

Workshop GT Metodologia/CPAMP

Ciclo 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Coordenação:  ccee

19/01/2022

CPAMP - Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico

GT METODOLOGIA

Membros:

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **ANEEL**
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

 **ONS**

 **epe**

Assessoria Técnica:

 Eletrobras
Cepel

Agenda

1. Contextualização e cronograma
2. Contribuições dos agentes/universidades
3. Estudos EPE
 - Critério de Parada - EPE
 - Processo iterativo da Carga Crítica
 - Carga Crítica Convergida
 - Avaliação dos critérios de suprimento por iteração
4. Metodologia para a calibração do CVaR
5. Backtests e análises prospectivas: resultados
 - Backtests
 - Prospectivos
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Agenda

1. **Contextualização e cronograma**
2. **Contribuições dos agentes/universidades**
3. **Estudos EPE**
 - **Critério de Parada - EPE**
 - **Processo iterativo da Carga Crítica**
 - **Carga Crítica Convergida**
 - **Avaliação dos critérios de suprimento por iteração**
4. **Metodologia para a calibração do CVaR**
5. **Backtests e análises prospectivas: resultados**
 - **Backtests**
 - **Prospectivos**
6. **Dúvidas, contribuições e comentários**

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Contextualização

Recomendação do CMSE à CPAMP (234ª Reunião - 02/set/2020)

- Avaliar os mecanismos visando a **elevação estrutural dos níveis de armazenamento** dos reservatórios, sobretudo aos **finais dos períodos secos**, bem como propor uma transição capaz de **minimizar os impactos no GSF e na tarifa do consumidor** de energia elétrica.

Deliberação da CPAMP, publicada em 23/jul/2021¹

- *“Entre as principais motivações para os aperfeiçoamentos propostos consta a necessidade identificada de se **melhorar a representação da realidade operativa** do Sistema Interligado Nacional (SIN) nos modelos, e **proporcionar o adequado sinal econômico do PLD e justa alocação dos custos para os diversos segmentos.** (...)”*
- *A CPAMP manteve o compromisso de **validação do PAR(p)-A no primeiro trimestre de 2022, associada à calibração do CVaR, para atualização da representação da aversão ao risco mais aderente à realidade operativa do SIN. Essas mudanças, nos termos da Resolução CNPE nº 7/2016, só terão eficácia na operação e na formação de preços a partir de 2023.**”*

¹ <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/cpamp-decide-sobre-implementacao-de-aprimoramentos-propostos-nos-modelos-computacionais-no-ciclo-de-atividades-2019-2020-2021>

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Contextualização



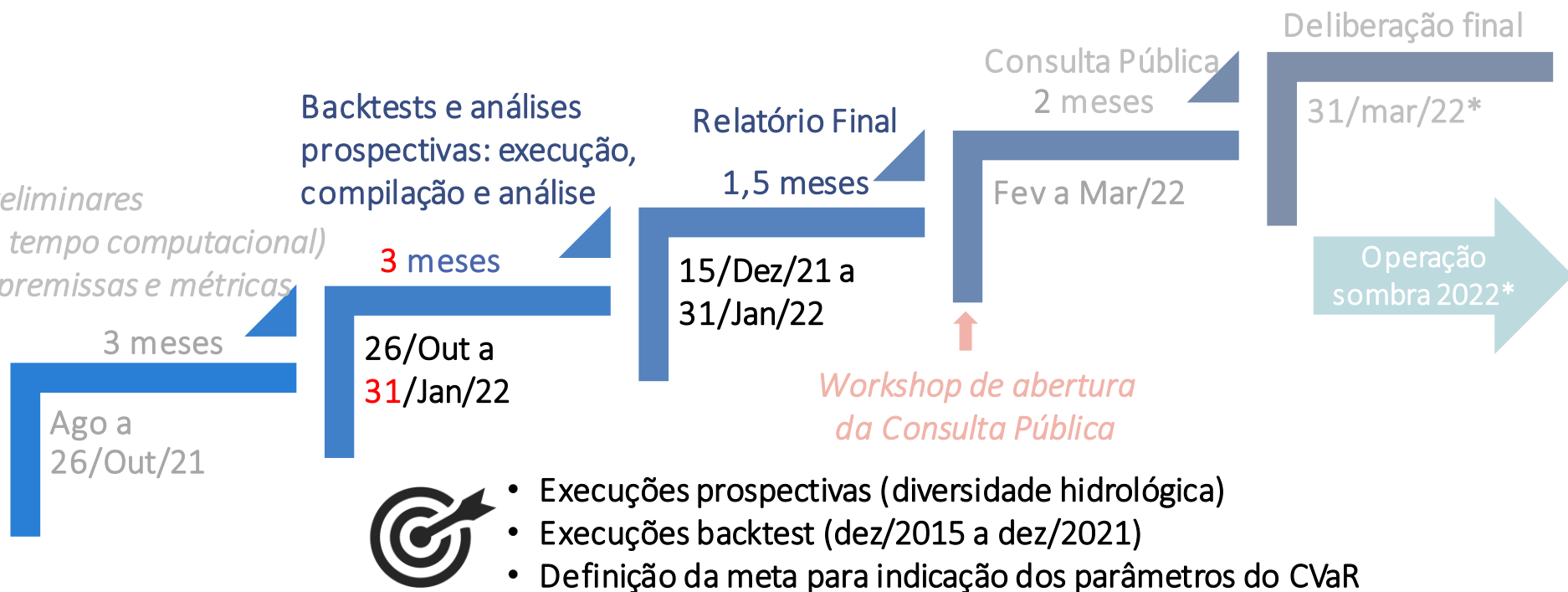
Próximos ciclos

- Continuidade dos demais temas (produtibilidade e perdas variáveis, taxa de desconto, SUIHI hidrotérmico, fontes intermitentes, NEWAVE híbrido, *unit commitment* hidráulico)

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Cronograma atualizado

- i. Análises metodológicas e testes preliminares
- ii. Critério de parada (convergência e tempo computacional)
- iii. Backtests e análises prospectivas: premissas e métricas
- iv. FTs NEWAVE/DECOMP



Reuniões mensais do GT Metodologia com os agentes



Agenda

1. Contextualização e cronograma
2. **Contribuições dos agentes/universidades**
3. Estudos EPE
 - Critério de Parada - EPE
 - Processo iterativo da Carga Crítica
 - Carga Crítica Convergida
 - Avaliação dos critérios de suprimento por iteração
4. Metodologia para a calibração do CVaR
5. Backtests e análises prospectivas: resultados
 - Backtests
 - Prospectivos
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Questionamentos/contribuições não respondidos no 22º Workshop:

- Apresentação CEPEL – Modelagem NEWAVE
 - Haveria algum **ganho na modelagem caso na geração de séries**, ao invés de ENAs por REE **fossem geradas vazões individuais** (por posto) e só após o agrupamento por REE? **(Rômulo Camargo)**
 - A ser avaliado em trabalhos futuros do GT-Metodologia.
 - O acoplamento entre **reservatórios de regularização**, mesmo que imperfeito, deve ser estudado como alternativa às fictícias. **(Henrique Braga)**
 - A ser avaliado em trabalhos futuros do GT-Metodologia.
 - A CPAMP poderia **uniformizar a modelagem do TVR de Belo Monte**? Pois o ONS/CCEE e EPE usam modelagens distintas. **(Henrique Braga)**
 - Este assunto deverá ser avaliado no CT PMO/PLD.

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Contribuições dos agentes/universidades:

- Sugerimos à CPAMP a apreciação dos problemas aqui levantados no seu **cronograma de trabalho para 2022**:
 - O núcleo do problema dos modelos pode ser a representação do processo estocástico.
 - A representação agregada em reservatórios equivalentes já não encontra mais respaldo na realidade, sendo importante o emprego do **Newave Híbrido**.
 - A reversão à média no processo de geração de séries também é um fator de introdução de viés otimista no modelo, o qual poderia ser minimizado pela **adoção do PAR(p)-A**, o que ainda não ocorreu.
 - A representação das incertezas no modelo se restringe apenas à oferta. **A carga deveria ser considerada incerta e com elasticidade também incerta**. Por mais que a elasticidade e a incerteza da carga sejam pequenas, elas poderiam causar alterações significativas nos preços, na operação e até na segurança do atendimento.
 - A adoção de medidas como o **VmimOp**, por exemplo, podem ser uma solução mais rápida minimizando o viés otimista constatado nos resultados dos modelos, mas que não correspondem à solução conceitual do problema.
 - O **NEWAVE Híbrido** entrará em discussão para priorização no próximo ciclo de trabalhos. A variação da carga de forma estocástica nos modelos de otimização não foi avaliada ainda e poderá entrar em trabalhos futuros da CPAMP. Contudo, os principais efeitos da estocasticidade da carga Líquida está sendo tratada no tema de **Fontes Intermitentes no NEWAVE/GEVAZP/DECOMP**.

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Contribuições dos agentes/universidades:

- Sugerimos à CPAMP a apreciação dos problemas aqui levantados no seu cronograma de trabalho para 2022:
 - Sugerimos elevar **significativamente o VminOp nos reservatórios equivalentes das regiões SE/CO, Sul e NE, além da adoção de parâmetro de VminOp de 30% no reservatório da UHE Tucuruí**, visto que é o valor de referência empregado pelo ONS na operação. **Caso o ONS pratique níveis mínimos em outros reservatórios, sugerimos a adoção de tratamento semelhante**, posto que a disponibilidade de potência é um atributo do sistema exógeno à cadeia de modelos o qual não afeta as funções de custo futuro calculadas pelos modelos NEWAVE e DECOMP.
 - Os níveis de VminOp propostos para entrada em vigor em 2022 foram baseados na NT-ONS DPL 0021/2021. Eles possuem um **caráter físico, estrutural e expressam armazenamentos mínimos operativos por UHE que asseguram a controlabilidade da operação das usinas**. **Outros valores mínimos conjunturais de reservatórios específicos são tratados como restrições operativas nos modelo oficiais**, e não necessariamente possuem relação com a **aversão ao risco sistêmica, objetivo fim do VminOp**.

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Contribuições dos agentes/universidades:

- A proposta de **escolha do par (α, λ) do CVaR** levando em consideração a CRef não é adequada, pois **acarreta nas seguintes preocupações:**
 - **A CRef é uma ferramenta emergencial** e pode ser flexibilizada ou mesmo descartada a depender de fatores econômicos, sociais, hidrológicos etc;
 - **O CVaR consiste em critério de aversão a risco estrutural** do setor e, portanto, **não deve ser definido com base em parâmetro conjuntural** nem com objetivo de atingir meta de reservatórios;
 - **Cada CRef elaborada pelo ONS possui breve período de vigência**, assim, o resultado da metodologia de definição de CVaR com base na CRef já estaria ultrapassado na entrada em vigor em 2023;
 - A definição de **métricas e premissas para o estudo no âmbito do GT Metodologia foi realizada durante a Etapa 1**, que teve fim em outubro de 2021.
- Tendo em vista a transparência no processo de definição da aversão ao risco, Agentes e Associações **contribuíram no sentido de haver necessidade da definição de uma meta que expressasse o nível de segurança sistêmico requerido pelo setor**. Ao definir a CRef, o CMSE externaliza o requisito de despacho termelétrico para assegurar a segurança operativa do SIN, de forma que **a metodologia proposta procura atender a requisição do CMSE através cadeia de modelos oficiais**. Vale destacar que a formulação da CRef considera a configuração do sistema atualizada, afluições críticas e níveis de armazenamentos que, por construção, independem dos níveis atuais, ou seja, preservando assim requisitos estruturais para manutenção do suprimento energético. **Além da comparação com a CRef, impactos físicos e financeiros aos Agentes serão analisados.**

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Contribuições dos agentes/universidades:

- Questionamentos sobre a metodologia de definição da meta:
 - Tendo em vista que a CRef vai servir como parâmetro de decisão, **não faria sentido ela estar dentro do modelo? (Fabio Pinto)**
 - A versão atual da CRef incorpora três níveis de despacho termelétrico. A geração termelétrica condicionada à faixa de operação de armazenamento requer a utilização de estratégias de programação mista-inteira que não é compatível com as atuais estratégias de solução do NEWAVE e DECOMP, baseadas em PDDE.
- Fizemos alguns testes com o caso da Eletrobras e, mesmo considerando 50 iterações, **os resultados ficaram instáveis**. Vocês chegaram a fazer alguma análise nesse sentido? **(Vinicius Trindade)**
- Apresentar os estudos que **subsidiaram o critério de parada do modelo Newave com o PAR(p)-A para os estudos da EPE** (número fixo de iterações - mínimo = máximo = 50).
 - Abordar as razões para a **diferença de critério de parada entre os casos de CMO/PLD e EPE**.
 - **Estabilidade dos resultados com esse critério**: O CMO (e demais saídas relevantes no cálculo de garantia física) já fica estável com 50 iterações? **Haveria algum ganho em adotar um número superior à 50?**
 - Respostas conforme **apresentação da EPE** a seguir.

Agenda

1. Contextualização e cronograma
2. Contribuições dos agentes/universidades
- 3. Estudos EPE**
 - **Critério de Parada - EPE**
 - **Processo iterativo da Carga Crítica**
 - **Carga Crítica Convergida**
 - **Avaliação dos critérios de suprimento por iteração**
4. Metodologia para a calibração do CVaR
5. Backtests e análises prospectivas: resultados
 - Backtests
 - Prospectivos
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Critério de Parada - EPE

- ❑ Iteração máxima: maior ou igual a 50 (adotada nos processos de PMO/PLD)
- ❑ Iteração mínima: estabilidade da variável Custo Total de Operação (CTOT), pois está associada à função objetivo do NW (combinação convexa entre custo médio e CVaR)
 - Estabilidade do CTOT: análise pelo Teste-t
 - Iteração mínima: maior ou igual a iteração mínima equivalente à iteração 100 para a amostra de casos rodados.
- ❖ Resultados:
 - ❖ Iteração máxima: por restrições de tempo computacional, será adotada a iteração 50.
 - ❖ Iteração mínima: os testes de estabilidade do CTOT mostram que a iteração mínima seria maior que 50 iterações.
 - ❖ Logo, será adotado: iteração mínima = iteração máxima = 50
- Deck de referência: “GF Eletrobras”: caso de cálculo da GF referente à ampliação da UHE Curuá-Una, no âmbito do processo de capitalização da Eletrobras, disponível no site da EPE:

https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-292/topico-600/Decks_NT_087-2021_r0_Eletrobras_RE_CuruaUna.zip

Hipótese a ser testada: valor médio de uma variável na iteração i é estatisticamente igual ao valor médio dessa mesma variável na 100ª iteração ($i+k=100$). 100 é número máximo de iterações que o NEWAVE executa atualmente.

Cálculo da estatística t:

$$t = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_{i+k}}{\sigma_{X_i X_{i+k}} \sqrt{\frac{2}{n}}}$$

Onde:

$$\sigma_{X_i X_{i+k}} = \sqrt{\frac{\sigma_{x_i}^2 + \sigma_{x_{i+k}}^2}{2}}$$

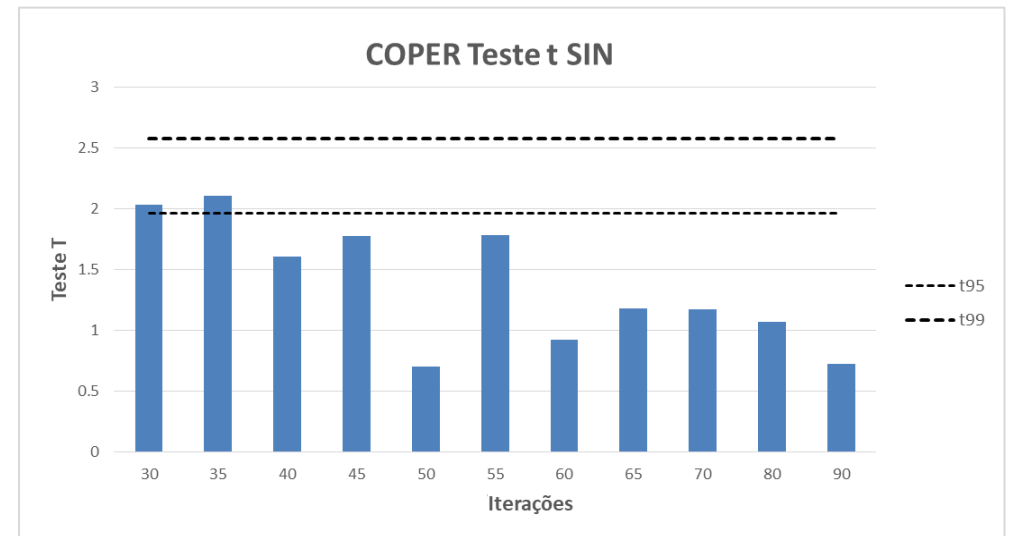
\bar{X} : média da variável a ser analisada na iteração i em relação a iteração $i + k$ ($i + k = 100$)

σ : desvio padrão amostral

n : número de elementos na amostral

Analisar a primeira iteração a partir da qual não há mais rejeição, considerando o intervalo de confiança de 95% (Dist. Bicaudal)

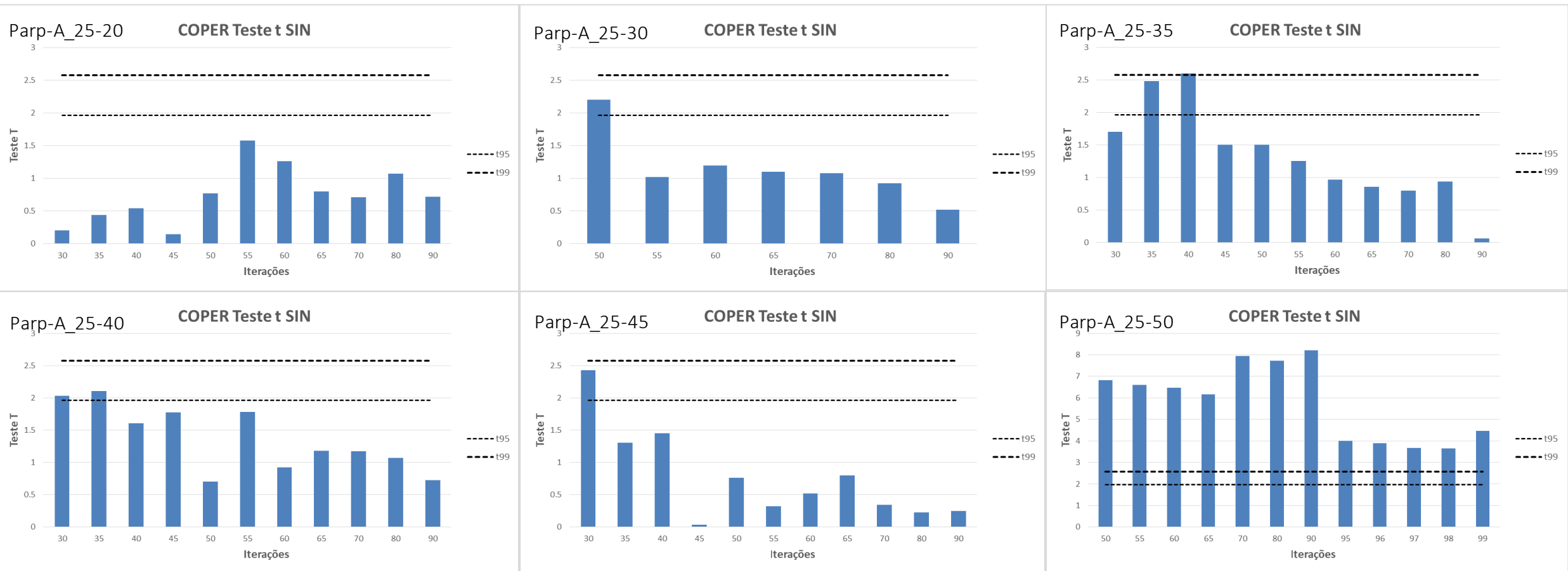
Para cada aplicação dos modelos foi feita a análise das variáveis de maior relevância e também no(s) período(s) mais pertinentes.



