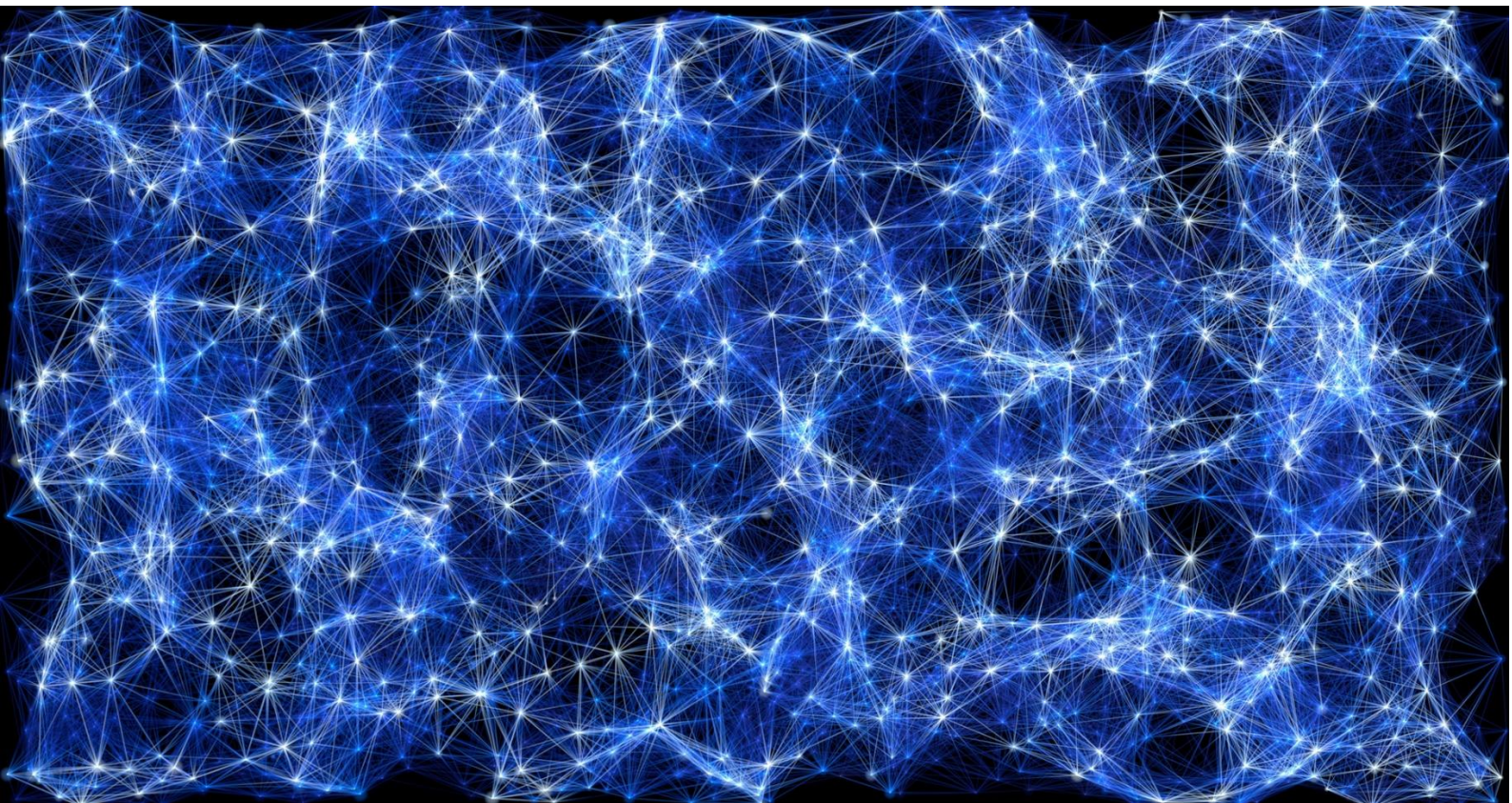


**CALIBRAÇÃO DO NÍVEL DE AVERSÃO
AO RISCO NOS MODELOS COMPUTACIONAIS
DO SETOR ELÉTRICO**

São Paulo – [7 de abril de 2026]



Formalização

Nota Técnica formalmente entregue à ABRACEEL – Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia, em 8 de abril de 2026.

Responsabilidade Técnica:

Engenheiro Doutor Donato da Silva Filho

CREA-SP 5061743692

Índice

CAPÍTULO 1	8
Introdução	8
CAPÍTULO 2	15
Metodologia Em Consulta Pública	15
O Algoritmo da Metodologia	16
Resultados das Simulações	19
Consolidação dos Resultados	25
CAPÍTULO 3	29
Análise Crítica e Proposta	29
Política Operativa pela Aderência à CRef	29
Política Operativa considerando Custo e Segurança	31
Custo e Benefício para o Cenário Crítico	36
Consolidação dos Resultados	39
CAPÍTULO 4	41
Aperfeiçoamentos	41
Horizonte de Análise	42
Zoom no Cenário Crítico	42
Gestão dos Reservatórios	43
Curtaiment	44
Capacidade Estrutural Futura	45
Consolidação dos Aperfeiçoamentos	46
CAPÍTULO 5	47
Match da Energia	47
CAPÍTULO 6	52
Conclusões	52

Sumário Executivo

1. A calibração do nível de aversão a risco nos modelos computacionais do setor elétrico brasileiro define, em última instância, como o sistema equilibra custo e segurança. Não se trata de uma discussão algorítmica lateral.
2. Trata-se de decidir quanto vale preservar armazenamento, quanto vale antecipar despacho termelétrico e quanto o sistema — e, ao final, o consumidor — deve pagar por essa escolha.
3. Por isso, a decisão sobre os parâmetros do CVaR afeta diretamente o custo da operação, a formação de preços, a incidência de encargos, a trajetória dos reservatórios e a racionalidade econômica da política operativa.
4. Foi nesse contexto que a presente nota técnica examinou criticamente a metodologia colocada em consulta pública para a calibração do CVaR. O documento reconstruiu o algoritmo oficial, detalhou a forma como o armazenamento é transformado em requisito de geração térmica, explicou o cálculo do indicador médio de aderência à CRef e analisou, um a um, os quatro cenários energéticos utilizados no estudo oficial.
5. A partir daí, a nota avançou em duas frentes complementares: primeiro, avaliou os resultados pela própria lógica da metodologia em consulta; depois, reinterpretou os mesmos resultados por uma lente mais concreta e mais transparente de custo versus segurança, centrada no armazenamento físico e no custo termelétrico total.
6. O primeiro resultado relevante foi que, mesmo sem alterar a metodologia oficial, a aplicação estrita do seu próprio critério já desloca a conclusão em favor do par (15,30). Se a régua adotada é a proximidade em relação a 100% de aderência à CRef, então a leitura consequente dos resultados conduz naturalmente aos pares (15,30) e (15,35) como os mais aderentes, com vantagem para o (15,30).

7. Esse ponto é decisivo porque mostra que a superioridade do (15,30) não depende, de saída, da rejeição da metodologia oficial; ela já aparece quando a própria régua da consulta é levada até suas últimas consequências.
8. A conclusão se torna ainda mais robusta quando custo e segurança passam a ser observados em conjunto. A análise cenário a cenário mostrou que, nos contextos mais confortáveis, políticas mais avessas a risco não compram segurança materialmente relevante: compram, sobretudo, mais geração térmica e mais custo.
9. Nesses casos, os reservatórios já se mantêm em condição segura, de modo que o conservadorismo adicional se traduz em despesa, não em benefício sistêmico proporcional. Com isso, a avaliação substantiva da política de risco se concentra corretamente no cenário mais restritivo, aquele em que o sistema parte mais pressionado, recebe pouca água e de fato precisa escolher entre diferentes combinações de custo e proteção.
10. Foi justamente nesse cenário crítico que o par (15,30) se destacou com mais clareza. Ele não é a parametrização que maximiza todas as variáveis isoladamente. Políticas mais avessas a risco podem, por exemplo, entregar mais armazenamento final ou menor necessidade de ESS. Mas fazem isso a um custo muito superior.
11. Quando se observam conjuntamente sobrecusto, CMO, PLD, impacto tarifário e proximidade ainda administrável da régua de segurança, o (15,30) emerge como a política mais equilibrada. Em termos simples, ele evita pagar caro por uma proteção incremental cujo benefício marginal se mostra menor que o custo imposto ao sistema.
12. A nota identificou ainda aperfeiçoamentos metodológicos importantes para futuras calibrações. Entre eles, destacam-se a necessidade de ampliar o horizonte de análise para além de um único ano, aumentar a densidade de simulações na região realmente crítica, incorporar com mais fidelidade as regras operativas de

enchimento e esvaziamento dos reservatórios, considerar os efeitos do curtailment e atualizar a percepção de risco à luz da expansão estrutural da capacidade térmica.

13. Esses aperfeiçoamentos são relevantes e podem qualificar decisões futuras. Mas não alteram o diagnóstico central desta nota: dentro do conjunto de evidências hoje disponível, a alternativa mais robusta continua sendo o (15,30).
14. Os relatórios do Match da Energia para o período úmido de 2024/2025 e para o período seco de 2025 reforçam essa conclusão por outro ângulo: mesmo sob o par vigente (15,40), a operação real continuou pouco aderente ao despacho calculado pelos modelos e muito mais próxima da Programação Diária da Operação, o que evidencia que o descolamento entre modelo e realidade decorre sobretudo de limitações estruturais de representação da operação, e não da simples escolha de Alpha e Lambda.
15. Em outras palavras, aumentar a aversão a risco não resolve o problema de aderência operativa; apenas tende a impor mais custo.
16. Isso reforça a recomendação desta nota técnica de que o debate regulatório deve separar com clareza duas agendas distintas: de um lado, a calibragem eficiente do CVaR; de outro, o aperfeiçoamento dos modelos para que se aproximem da operação efetiva do sistema.
17. A recomendação final desta nota técnica é, portanto, clara. No contexto analisado, o par (15,30) é o de maior vantajosidade para o sistema.
18. Ele oferece a melhor relação entre custo e segurança, reduz o peso do conservadorismo excessivo sobre a operação, protege o consumidor contra custos desnecessários e preserva o sistema em um nível de segurança administrável e tecnicamente defensável. Não se trata da política mais conservadora, mas da política mais eficiente.

19. Os capítulos seguintes mostram, em detalhe, como essa conclusão foi construída. Eles percorrem a metodologia oficial, examinam cenário a cenário os resultados da consulta, aprofundam o comportamento das políticas no caso verdadeiramente crítico, testam alternativas adicionais e consolidam os aperfeiçoamentos metodológicos identificados.

20. O sumário antecipa o ponto de chegada. O restante do documento mostra, passo a passo, por que a evidência técnica conduz de forma consistente à mesma resposta: o par (15,30) é a melhor escolha disponível para a calibração do nível de aversão a risco no sistema elétrico brasileiro.

Capítulo 1

Introdução

21. A discussão hoje em curso sobre a calibração da aversão a risco nos modelos computacionais do setor elétrico brasileiro está longe de ser um debate algorítmico.
22. O que está em jogo é a forma como o sistema decide, mês a mês, quanto vale preservar água nos reservatórios, quanto vale antecipar despacho termelétrico e quanto custa, para consumidores e agentes, operar com maior ou menor margem de proteção. Trata-se de escolher uma política operativa que estabeleça um compromisso eficiente entre custo e segurança, conforme ilustrado na Figura 1. Pela figura, constata-se que a Política A é mais eficiente, pois consegue oferecer níveis de segurança mais elevados a custos de operação menores.

