Declarações dos agentes

$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^Q(q_j)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$

$$q_j \in \mathcal{Q}_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

$$\min_{q, y, w} \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^Q(q_j) + \sum_{a \in \mathcal{A}} C_a^W(w_a) + \Phi(\{y_i\}_{i \in \mathcal{I}})$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j + \sum_{i \in \mathcal{I}} Q_i(y_i) = 0 \quad : \pi$$

$$q_j \in \mathcal{Q}_j \quad \forall j, \quad y_i \in \mathcal{Y}_i \quad \forall i, \quad w_a \in \mathcal{W}_a \quad \forall a$$

$$E^W(\{w_a\}_{a \in \mathcal{A}}) = E^U(\{y_i\}_{i \in \mathcal{I}}) \quad : \mu$$

Formulação com reservatórios virtuais



Componentes análogas (i) à formulação “por oferta”, (ii) à formulação “por custo”, (iii) **próprios** do RV

$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^Q(q_j)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$

$$q_j \in \mathcal{Q}_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

$$\min_{q, y, w} \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^Q(q_j) + \sum_{a \in \mathcal{A}} C_a^W(w_a) + \Phi(\{y_i\}_{i \in \mathcal{I}})$$

Função curva-guia

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j + \sum_{i \in \mathcal{I}} Q_i(y_i) = 0 \quad : \pi$$

$$q_j \in \mathcal{Q}_j \quad \forall j, \quad y_i \in \mathcal{Y}_i \quad \forall i, \quad w_a \in \mathcal{W}_a \quad \forall a$$

$$E^W(\{w_a\}_{a \in \mathcal{A}}) = E^U(\{y_i\}_{i \in \mathcal{I}}) \quad : \mu$$

Restrição de compatibilidade físico-virtual

Definições do mecanismo na prática



Função curva-guia

$$\Phi(\{y_i\}_{i \in \mathcal{I}}) = \underbrace{\sum_i c_i^Y(g_i(y_i))}_{\text{custo de O\&M}} + \underbrace{\epsilon}_{\substack{\text{peso} \\ \text{pequeno}}} \underbrace{\Phi^A(\{y_i\}_{i \in \mathcal{I}})}_{\text{a critério do operador}}$$

- A função Φ^A pode ser selecionada pelo operador: o multiplicador ϵ assegura que será utilizada apenas como critério de “desempate” (hidrelétricas no mesmo reservatório virtual e com o mesmo custo de O&M variável)

Restrição de compatibilidade físico-virtual

$$\underbrace{E^U(\{v_i(y_i)\}_{i \in \mathcal{I}})}_{\substack{\text{agregação da energia} \\ \text{física armazenada}}} = \underbrace{\sum_{a \in \mathcal{A}} (W_a^0 + W_a^A - w_a)}_{\substack{\text{saldo de energia virtual} \\ \text{ao final do período}}} : \mu$$

- A função E^U tem o mesmo papel que os procedimentos usados hoje para converter volumes armazenados físicos em energia por reservatório equivalente
- Agentes possuem um “saldo inicial” W^0 , uma “alocação por cota de afluências” W^A , e o montante vendido w é decisão do problema

Definições do mecanismo na prática



Na prática, o mecanismo de reservatórios virtuais depende da robustez na definição de algumas funções chave, sintetizados na tabela a seguir

Notação	Descrição da função	Caso simples (c, ρ, u_{max})
$C_i^H(q_i)$	Função custo de O&M	$c \cdot q$
$Q_i(u_i)$	Função de produção	$\rho \cdot u$
$E_r^U(\{v_i\}_{i \in \mathcal{J}})$	Função de agregação de volumes	$\rho \cdot v$
$E_r^A(\{a_i\}_{i \in \mathcal{J}})$	Função de agregação de afluências	$\rho \cdot \min\{a, u_{max}\}$
$S_i(s_i, a_i)$	Função energia vertida turbinável	$\rho \cdot (s - (a - \min\{a, u_{max}\}))$
$\epsilon \Phi^A(\{v_i\}_{i \in \mathcal{J}})$	Função desempate	0

Uso robusto de dados de medição



Um cuidado adicional é a transparência na definição das variáveis de interesse (que afetam diretamente os fluxos financeiros dos agentes) a partir de medições físicas y e parametrizações σ do sistema hidro

- Volumes $v^0(y, \sigma)$, $v(y, \sigma)$, afluências líquidas $a(y, \sigma)$, turbinamento $u(y, \sigma)$, vertimento $s(y, \sigma)$
- Possível distinção entre geração medida $q(y, \sigma)$ e “idealizada” $Q(u(y, \sigma))$
- Deve haver regras explícitas para que um agente questione y, σ (nunca v^0, v, a, u, s diretamente)

Todas as funções apresentadas anteriormente continuam a fazer sentido no caso mais complexo

- Multi-zonal (n) e multi-reservatório virtual (r)
- Cascatas cruzando fronteiras (de n e/ou r)
- Funções de produção não-lineares