Iteração mínima equivalente ao Coper da 100ª : ite 40

CTOT - Teste t	2520	2530	2535	2540	2545	2550
Ite min equiv a ite100	30	90	90	80	65	98

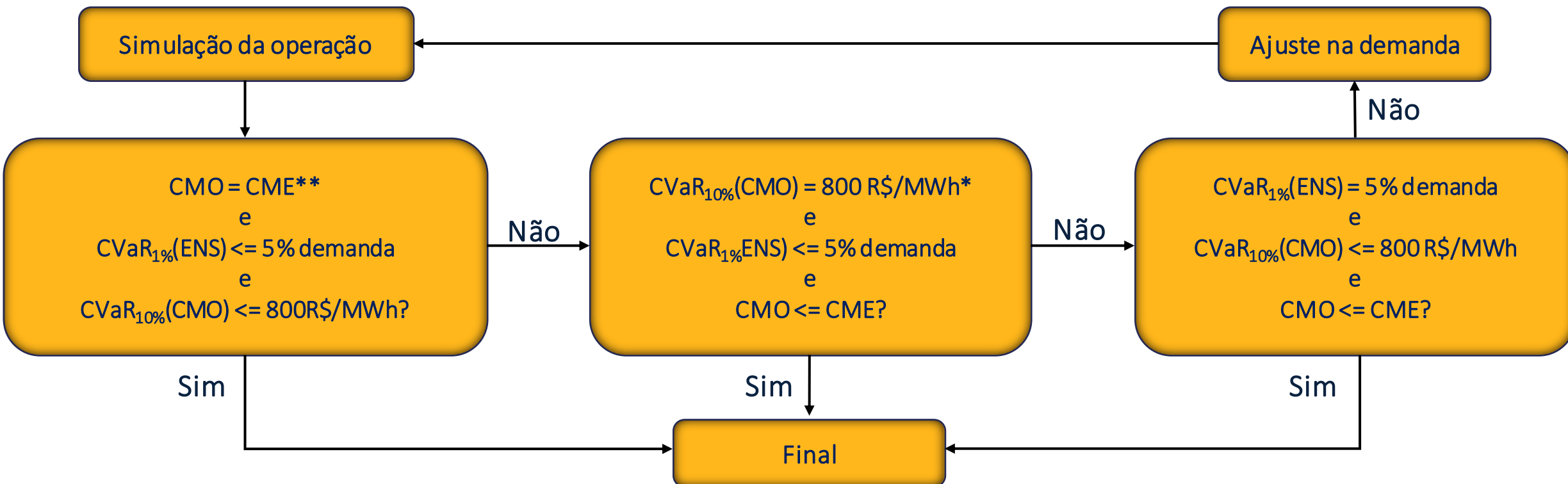
Iteração mínima seria o máximo entre as iterações obtidas em cada caso: 98



Amostra: 2000 cenários (valores médios dos 5 anos)

Processo iterativo de Ajuste da Carga Crítica

Conforme o novo critério de suprimento: Resolução CNPE nº 29/2019 e Portaria MME nº 59/2020



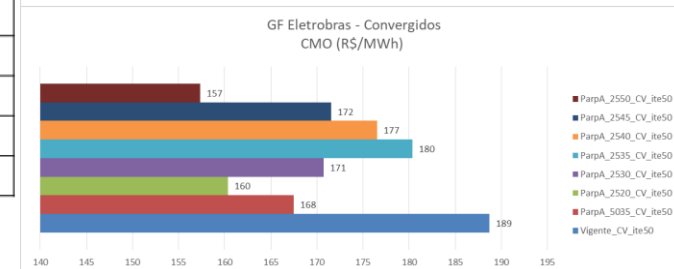
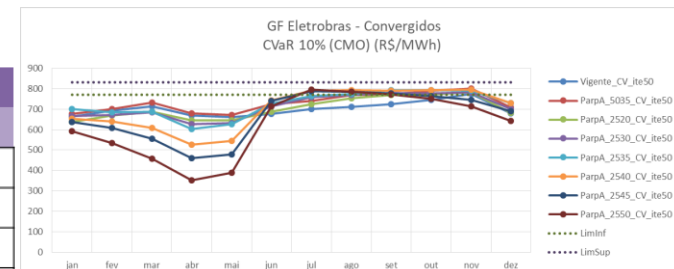
** Tolerância de 2 R\$/MWh Em 2021: CME = 187,46 R\$/MWh

Nota Técnica EPE - Tolerância das Métricas de Garantia de Suprimento
Exemplo Detalhado LEN A-4 2020: Informe Técnico EPE-DEE-IT-018/2020

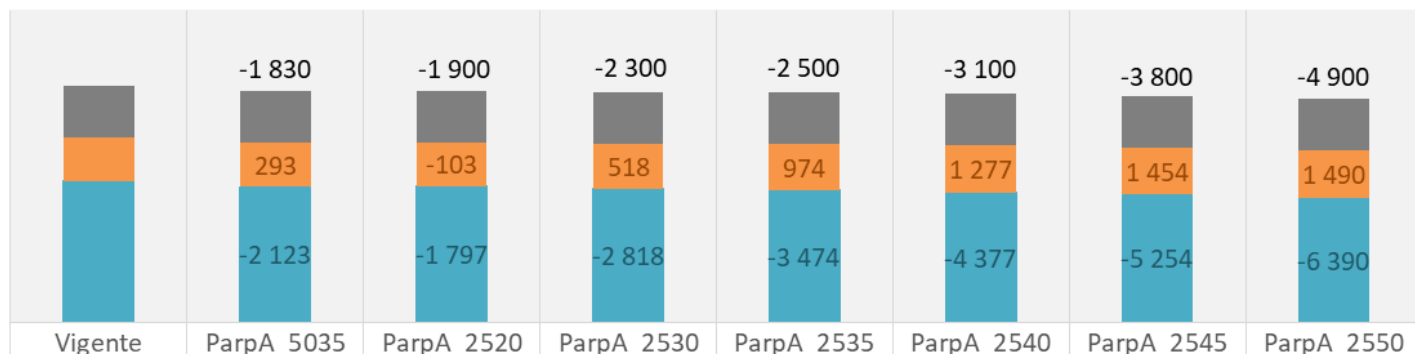
* $CVaR_{10\%}(CMO) = 800 R\$/MWh$
(em pelo menos um mês com tolerância = 30 R\$/MWh)
 $CVaR_{10\%}(CMO) \leq 800 R\$/MWh$
(nos demais meses)

Carga Crítica convergida

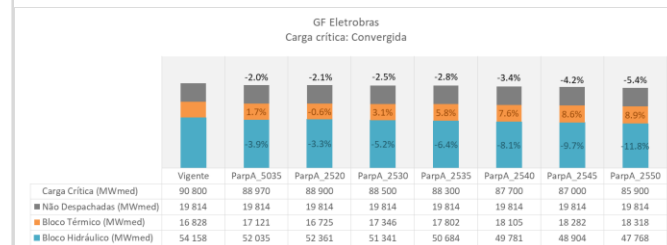
GF Eletrobras	CMO	CVaR 10% CMO												CVaR 1% ENS				
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	SIN	SE	S	NE	N
Vigente_CV_ite50	189	663	694	713	670	660	678	701	712	725	746	776	679	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.1%
ParpA_5035_CV_ite50	168	677	701	732	680	672	725	739	769	772	790	800	708	0.2%	0.2%	0.3%	0.0%	0.1%
ParpA_2520_CV_ite50	160	637	669	687	646	646	688	724	755	769	772	783	682	0.2%	0.2%	0.5%	0.0%	0.1%
ParpA_2530_CV_ite50	171	667	672	686	626	631	715	759	769	781	776	782	701	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%
ParpA_2535_CV_ite50	180	699	686	686	604	626	727	764	775	792	792	791	729	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2540_CV_ite50	177	654	639	609	527	544	742	790	792	791	792	795	730	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
ParpA_2545_CV_ite50	172	638	609	556	460	477	741	788	785	777	763	745	690	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ParpA_2550_CV_ite50	157	591	533	458	352	388	714	794	786	772	751	713	644	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%



GF Eletrobras
Carga crítica: Convergida



	Vigente	ParpA_5035	ParpA_2520	ParpA_2530	ParpA_2535	ParpA_2540	ParpA_2545	ParpA_2550
Carga Crítica (MWmed)	90 800	88 970	88 900	88 500	88 300	87 700	87 000	85 900
■ Não Despachadas (MWmed)	19 814	19 814	19 814	19 814	19 814	19 814	19 814	19 814
■ Bloco Térmico (MWmed)	16 828	17 121	16 725	17 346	17 802	18 105	18 282	18 318
■ Bloco Hidráulico (MWmed)	54 158	52 035	52 361	51 341	50 684	49 781	48 904	47 768



Avaliação dos critérios de suprimento por iteração

Parp_5035:

- Critério de parada atual: ite35
- Atendido: nas iterações 30, 40 e 50
- Não atendido: na iteração 45 e a partir da iteração 55, logo seria necessário convergir a carga crítica para essas iterações.

GF Eletrobras	CMO	CVaR 10% CMO												CVaR 1% ENS				
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	SIN	SE	S	NE	N
Vigente_CV_ite30	187.2	633	670	691	641	631	660	694	702	724	744	776	675	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%
Vigente_CV_ite35	186.8	630	671	685	645	653	661	685	701	712	747	789	670	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.1%
Vigente_CV_ite40	189.1	652	685	696	656	659	678	695	713	723	763	793	679	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.1%
Vigente_CV_ite45	189.7	657	695	709	670	672	677	695	715	724	746	776	692	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%
Vigente_CV_ite50	188.7	663	694	713	670	660	678	701	712	725	746	776	679	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.1%
Vigente_CV_ite55	190.2	655	689	696	662	659	684	695	718	725	746	782	670	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%
Vigente_CV_ite60	192.7	673	707	728	682	685	703	723	739	743	770	777	687	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.1%
Vigente_CV_ite65	191.3	668	710	723	677	678	697	711	726	735	753	774	683	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	0.1%
Vigente_CV_ite70	190.9	671	708	722	681	670	693	702	727	719	748	768	682	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
Vigente_CV_ite80	194.3	684	721	743	697	692	710	724	733	744	759	787	705	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
Vigente_CV_ite90	192.9	682	721	737	692	683	698	723	732	733	758	771	693	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Vigente_CV_ite100	194.0	692	724	739	701	695	709	732	740	742	753	769	699	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%

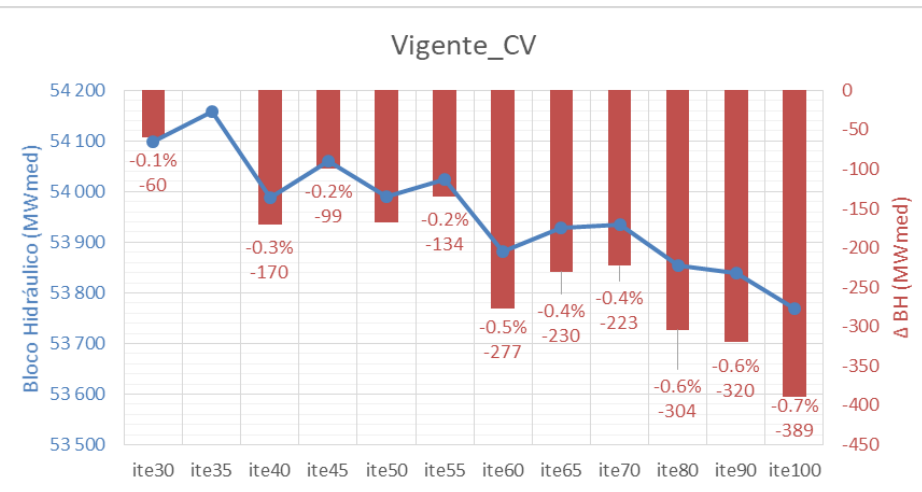
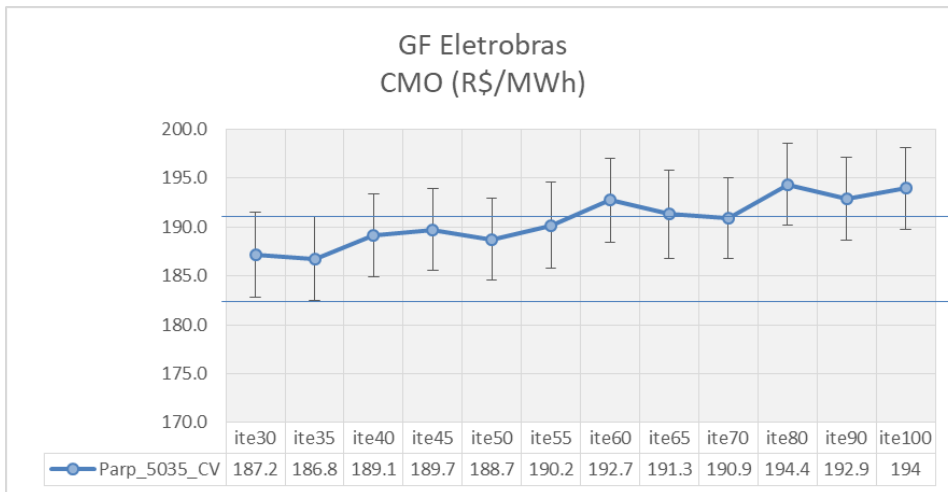
ParpA_5035:

- Critério de parada: itemin=itemax=50
- Atendido: em todas as iterações

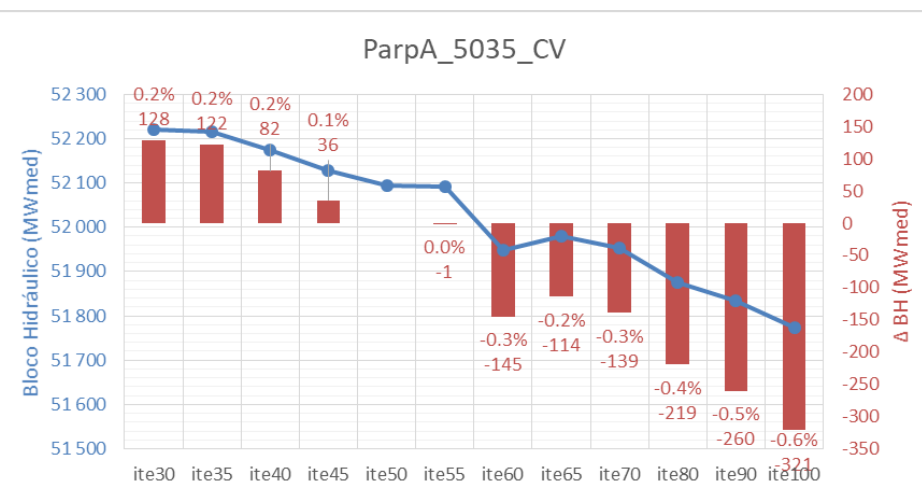
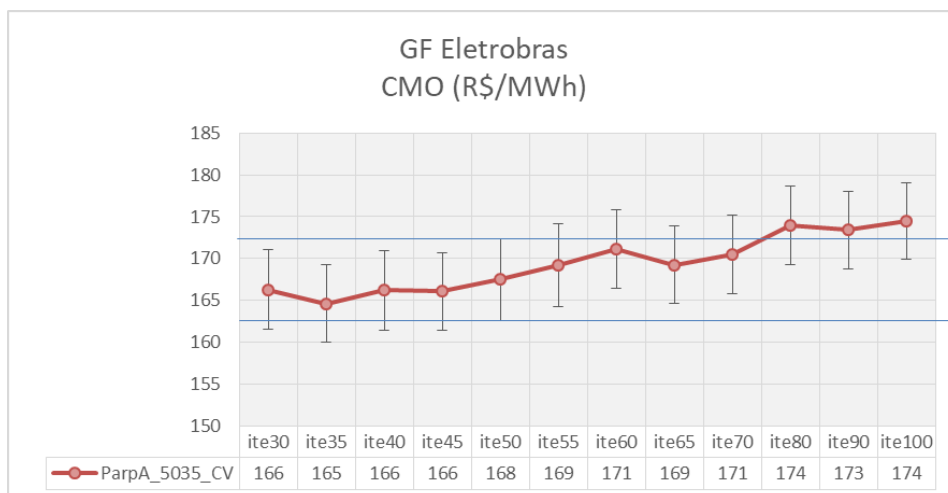
GF Eletrobras	CMO	CVaR 10% CMO												CVaR 1% ENS				
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	SIN	SE	S	NE	N
ParpA_5035_CV_ite30	166.3	659	682	710	663	665	699	739	764	771	797	810	708	0.2%	0.3%	0.5%	0.0%	0.1%
ParpA_5035_CV_ite35	164.7	655	677	716	677	669	697	737	755	769	790	798	695	0.2%	0.2%	0.4%	0.0%	0.1%
ParpA_5035_CV_ite40	166.2	657	692	722	672	668	696	736	756	756	797	808	692	0.2%	0.2%	0.5%	0.0%	0.0%
ParpA_5035_CV_ite45	166.1	665	694	720	670	672	717	738	755	771	796	797	695	0.2%	0.2%	0.5%	0.0%	0.1%
ParpA_5035_CV_ite50	167.5	677	701	732	680	672	725	739	769	772	790	800	708	0.2%	0.2%	0.3%	0.0%	0.1%
ParpA_5035_CV_ite55	169.3	671	712	736	688	689	734	742	771	766	772	792	717	0.1%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%
ParpA_5035_CV_ite60	171.1	688	718	752	692	700	746	770	787	788	805	810	728	0.2%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%
ParpA_5035_CV_ite65	169.3	681	710	742	692	689	744	755	775	774	785	807	705	0.2%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%
ParpA_5035_CV_ite70	170.5	680	718	746	703	690	742	758	764	775	775	784	707	0.1%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%
ParpA_5035_CV_ite80	173.9	701	741	772	725	710	768	780	793	796	804	801	727	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%
ParpA_5035_CV_ite90	173.4	703	733	773	723	716	762	772	792	780	790	785	724	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%
ParpA_5035_CV_ite100	174.4	703	752	778	717	723	777	793	795	792	801	803	733	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%

Avaliação dos critérios de suprimento por iteração

Parp_5035



ParpA_5035



CMO: variações dentro do intervalo de confiança das respectivas iterações de parada

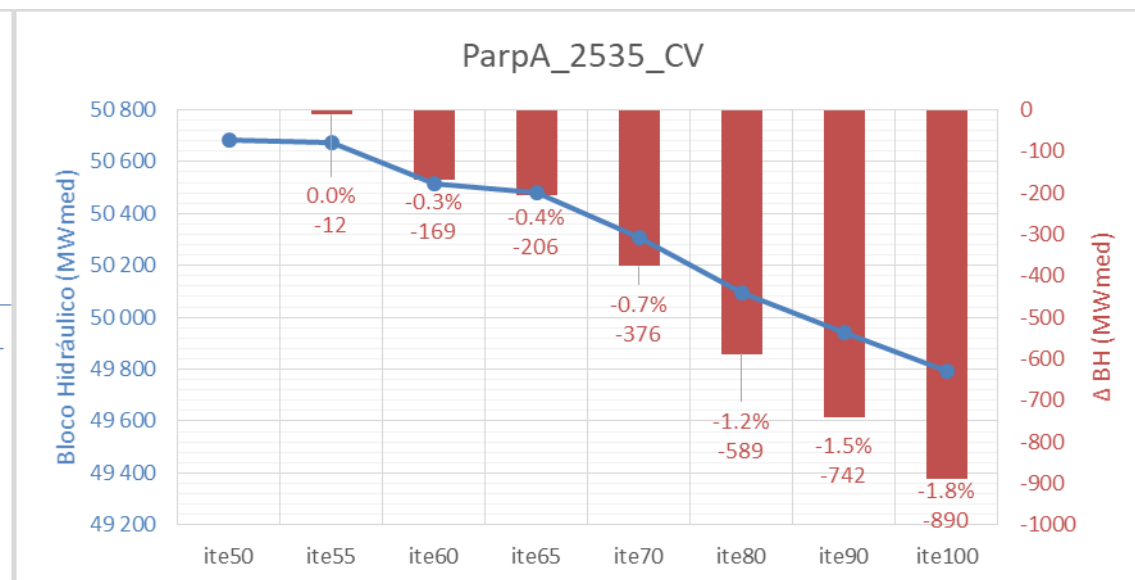
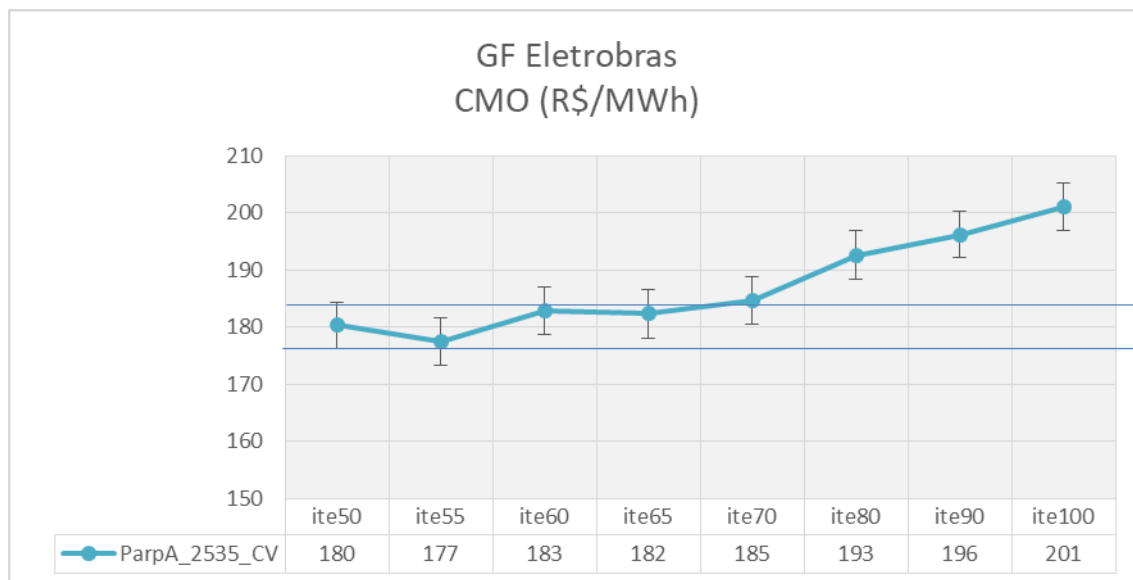
Bloco Hidráulico: valores menores ou iguais aos valores das respectivas iterações de parada para iterações posteriores

Avaliação dos critérios de suprimento por iteração

ParpA_2535:

- Critério de parada: itemin=itemax=50
- **Atendido:** até a iteração 60
- **Não atendido:** a partir da iteração 65, logo seria necessário convergir a carga crítica para essas iterações
- ❖ A adoção de iteração máxima muito elevada é inviável por questões processuais relacionadas ao tempo computacional

GF Eletrobras	CMO	CVaR 10% CMO												CVaR 1% ENS				
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	SIN	SE	S	NE	N
ParpA_2535_CV_ite50	180	699	686	686	604	626	727	764	775	792	792	791	729	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2535_CV_ite55	177	675	668	678	602	625	728	764	769	786	780	795	727	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2535_CV_ite60	183	711	715	715	636	651	771	812	825	826	824	816	753	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2535_CV_ite65	182	706	697	698	620	646	784	821	823	824	831	824	763	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2535_CV_ite70	185	722	716	713	614	627	794	843	846	846	861	847	781	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2535_CV_ite80	193	747	743	745	651	667	854	914	914	914	908	893	830	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2535_CV_ite90	196	768	761	752	652	670	865	918	921	917	921	906	837	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
ParpA_2535_CV_ite100	201	784	769	763	656	667	881	938	950	938	954	939	874	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%