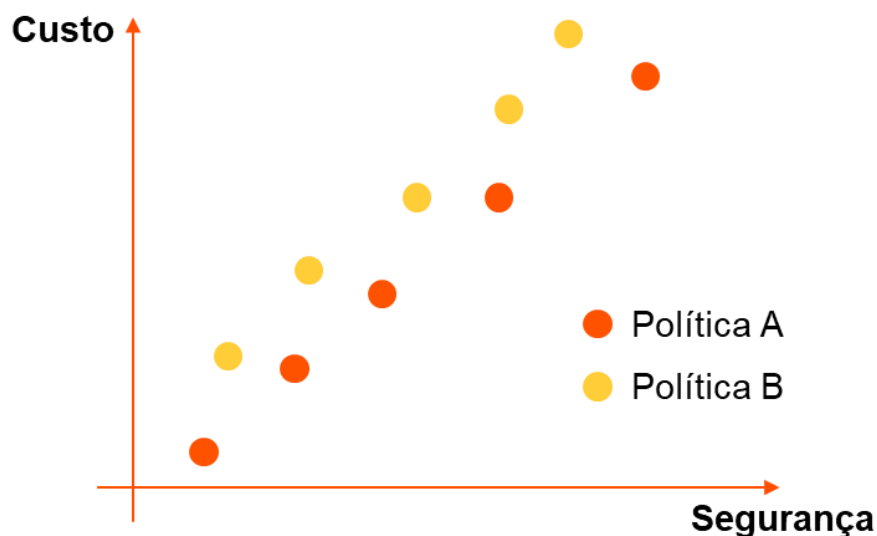


Figura 1 – Políticas operativas estabelecem o compromisso entre custo e segurança.

23. Como esses modelos influenciam tanto o planejamento e a programação da operação quanto a formação do preço de curto prazo, a calibragem de seus parâmetros afeta o custo da energia, a dinâmica do despacho e a percepção de segurança do suprimento em todo o Sistema Interligado Nacional (SIN).
24. O relatório técnico submetido pelo CT PMO/PLD enquadra essa discussão no âmbito da avaliação do nível de aversão a risco dos modelos e a conecta diretamente ao processo decisório do CMSE, que deverá deliberar sobre os parâmetros a serem adotados para os próximos ciclos operativos.
25. Nesse contexto, a consulta externa aberta pelo comitê técnico propõe discutir, em especial, a calibração do mecanismo CVaR, preservando a coerência com a política operativa e confrontando os resultados dos modelos com a Curva Referencial de Armazenamento, a CRef, por meio do algoritmo apresentado na Figura 2.
26. Em essência, o algoritmo avalia o armazenamento, converte isso em um requisito de geração térmica, compara com a geração térmica que o modelo entregou, e depois mede qual par de CVaR ficou mais aderente à lógica da CRef.

- C** Cenários que reflitam condições sistêmicas distintas do SIN (afluências + armazenamento inicial)
- P** Alternativas de parametrização para o mecanismo CVaR (α, λ) a serem avaliadas, incluindo a atual
- ENC** Executar o estudo encadeado em duas fases para cada combinação $C \times P$, com horizonte de M meses.
- REQ** Para cada mês m , determinar o requisito de geração térmica (REQ_m) em função do nível de armazenamento $(EARM_m)$ e dos parâmetros da CRef:
- $$\Rightarrow REQ_m = \frac{EARM_m - EARM_{LI_{m,r}}}{EARM_{LS_{m,r}} - EARM_{LI_{m,r}}} * (GT_{LS_{m,r}} - GT_{LI_{m,r}}) + GT_{LI_{m,r}} \quad (\text{interpolação linear entre os limites inferior e superior da região "r"})$$
- $$REQ_{a_m} = \min (REQ_m ; GT_{maxaloc_m})$$
- ATCr** Calcular para cada combinação $C \times P$, o nível de atendimento à CRef:
- $$\Rightarrow ATCREF_{c,p} = \frac{\sum_{m=1}^{12} GT_m}{\sum_{m=1}^{12} REQ_{a_m}} \quad \Rightarrow IND_p = \frac{1}{C} \sum_{c=1}^C ATCREF_{c,p}$$

Figura 2 – Visão geral do algoritmo de calibração apresentado na Consulta.

27. A formulação oficial parte, portanto, da premissa de que a aderência entre a resposta dos modelos e essa régua operativa fornece um bom critério para avaliar se o nível de aversão a risco está bem calibrado.
28. Em um sistema hidrotérmico como o brasileiro, porém, a noção de segurança não pode ser tratada de forma abstrata. Sua expressão mais direta, concreta e inteligível é o nível de armazenamento dos reservatórios.
29. Reservatórios mais cheios significam maior capacidade de enfrentar sequências hidrológicas adversas, menor vulnerabilidade a choques futuros e maior flexibilidade para administrar a operação em cenários críticos.
30. Em termos simples: água armazenada é tempo, margem de manobra e proteção. Por isso, qualquer discussão sobre aversão a risco precisa reconhecer que, por trás dos parâmetros matemáticos, existe um problema físico muito claro: decidir quanta segurança hídrica o sistema deseja preservar e quanto está disposto a pagar por isso.
31. Essa relação conduz naturalmente ao binômio custo versus segurança. Em regra, elevar o nível de segurança exige antecipar geração térmica, poupar água e sustentar trajetórias de armazenamento mais conservadoras. Isso tende a elevar o custo da operação no presente para reduzir exposição a eventos adversos no futuro.
32. O ponto delicado é que nem todo custo adicional compra segurança relevante, assim como nem toda economia representa imprudência. O verdadeiro desafio de política operativa está em identificar o ponto em que o sistema deixa de pagar por proteção necessária e passa a pagar por conservadorismo excessivo. É exatamente nessa fronteira que a calibração do CVaR ganha centralidade.
33. Na proposta levada à consulta, o estudo oficial avaliou pares de parâmetros do CVaR em simulações prospectivas com horizonte de um ano, combinando diferentes condições iniciais de armazenamento e cenários hidrológicos, e utilizando a CRef

como referência para inferir o montante de geração térmica que seria compatível com determinado nível de armazenamento ao longo do período.

34. Em linguagem menos técnica, a metodologia busca verificar se o despacho térmico induzido pelo modelo se aproxima daquele considerado necessário para sustentar a trajetória de segurança representada pela curva referencial. Com isso, a aderência à CRef passa a funcionar como a principal régua prática do processo de calibração.
35. É justamente nesse ponto que se abre o espaço para a análise crítica. A pergunta central não é apenas se o modelo consegue reproduzir uma referência intermediária de despacho, mas se esse procedimento mede, de fato, segurança de suprimento ou apenas proximidade com uma regra operativa derivada.
36. Também se impõe avaliar se é conceitualmente consistente calibrar um mecanismo econômico, como o CVaR, a partir de uma régua que dialoga com uma lógica física e operativa, ao mesmo tempo em que o sistema já conta com outro instrumento de natureza física, o VMinOp.
37. A questão de fundo, portanto, não é pequena: trata-se de saber se a metodologia proposta está capturando a essência do risco do sistema ou se está organizando a discussão em torno de uma proxy que, embora útil, pode não ser suficiente como critério dominante.
38. Esse debate deve ser examinado com atenção justamente porque a consistência técnica da calibração depende não apenas da elegância da formulação, mas da qualidade da pergunta que se faz ao modelo.
39. Há razões objetivas para questionar vários aspectos da metodologia apresentada, como, por exemplo:

- A. Se cenários hidrológicos favoráveis devem ter peso decisivo em

uma calibração de aversão a risco;

- B. Se uma avaliação concentrada em um horizonte anual é suficiente para um problema que envolve persistência, trajetória e estados críticos; e
 - C. Se a média entre cenários muito distintos não pode ocultar exatamente as situações em que o risco realmente importa.
40. Há também uma preocupação legítima com o custo para o consumidor: antes de se concluir que determinado par de parâmetros é “adequado”, convém perguntar qual nível de segurança ele efetivamente entrega, se esse ganho é material e se o custo incremental para o alcançar é justificável.
41. As discussões técnicas que acompanharam esse processo ajudam a explicitar esse ponto. Mais importante do que perguntar qual par de parâmetros parece mais próximo do caso vigente é perguntar qual política operativa domina as demais em termos de custo e segurança.
42. Em cenários já confortáveis, políticas demasiadamente avessas a risco podem impor despacho térmico adicional e elevar custos sem produzir ganho real de segurança.
43. Em cenários efetivamente críticos, por outro lado, pode haver justificativa para maior conservadorismo, desde que fique claro o benefício obtido em termos de armazenamento, redução de exposição e proteção ao sistema.
44. A calibração, portanto, não deveria ser lida apenas como escolha entre pares numéricos, mas como decisão sobre qual política operativa entrega segurança suficiente com racionalidade econômica.
45. Aliás, de acordo com o estatuto do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS),

este é o objetivo da sua existência (REA ANEEL nº 328, de 12 de agosto de 2004):

Art. 2º O ONS tem por objeto executar as atividades de coordenação e controle da operação da geração e da transmissão de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional – SIN e as atividades de previsão de carga e planejamento da operação do Sistema Isolado - Sisol, sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, com vistas a:

I - promover a otimização da operação do sistema eletroenergético, visando o menor custo para o sistema, observados os padrões técnicos e os critérios de confiabilidade estabelecidos nos Procedimentos de Rede aprovados pela ANEEL;

II - garantir que todos os agentes do setor elétrico tenham acesso à rede de transmissão de forma não discriminatória;

III - contribuir, de acordo com a natureza de suas atividades, para que a expansão do Sistema Interligado Nacional – SIN se faça ao menor custo e vise as melhores condições operacionais futuras.

46. É sob essa perspectiva que a presente nota técnica se propõe a contribuir para o debate. Mais do que discutir parâmetros em abstrato, interessa avaliar se:

- A. A metodologia em consulta organiza corretamente a relação entre custo, armazenamento, segurança e decisão operativa;
- B. Os resultados apresentados sustentam as conclusões sugeridas;
- C. A arquitetura analítica adotada é compatível com a complexidade física, econômica e institucional do sistema elétrico brasileiro.

47. É à luz dessas questões que os capítulos seguintes desta nota técnica foram organizados:

- A. **Capítulo 2:** Metodologia em Consulta Pública.

- B. **Capítulo 3:** Análise Crítica e Proposta.
- C. **Capítulo 4:** Aperfeiçoamentos.
- D. **Capítulo 5:** Match da Energia.
- E. **Capítulo 6:** Conclusões.

Capítulo 2

Metodologia Em Consulta Pública

48. Este capítulo examina a metodologia adotada na consulta pública para calibrar o CVaR nos modelos computacionais do setor elétrico.
49. O objetivo aqui não é ainda julgar a conveniência final dos parâmetros, mas reconstruir, com clareza, a lógica do estudo:
- A. Quais hipóteses ele adota,
 - B. Como os cenários são montados,
 - C. De que maneira o algoritmo compara as alternativas, e
 - D. Porque a própria nota técnica chega às conclusões que apresenta.
50. A utilidade desse exame é simples: antes de discutir se o resultado é convincente, é preciso entender o que o método efetivamente mede.
51. A consulta parte de uma ideia objetiva:
- A. Como o CVaR é um mecanismo econômico embutido na função objetivo do modelo, e

- B. Como a segurança operativa do sistema vem sendo acompanhada pelo CMSE por meio das Curvas Referenciais de Armazenamento,
 - C. A metodologia procura verificar se diferentes combinações de α e λ induzem uma resposta operativa compatível com a CRef.
52. Em termos práticos, a calibração proposta não compara diretamente pares de CVaR com risco de déficit ou com uma métrica física final de segurança; ela compara os resultados prospectivos com a geração térmica requerida para sustentar a trajetória de armazenamento implícita na CRef.

O Algoritmo da Metodologia

53. O algoritmo da metodologia em Consulta Pública segue a seguinte sequência:
- A. Primeiro, definem-se cenários sistêmicos distintos e um conjunto de pares de CVaR a serem testados.
 - B. Depois, para cada combinação entre cenário e par de parâmetros, executa-se o estudo encadeado ao longo do horizonte.
 - C. Em cada mês, observa-se o nível de armazenamento do sistema e identifica-se em que faixa da CRef esse armazenamento se encontra.
 - D. A partir daí, calcula-se o requisito de geração térmica do mês por interpolação linear entre os limites da faixa correspondente.
 - E. Em seguida, esse requisito é ajustado pela capacidade máxima de geração térmica alocável.