Separação de papéis da hidrelétrica



Cotista de afluências

Proporcionalmente às suas
cotas de participação

Assume o **risco hidrológico**
(participação nas afluências)

Receitas em linha com
direitos históricos, **sem
distorcer incentivos**

Gestor de conta de reservatório virtual

Submete ofertas e tem
nível de reservatório virtual
atualizado

Assume o **risco de
mercado** (previsão lucro
presente VS futuro)

Recebe pelas **ofertas
aceitas** e remunera O&M
das hidrelétricas

Proprietário de hidrelétrica física

Informa o operador sobre
sua curva de produção e
restrições operativas

Assume **risco** apenas em
caso de diferença entre
parâmetros reais e os de
referência

É remunerada pelo seu
custo de O&M e por
aumento de eficiência

Passo a passo construído no relatório



1. Desejamos alocar “**fluxos de receita**” $R^U + R^V + R^A + R^W$
2. A soma destes fluxos de receita deve respeitar o “**orçamento disponível**” $\pi \cdot \sum_{i \in \mathcal{J}} Q_i(\mathbf{u}_i)$
3. Tudo o que é “**risco do negócio**” para cada um dos papéis deve estar claro
4. Em particular, transparência no procedimento de **medição/estimação** para obter os $\{\mathbf{u}_i\}_{i \in \mathcal{J}}$

$$R_i^U = C_i^H(y_i) + \pi_{n(i)} \cdot [q_i - Q_i(y_i)]$$

$$R_{ra}^W = \left[\mu_r - \frac{\sum_{i \in \mathcal{J}^R(r)} C_i^H(y_i)}{\sum_{a \in \mathcal{A}(r)} w_{ra}} \right] \cdot w_{ra}$$

$$R_{ra}^A = \frac{\gamma_{ra}^A}{\sum_{a \in \mathcal{A}(r)} \gamma_{ra}^A} \cdot \left[\sum_{i \in \mathcal{J}^R(r)} \pi_{n(i)} (Q_i(y_i) + S_i(y_i)) - \mu_r \sum_{a \in \mathcal{A}} w_{ra} \right]$$

$$R_{ra}^V = - \frac{w_{ra}}{\sum_{a \in \mathcal{A}(r)} w_{ra}} \cdot \left[\sum_{i \in \mathcal{J}^R(r)} \pi_{n(i)} \cdot S_i(y_i) \right]$$

Um exemplo intuitivo (1/5)



Exemplo do problema do operador com um único submercado, sem vertimento

Reservatórios físicos das hidrelétricas (Hm3)