CMO: variações dentro do intervalo de confiança da iteração 50 até a iteração 70

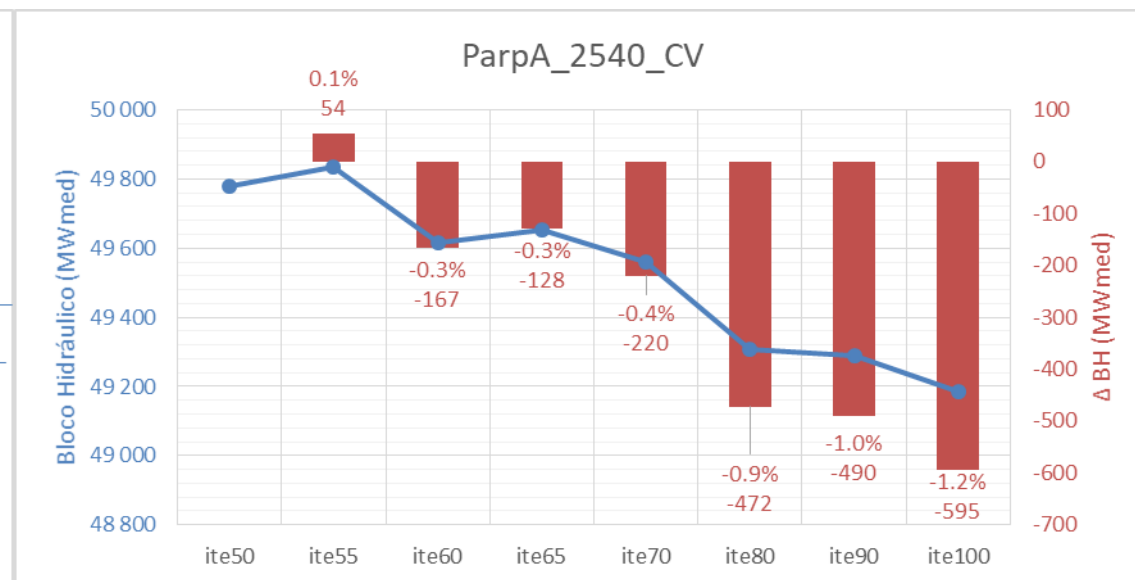
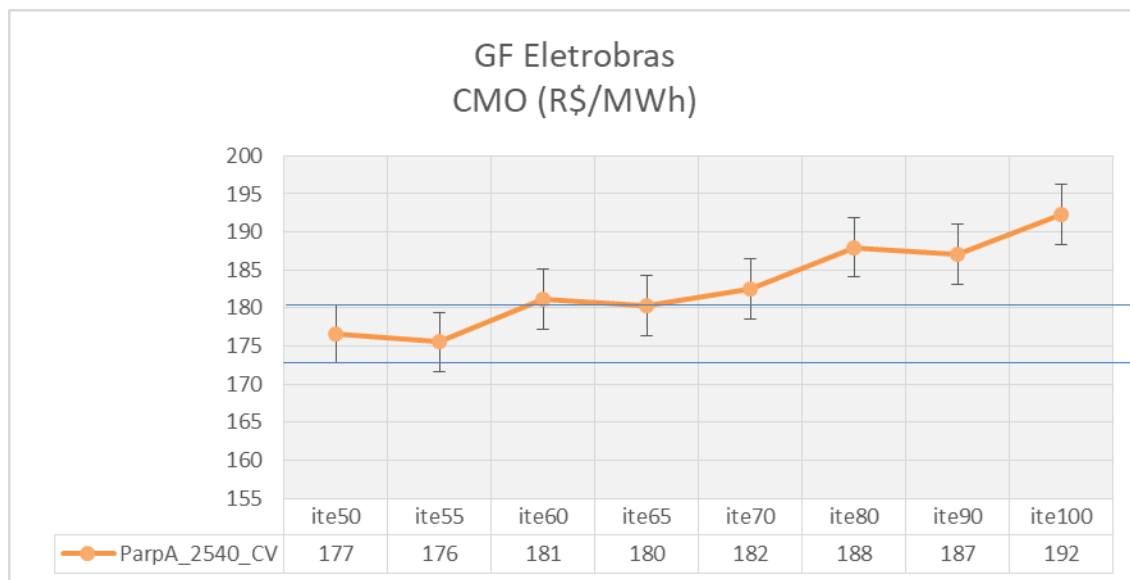
Bloco Hidráulico: valores menores ou iguais aos valores iteração 50 para iterações posteriores

Avaliação dos critérios de suprimento por iteração

ParpA_2540:

- Critério de parada: itemin=itemax=50
- **Atendido:** até a iteração 70
- **Não atendido:** iterações 80, 90 e 100, logo seria necessário convergir a carga crítica para essas iterações.
- ❖ A adoção de iteração máxima muito elevada é inviável por questões processuais relacionadas ao tempo computacional

GF Eletrobras	CMO	CVaR 10% CMO												CVaR 1% ENS				
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	SIN	SE	S	NE	N
ParpA_2540_CV_ite50	177	654	639	609	527	544	742	790	792	791	792	795	730	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
ParpA_2540_CV_ite55	176	646	641	634	538	567	750	793	795	788	783	775	718	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2540_CV_ite60	181	682	669	648	547	557	767	807	815	816	832	803	747	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2540_CV_ite65	180	662	655	633	523	545	753	802	803	801	806	793	722	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
ParpA_2540_CV_ite70	182	677	670	644	526	543	774	821	822	814	815	810	747	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
ParpA_2540_CV_ite80	188	729	687	656	535	572	848	890	890	882	882	861	802	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
ParpA_2540_CV_ite90	187	723	713	690	570	585	835	905	900	893	892	863	791	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
ParpA_2540_CV_ite100	192	727	711	669	563	581	856	929	926	919	900	885	819	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%



CMO: variações dentro do intervalo de confiança da iteração 50 até a iteração 65

Bloco Hidráulico: valores menores ou iguais aos valores iteração 50 para iterações posteriores

Agenda

1. Contextualização e cronograma
2. Contribuições dos agentes/universidades
3. Estudos EPE
 - Critério de Parada - EPE
 - Processo iterativo da Carga Crítica
 - Carga Crítica Convergida
 - Avaliação dos critérios de suprimento por iteração
4. **Metodologia para a calibração do CVaR**
5. Backtests e análises prospectivas: resultados
 - Backtests
 - Prospectivos
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Curva de Referência 2022: Premissas

- Uma Curva Referencial de Armazenamento é estabelecida considerando que a demanda energética do SIN seja plenamente atendida, dado um cenário hidrológico conservador, um montante de geração termoeletrica previamente despachado e uma definição do nível de segurança para o final do período seco.
- A CRef 2022 é anual e a construção da curva é realizada através de um processo recursivo, utilizado o modelo DECOMP, em sua modalidade “PL único”. Para cada mês do horizonte de estudo, partindo-se do último em direção ao primeiro, são feitas simulações com o modelo de modo a se alcançar determinado nível meta de armazenamento ao final do mês em análise.
- Consideradas as vazões de outubro de 2020 à setembro de 2021.

ENA RESULTANTE (% MLT)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SE/CO	70%	73%	75%	63%	63%	66%	61%	59%	56%	53%	60%	63%
SIN	71%	72%	82%	65%	63%	63%	57%	53%	60%	43%	58%	63%

- A composição dos níveis mínimos individuais dos reservatórios resulta em um nível de segurança equivalente para o subsistema Sudeste/Centro-Oeste ao final do período seco de 20% da Energia Armazenável Máxima. Os reservatórios dos subsistemas Sul, Nordeste e Norte, resultam em níveis de segurança equivalentes a 30%, 23,5% e 20,7% da energia armazenável máxima de cada um destes subsistemas.

Curva de Referência 2022

- Curva verde: despacho pleno das usinas térmicas com CVU até 331,05 R\$/MWh, que equivale ao CVU da UTE Termorio, que foi adotada como último recurso térmico despachado na construção da CRef do ciclo anterior. Despacho térmico de 12.211 MWmed.
- Curva amarela: despacho pleno de todas as térmicas do SIN com CVU até 740,32 R\$/MWh, associado a UTE Termomacaé, que se caracteriza como a térmica mais cara a gás natural com disponibilidade não nula. Despacho térmico de 16.635 MWmed.
- Curva vermelha: despacho pleno de todas as térmicas do SIN, incluindo aquelas a GNL com despacho antecipado. Despacho térmico de 19.199 MWmed.

Figura 4-1: Curvas Referenciais de Armazenamento do Sudeste/Centro-Oeste

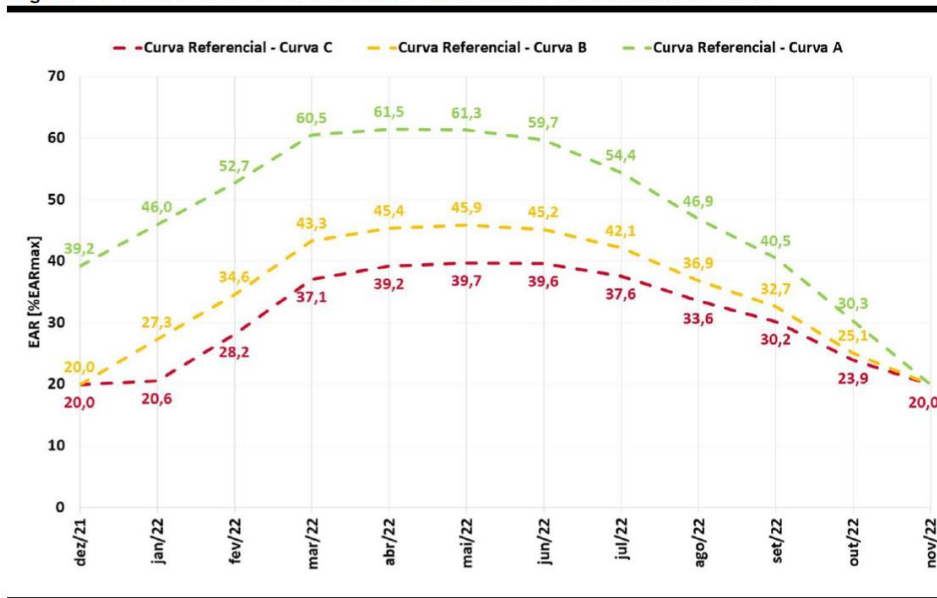
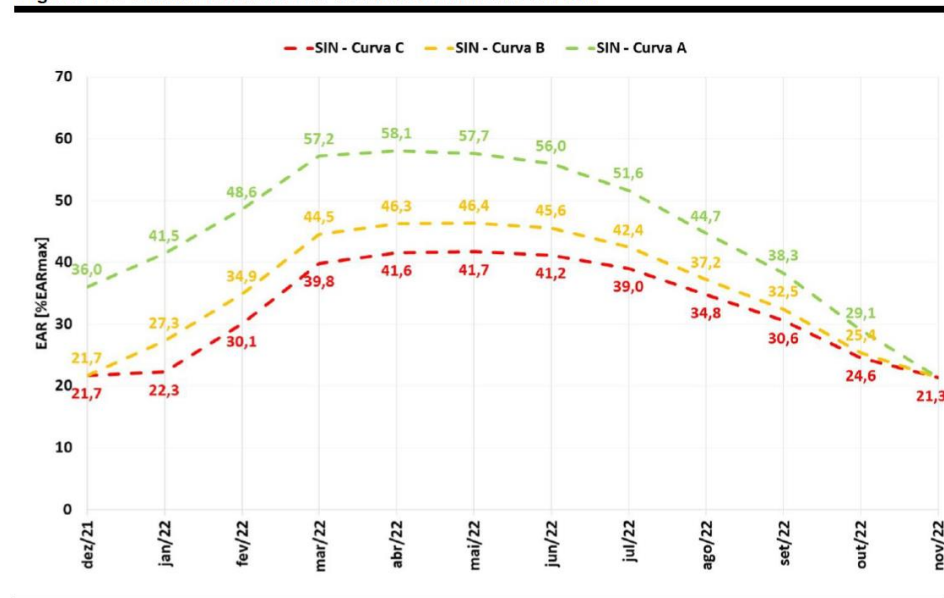


Figura 4-5: Curvas Referenciais de Armazenamento do SIN



Backtest e análises prospectivas - Definição do Objetivo (Meta) para calibração do CVaR

Objetivo (Meta): Identificar os parâmetros do CVaR que indiquem GT aderente à indicação de GT da CRef (2022) a cada mês, ao menor custo de operação.

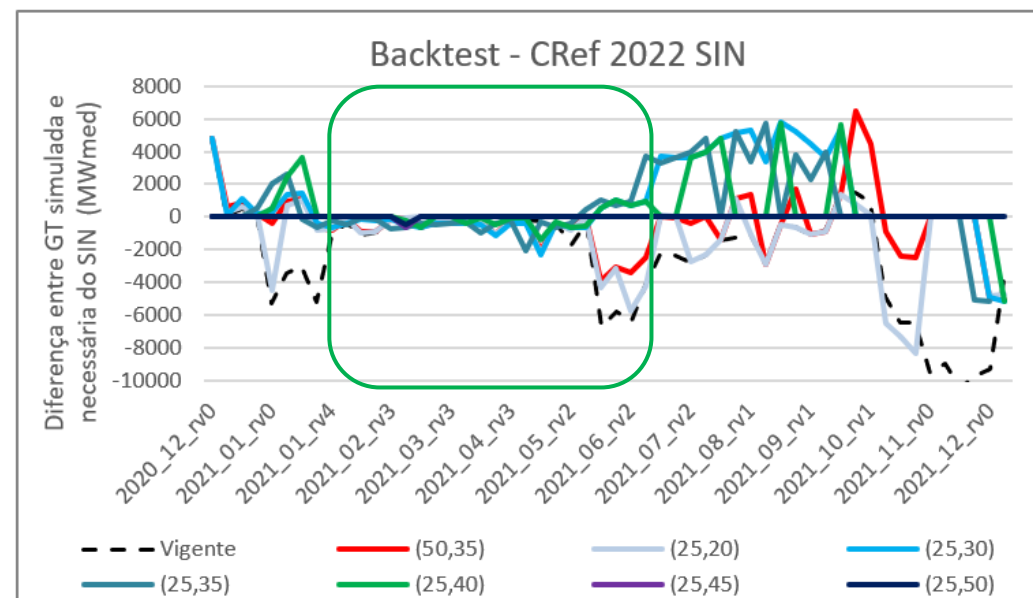
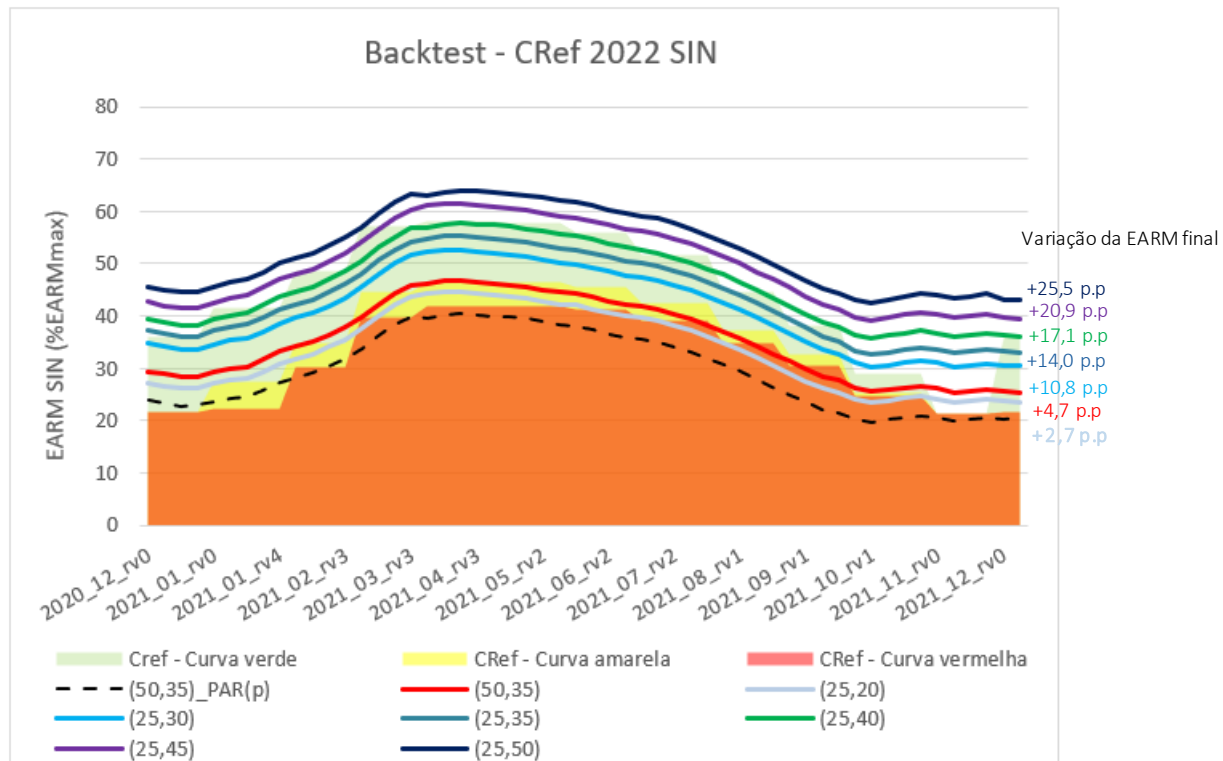
- Metodologia para análise:
 1. Observar o nível de armazenamento para um determinado mês. Esse determinará o montante de termelétrica (indicado pela CRef) que o modelo precisa responder.
 2. Verificar em cada estágio, o máximo de geração termelétrica possível levando em consideração o excedente de geração hidráulica compulsória, considerando o valor necessário do montante termelétrico como o menor valor entre o indicado pela CRef e o máximo possível.
 3. Verificar o nível de atendimento energético da geração termelétrica (em termos % do total requisitado) por estágio.

$$1 + \frac{\sum_{i=1}^n \min(Geração\ térmica\ simulada_i - Geração\ térmica\ necessária_i; 0)}{\sum_{i=1}^n Geração\ térmica\ necessária_i}$$

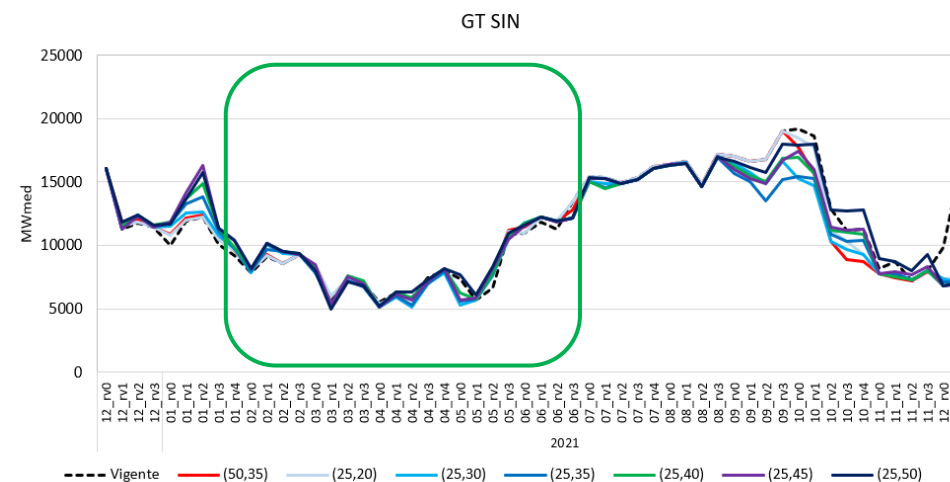
4. Para cada caso executado, a avaliação será feita para horizonte de interesse da CRef .
5. Será definida uma tolerância, aceitando poucas violações ao longo do horizonte.
6. Todos que estiverem acima dessa tolerância serão rankeados ao menor custo de geração termelétrica.
 - O primeiro colocado é o principal candidato a ser selecionado.
7. Os pares selecionados no Passo 5 serão levados para a avaliação dos impactos físicos, financeiros e tarifários.