- F. No fim do horizonte, compara-se a geração térmica por mérito entregue pelo modelo com a geração térmica requerida pela CRef.
- G. Dessa razão nasce o indicador de atendimento à CRef de cada cenário, e a média dos quatro resultados gera o INDp, que é o indicador final de comparação entre os pares avaliados.

54. Em linguagem de algoritmo, a lógica é esta:

- A. para cada par de CVaR, o estudo percorre os quatro cenários;
- B. dentro de cada cenário, percorre os doze meses do horizonte;
- C. em cada mês, transforma armazenamento em requisito térmico;
- D. limita esse requisito ao máximo factível;
- E. soma a geração efetivamente produzida e a compara com a geração requerida; e,
- F. por fim, tira a média dos atendimentos observados nos quatro cenários.

55. O método é, portanto, reproduzível, transparente e internamente consistente.

56. Mas também é importante notar o que ele faz: ele traduz uma condição física de armazenamento em uma exigência operacional de geração térmica e usa essa exigência como régua central da calibração.

57. Considerando os cenários e parâmetros apresentados na Figura 3:

- A. Os pares avaliados pela nota técnica foram cinco: (15,30), (15,35), (15,40), (15,45) e (15,50). Todos pertencem à mesma família $\alpha = 15\%$, variando apenas o peso λ atribuído à cauda de cenários críticos.
- B. Os quatro cenários energéticos combinam dois estados iniciais de armazenamento com dois níveis de afluência:
 - i. E60A21 e E80A21 representam partida com reservatórios em condição semelhante à de 2021, portanto mais deprimida;
 - ii. E60A25 e E80A25 representam partida com reservatórios em condição semelhante à de 2025, portanto mais preservada.
 - iii. Em cada bloco, há um cenário com ENA de 60% da MLT e outro com ENA de 80% da MLT.

58. Com isso, o estudo constrói quatro situações: reservatórios baixos com pouca água, reservatórios baixos com afluência melhor, reservatórios preservados com pouca água e reservatórios preservados com afluência melhor.

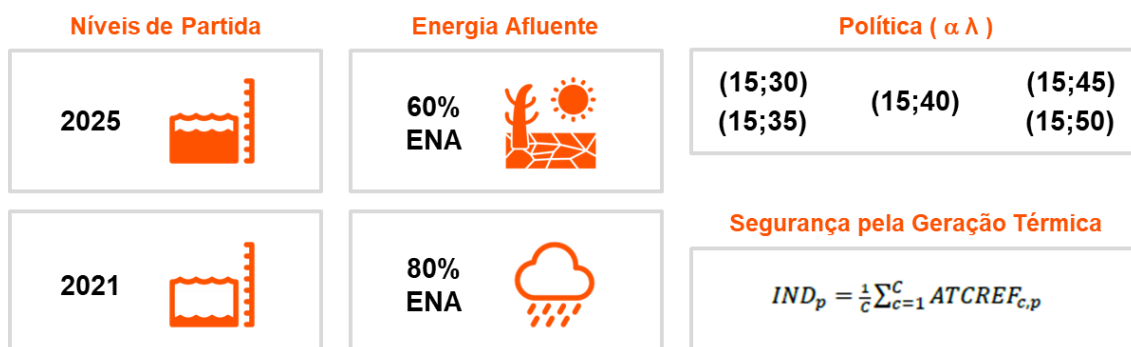


Figura 3 – Cenários energéticos avaliados, políticas simuladas e índice para cálculo da segurança.

Resultados das Simulações

59. As simulações realizadas utilizando a arquitetura de cenários apresentada produzem os resultados gerais apresentados na Figura 4.
60. De forma intuitiva, a arquitetura de cenários já antecipa um ponto importante da leitura dos resultados: nos casos que partem com armazenamento mais preservado, a operação tende a começar em condição mais confortável.
61. O próprio relatório técnico da Consulta Pública registra que, nos cenários E80A25 e E60A25, as trajetórias de armazenamento permaneceram acima da CRef ao longo do horizonte, de modo que não houve requisição de despacho por segurança energética.
62. Nesses casos, o requisito mensal passa a ser, na prática, a própria geração térmica associada à faixa superior da curva. Isso ajuda a entender porque diferenças entre políticas podem aparecer em custo e despacho térmico mesmo quando a situação física do sistema já é confortável.

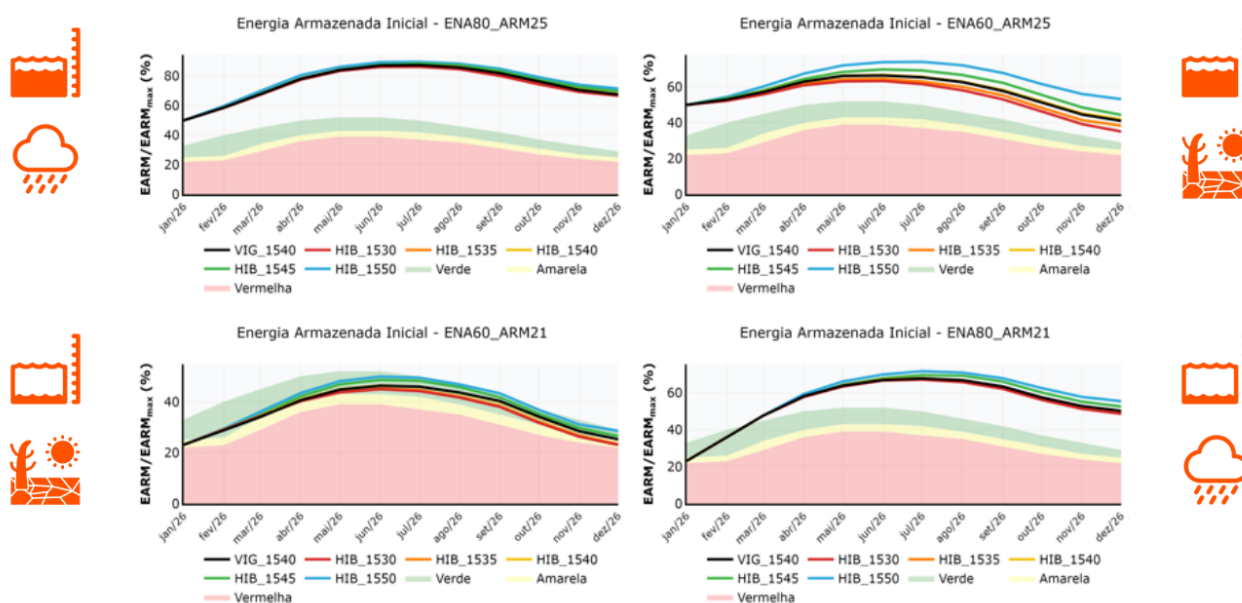


Figura 4 – Tradução das simulações dos quatro cenários em trajetórias de armazenamento.

63. Nos cenários que partem com armazenamento mais baixo, a escolha da política operativa se torna mais sensível. A intuição é direta: quando o sistema entra no horizonte mais pressionado, o quanto ele despacha de térmica nos primeiros meses faz diferença maior para a trajetória dos reservatórios e para o nível de conforto no fim do período seco.
64. É justamente por isso que a discussão sobre aversão a risco ganha relevância nesses casos. A própria leitura trazida nas discussões complementares é que, em situações de partida confortável, a calibragem pode estar capturando sobretudo conservadorismo adicional; já em situações de partida apertada, o tema passa a ser a capacidade da política de reagir ao risco.
65. Para detalhar as discussões, as próximas subseções trazem os resultados de cada cenário energético avaliado.

Cenário E60A25

66. No cenário E60A25, o sistema parte de uma condição relativamente confortável de armazenamento — semelhante à de 2025 —, mas enfrenta uma hidrologia adversa de 60% da MLT.
67. Ainda assim, as trajetórias de energia armazenada permanecem ao longo de todo o horizonte acima das faixas de referência da CRef, indicando que a operação segue em terreno seguro mesmo com pouca afluência.
68. Nesse contexto, o principal efeito de aumentar a aversão a risco não é “comprar” uma mudança decisiva de segurança, mas sim elevar o despacho termelétrico e o custo da operação: a aderência à CRef sobe de 115,2% no HIB_1530 para 154,3% no HIB_1550, enquanto o custo total da geração térmica cresce de R\$ 26,4 bilhões para R\$ 56,8 bilhões.

69. Em outras palavras, trata-se de um cenário em que o sistema já nasce robusto, e as políticas mais conservadoras acabam produzindo sobretudo mais custo e mais térmica, com ganho incremental de armazenamento, mas sem alterar o fato central de que a operação já se encontra em condição segura.

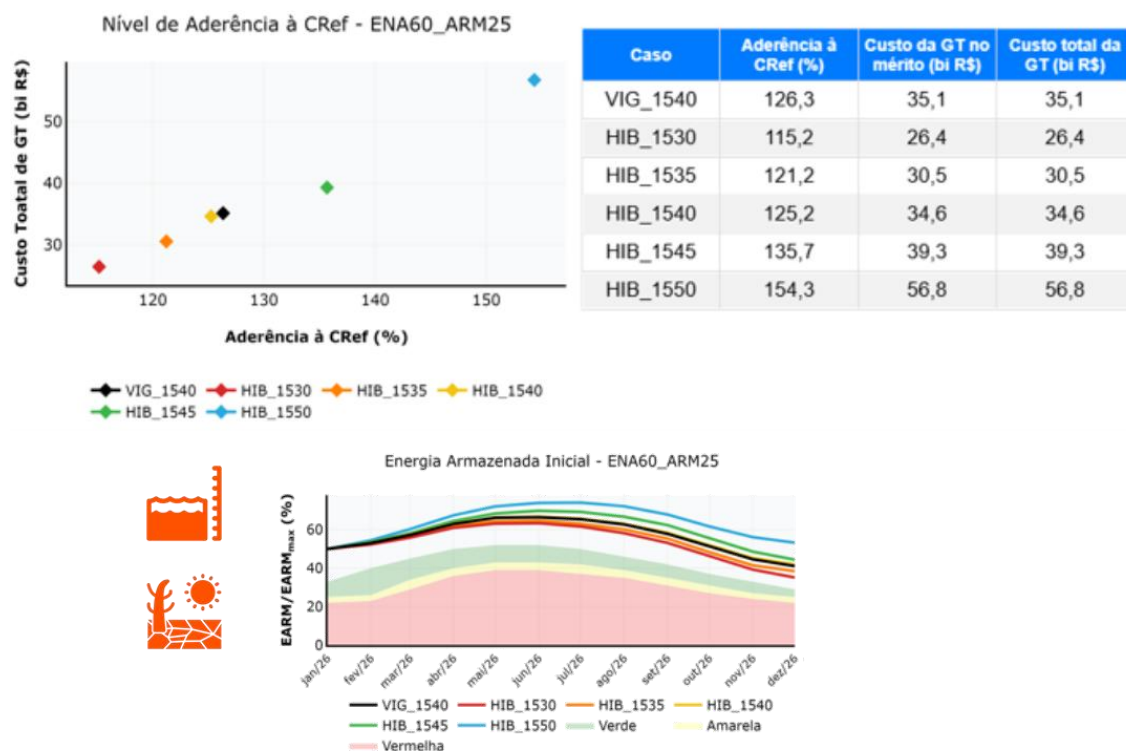


Figura 5 – E60A25: as políticas de operação estão sendo mais seguras do que a CRef.