Volume inicial

40

50

40

+

+

+

+

Afluência

10

10

30

-

Turbinamento

=

Volume final

Reservatórios virtuais dos agentes



130

+

60



190

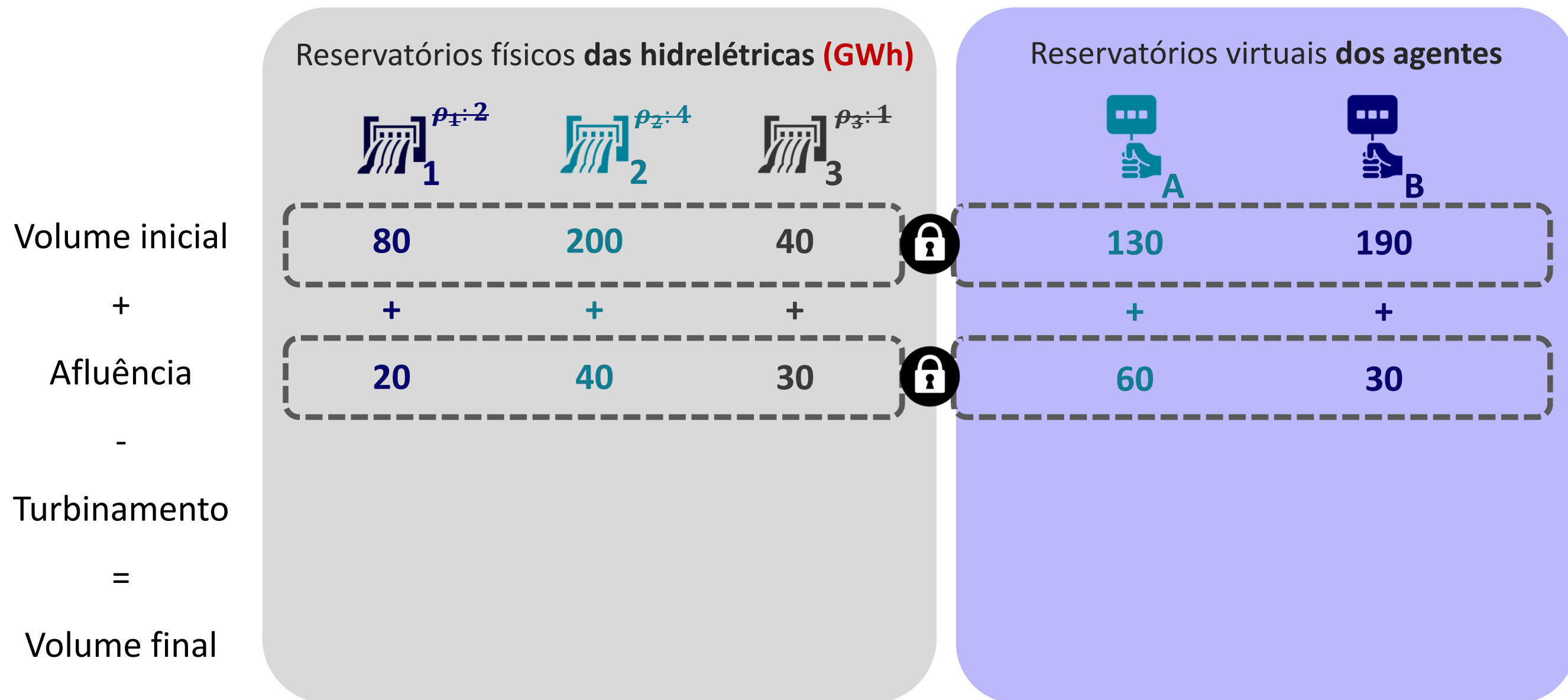
+

30

Um exemplo intuitivo (2/5)



Após incorporar os ρ , a soma das quantidades físicas e virtuais em cada linha deve ser igual

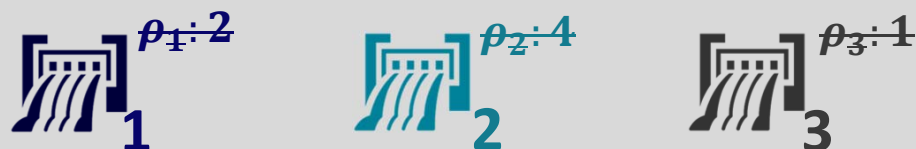


Um exemplo intuitivo (3/5)



Ofertas dos agentes definem o turbinamento virtual, que por sua vez é proporcional à receita de venda

Reservatórios físicos das hidrelétricas



Volume inicial

80

200

40

+

+

+

+

Afluência

20

40

30

-

Turbinamento

=

Volume final

Reservatórios virtuais dos agentes



130

190

+

+

60

30

-

-

90

20

=

=







100

200

Um exemplo intuitivo (4/5)



O operador do sistema desagrega esse turbinamento virtual em turbinamentos físicos

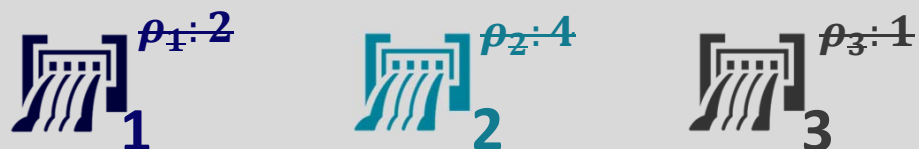
	Reservatórios físicos das hidrelétricas				Reservatórios virtuais dos agentes	
	 $\rho_1:2$ 1	 $\rho_2:4$ 2	 $\rho_3:1$ 3		 A	 B
Volume inicial	80	200	40		130	190
+	+	+	+		+	+
Afluência	20	40	30		60	30
-	-	-	-		-	-
Turbinamento	0	80	30		90	20
=	=	=	=		=	=
Volume final	100	160	40		100	200

Um exemplo intuitivo (5/5)



A alocação dos volumes virtuais varia com o tempo (mas não a alocação das afluências)

Reservatórios físicos das hidrelétricas



Volume inicial	80	200	40
+	+	+	+
Afluência	20	40	30
-	-	-	-
Turbinamento	0	80	30
=	=	=	=
Volume final	100	160	40

Reservatórios virtuais dos agentes



130	190
+	+
60	30
-	-
90	20
=	=
100	200



04 Conclusões



Conclusões



Foi apresentada uma possível proposta para a implementação de um mecanismo de formação de preços baseado em ofertas no Brasil (com a intenção de construir elementos híbridos adiante)

A representação “por oferta” pode abarcar muitas características físicas diferentes – em particular situações de excesso de geração (particularmente relevante atualmente)

A proposta foi desenhada para permitir extensões e refinamentos com facilidade – em particular, a proposta é coerente mesmo **sem** a adição do mecanismo de reservatórios virtuais

Entretanto, a visão dos consultores é que um mecanismo análogo ao mecanismo de RV, assim como mecanismos de mitigação de poder de mercado e de riscos à segurança de suprimento, devem ser parte integrante de uma proposta deste tipo.

META II FORMAÇÃO DE PREÇO



Website :

www.meta2formacaodepreco.com.br



Palestrante

PSR

psr@psr-inc.com