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Backtest – Análise da meta em comparação com a CRef 2022 SIN – Ajuste Rv4 de Jan à Rv3 de Maio

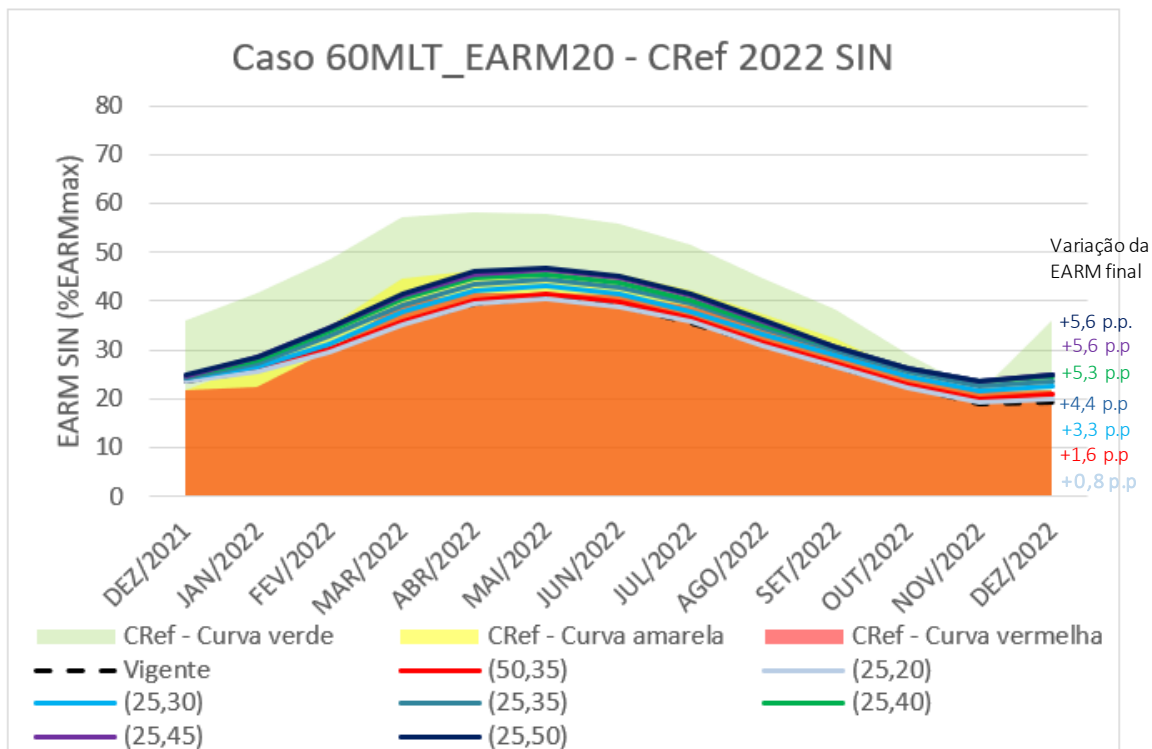


CVaR	Atendimento da GT semanal SIN(%)	Custo de GT total (R\$ bi)
Vigente	81,7%	R\$ 94,35
(50,35)	92,5%	R\$ 95,67
(25,20)	88,6%	R\$ 94,64
(25,30)	96,2%	R\$ 98,95
(25,35)	96,5%	R\$ 102,79
(25,40)	98,3%	R\$ 110,26
(25,45)	99,9%	R\$ 116,31
(25,50)	99,9%	R\$ 125,55

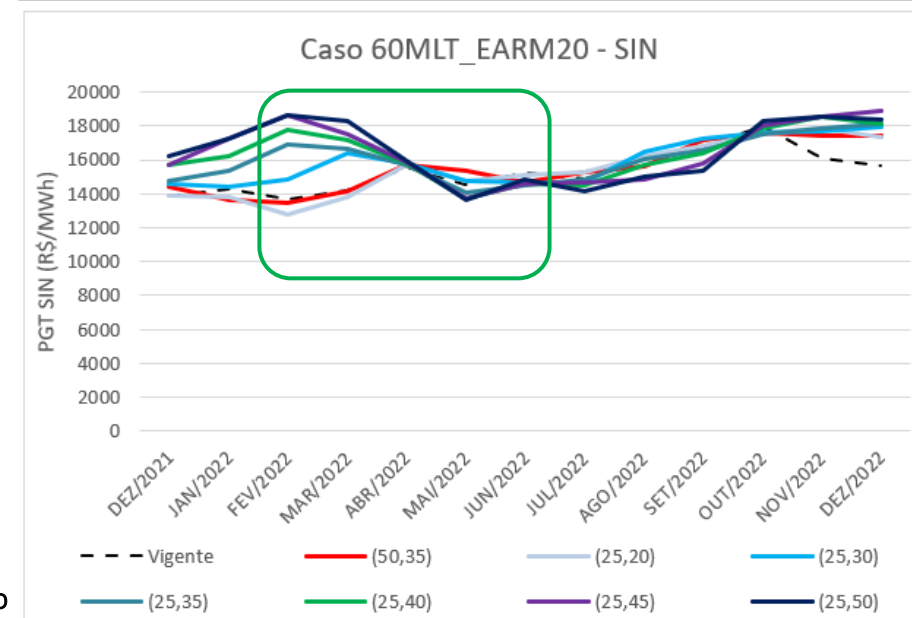
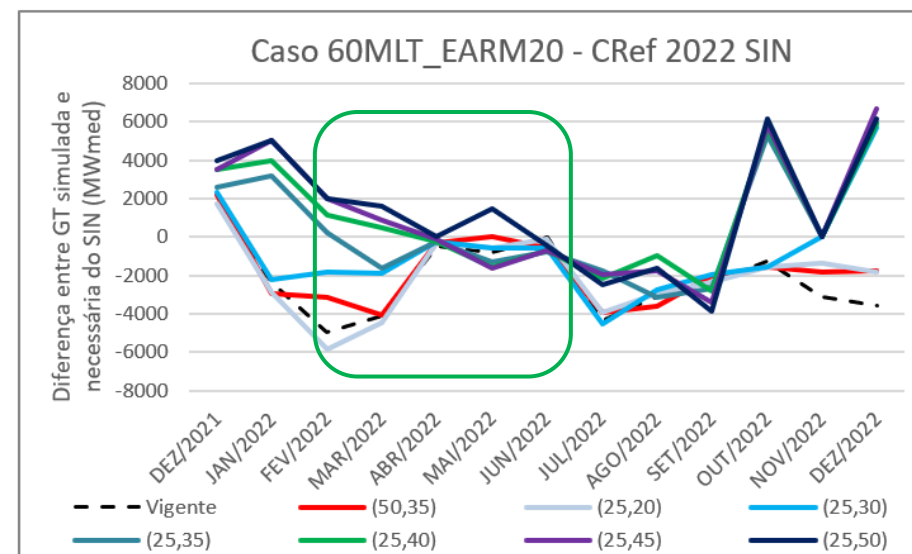


Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Prospectivos – Análise da meta em comparação com a CRef 2022 SIN – Ajuste fev à jun

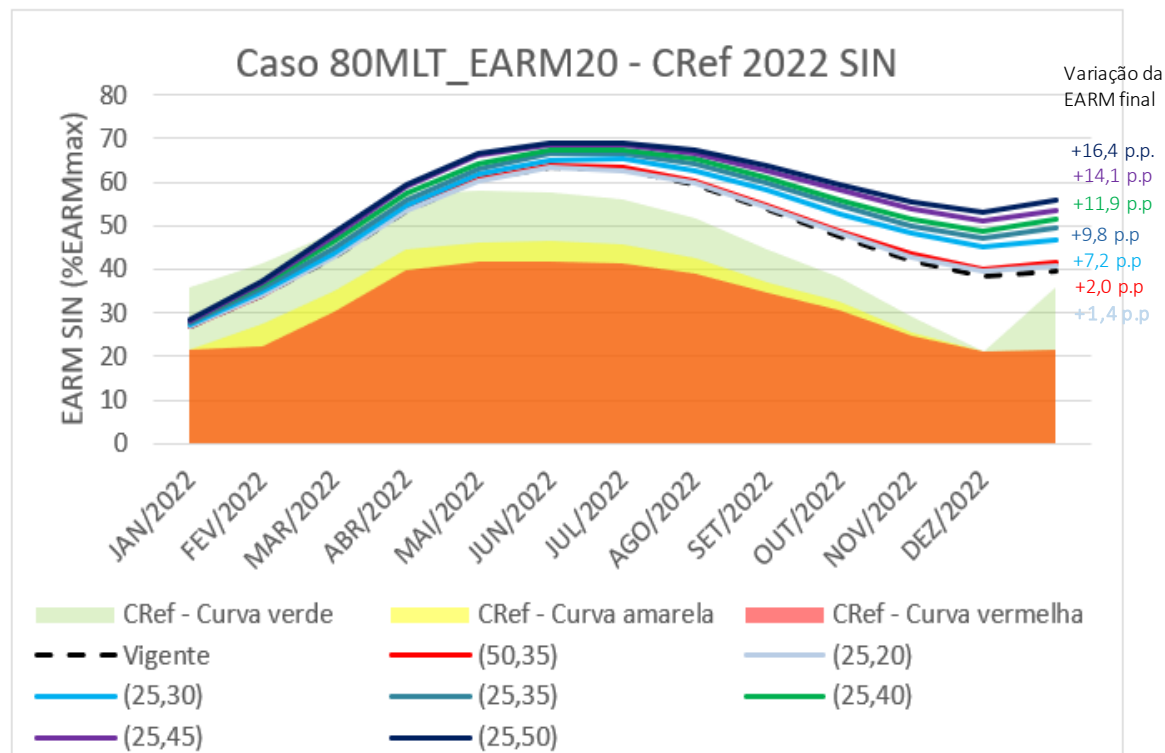


CVaR	Atendimento da GT mensal (%)	Custo total da GT no horizonte (R\$ bi)
Vigente	86,6%	R\$ 48,26
(50,35)	88,6%	R\$ 50,46
(25,20)	87,6%	R\$ 50,37
(25,30)	91,7%	R\$ 53,05
(25,35)	94,3%	R\$ 53,85
(25,40)	95,8%	R\$ 56,35
(25,45)	95,2%	R\$ 59,26
(25,50)	95,8%	R\$ 60,09

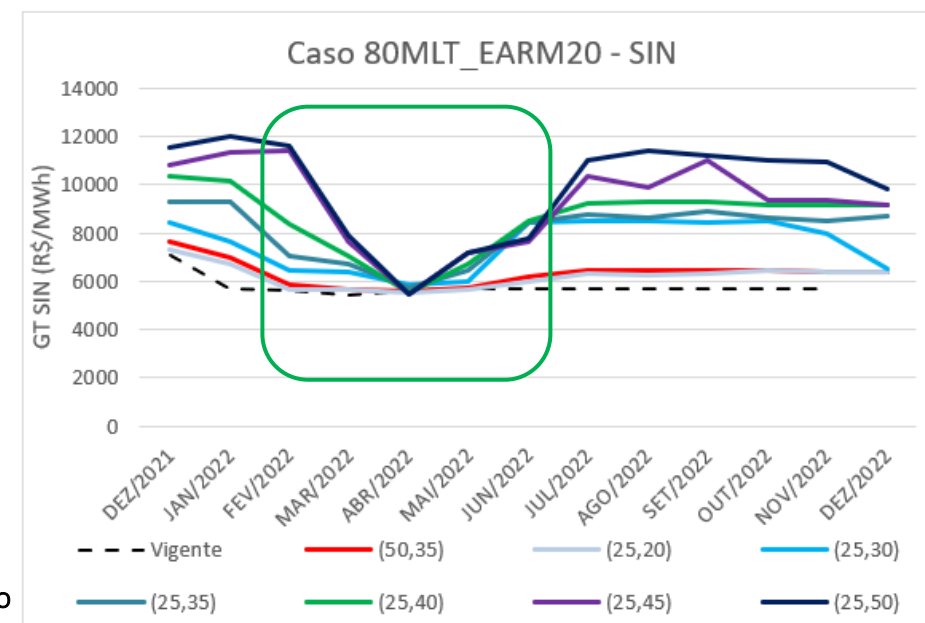
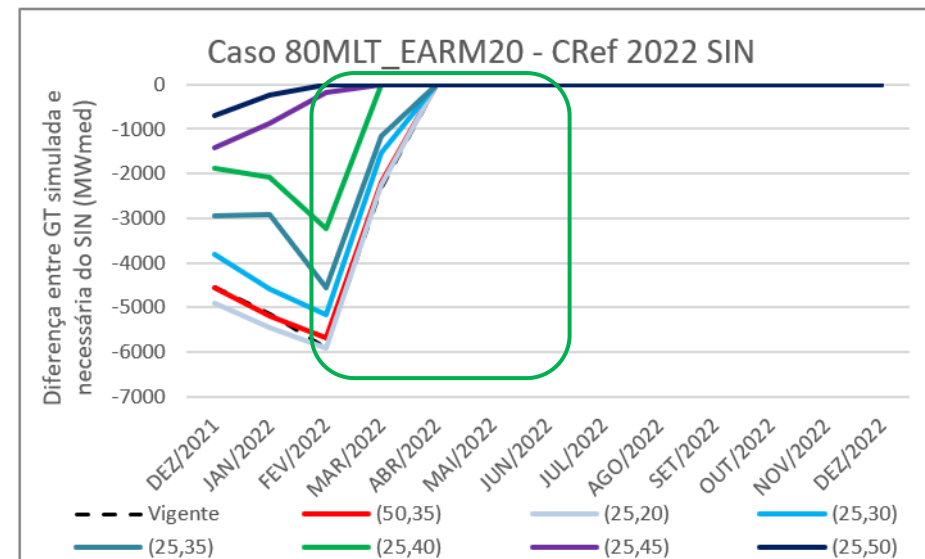


Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Prospectivos – Análise da meta em comparação com a CRef 2022 SIN – Ajuste fev à jun março

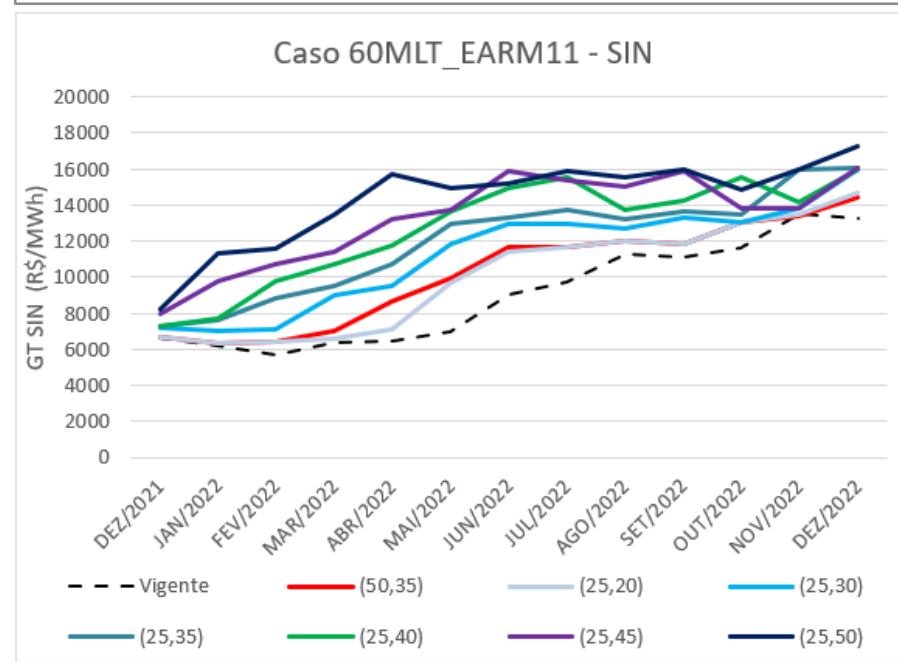
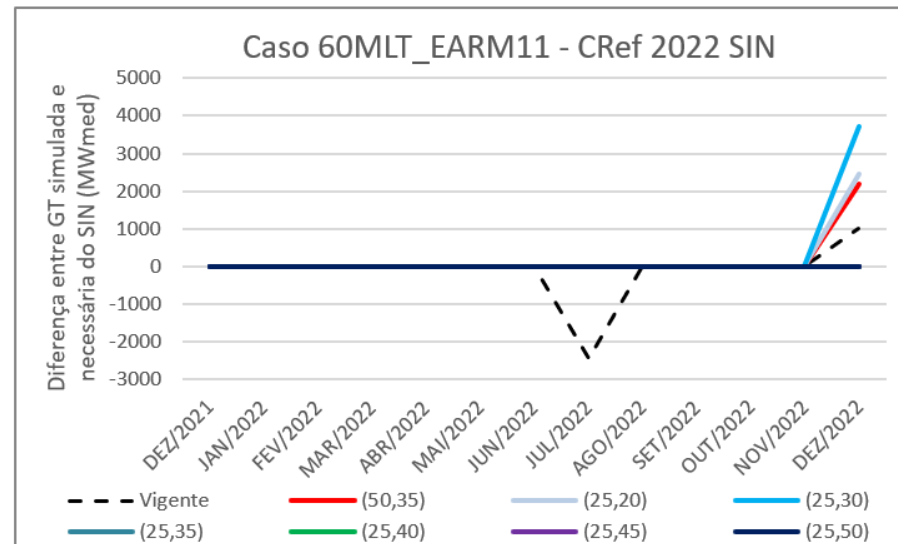
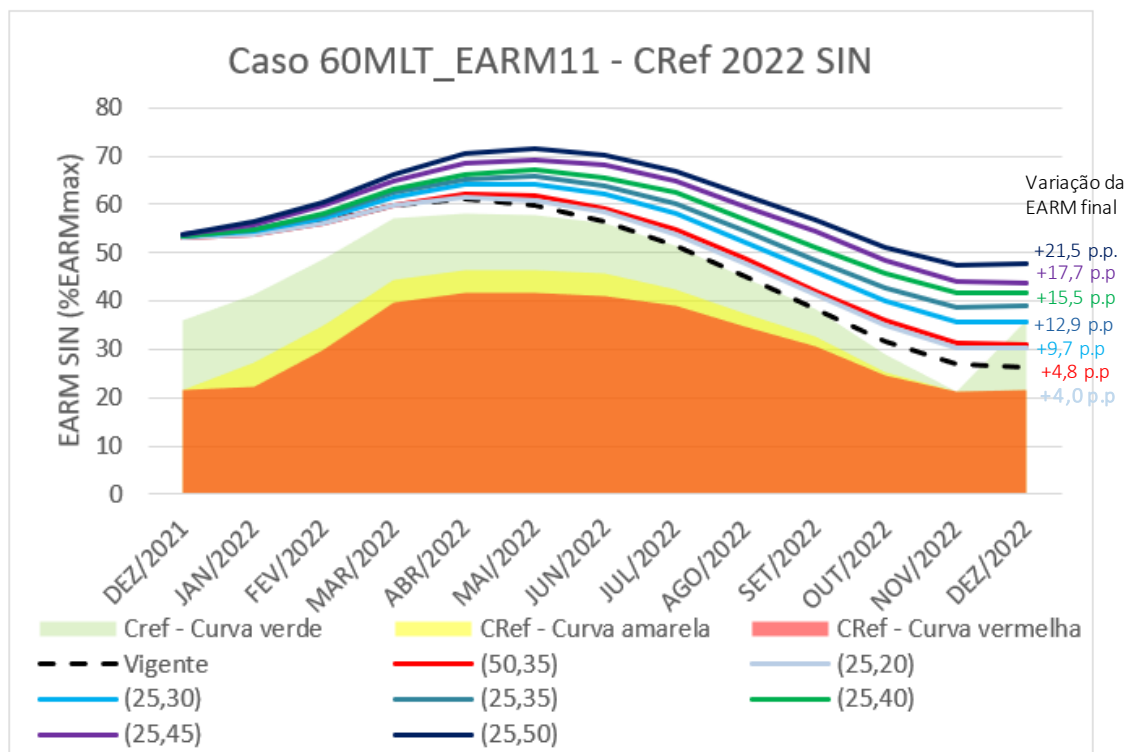


CVaR	Atendimento da GT mensal (%)	Custo total da GT no horizonte (R\$ bi)
Vigente	81,1%	R\$ 6,25
(50,35)	82,3%	R\$ 6,91
(25,20)	81,3%	R\$ 6,70
(25,30)	86,6%	R\$ 9,25
(25,35)	90,1%	R\$ 10,77
(25,40)	94,0%	R\$ 12,39
(25,45)	98,0%	R\$ 14,81
(25,50)	99,3%	R\$ 17,18



Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

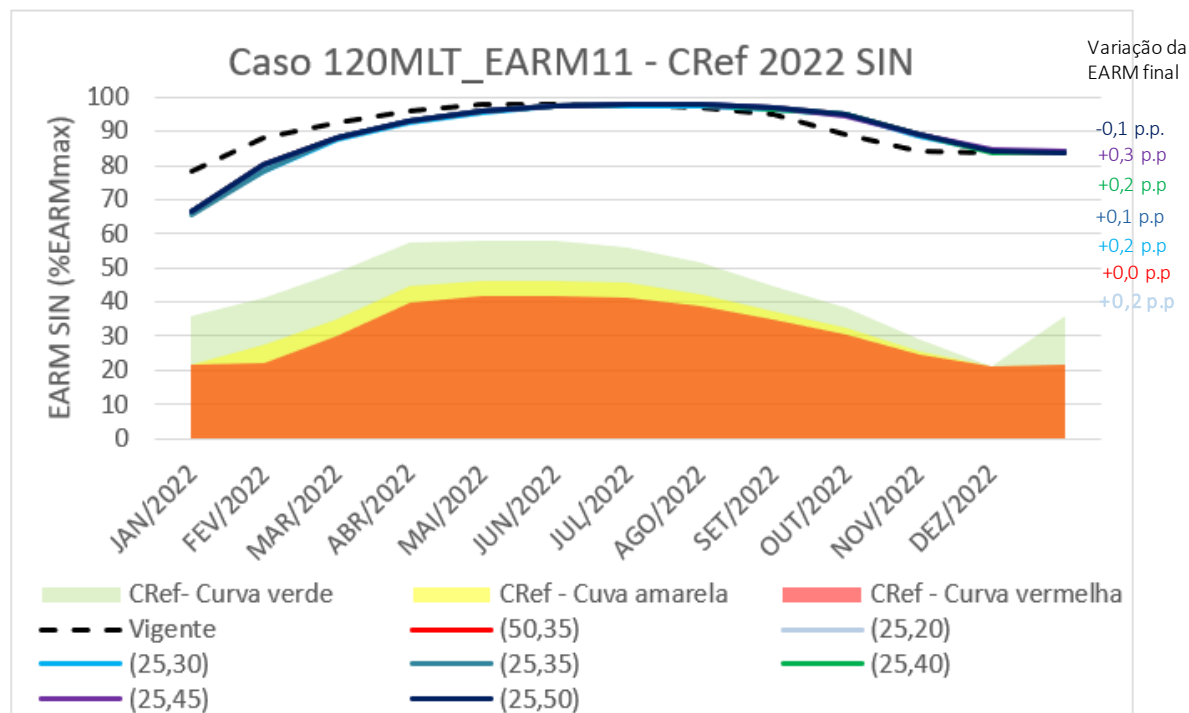
Prospectivos – Análise da meta em comparação com a CRef 2022 SIN