Cenário E80A21

70. No cenário E80A21, o sistema parte de uma condição inicial mais pressionada de armazenamento — semelhante à de 2021 —, mas encontra uma hidrologia menos severa, de 80% da MLT, o que permite recuperação relativamente rápida dos reservatórios ao longo do horizonte.
71. As trajetórias mostram que, após a partida mais apertada, o armazenamento sobe e passa a operar em faixa mais confortável.
72. Ainda assim, a aderência à CRef permanece abaixo de 100% em todos os casos, variando de 83,8% no HIB_1530 a 99,3% no HIB_1550, o que indica que as políticas

menos avessas a risco entregam geração térmica inferior àquela requerida pela régua da CRef.

- 73. Ao mesmo tempo, o custo total da geração térmica cresce de forma relevante à medida que a aversão a risco aumenta, saindo de R\$ 20,0 bilhões no HIB_1530 para R\$ 26,2 bilhões no HIB_1550.
- 74. Assim, este é um cenário em que a política mais conservadora melhora a aderência à referência operativa e acelera a recomposição da margem de segurança, mas o faz ao custo de um despacho termelétrico substancialmente maior, evidenciando com nitidez o trade-off entre recuperação de segurança e custo da operação.

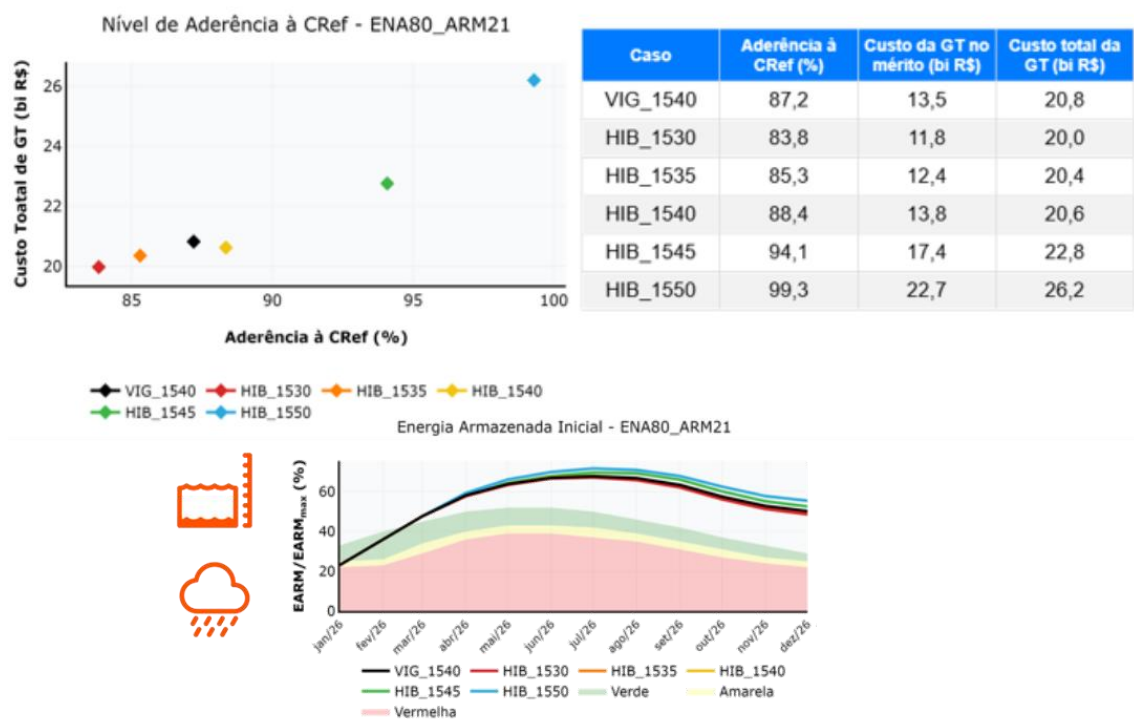


Figura 6 – E80A21: Em uma situação segura, não gerar termoeletrica parece ser sensato.

Cenário E80A25

- 75. No cenário E80A25, o sistema parte de uma condição inicial bastante confortável de armazenamento — semelhante à de 2025 — e enfrenta uma hidrologia ainda relativamente favorável, de 80% da MLT, o que faz com que as trajetórias de energia

armazenada permaneçam todo o tempo amplamente acima das faixas de referência da CRef.

- 76. Por isso, todas as alternativas apresentam aderência de 100,0% à CRef, o que mostra que, nesse caso, a régua metodológica deixa de diferenciar os pares de CVaR do ponto de vista da segurança.
- 77. O que passa a variar, na prática, é apenas o custo: o total da geração térmica vai de R\$ 9,9 bilhões no HIB_1530 para R\$ 12,2 bilhões no HIB_1550.
- 78. Em termos analíticos, este é o cenário mais claramente confortável do conjunto: a operação já nasce segura e permanece segura ao longo do horizonte, de modo que políticas mais avessas a risco não entregam ganho perceptível de segurança pela métrica adotada, apenas mais despacho térmico e maior custo de operação.

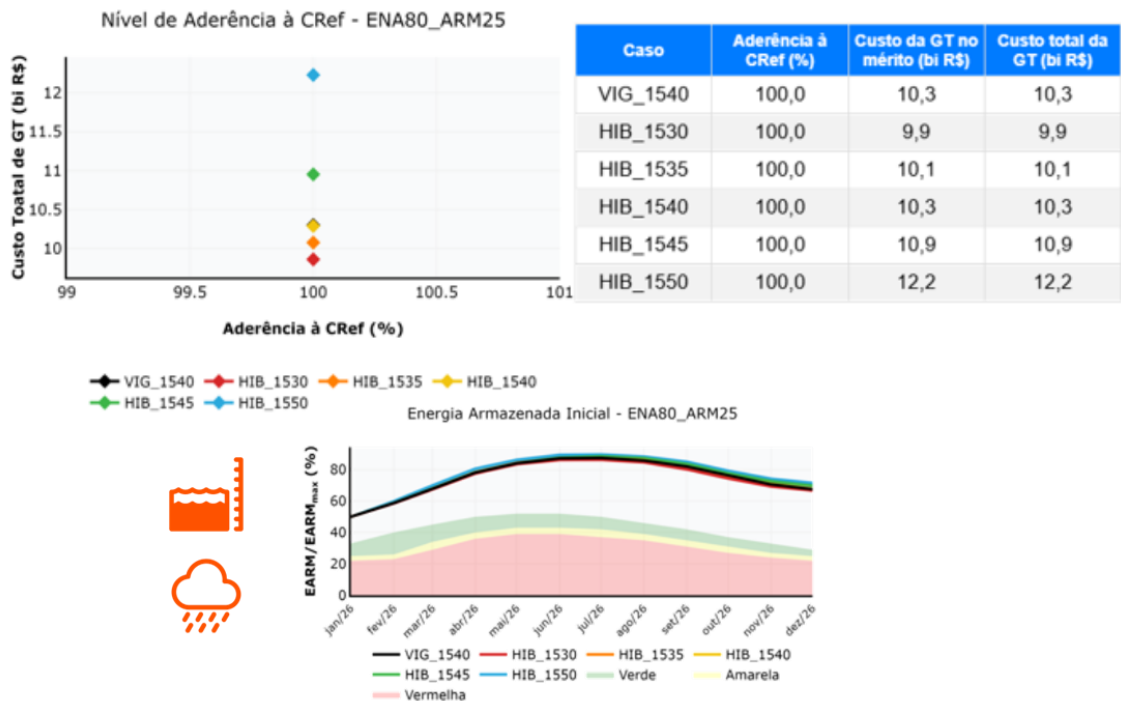


Figura 7 – E80A25: Em uma situação muito segura, não há despacho termoelétrico adicional.

Cenário E60A21

- 79. No cenário E60A21, o sistema parte de uma condição inicial mais crítica de armazenamento — semelhante à de 2021 — e enfrenta uma hidrologia fortemente adversa, de 60% da MLT, o que faz dele o caso mais estressado do conjunto.
- 80. As trajetórias de energia armazenada mostram alguma recuperação ao longo do primeiro semestre, mas o sistema permanece operando em faixa sensível e encerra o horizonte com níveis ainda relativamente comprimidos, de modo que a política de aversão a risco passa a ter efeito material sobre a operação.
- 81. Nesse contexto, a aderência à CRef varia de 96,3% no HIB_1530 a 135,1% no HIB_1550, já o custo total da geração térmica sobe de R\$ 51,6 para R\$ 64,3 bilhões.
- 82. O ponto relevante aqui é que este é o único cenário em que a discussão sobre mais ou menos conservadorismo realmente incide sobre uma situação estruturalmente apertada: políticas mais avessas a risco elevam de forma clara o despacho térmico, aumentam o custo e entregam maior armazenamento, enquanto políticas menos avessas reduzem custo, mas operam mais próximas do limite de segurança.

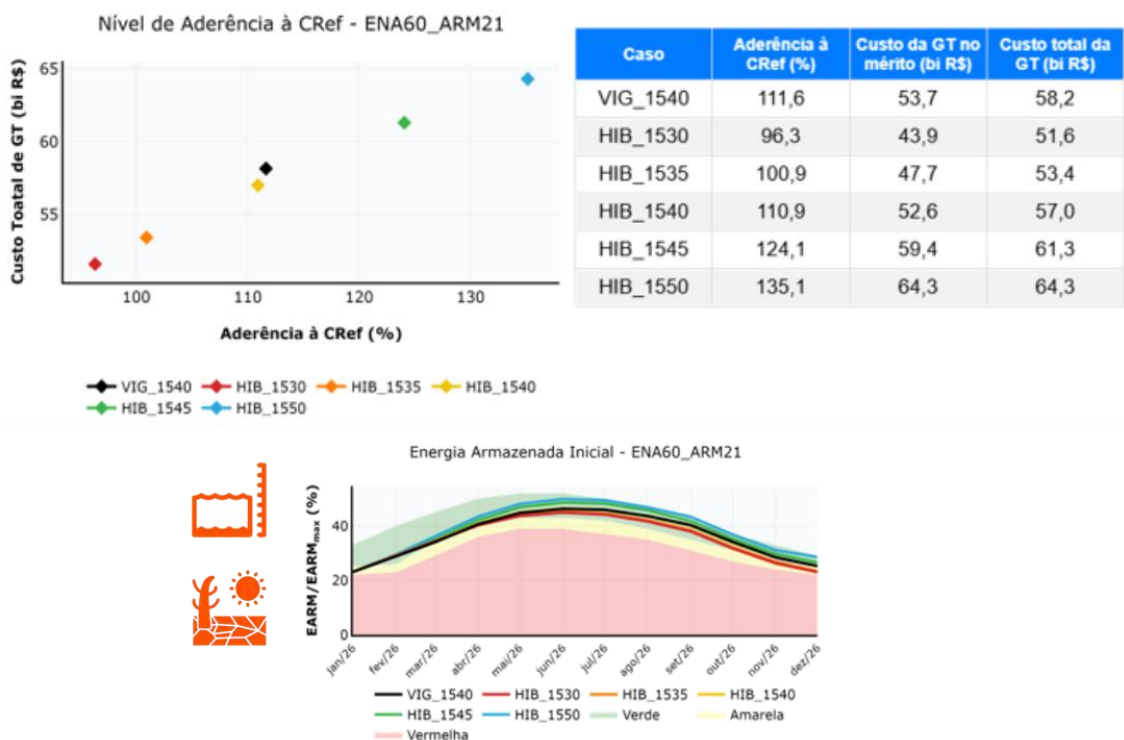


Figura 8 – E60A21: Em uma situação de insegurança, a relação custo e benefício é relevante.