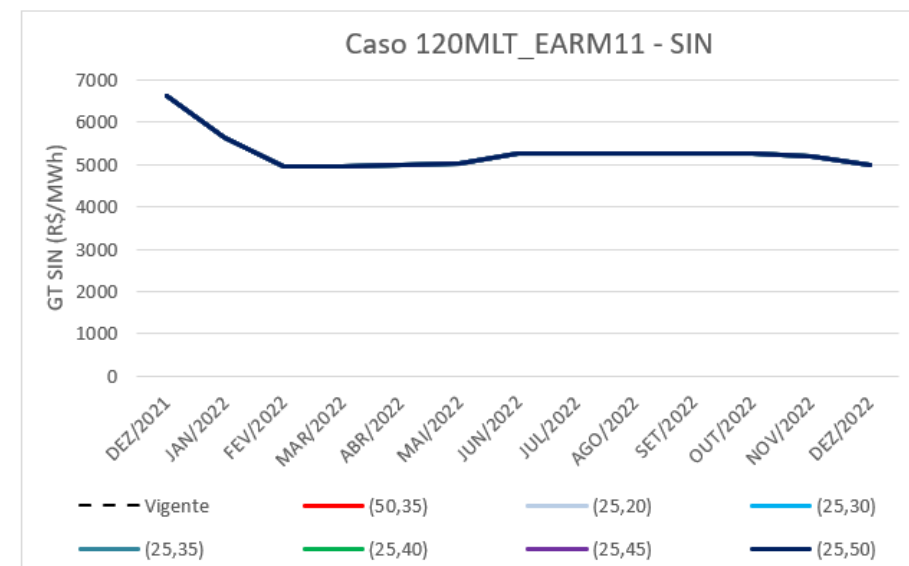
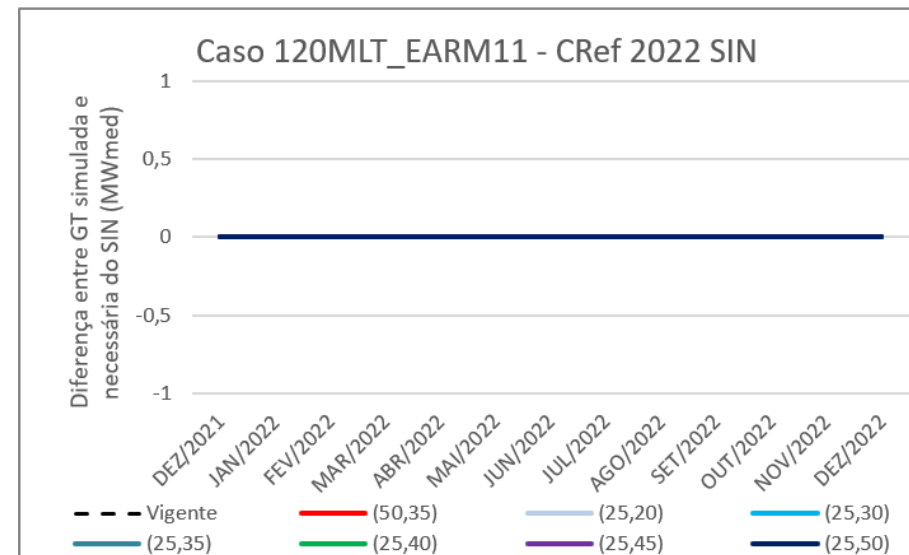
CVaR	Atendimento da GT mensal (%)	Custo total da GT no horizonte (R\$ bi)
Vigente	97,9%	R\$ 14,80
(50,35)	100,0%	R\$ 18,90
(25,20)	100,0%	R\$ 18,45
(25,30)	100,0%	R\$ 23,23
(25,35)	100,0%	R\$ 27,19
(25,40)	100,0%	R\$ 31,17
(25,45)	100,0%	R\$ 34,20
(25,50)	100,0%	R\$ 39,89

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Prospectivos – Análise da meta em comparação com a CRef 2022 SIN



CVaR	Atendimento da GT mensal (%)	Costo total da GT no horizonte (R\$ bi)
Vigente	100,0%	R\$ 5,62
(50,35)	100,0%	R\$ 5,62
(25,20)	100,0%	R\$ 5,62
(25,30)	100,0%	R\$ 5,62
(25,35)	100,0%	R\$ 5,62
(25,40)	100,0%	R\$ 5,62
(25,45)	100,0%	R\$ 5,62
(25,50)	100,0%	R\$ 5,62



Resumo dos resultados do atendimento da meta

Backtest

CVaR	Atendimento da GT semanal SIN(%)	Custo de GT total (R\$ bi)
Vigente	81,7%	R\$ 94,35
(50,35)	92,5%	R\$ 95,67
(25,20)	88,6%	R\$ 94,64
(25,30)	96,2%	R\$ 98,95
(25,35)	96,5%	R\$ 102,79
(25,40)	98,3%	R\$ 110,26
(25,45)	99,9%	R\$ 116,31
(25,50)	99,9%	R\$ 125,55

Prospectivos

CVaR	60MLT_EARM20		80MLT_EARM20		60MLT_EARM11		120MLT_EARM11	
	Atendimento da GT mensal (%)	Custo total da GT no horizonte (R\$ bi)	Atendimento da GT mensal (%)	Custo total da GT no horizonte (R\$ bi)	Atendimento da GT mensal (%)	Custo total da GT no horizonte (R\$ bi)	Atendimento da GT mensal (%)	Custo total da GT no horizonte (R\$ bi)
Vigente	86,6%	R\$ 48,26	81,1%	R\$ 6,25	97,9%	R\$ 14,80	100,0%	R\$ 5,62
(50,35)	88,6%	R\$ 50,46	82,3%	R\$ 6,91	100,0%	R\$ 18,90	100,0%	R\$ 5,62
(25,20)	87,6%	R\$ 50,37	81,3%	R\$ 6,70	100,0%	R\$ 18,45	100,0%	R\$ 5,62
(25,30)	91,7%	R\$ 53,05	86,6%	R\$ 9,25	100,0%	R\$ 23,23	100,0%	R\$ 5,62
(25,35)	94,3%	R\$ 53,85	90,1%	R\$ 10,77	100,0%	R\$ 27,19	100,0%	R\$ 5,62
(25,40)	95,8%	R\$ 56,35	94,0%	R\$ 12,39	100,0%	R\$ 31,17	100,0%	R\$ 5,62
(25,45)	95,2%	R\$ 59,26	98,0%	R\$ 14,81	100,0%	R\$ 34,20	100,0%	R\$ 5,62
(25,50)	95,8%	R\$ 60,09	99,3%	R\$ 17,18	100,0%	R\$ 39,89	100,0%	R\$ 5,62

Agenda

1. Contextualização e cronograma
2. Contribuições dos agentes/universidades
3. Estudos EPE
 - Critério de Parada - EPE
 - Processo iterativo da Carga Crítica
 - Carga Crítica Convergida
 - Avaliação dos critérios de suprimento por iteração
4. Metodologia para a calibração do CVaR
5. **Backtests e análises prospectivas: resultados**
 - Backtests
 - Prospectivos
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Backtest e análises prospectivas

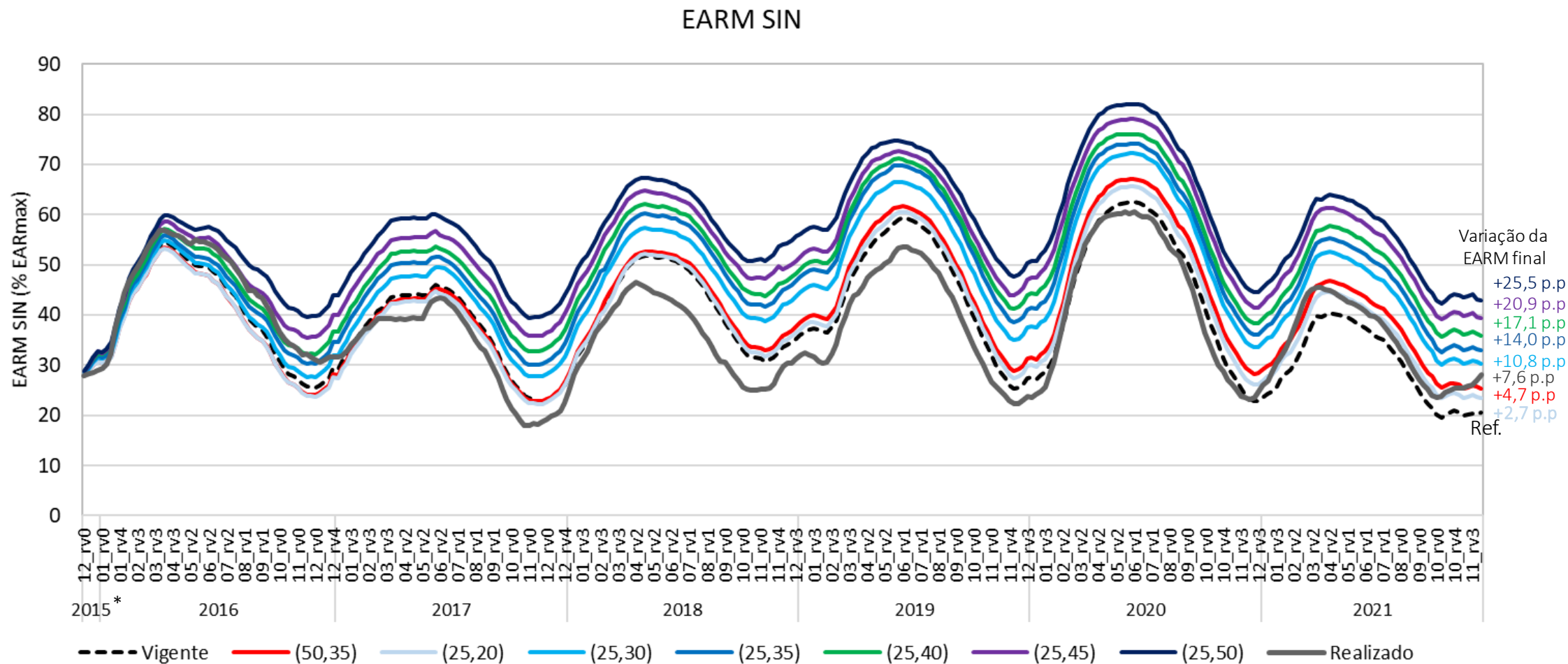
Avaliação de impactos operativos, financeiros e tarifários

Métricas físicas	<ul style="list-style-type: none">✓ Energia Armazenada✓ Geração térmica✓ Geração hidráulica• Índice de Eficiência (Custo x EARM)✓ Vertimento
Métricas financeiras	<ul style="list-style-type: none">✓ CMO/PLD e volatilidade✓ Custos do despacho térmico✓ GSF e impacto no MRE• Impacto na Garantia Física• Impacto no Planejamento da Expansão (Análise de Requisitos)• Impacto nas distribuidoras• Impacto tarifário<ul style="list-style-type: none">• GSF (risco hidrológico)• CCEAR-D (contrato de disponibilidade)• Encargo de energia de reserva (ERR)• Exposição da distribuidora no MCP (balanço contratual)

Agenda

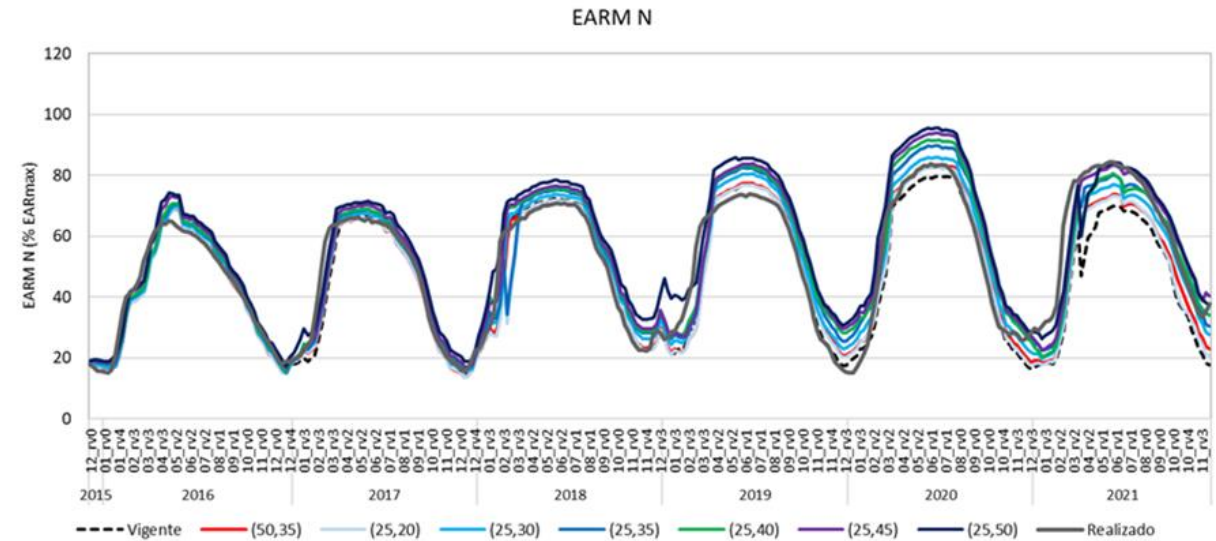
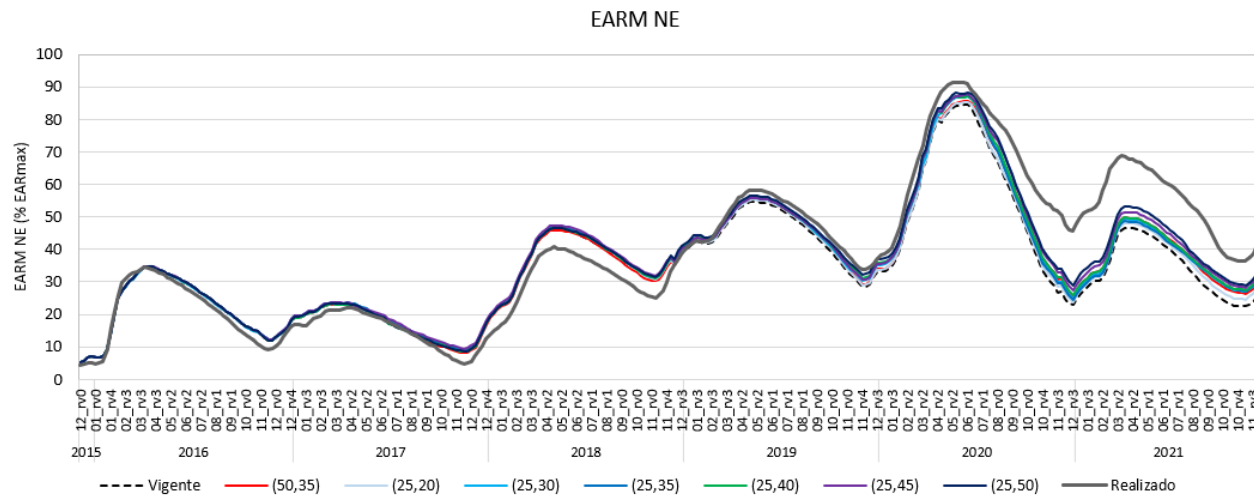
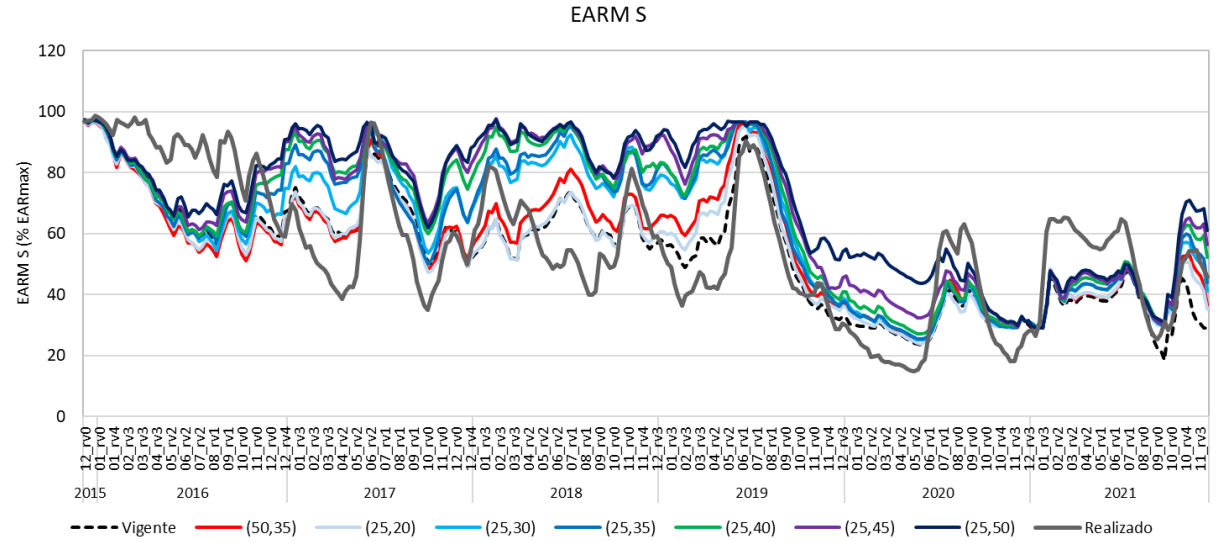
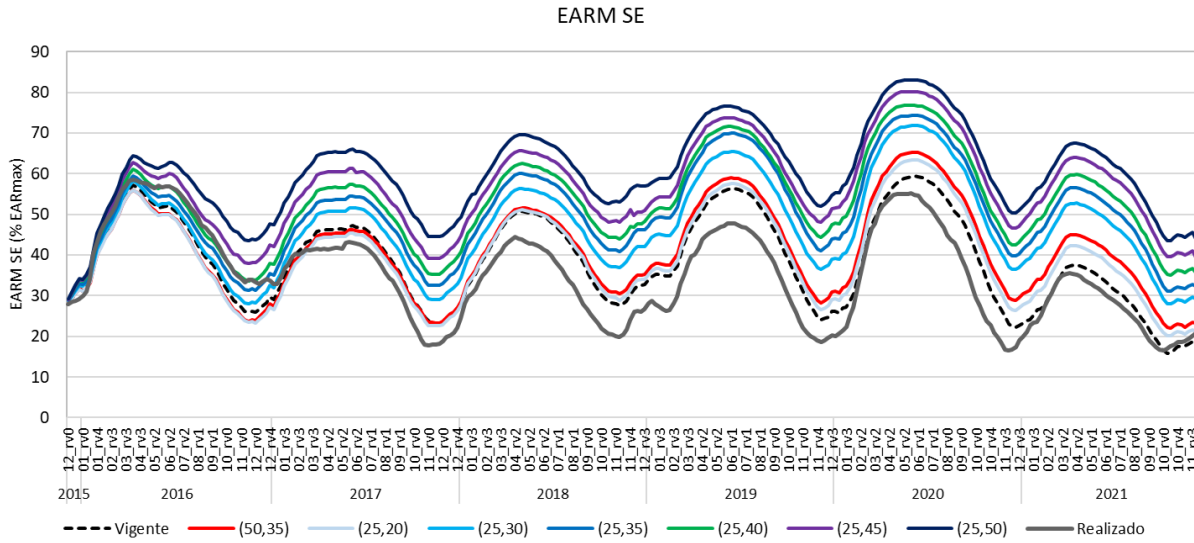
1. Contextualização e cronograma
2. Contribuições dos agentes/universidades
3. Estudos EPE
 - Critério de Parada - EPE
 - Processo iterativo da Carga Crítica
 - Carga Crítica Convergida
 - Avaliação dos critérios de suprimento por iteração
4. Metodologia para a calibração do CVaR
5. **Backtests e análises prospectivas: resultados**
 - **Backtests**
 - Prospectivos
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Energia Armazenada SIN - Backtest