Consolidação dos Resultados

83. Com base nas análises por cenário da metodologia oficial é possível concluir que não há a seleção de um parâmetro distinto para cada tipo de cenário. Ela agrega os resultados. Depois de calcular o atendimento à CRef em cada caso, o estudo tira a média dos quatro cenários e produz o INDp.
84. É esse número médio que organiza a comparação final. Com essa régua, a própria nota técnica conclui que o CVaR (15,35) é o primeiro par a atingir ou superar 100% de atendimento à CRef, enquanto o CVaR (15,40) é o que mais se aproxima do nível vigente de aversão a risco.
85. Essas duas conclusões convivem porque respondem a perguntas ligeiramente diferentes: uma olha para a meta de aderência média à CRef; a outra olha para a proximidade com o padrão hoje adotado pelo modelo oficial.
86. Esse ponto merece atenção porque mostra, sem rodeios, o alcance exato do método. A metodologia não escolhe diretamente o par “mais seguro” em sentido físico, nem o “mais barato”, nem o “melhor para o consumidor” em sentido amplo.
87. Ela escolhe, em primeiro lugar, o par mais aderente à régua que ela própria definiu como central: a aderência da geração térmica à CRef, medida por ATCREF e depois agregada por INDp.
88. Em outras palavras, o estudo converte a segurança em armazenamento, o armazenamento em requisito térmico, e o requisito térmico em indicador de calibração. Isso dá objetividade ao procedimento, mas também delimita o que ele de fato demonstra.
89. É justamente aí que entram as leituras conceituais trazidas pelas discussões complementares.

90. Sob a ótica física, a segurança de um sistema hidrotérmico é intuitivamente associada ao estado dos reservatórios. Sob a ótica da metodologia da consulta, porém, a métrica central passa a ser a aderência da geração térmica à referência operativa derivada da CRef.
91. A geração térmica funciona, portanto, como uma proxy de segurança, e não como a segurança em si. Essa escolha metodológica tem uma virtude clara: aproxima a calibração da lógica operativa usada na prática para acompanhamento do sistema.
92. Mas ela também abre uma pergunta inevitável: ao medir a aderência do despacho térmico a uma regra intermediária, o estudo está medindo segurança de suprimento propriamente dita ou apenas conformidade com essa regra de referência?
93. Há ainda uma segunda implicação relevante. O VMinOp é um mecanismo físico, ligado a limites mínimos de armazenamento, enquanto o CVaR é um mecanismo econômico, embutido na função objetivo do modelo.
94. A calibração proposta procura compatibilizar o comportamento do segundo com uma lógica operativa fortemente ancorada no primeiro e na CRef.
95. Essa construção não invalida a metodologia, mas ajuda a explicar sua natureza: ela é menos uma calibração “pura” do risco econômico e mais uma tentativa de fazer o mecanismo econômico responder de forma coerente com uma referência operativa de segurança energética. Por isso, o método é tecnicamente ordenado, mas conceitualmente híbrido.
96. Também por isso a média dos quatro cenários passa a ser um ponto central de interpretação. Ao sintetizar condições tão distintas em um único INDp, a metodologia ganha simplicidade e comparabilidade. Mas perde granularidade.
97. Nos cenários mais favoráveis, diferenças de despacho térmico podem representar

apenas custo adicional sem ganho material de segurança; nos mais críticos, essas mesmas diferenças podem ter papel efetivo na proteção do sistema.

98. A média junta essas duas coisas. O resultado é útil como resumo, mas não elimina a necessidade de olhar a qualidade da resposta em cada cenário. Essa observação não invalida a conclusão oficial; apenas mostra que ela decorre de uma média entre situações que têm pesos analíticos diferentes quando o tema é risco.
99. Em síntese, a metodologia colocada em consulta pública é clara, estruturada e transparente. Ela compara pares de CVaR a partir de um critério comum, usa cenários definidos de forma explícita, traduz armazenamento em requisito térmico e produz um indicador médio de aderência à CRef.
100. É essa lógica que leva a nota técnica a registrar, de um lado, que o par (15,35) é o primeiro a atingir 100% de atendimento médio à CRef e, de outro, que o par (15,40) é o mais próximo do nível vigente.
101. Compreendida essa engenharia metodológica, o passo seguinte é examinar seus méritos, seus limites e suas implicações para o verdadeiro binômio em discussão: quanto custa a segurança e que tipo de segurança está, afinal, sendo calibrada.

Capítulo 3

Análise Crítica e Proposta

102. Uma vez compreendida a metodologia da consulta pública, o passo seguinte é examiná-la criticamente. Esse exame pode ser feito em dois movimentos. O primeiro consiste em aceitar integralmente a régua oficial e verificar aonde ela leva quando aplicada de forma estrita.
103. O segundo consiste em observar os mesmos resultados por uma lente mais econômica e mais física, na qual segurança e custo deixam de ser lidos apenas por uma métrica intermediária e passam a ser confrontados diretamente.
104. Essa passagem é importante porque a própria discussão de fundo registra que a calibração proposta mede aderência à CRef, isto é, aderência a uma regra operativa, e não propriamente uma métrica final de segurança de suprimento.

Política Operativa pela Aderência à CRef

105. No primeiro movimento, não é preciso mudar nada. Mantêm-se os quatro cenários, mantêm-se o cálculo do atendimento à CRef em cada um deles, mantêm-se o INDp como média dos quatro resultados e mantêm-se, sobretudo, a ideia de que a melhor parametrização é aquela cujo atendimento médio fique mais próximo de 100%.

106. Feito isso, a consequência lógica direta pode ser observada na Figura 9: os dois pares mais próximos de 100% são justamente o (15,30) e o (15,35), sendo o (15,30) o mais próximo.
107. A observação é simples, mas decisiva: se o critério oficial é proximidade a 100%, então a aplicação literal desse critério aponta primeiro para o (15,30) e só depois para o (15,35).

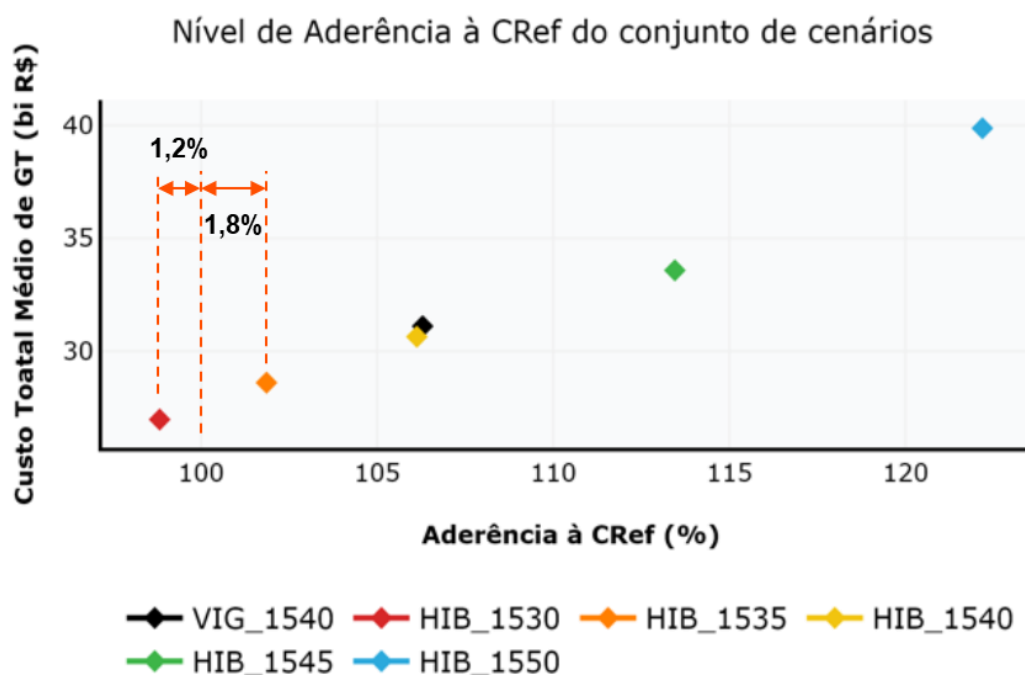


Figura 9 – Política operativa escolhida mantendo o critério de aderência à CREF.

108. A leitura da Figura 9 é particularmente relevante porque ela mostra, de forma direta, que mesmo sem alterar a metodologia oficial, a aplicação estrita do critério de proximidade à CRef conduziria naturalmente à priorização do HIB_1530, e em seguida do HIB_1535.
109. Em contraste, os pares mais avessos a risco, como HIB_1545 e HIB_1550, afastam-se progressivamente da referência de 100% e impõem custos médios substancialmente mais elevados, sugerindo geração termelétrica acima da necessária para reproduzir a régua da CRef.

110. Assim, a figura reforça um ponto central desta nota técnica: pela própria lógica da metodologia colocada em consulta pública, os pares 15/30 e 15/35 são os mais aderentes, e o 15/30 é o resultado mais consistente quando aderência e custo são observados em conjunto.
111. Essa constatação é relevante porque a conclusão oficial foi apresentada de outra forma. O relatório registra que o (15,35) é o primeiro par a atingir ou superar 100% de atendimento à CRef e que o (15,40) é o mais próximo do nível vigente.
112. Essas duas afirmações são verdadeiras dentro da moldura escolhida pelo estudo. Ainda assim, elas não esgotam a leitura possível dos próprios resultados.
113. Se a régua declarada for, de fato, a distância em relação a 100%, o par mais aderente ao critério deixa de ser o primeiro acima de 100% e passa a ser o mais próximo desse valor, ainda que por baixo. É exatamente nesse ponto que a própria metodologia, levada às últimas consequências, abre espaço para uma conclusão diferente da ênfase oficial.

Política Operativa considerando Custo e Segurança

114. O segundo movimento consiste em mudar a lente sem abandonar os dados. Em vez de observar apenas a aderência média à CRef, passa-se a olhar a política operativa pelo binômio custo versus segurança.
115. Nessa leitura, o eixo Y é o custo total da geração termelétrica e o eixo X é a energia armazenada ao fim do período seco, ou, de forma equivalente, no início do período úmido, tal como ilustrado na Figura 10.
116. Cada ponto representa uma política em um determinado cenário hidroenergético, e as elipses laranja destacam os quatro agrupamentos de cenários. A leitura do gráfico é direta: mover-se para a direita significa terminar o período com

mais armazenamento, isto é, com mais segurança física; mover-se para cima significa incorrer em maior custo térmico total. Em todos os agrupamentos, observa-se o mesmo padrão: à medida que a política se torna mais avessa a risco, o armazenamento final aumenta, mas isso ocorre ao preço de um custo termelétrico também mais elevado.

117. A razão dessa escolha é direta: em um sistema hidrotérmico, o armazenamento é a expressão física mais palpável da segurança, enquanto o custo termelétrico é a expressão econômica mais imediata do conservadorismo da política. A pergunta, então, deixa de ser apenas quem ficou mais perto de 100% e passa a ser quanto se paga, em cada cenário, pelo armazenamento adicional que cada parametrização consegue entregar.

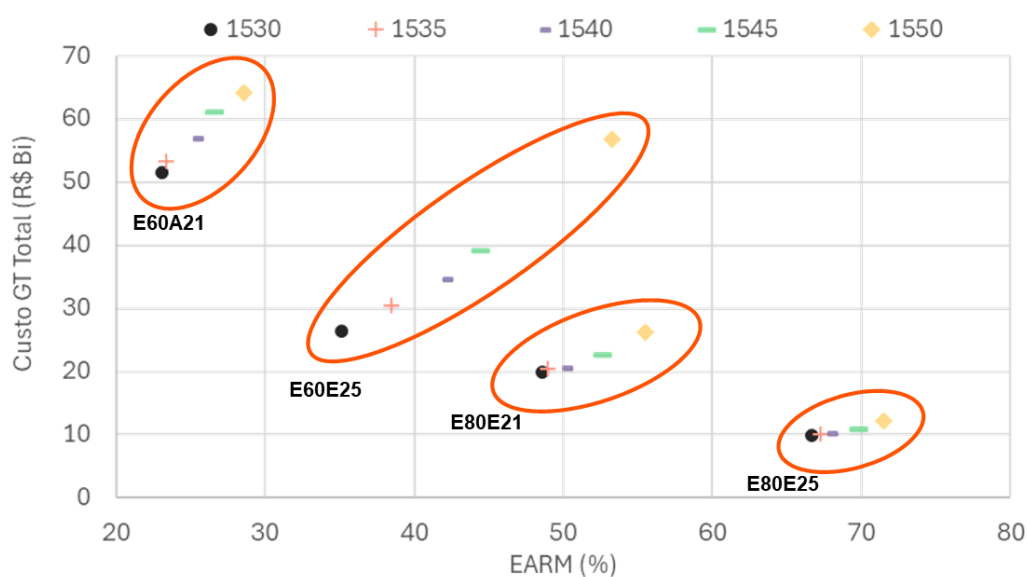


Figura 10 – Custo total da geração termelétrica e energia armazenada nos reservatórios em novembro.