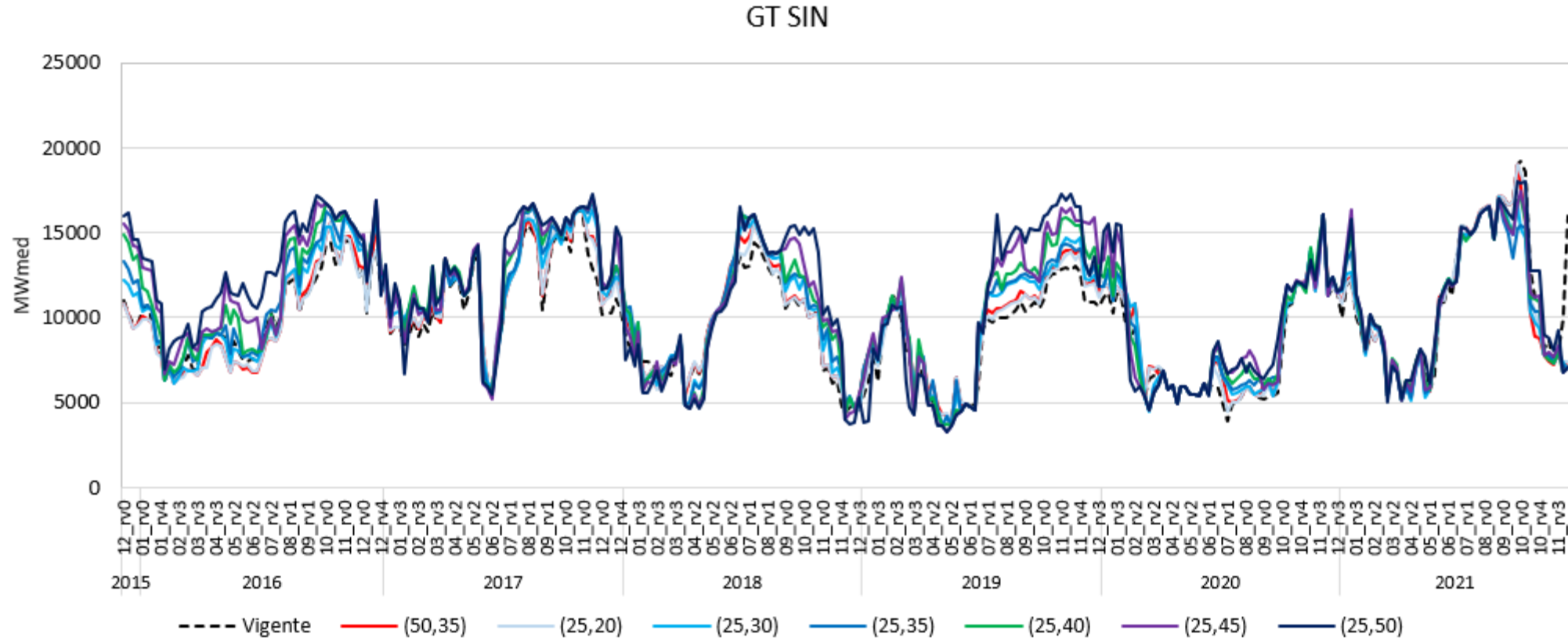


*Dados de 2015 se referem somente ao mês de dezembro

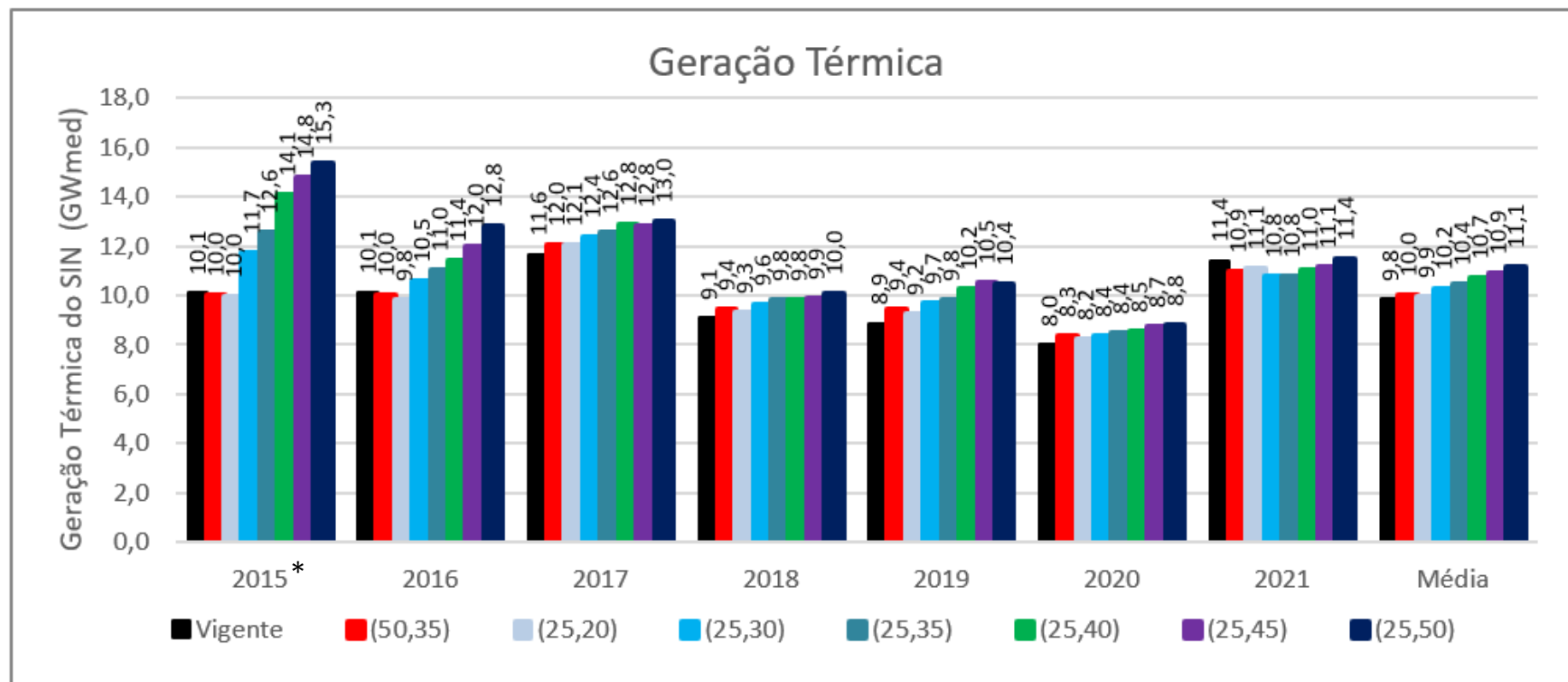
Energia Armazenada por Subsistema - Backtest



Geração Térmica SIN - Backtest

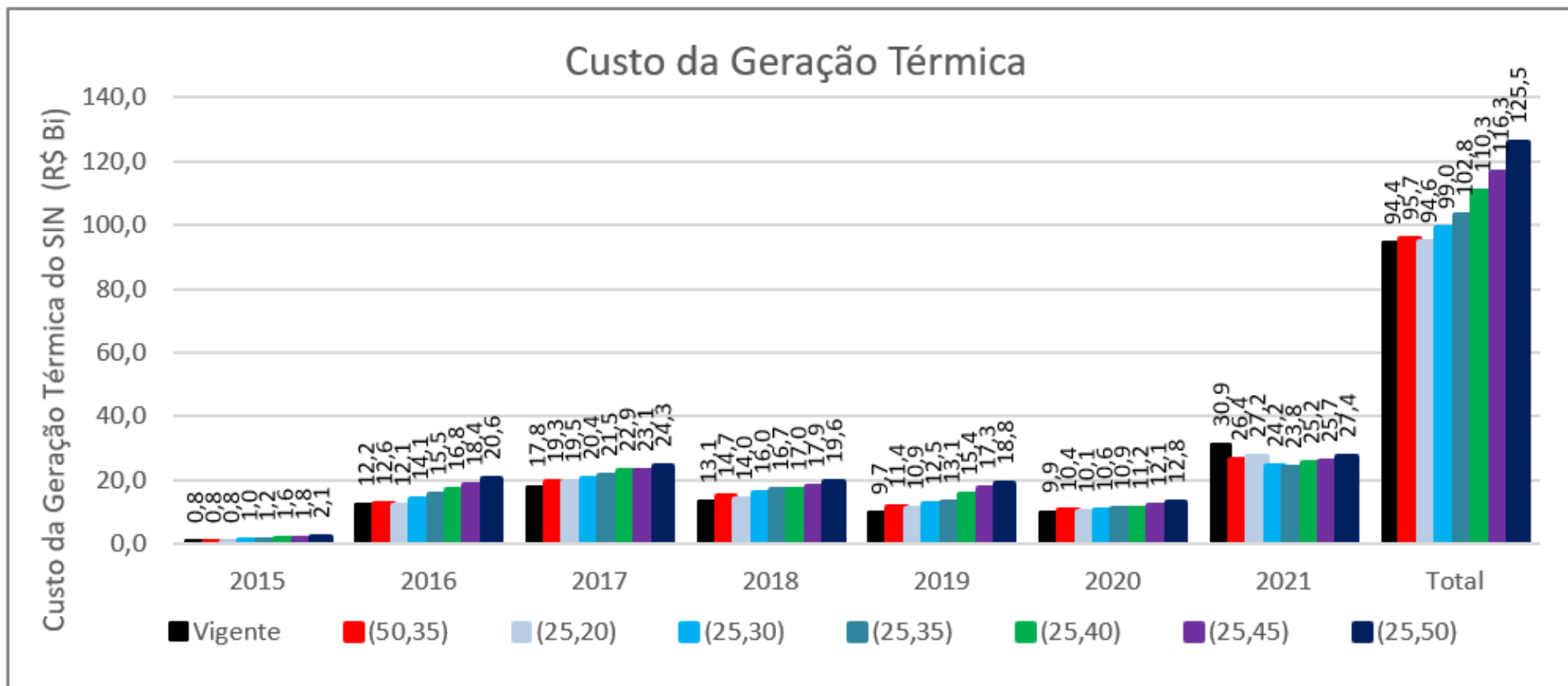


Geração Térmica - Backtest

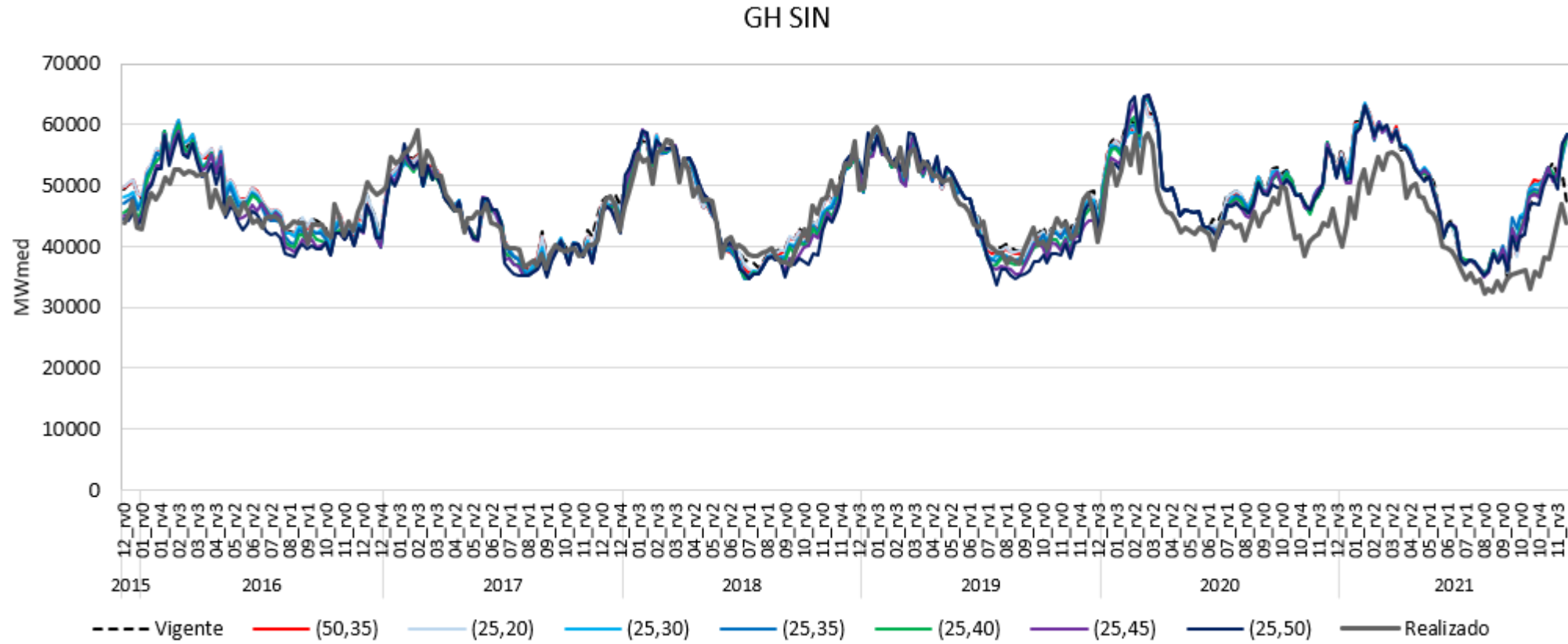


*Dados de 2015 se referem somente ao mês de dezembro

Custo de Geração Térmica - Backtest

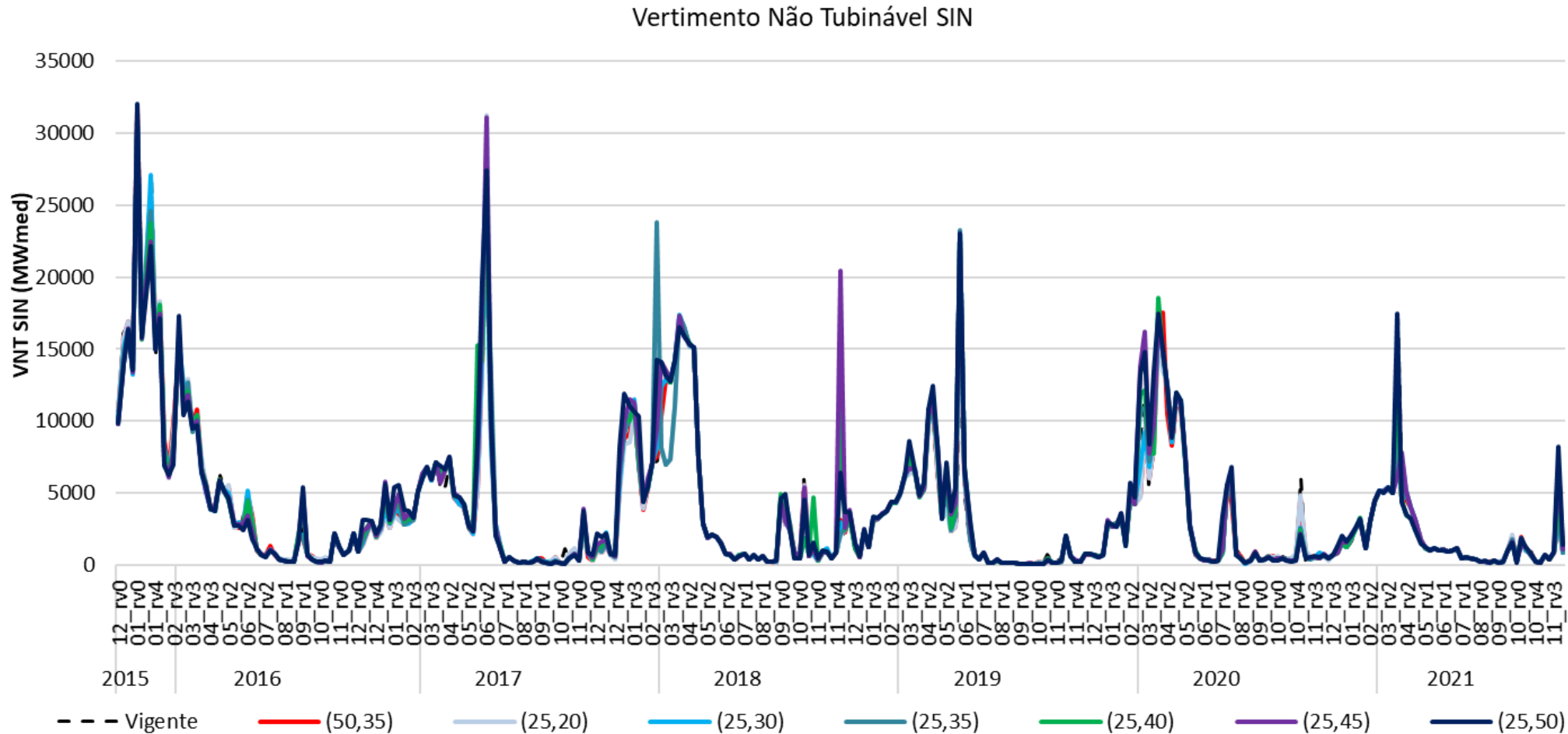


Geração Hidrelétrica SIN - Backtest



Caso	GH Média (MWmed)
Realizado	45.573
Vigente	47.966
(50,35)	47.788
(25,20)	47.854
(25,30)	47.548
(25,35)	47.339
(25,40)	47.096
(25,45)	46.892
(25,50)	46.637

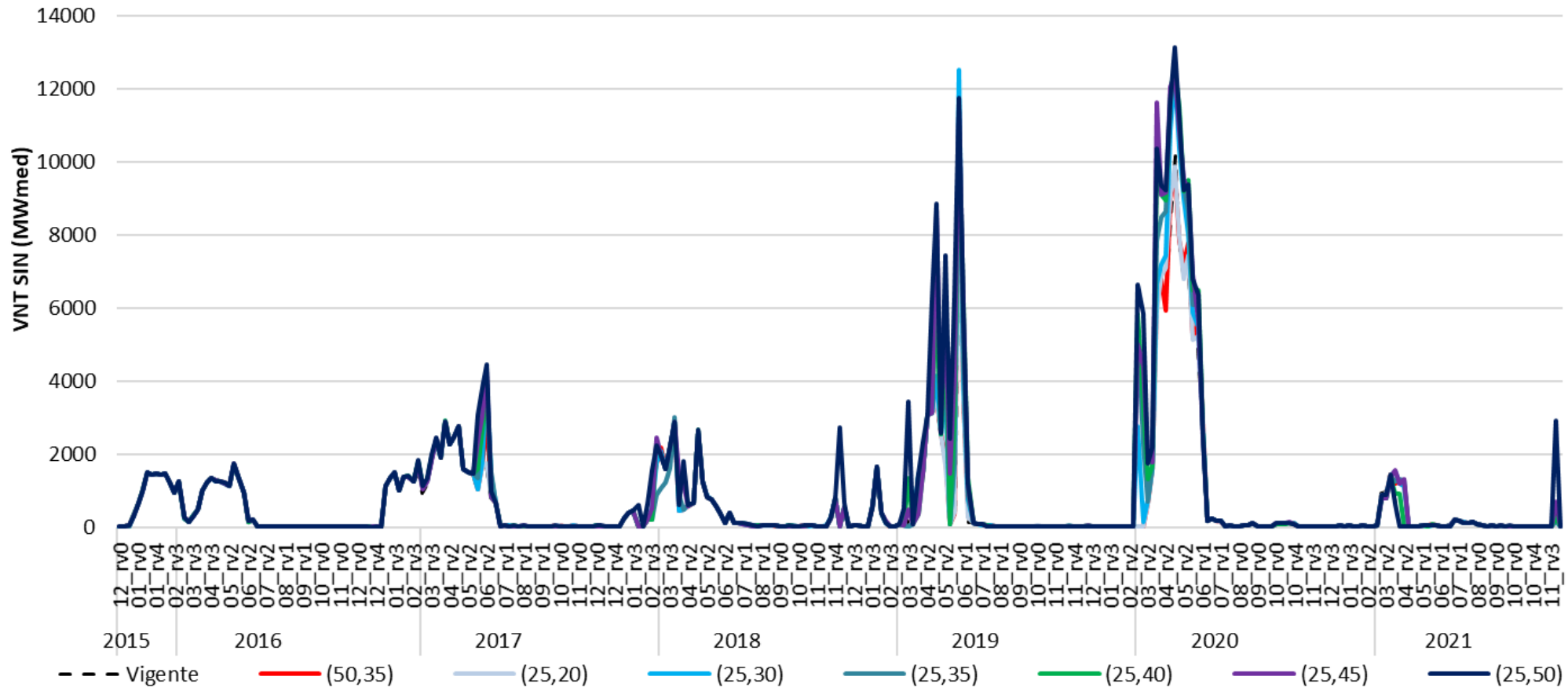
Vertimento Não Turbinável SIN - Backtest



Caso	VNT Médio (MWmed)
Vigente	3.642
(50,35)	3.646
(25,20)	3.631
(25,30)	3.681
(25,35)	3.717
(25,40)	3.818
(25,45)	3.886
(25,50)	3.947

Vertimento Turbinável SIN - Backtest

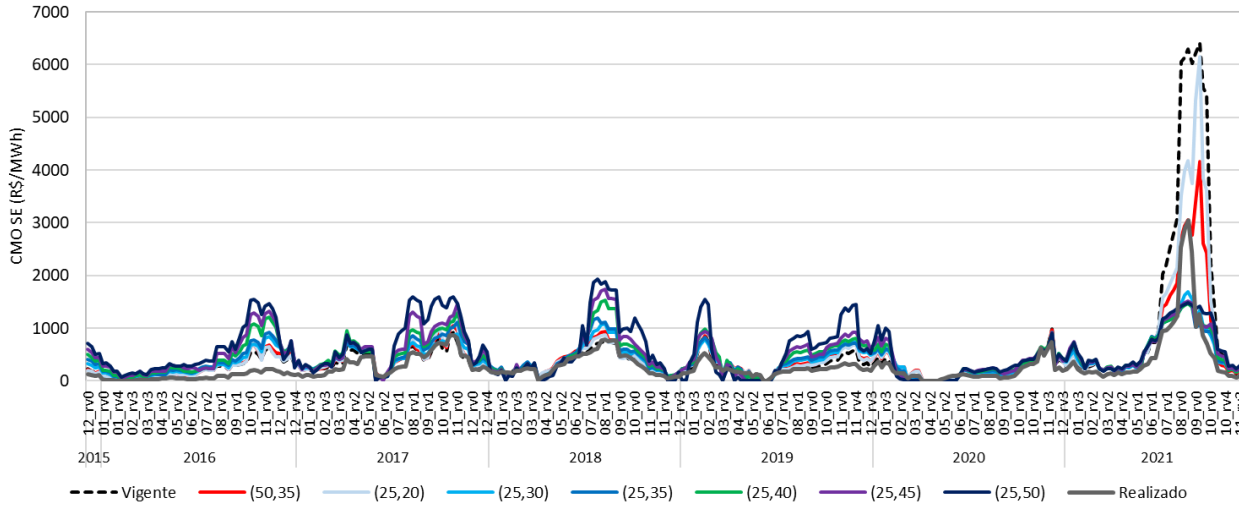
Vertimento Tubinável SIN



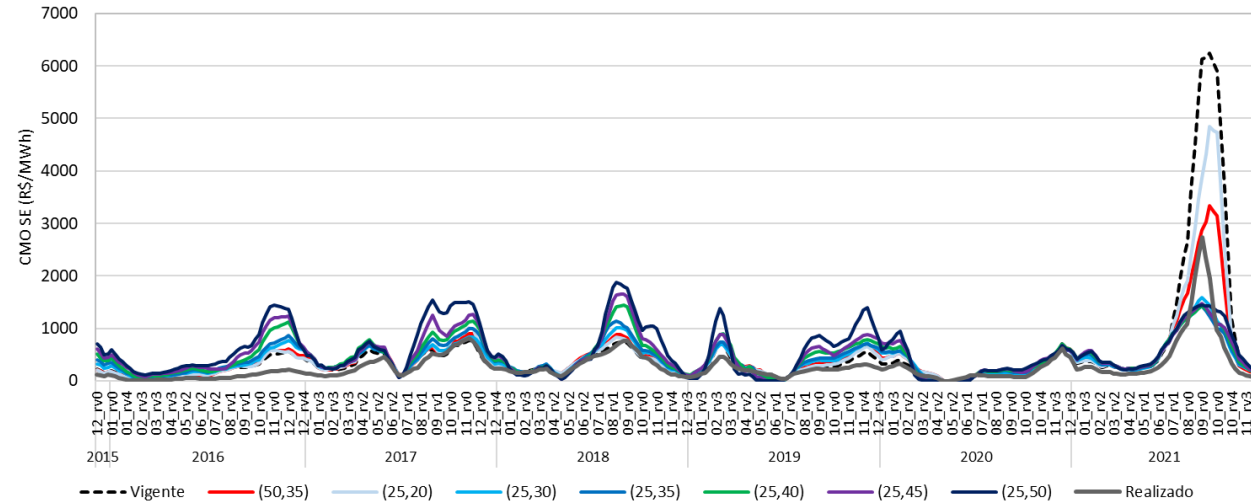
Caso	VT Médio (MWmed)
Vigente	668
(50,35)	698
(25,20)	681
(25,30)	768
(25,35)	811
(25,40)	852
(25,45)	887
(25,50)	958

CMO SE - Backtest

CMO SE



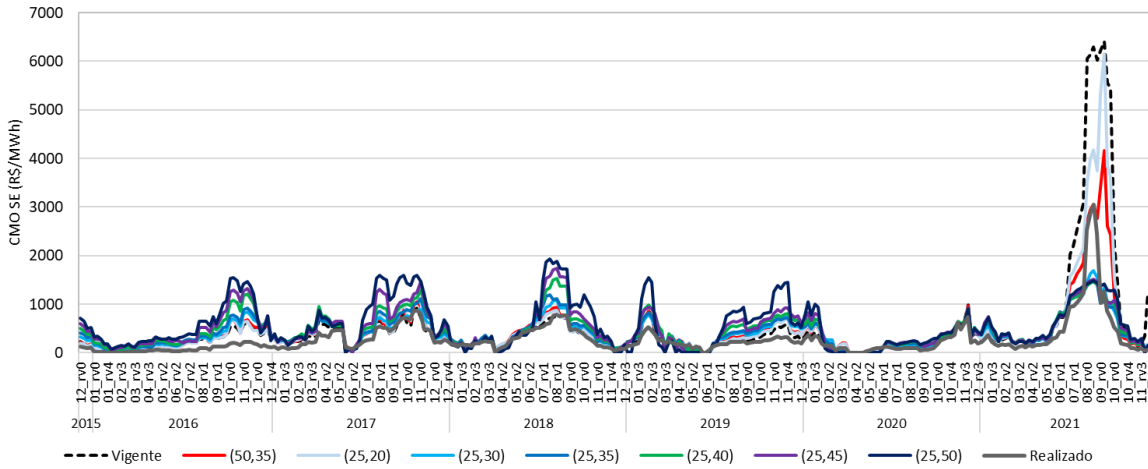
CMO SE - Média móvel 4 semanas



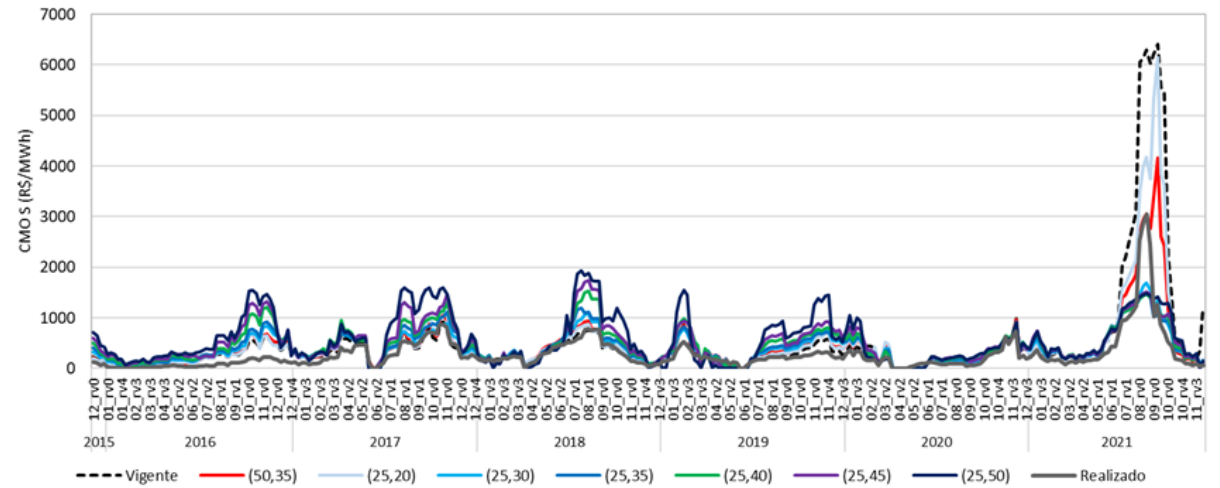
	Realizado	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)
dez/15	111,04	187,72	181,46	174,45	283,55	352,89	431,02	504,13	594,38
2016	80,30	243,40	237,99	228,49	292,06	328,01	394,72	463,58	541,97
2017	350,05	414,57	466,46	481,90	476,40	523,82	584,29	631,77	753,71
2018	312,39	340,34	377,12	361,87	404,34	434,61	485,29	524,80	597,07
2019	219,95	296,02	349,74	335,12	371,60	395,37	450,34	466,75	560,76
2020	176,49	211,96	242,69	235,68	241,35	248,05	255,58	266,90	282,78
2021	558,01	1555,56	916,40	1161,56	608,11	593,11	614,82	628,45	672,23
Média do horizonte	278,38	498,90	425,21	458,85	396,10	418,39	462,50	495,91	566,72
%	--	Ref	-15%	-8%	-21%	-16%	-7%	-1%	14%
Média dez/2015 à 2020	225,62	299,53	332,54	326,27	356,10	385,42	433,77	470,90	546,82
%	--	Ref	11%	9%	19%	29%	45%	57%	83%

CMO por Submercado - Backtest

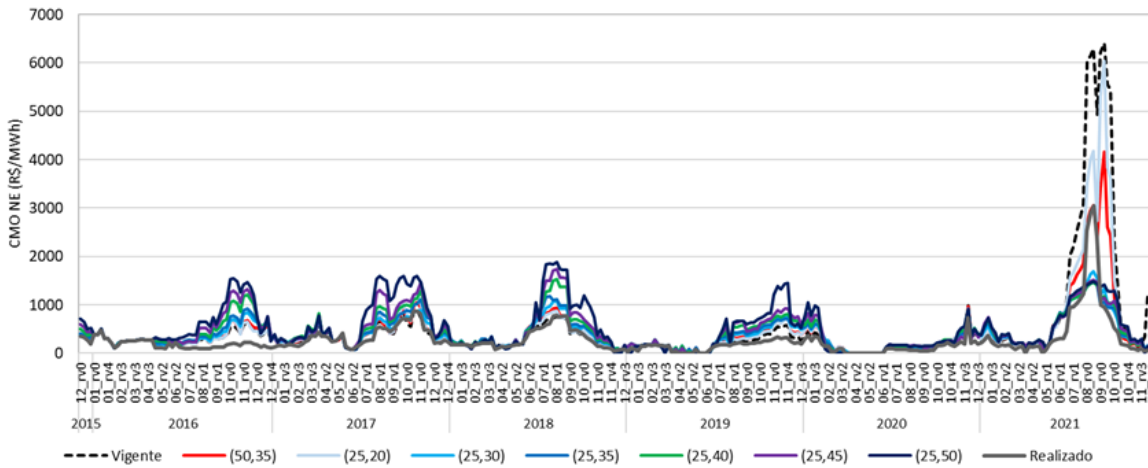
CMO SE



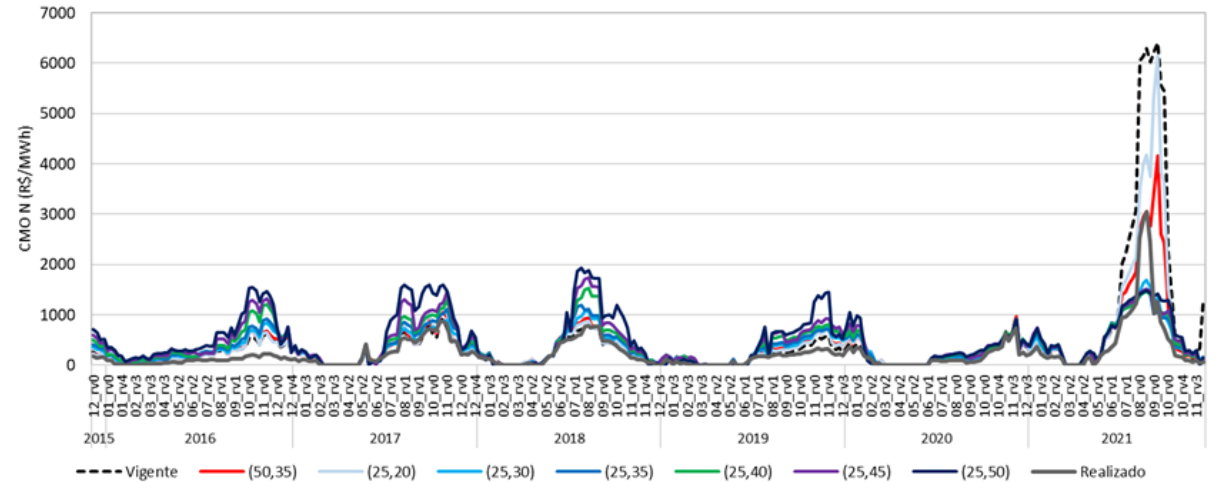
CMO S



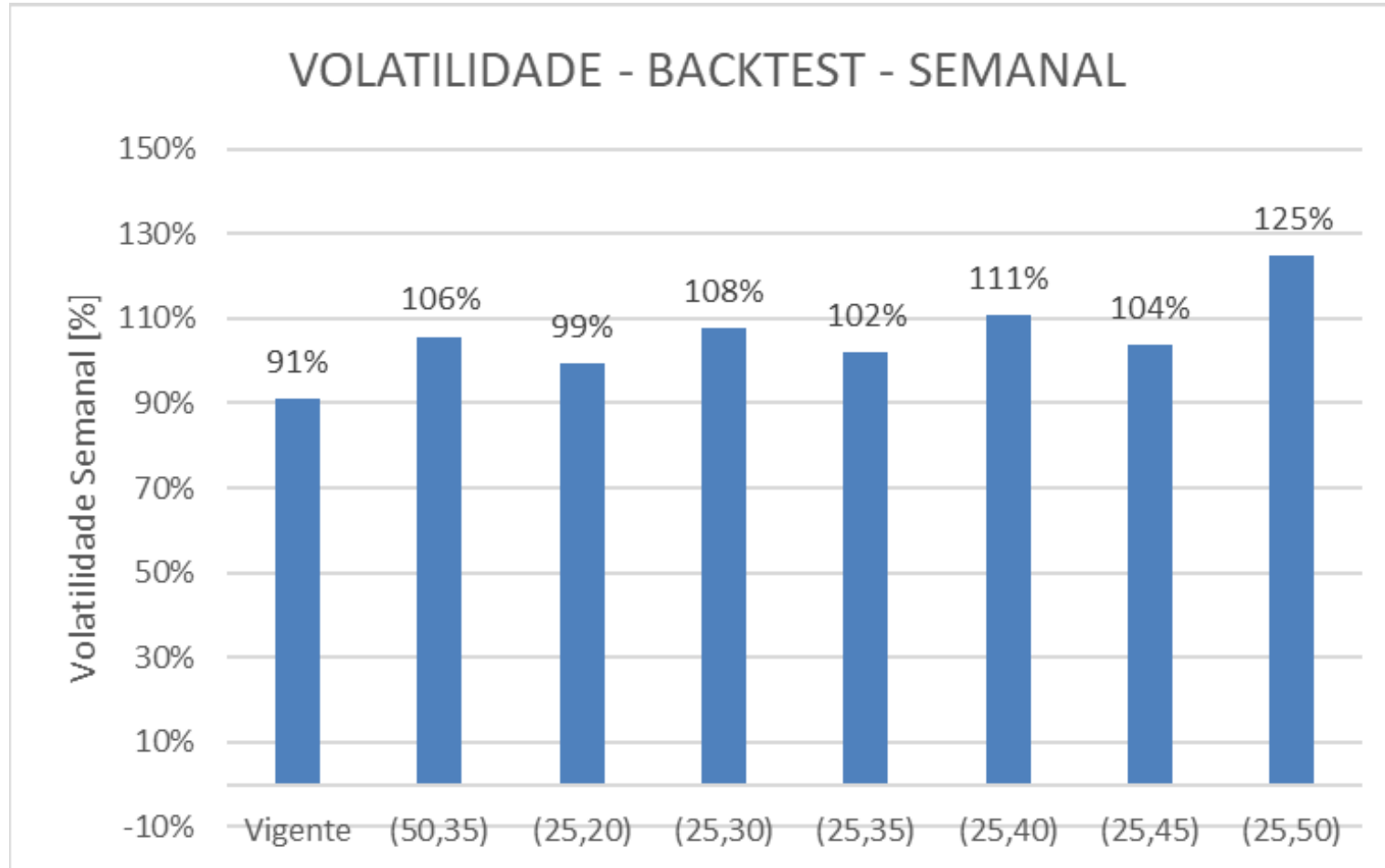
CMO NE



CMO N

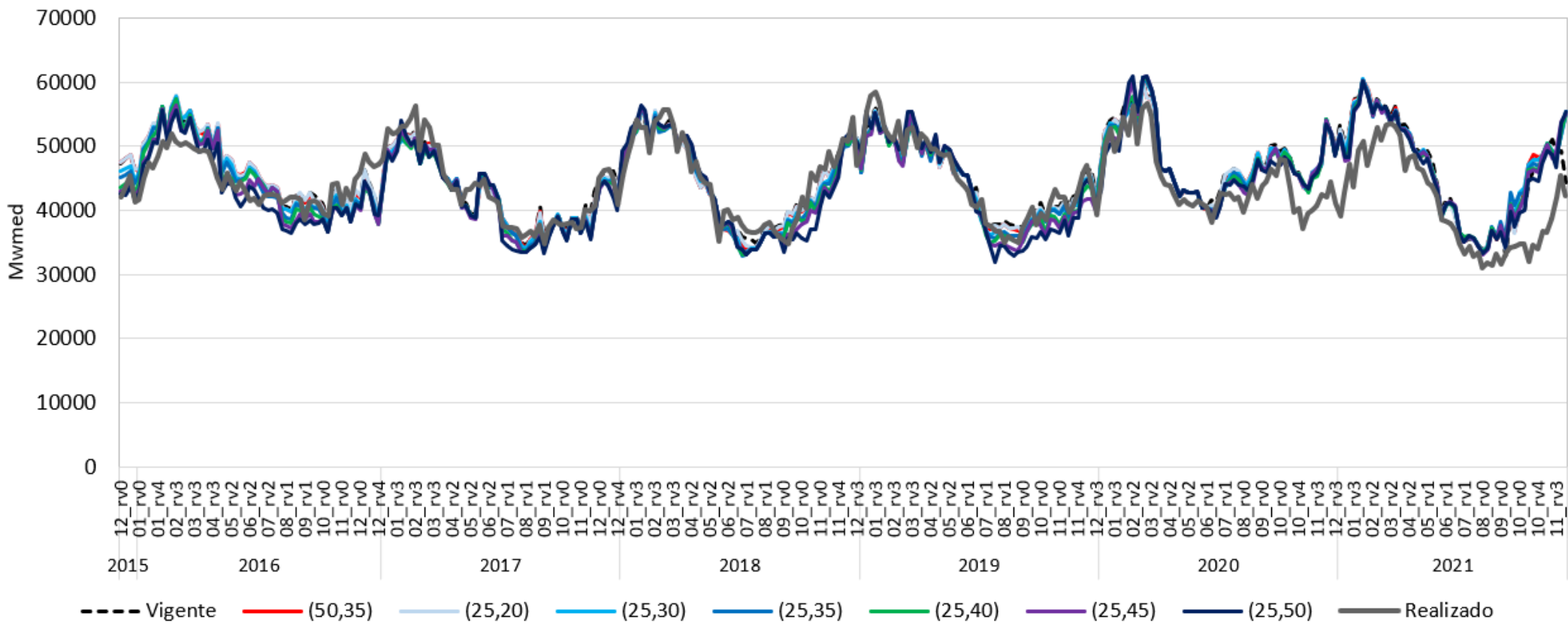


Volatilidade - Backtest



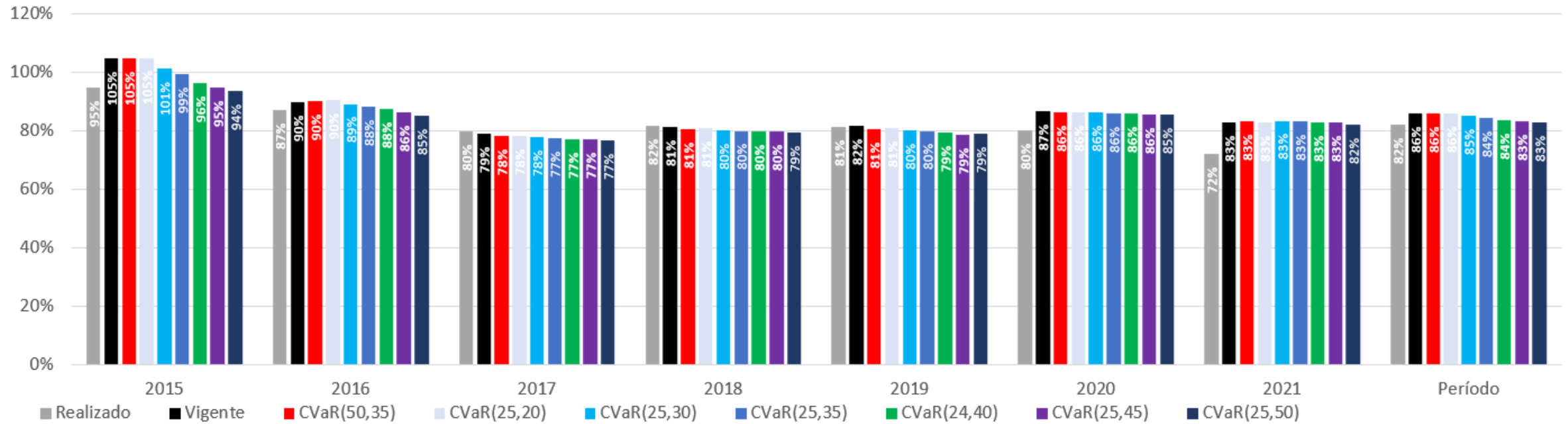
GSF e Impacto no MRE - Backtest

GH do MRE do SIN

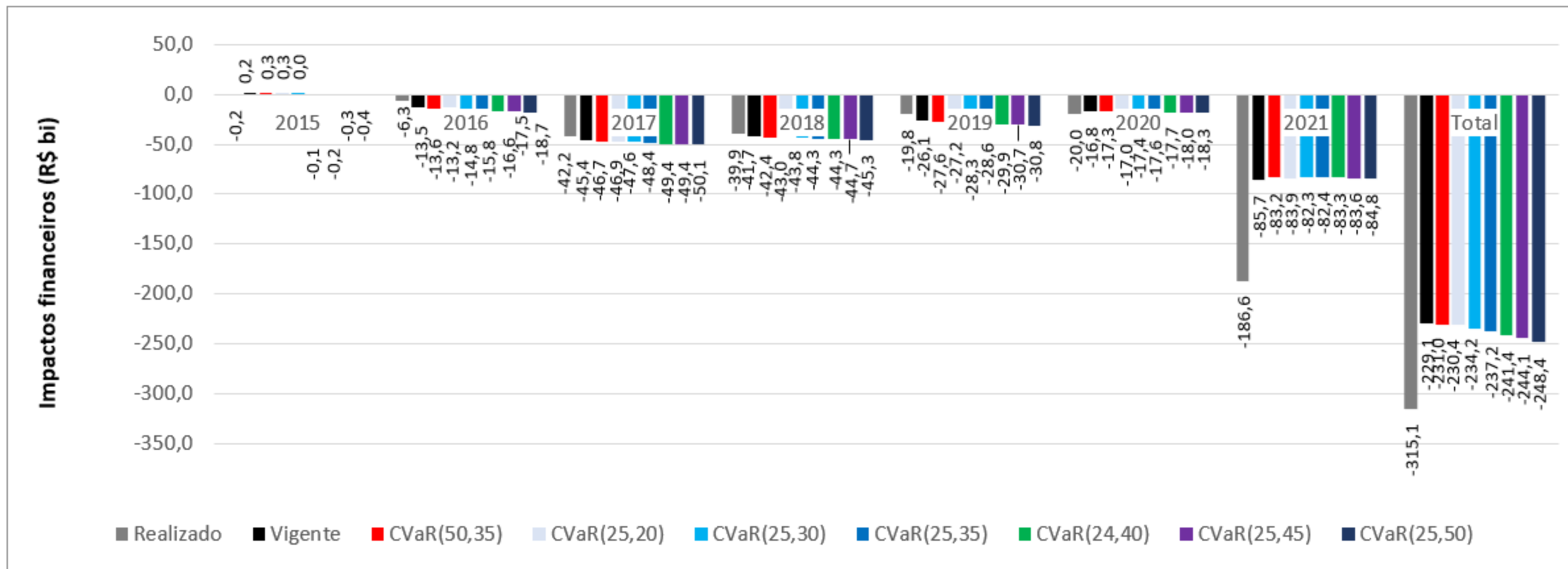


Caso	GH média (Mwmed)
Realizado	43.912
Vigente	45.547
CVaR(50,35)	45.351
CVaR(25,20)	45.412
CVaR(25,30)	45.123
CVaR(25,35)	44.923
CVaR(24,40)	44.693
CVaR(25,45)	44.500
CVaR(25,50)	44.256