118. A Figura 11 apresenta uma visão complementar à Figura 10. O gráfico apresenta, no eixo horizontal, a geração termelétrica em GW médios e, no eixo vertical, o custo da geração em R\$ bilhões, permitindo comparar as diferentes políticas de aversão a risco em cada um dos cenários analisados.

119. Neste caso, mostra-se diretamente quanto custa, em termos termelétricos,

tornar a operação mais conservadora. A leitura evidencia que dentro de cada grupo de cenário, à medida que a política se torna mais avessa a risco, a geração termelétrica aumenta e, com ela, cresce também o custo total da operação.

120. O ponto mais importante é que o gráfico separa, de forma bastante intuitiva, os cenários em que o sistema já nasce ou rapidamente fica seguro daqueles em que a restrição hídrica é de fato mais severa.
121. Nos cenários “com água” — isto é, aqueles em que há boa condição inicial de armazenamento ou afluência suficiente para recompor os reservatórios — os pontos se concentram em faixas de geração e custo mais baixas. Nesses casos, a segurança física já está essencialmente garantida, e o aumento da aversão a risco não produz ganho relevante de segurança: ele apenas desloca a operação para cima e para a direita, isto é, para mais geração térmica e mais custo.
122. Já nos cenários mais restritivos, o gráfico mostra patamares mais elevados de geração e custo, revelando que ali existe um trade-off mais real entre segurança e despacho térmico.
123. Ainda assim, mesmo nesses casos, o comportamento é monotônico: políticas mais conservadoras significam sempre mais térmica e mais gasto. Por isso, o gráfico é útil para reforçar uma mensagem central: em cenários com água, a aversão a risco deixa de comprar segurança relevante e passa a comprar apenas custo adicional.
124. Nas subseções seguintes são detalhados os resultados referentes a cada cenário, consolidando os entendimentos sobre custo e segurança.

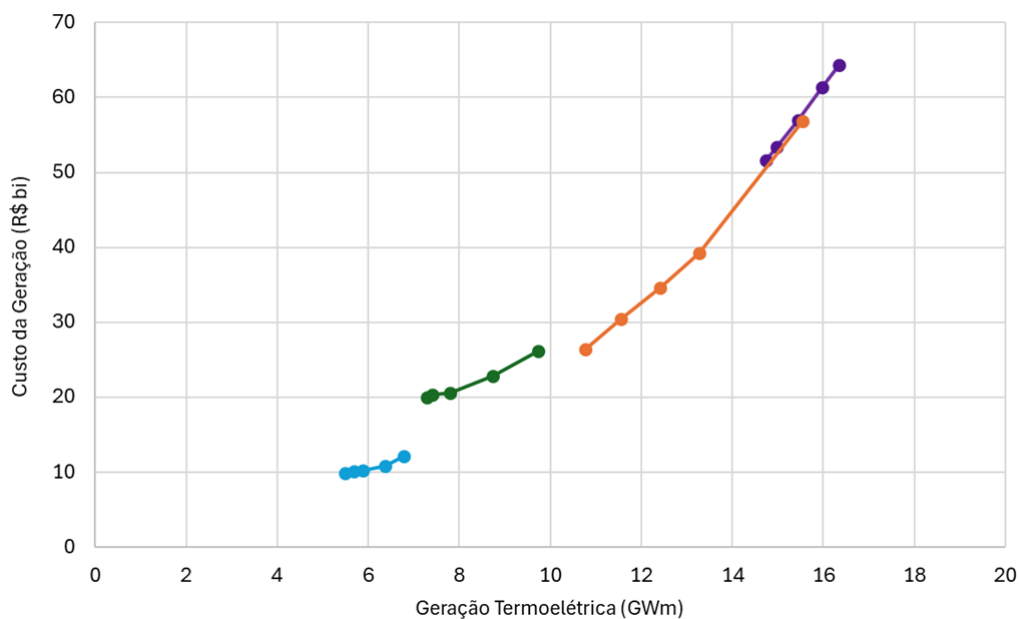


Figura 11 – Custo da geração termoelétrica para os diferentes cenários.

Cenário E80A25

125. Sob essa ótica, o cenário E80A25 tem utilidade limitada para a escolha da política ótima. Trata-se de uma situação em que o sistema parte com armazenamento alto e enfrenta afluência ainda relativamente favorável. A própria documentação complementar do processo registra que, nesse caso, a trajetória simulada não requisitou nenhuma das curvas da CRef.

126. Em termos substantivos, a operação já nasce segura e permanece segura. Por isso, as políticas mais avessas a risco não alteram o diagnóstico físico do sistema; elas apenas elevam o despacho térmico e o custo. Quando a segurança já está satisfeita de saída, o gasto adicional deixa de comprar proteção relevante e passa a refletir sobretudo conservadorismo caro.

Cenário E80A21

127. Algo semelhante ocorre em E80A21. Aqui o sistema parte mais pressionado, mas a afluência de 80% da MLT permite recomposição relativamente rápida dos reservatórios. Com pouca água na partida e afluência mais alta, as políticas

produzem resultados bastante semelhantes, e que o problema analítico passa a ser decidir se uma geração térmica mais baixa, em ambiente já recomposto e seguro, deve ou não influenciar a calibração.

128. Em outras palavras, a diferença entre políticas começa a se deslocar do plano da segurança necessária para o plano do custo adicional de uma prudência que já não é decisiva.

Cenário E60A25

129. O cenário E60A25 também merece ser relativizado. Nele, a hidrologia é ruim, mas o sistema parte com reservatórios preservados. O resultado é uma operação que continua segura, embora mais sensível do que em E80A25.

130. Ainda assim, chama a atenção o fato de que, nesse caso, a geração térmica observada fica muito acima da referência e que as políticas mais avessas a risco ampliam fortemente o custo sem alterar de modo decisivo o fato central: os reservatórios permanecem em nível seguro. É justamente aqui que aparece com clareza a noção de ganho marginal de armazenamento com custo desproporcional.

Cenário E60A21

131. Uma vez reconhecida a baixa capacidade discriminatória desses três cenários para a decisão final, a análise substantiva precisa se concentrar em E60A21, que é o cenário realmente restritivo do conjunto. É nele que o sistema parte pressionado, recebe pouca água e permanece exposto ao verdadeiro trade-off entre custo e segurança.

132. Nesse cenário, a aderência à CRef volta a apontar para (15,30) e (15,35) como os pares mais próximos de 100%. Uma análise mais detalhada é realizada na próxima seção.

Custo e Benefício para o Cenário Crítico

133. Para o cenário mais crítico, E60A21, foi realizada uma análise em diversas dimensões físicas, econômicas e tarifárias, apresentadas na Figura 12. Cada linha mostra uma lente diferente para julgar a política operativa, deixando claro que o par (15,30) não é o melhor em tudo, mas é o que entrega o conjunto mais vantajoso de resultados quando a análise deixa de olhar um único indicador e passa a considerar o pacote completo.

Avaliação Objetiva do (α , λ)		Dimensão - Caso E060A21					
		1530	1535	1540	1545	1550	
Aderência à CRef: →	1530 ; 1535	Aderência à CRef (%)	96,3%	100,9%	110,9%	124,1%	135,1%
		<i>Distância a CRef = 100%</i>	-3,7%	0,9%	10,9%	24,1%	35,1%
Armazenamento: →	1550	Armazenamento Novembro (%)	24,9	25,8	27,5	29,4	31,5
		<i>Distância a EAR 29%</i>	-4,1	-3,2	-1,5	0,4	2,5
Custo de Geração: →	1530	Custo da Geração Termoelétrica (R\$bi)	51,6	53,4	57,0	61,3	64,3
		<i>Sobrecusto em relação ao par vigente 1540</i>	-5,4	-3,6	0,0	4,3	7,3
CMO: →	1530	CMO médio SE/CO (R\$/MWh)	838	903	1.014	1.132	1.409
		<i>Varição em relação ao par vigente 1540</i>	-176	-111	0	118	395
PLD: →	1530	PLD médio SE/CO (R\$/MWh)	718	749	778	785	785
		<i>Varição em relação ao par vigente 1540</i>	-60	-30	0	7	7
Volatilidade: →	1540	Volatilidade CMO SE/CO (%)	30%	28%	24%	30%	39%
		<i>Varição em relação ao par vigente 1540</i>	5,8%	3,3%	0,0%	5,1%	14,7%
ESS: →	1550	ESS (R\$ bi)	2,1	1,9	1,2	0,8	0
		<i>Varição em relação ao par vigente 1540</i>	0,9	0,7	0	-0,4	-1,2
Tarifa: →	1530	Impacto Tarifário (pp)	-0,98	-0,47	0	0,34	0,69
		<i>Varição em relação ao par vigente 1540</i>	-0,98	-0,47	0	0,34	0,69

Figura 12 – Análises específicas do cenário crítico.

Distância CRef

134. Na primeira linha, “Distância CRef = 100%”, a pergunta é: qual política fica mais perto da régua oficial de aderência? Nesse cenário específico, o melhor resultado é o (15,35), com 0,9% de desvio, enquanto o (15,30) fica em -3,7%. Já os pares mais avessos a risco se afastam bastante da referência: 10,9% no (15,40), 24,1% no (15,45) e 35,1% no (15,50).

135. Ou seja: pela régua oficial do caso E060A21, o (15,35) é o mais aderente, mas o (15,30) ainda permanece muito próximo, bem mais perto da referência do que os pares mais conservadores.

136. Sob uma perspectiva objetiva, os dados demonstram que o par (15,30) atende à CRef mesmo no cenário de maior estresse hidrológico (E60A21), levando a um armazenamento dentro da faixa verde da CRef ao final do período. Em comparação ao caso vigente (15,40), este parâmetro apresenta uma redução marginal de armazenamento de 2,6 p.p., em contrapartida a uma economia expressiva de R\$ 5,4 bilhões no custo de geração termelétrica, o que possibilita uma redução tarifária estimada em 0,98%.

Distância EARM 29%

137. Na segunda linha, “Distância EARM 29%”, a tabela mede a distância em relação ao patamar de armazenamento de 29%, que funciona como referência de segurança física.
138. Aqui, quanto mais positivo o número, maior o colchão de armazenamento. Nesse critério, a política mais conservadora se sai melhor: o (15,50) aparece com 2,5, seguido do (15,45) com 0,4. O (15,30) fica em -4,2, o que mostra que ele entrega menos armazenamento do que os pares mais avessos a risco. Portanto, se o único objetivo fosse maximizar armazenamento final, o favorecido seria o (15,50).

Sobrecusto

139. Na terceira linha, “Sobrecusto em relação ao par vigente 1540”, a comparação passa a ser estritamente econômica. O (15,30) reduz custo em R\$ 5,4 bilhões em relação ao vigente; o (15,35) reduz em R\$ 3,6 bilhões; o (15,45) adiciona R\$ 4,3 bilhões; e o (15,50) adiciona R\$ 7,3 bilhões.
140. Essa linha já mostra um ponto decisivo: aumentar a aversão a risco compra mais armazenamento, mas cobra caro por isso. E, nesse quesito, o (15,30) é o melhor.

Variação do CMO

141. Na quarta linha, associada à variação do CMO em relação ao vigente, o padrão se repete. O (15,30) apresenta a maior redução, de -17%, seguido do (15,35) com -11%. O (15,40) é a base de comparação, e os pares mais conservadores pioram: o (15,50) chega a +35%.
142. Em outras palavras, do ponto de vista do custo marginal da operação, o (15,30) é claramente o mais favorável.

Variação do PLD

143. Na quinta linha, relativa ao PLD em relação ao vigente, a conclusão é a mesma. O (15,30) reduz o indicador em 60, enquanto o (15,35) reduz em 30. O vigente fica em zero, e os pares mais avessos a risco elevam esse resultado em 7. Aqui, novamente, o (15,30) lidera.

Volatilidade

144. Na sexta linha, referente à volatilidade, a leitura muda. O melhor resultado é justamente o do (15,40), que aparece como referência com 0,0%. O (15,35) piora pouco, com 3,3%, o (15,30) sobe para 5,8%, o (15,45) fica em 5,1%, e o (15,50) piora muito, com 14,7%. Esta é a linha em que o (15,30) perde para o vigente. Então, aqui, a melhor escolha isolada seria o (15,40).

ESS

145. Na sétima linha, ligada ao ESS, os pares mais avessos a risco passam a se beneficiar. O (15,50) é o melhor, com -1,2, seguido do (15,45) com -0,4. O (15,30) aparece com 0,9, e o (15,35) com 0,7. Isso significa que as políticas mais conservadoras reduzem mais a necessidade de ESS, como era esperado.

146. Ainda assim, o ponto importante é que o pior resultado do (15,30), embora pior que o dos mais conservadores, não explode: ele representa um aumento da ordem de R\$ 0,9 bilhão, que é pequeno diante da economia muito maior obtida no custo total de operação.

Impacto Tarifário

147. Na oitava linha, de impacto tarifário, o (15,30) volta a ser o melhor resultado do quadro inteiro: -0,98% em relação ao vigente. O (15,35) também melhora, com -0,47%. Já os pares mais avessos a risco pioram tarifa: +0,34% no (15,45) e +0,89% no (15,50).
148. Como a tarifa é a síntese mais concreta para o consumidor, essa linha pesa muito no juízo final.

Consolidação dos Resultados

149. A seção anterior, portanto, conta uma história bastante clara. Se o critério isolado for aderência à CRef no caso E060A21, o (15,35) vence. Se o critério isolado for maximizar armazenamento ou minimizar ESS, o (15,50) leva vantagem. Se o critério isolado for volatilidade, o melhor é o (15,40).
150. Mas, quando se observa o conjunto das dimensões economicamente mais relevantes — sobrecusto, CMO, PLD e impacto tarifário — o destaque recorrente é o (15,30).
151. Por isso, a conclusão mais robusta não é que o (15,30) seja o campeão em todos os indicadores, mas que ele é o par mais vantajoso no balanço geral.
152. O par (15,30) permanece relativamente próximo da régua oficial, reduz de forma expressiva o custo da operação, melhora CMO e PLD, entrega o melhor resultado

tarifário e só perde nos critérios em que a política mais conservadora compra segurança adicional a um custo muito elevado.

153. Em suma: o $(15,30)$ não maximiza o armazenamento, mas maximiza a eficiência da política, porque preserva segurança em nível administrável e evita pagar caro por uma proteção incremental cujo benefício marginal é menor que o custo.

Capítulo 4

Aperfeiçoamentos

154. As análises desenvolvidas ao longo desta nota técnica apontam, no recorte efetivamente testado, o par (15,30) como a alternativa mais robusta e mais equilibrada.
155. Essa conclusão decorre tanto da aplicação estrita da própria régua oficial de aderência à CRef quanto da leitura conjunta de custo e segurança, com foco no cenário realmente restritivo.
156. Isso não impede, porém, que a metodologia seja aperfeiçoada. Ao contrário: justamente porque a conclusão atual é sólida dentro da moldura disponível, torna-se possível discutir, com serenidade, quais refinamentos poderiam tornar futuras calibrações ainda mais robustas, mais completas e mais aderentes à operação real do sistema.
157. Neste sentido, nas próximas subseções são apresentadas propostas de aperfeiçoamento da metodologia de calibração.

Horizonte de Análise

158. O primeiro aperfeiçoamento diz respeito ao horizonte de análise. O estudo oficial foi construído sobre um recorte de apenas doze meses, de janeiro a dezembro de 2026. Esse desenho é operacionalmente compreensível, mas metodologicamente restrito.
159. A política operativa escolhida não afeta apenas o ano em observação; ela altera o ponto de partida do período seguinte e, com isso, transfere custo, risco e oportunidade para frente.
160. Reservatórios excessivamente cheios ao fim do horizonte podem parecer, à primeira vista, sinônimo inequívoco de prudência, mas também podem resultar em uso ineficiente da água, inclusive com maior probabilidade de vertimento turbinável nos períodos subsequentes.
161. Da mesma forma, uma política que termine o ano muito comprimida pode apenas empurrar risco para frente.
162. Em um sistema hidrotérmico, a calibração da aversão a risco não deveria ser julgada apenas pela fotografia de um ano civil, mas pela sua capacidade de equilibrar custo e segurança ao longo de uma sequência intertemporal mais ampla.

Zoom no Cenário Crítico

163. O segundo aperfeiçoamento é dar um zoom metodológico no cenário realmente crítico. A calibração atual combina quatro cenários hidroenergéticos e consolida os resultados por média.
164. Esse desenho foi suficiente para mostrar que, no espaço amostral efetivamente testado, a política menos avessa a risco se mostrou a mais eficiente.

165. Ainda assim, isso não significa que a decisão esteja esgotada no plano metodológico.
166. Se a política de risco é, por definição, uma resposta a estados críticos do sistema, então a região analítica mais importante não é a dos cenários confortáveis, mas a dos cenários em que armazenamento inicial e afluência colocam a segurança sob maior pressão.
167. Para esse espaço, seria desejável simular múltiplos níveis iniciais de armazenamento e múltiplas trajetórias de afluência, produzindo uma malha mais densa de pontos.
168. Com isso, seria possível desenhar com maior precisão uma verdadeira fronteira eficiente entre custo e segurança e verificar, com mais nitidez, em que regiões cada política domina ou deixa de dominar as demais.
169. O resultado atual é robusto dentro do conjunto testado, mas um refinamento futuro pode qualificar a decisão sem alterar o diagnóstico central.

Gestão dos Reservatórios

170. O terceiro aperfeiçoamento consiste em incorporar, de forma mais explícita, as regras operativas associadas à gestão dos reservatórios.
171. A melhor política não depende apenas de quanto armazenamento se alcança ao fim do período seco, mas também de como o sistema percorre essa trajetória.
172. Critérios de priorização de enchimento, preservação de cascatas, governabilidade hidráulica e momento ótimo de uso da água podem alterar significativamente a relação entre custo e segurança.

173. Duas políticas com níveis finais semelhantes podem ter qualidades operativas muito diferentes se uma delas atravessa meses intermediários com mais fragilidade, mais exposição ou pior distribuição espacial da segurança, tal como ilustrado na Figura 13 em um estudo simplificado para as usinas de Emborcação, Itumbiara e São Simão, todas da cascata do rio Paranaíba.

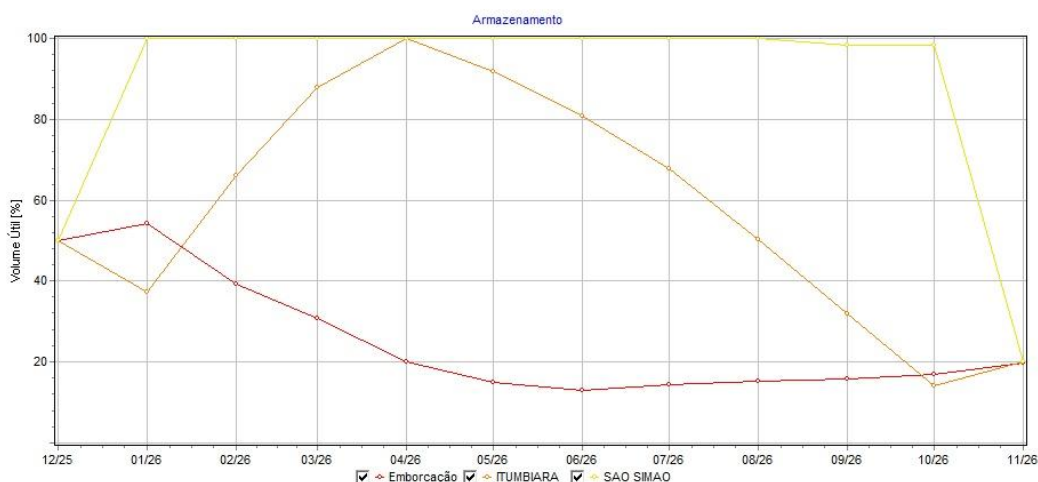


Figura 13 – Armazenamento de três usinas hidroelétricas ao longo de um ano.

174. Em outras palavras, segurança não é apenas um número no fim do ano; é também uma trajetória operativa. Por isso, uma calibração futura mais robusta deveria dialogar mais explicitamente com a forma concreta de operar os reservatórios, e não apenas com o resultado agregado ao final do horizonte.

Curtailment

175. O quarto aperfeiçoamento é incorporar o curtailment à avaliação. Hoje, o volume de energia afetado por cortes de geração já é suficientemente relevante para que sua exclusão reduza a completude da análise.
176. Uma política operativa pode parecer satisfatória quando observada apenas pela ótica do armazenamento e do custo termelétrico, mas deixar de parecer tão eficiente quando seus efeitos sobre restrições de geração entram na conta.

177. O próprio processo de consulta reconheceu essa lacuna ao registrar que avaliações futuras poderiam incorporar esse tema, possivelmente com melhor integração com o DESSEM.
178. Isso é importante porque o curtailment não é um detalhe periférico: ele é uma dimensão econômica concreta da operação do sistema e pode alterar o juízo sobre o verdadeiro custo de uma política aparentemente prudente.

Capacidade Estrutural Futura

179. O quinto aperfeiçoamento se refere à capacidade estrutural futura do sistema, em especial à expansão térmica associada aos leilões de reserva de capacidade.
180. A percepção de risco não depende apenas da hidrologia e do armazenamento; depende também da capacidade efetiva de o sistema enfrentar cenários adversos quando eles se materializam.
181. Com a entrada de novos volumes de termelétricas, a fronteira entre risco e segurança muda de posição. O custo pode continuar elevado em cenários severos, mas a capacidade de resposta estrutural do sistema cresce, e isso altera o trade-off relevante para a calibração do CVaR.
182. O estudo analisado não incorporou sensibilidades envolvendo o LRCAP 2026, tendo adotado como ponto de corte a configuração do PMO de janeiro de 2026. Esse recorte é compreensível do ponto de vista do cronograma, mas mostra que a calibragem ainda pode ser aperfeiçoada por uma visão mais atualizada da expansão de capacidade.
183. Não se trata de substituir configuração oficial por especulação, mas de reconhecer que a calibração da aversão a risco é uma decisão prospectiva e, por isso, deveria conversar com a melhor informação disponível sobre a configuração futura

do sistema. Se o parque térmico esperado mudar materialmente, a melhor política pode mudar junto.

184. Uma metodologia mais madura deveria, portanto, criar algum mecanismo de parametrização prudente para incorporar essa informação prospectiva, ainda que como sensibilidade adicional, de modo a evitar que a política seja calibrada com uma percepção de risco já defasada em relação à capacidade estrutural esperada.

Consolidação dos Aperfeiçoamentos

185. Tomados em conjunto, esses aperfeiçoamentos apontam para uma mesma direção. A calibração futura deveria ser mais intertemporal, mais densa na região crítica, mais aderente às regras concretas de operação, mais abrangente em suas variáveis econômicas e mais atualizada em relação à configuração estrutural do sistema.

186. Nada disso invalida a conclusão já alcançada nesta nota técnica. Ao contrário, essas sugestões ajudam a delimitar seu alcance com honestidade metodológica. O que elas dizem é que a decisão atual foi tomada em um espaço analítico ainda relativamente estreito, e que ampliar esse espaço tende a reduzir zonas de incerteza e melhorar a qualidade da escolha futura.

Capítulo 5

Match da Energia

187. Uma evidência adicional relevante para esta nota técnica é fornecida pelos relatórios do Match da Energia¹, iniciativa que compara a aderência entre diferentes bases de geração, carga e preço no setor elétrico brasileiro. O Match da Energia nasceu de uma parceria entre a ABRACEEL e a Volt Robotics, com acesso gratuito por meio do site apresentado na Figura 14.



Figura 14 – www.matchdaenergia.com.br

¹ Relatórios disponíveis em [Resultados da pesquisa por “match” – ABRACEEL](#).

188. No caso da operação das usinas, o Match 2.0 trabalha com quatro séries principais: a geração calculada pelo DESSEM ONS, a geração calculada pelo DESSEM CCEE, a Programação Diária da Operação (PDO) e a operação real verificada.
189. A comparação é feita por meio de três indicadores complementares — Match, Frequência do Match e Desvio do Match — que, em conjunto, permitem medir não apenas a proximidade média entre as séries, mas também a direção e a consistência dos desvios ao longo do tempo.
190. O ponto central que emerge dos relatórios do período úmido de 2024/2025 e do período seco de 2025 é claro: a operação real é muito mais aderente à Programação Diária da Operação do que à saída dos modelos DESSEM.
191. Em outras palavras, o que se observa não é uma operação real seguindo de perto o despacho calculado pelos modelos, mas sim uma operação real seguindo de perto a programação efetivamente construída pelo ONS após a execução desses modelos.
192. Essa constatação é particularmente importante para o debate sobre os parâmetros de aversão a risco, porque mostra que o principal descolamento ocorre entre modelo e realidade operativa, e não entre programação e realização.
193. No período seco de 2025, essa diferença aparece de forma contundente. Para a geração hidrelétrica, o match entre o DESSEM CCEE e a geração realizada permaneceu baixo, entre 55% e 65%, chegando a apenas 39% em outubro.
194. No caso das hidrelétricas a montante, a aderência foi ainda pior, variando entre 12% e 57%, com frequência muito elevada de situações em que a geração realizada ficou acima da geração calculada pelo modelo.
195. Em contraste, o match entre a PDO e a geração realizada ficou entre 87% e 90%, com desvios bem menores.

196. O próprio relatório explicita a interpretação correta desses resultados ao afirmar que a operação vem sendo programada para se desviar dos modelos de otimização, o que indica que esses modelos, embora determinem sinais econômicos centrais do setor, ainda apresentam limitações para fornecer soluções plenamente implementáveis e confiáveis.
197. No período úmido de 2024/2025, a conclusão é convergente. Os relatórios registram que os dados realizados foram muito aderentes à PDO, mas diferentes em relação aos resultados do DESSEM ONS e do DESSEM CCEE.
198. O relatório conclui, de forma expressa, que existem processos e tratamentos de dados posteriores à execução do modelo que afastam sistematicamente a operação efetiva da operação modelada, o que reforça a tese de que o baixo Match decorre de limitações estruturais de representação da realidade operativa.
199. Essa evidência tem implicação direta para a discussão sobre a calibração dos parâmetros Alpha e Lambda.
200. Ao longo de 2025, o setor operou sob o par atualmente vigente, (15,40). Se os parâmetros de aversão a risco fossem o elemento determinante para melhorar o Match entre o despacho dos modelos e a operação real, seria razoável esperar que, sob o par vigente, a aderência observada fosse elevada.
201. Os relatórios mostram exatamente o contrário. Mesmo com (15,40) em vigor, o Match permaneceu baixo em diversos casos relevantes, especialmente para a geração hidrelétrica e, em particular, para as usinas a montante.
202. Assim, não há evidência empírica de que o par atual esteja promovendo melhor aderência entre a operação modelada e a operação realizada. Por consequência, também não há base técnica para sustentar que a simples escolha de um par mais avesso a risco, por si só, faria a operação real passar a seguir mais de perto os

modelos.

203. Os próprios relatórios do Match apontam causas muito mais plausíveis para esse descolamento. Entre elas, destacam-se:
- A. A redeclaração de inflexibilidade térmica após a execução do DESSEM,
 - B. Os ajustes para atendimento à ponta de carga,
 - C. A exportação de energia,
 - D. A política operativa de preservação e guarda de água em usinas de montante,
 - E. O curtailment de renováveis e outras restrições operativas não representadas adequadamente nos modelos.
204. Em termos hidrelétricos, os relatórios mostram, por exemplo, que as usinas de cabeceira operam com lógica distinta daquela sinalizada pelo modelo, inclusive com modulação horária mais intensa para atendimento à ponta.
205. Em termos renováveis, mostram também que cortes relevantes de geração eólica e solar deterioram o Match mesmo quando a previsão do modelo permanece elevada.
206. Em suma, trata-se de um problema de representação da realidade física e operativa do sistema, e não de simples recalibração do mecanismo econômico de aversão a risco.
207. Dessa forma, os relatórios do Match da Energia reforçam uma conclusão

importante desta nota técnica: os parâmetros Alpha e Lambda não devem ser tratados como instrumento para melhorar a aderência entre os modelos e a operação verificada.

208. O baixo Match observado em 2025, inclusive sob o par vigente (15,40), mostra que a aproximação entre modelo e realidade depende, sobretudo, de aprimoramentos estruturais dos modelos, como melhor representação das restrições operativas hidrelétricas, incorporação mais fiel da lógica de operação do ONS, tratamento adequado da flexibilidade e evolução das modelagens associadas ao despacho efetivo.
209. Em consequência, não é tecnicamente correto atribuir à calibração de Alpha e Lambda a tarefa de resolver um problema cuja origem está, em grande medida, fora do próprio mecanismo de aversão a risco.

Capítulo 6

Conclusões

210. A calibração da aversão a risco nos modelos computacionais do setor elétrico brasileiro não é uma discussão meramente paramétrica. Trata-se, em essência, de definir quanto o sistema está disposto a pagar para preservar armazenamento, antecipar despacho termelétrico e reduzir sua exposição a cenários adversos.
211. Essa escolha afeta diretamente o custo da operação, o comportamento dos preços, a formação de encargos, a trajetória dos reservatórios e, em última instância, o consumidor.
212. É por isso que a presente nota técnica tratou o tema não como um ajuste algorítmico isolado, mas como uma decisão de política operativa com consequências físicas, econômicas e institucionais relevantes.
213. Ao longo desta nota, foi reconstruída a metodologia colocada em consulta pública, desde a lógica do algoritmo que transforma armazenamento em requisito de geração térmica até a forma como o atendimento à CRef é calculado em cada cenário e depois agregado pelo indicador médio do conjunto.
214. A análise mostrou que a metodologia oficial é clara, estruturada e reproduzível, mas também evidenciou o que ela efetivamente mede: não uma métrica final de segurança de suprimento, e sim a aderência da geração térmica a uma régua

operativa derivada da CRef. Essa distinção foi central para a leitura crítica desenvolvida nesta nota, porque permitiu separar, com maior nitidez, o que é segurança física do sistema e o que é apenas proximidade com uma referência intermediária.

215. A nota também percorreu, de forma detalhada, os testes e comparações realizados. Foram avaliados os cinco pares da família $\alpha = 15\%$ presentes na consulta pública, examinados os quatro cenários energéticos oficiais, reinterpretados os resultados pela própria lógica da aderência média à CRef e, em seguida, reavaliados os mesmos dados sob a ótica mais transparente do binômio custo versus segurança.
216. Além disso, o cenário realmente restritivo, E60A21, foi examinado em várias dimensões simultaneamente, incluindo aderência à CRef, armazenamento, sobrecusto, CMO, PLD, volatilidade, ESS e impacto tarifário.
217. O primeiro resultado relevante foi que, mesmo sem alterar a metodologia oficial, a aplicação estrita do próprio critério de proximidade à CRef já desloca a conclusão em favor do par (15,30).
218. Se a régua adotada é a distância em relação a 100% de aderência, então a consequência lógica é simples: o par mais próximo dessa referência deve ser priorizado. Sob essa leitura, a nota mostrou que os dois pares mais aderentes são o (15,30) e o (15,35), sendo o (15,30) o mais próximo.
219. Essa constatação é importante porque demonstra que a reinterpretação crítica não começou pela substituição da régua oficial, mas pela sua aplicação até o fim.
220. A conclusão se torna ainda mais forte quando a análise deixa de olhar apenas a aderência média à CRef e passa a observar, de forma conjunta, custo e segurança. Sob essa ótica, os cenários confortáveis mostraram utilidade limitada para distinguir a melhor política, porque neles a segurança já estava satisfeita ou era rapidamente

recomposta.

221. Nesses casos, políticas mais avessas a risco não compraram proteção material relevante; compraram, sobretudo, mais geração térmica e maior custo. Com isso, a análise passou a se concentrar no cenário E60A21, que é o cenário em que a relação entre conservadorismo, armazenamento e custo realmente importa.
222. E foi justamente nesse cenário que o (15,30) se destacou como a política mais eficiente no balanço geral: não por maximizar cada variável isoladamente, mas por reunir a melhor combinação entre custo, preço, tarifa e segurança administrável.
223. Essa vantagem do (15,30) não decorreu de uma preferência arbitrária, mas de um padrão recorrente nos resultados. No cenário crítico, ele permaneceu próximo da régua oficial, apresentou o menor sobrecusto, o melhor comportamento em CMO e PLD, e o melhor impacto tarifário, ainda que não fosse o melhor em armazenamento puro, ESS ou volatilidade.
224. Essas últimas variáveis favoreceram, em geral, pares mais conservadores, mas à custa de aumentos expressivos no custo total da operação. A conclusão da nota, portanto, não foi a de que o (15,30) vence em tudo, e sim a de que ele é o par que melhor equilibra custo e segurança quando o conjunto relevante das dimensões é observado em simultâneo.
225. A nota também identificou aperfeiçoamentos metodológicos relevantes. Entre eles, destacam-se a necessidade de ampliar o horizonte de análise para além de um único ano, de adensar as simulações na região realmente crítica, de incorporar de forma mais explícita as regras operativas de enchimento e esvaziamento dos reservatórios, de incluir os efeitos do curtailment e de atualizar a percepção de risco à luz da expansão térmica futura, inclusive associada aos leilões de reserva de capacidade.

226. Esses aperfeiçoamentos são importantes porque podem qualificar decisões futuras e reduzir zonas de incerteza metodológica. Ainda assim, eles não invalidam a conclusão já alcançada; apenas delimitam seu alcance com honestidade técnica.
227. Diante do conjunto das evidências analisadas, a recomendação desta nota técnica é clara: a parametrização (15,30) deve ser entendida como a alternativa mais vantajosa para a calibração do CVaR no contexto da consulta em análise.
228. Ela é a alternativa que melhor concilia aderência metodológica, racionalidade econômica, proteção ao consumidor e segurança em nível administrável. Não se trata da política mais conservadora, nem da mais aderente a um único critério isolado, mas da política mais eficiente no conjunto dos resultados observados.
229. A discussão sobre aversão a risco deve continuar evoluindo, e essa evolução será tanto melhor quanto mais se apoiar em critérios transparentes, materialidade física e racionalidade econômica.
230. O aperfeiçoamento do método é desejável e necessário, mas ele deve servir para qualificar o processo decisório, não para obscurecer o diagnóstico já sustentado pelas evidências disponíveis.
231. No estágio atual, a análise técnica reunida nesta nota aponta de forma consistente para a adoção do (15,30) como a melhor resposta disponível para o equilíbrio entre custo e segurança na operação do sistema elétrico brasileiro.