Ajuste do MRE (Anual)



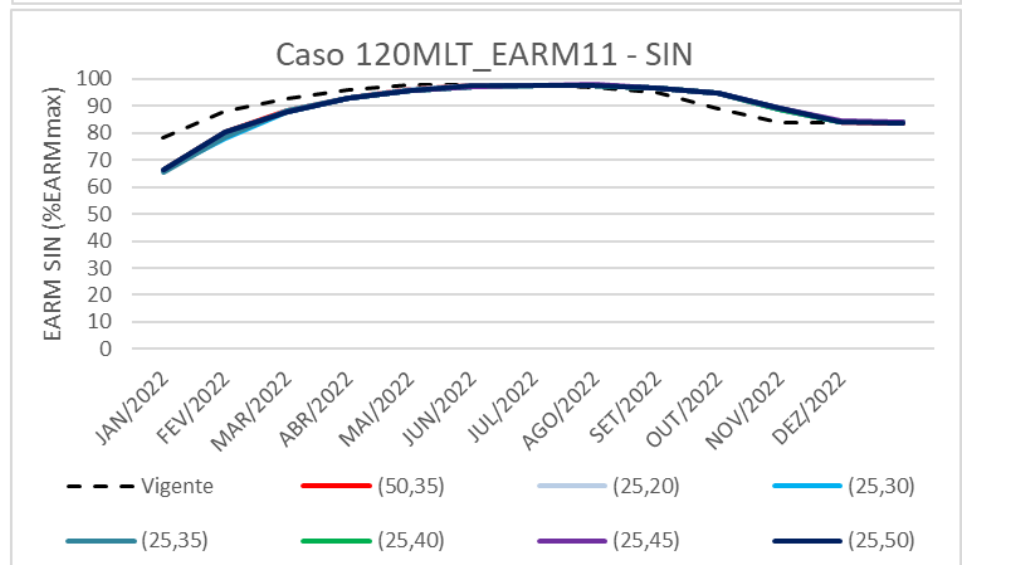
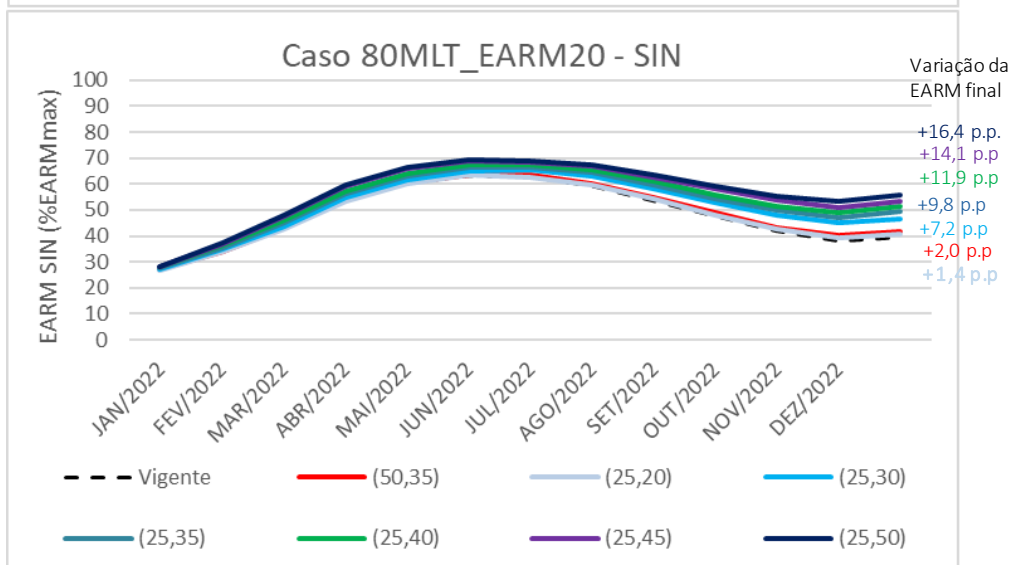
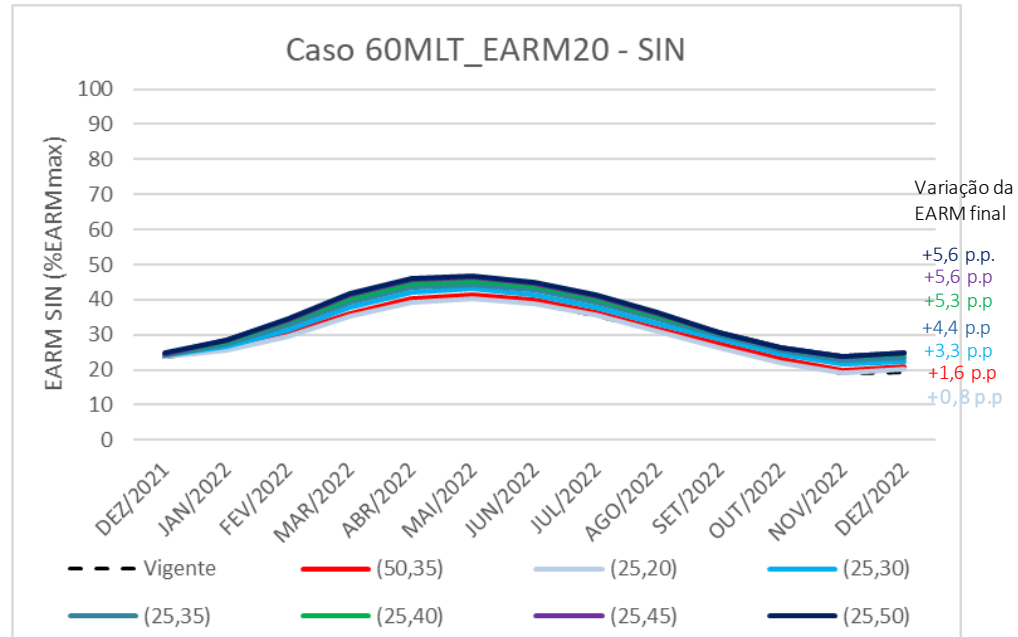
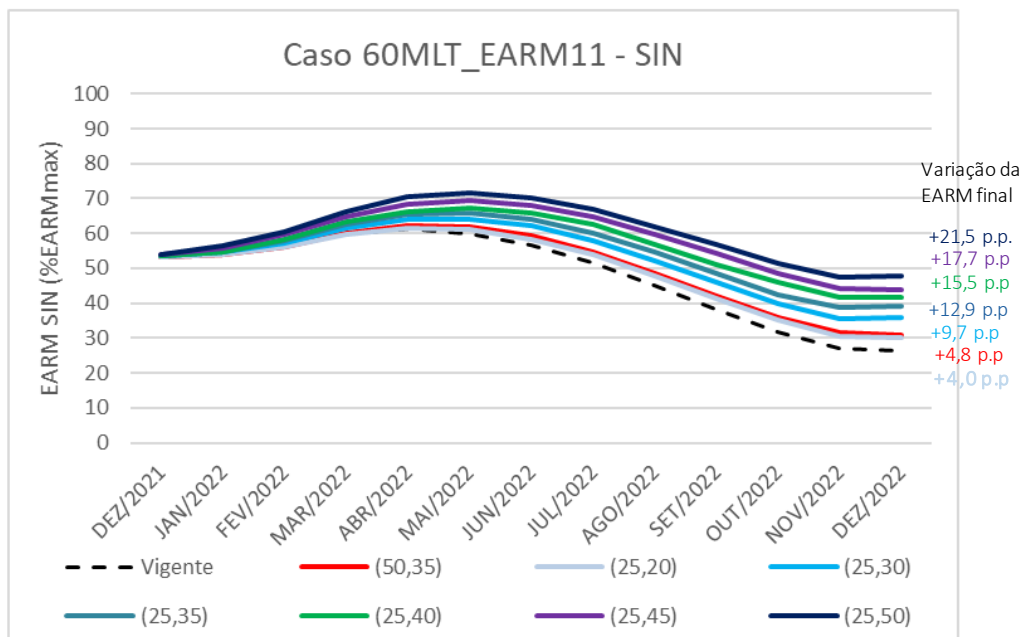
Impacto no MRE - Backtest



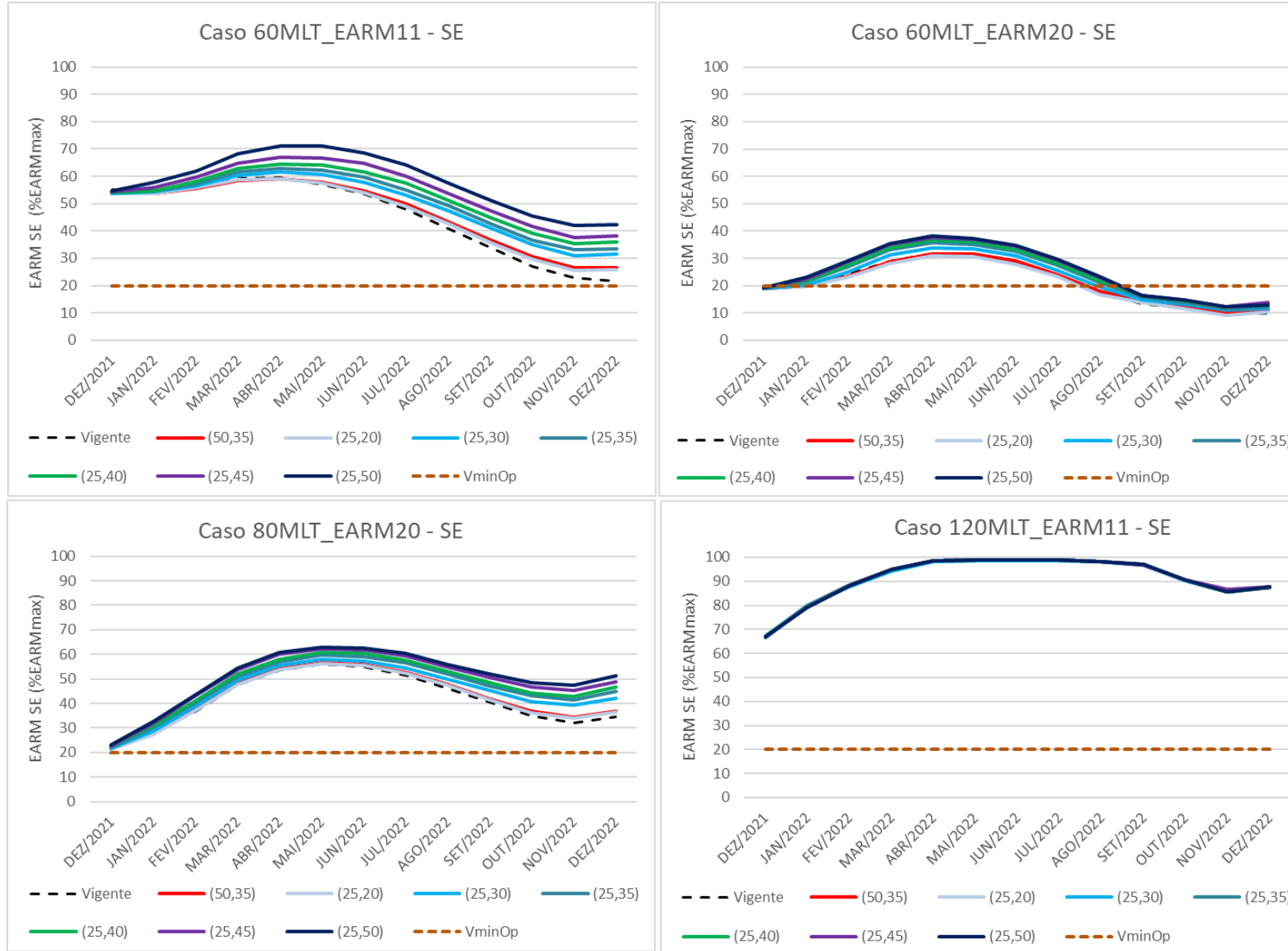
Agenda

1. Contextualização e cronograma
2. Contribuições dos agentes/universidades
3. Estudos EPE
 - Critério de Parada - EPE
 - Processo iterativo da Carga Crítica
 - Carga Crítica Convergida
 - Avaliação dos critérios de suprimento por iteração
4. Metodologia para a calibração do CVaR
5. **Backtests e análises prospectivas: resultados**
 - Backtests
 - **Prospectivos**
6. Dúvidas, contribuições e comentários

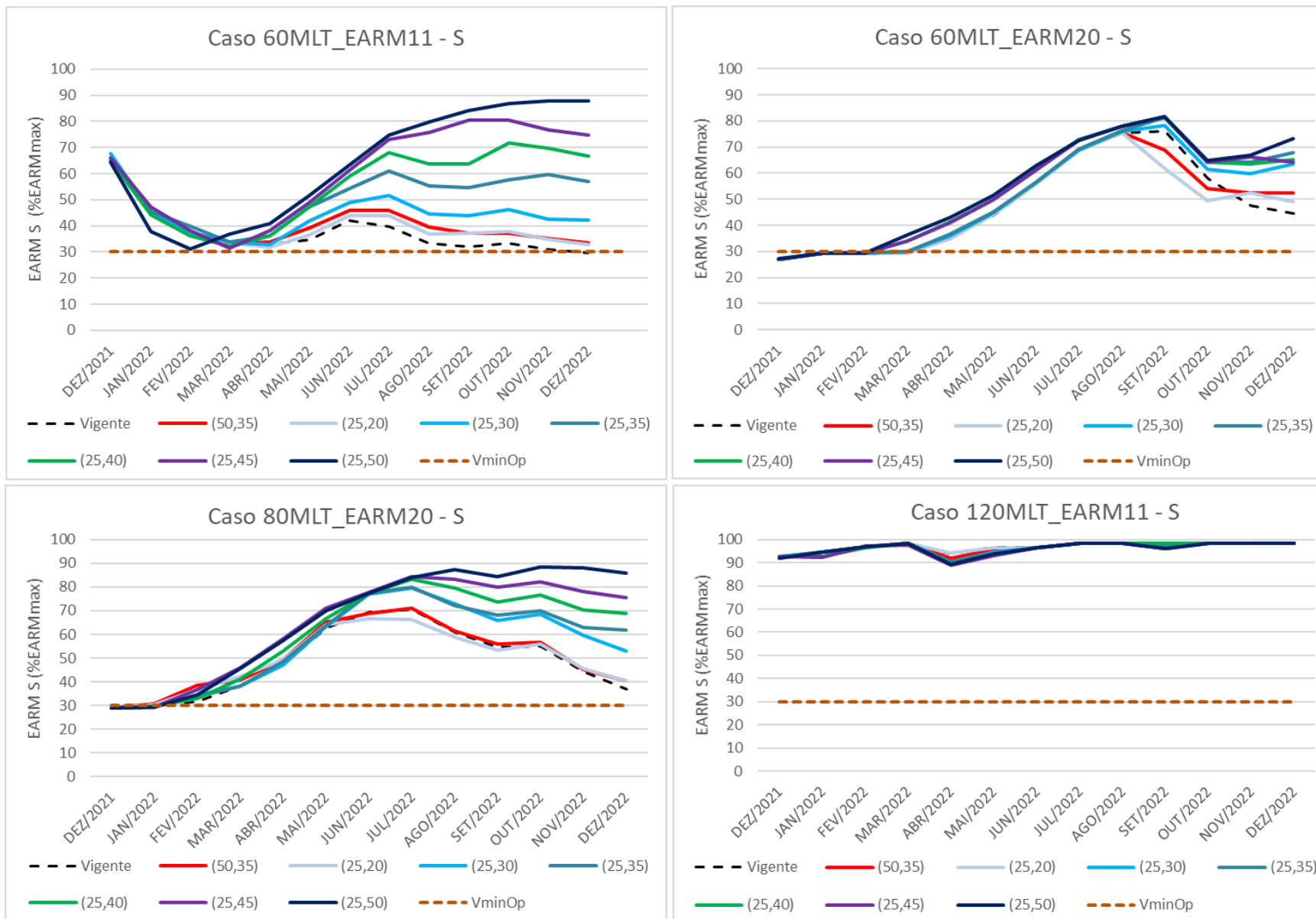
Energia Armazenada SIN - Prospectivos



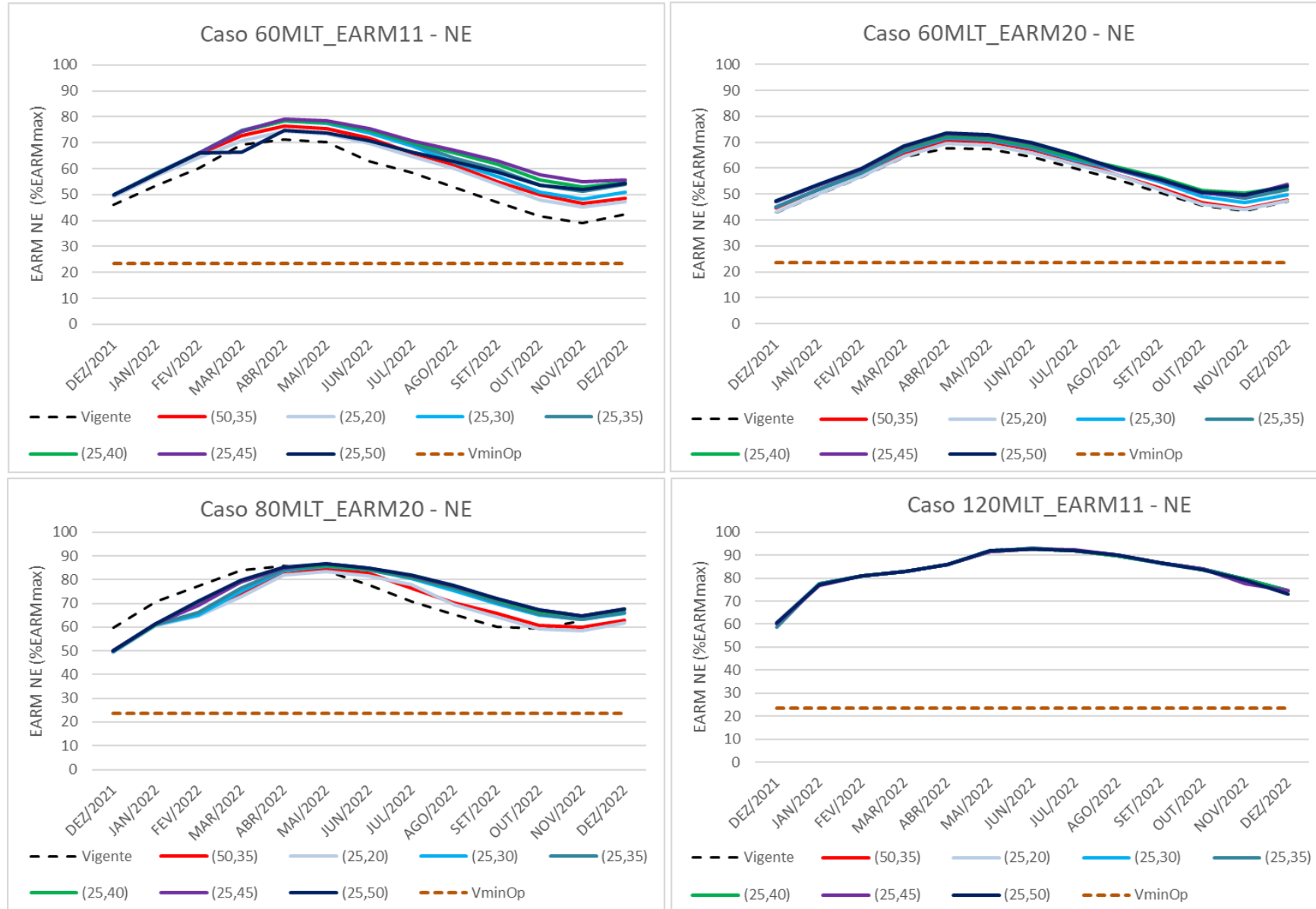
Energia Armazenada SE - Prospectivos



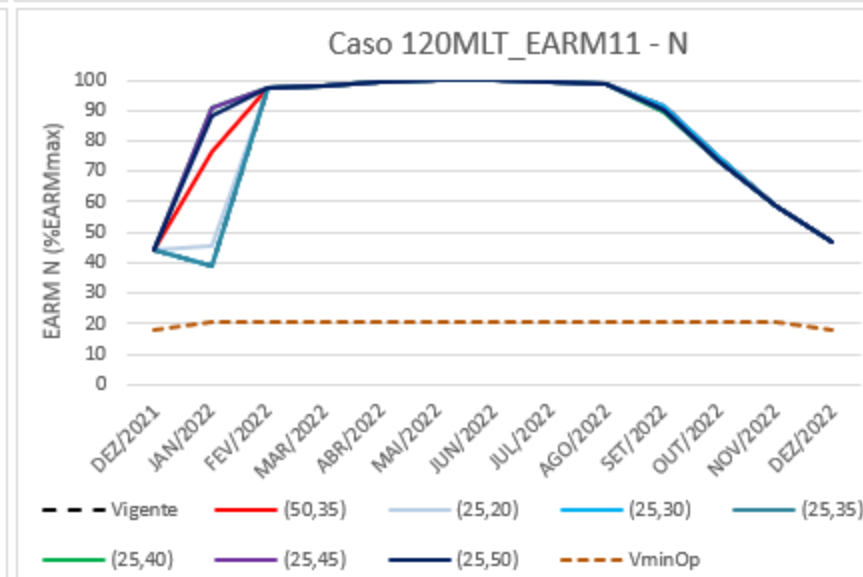
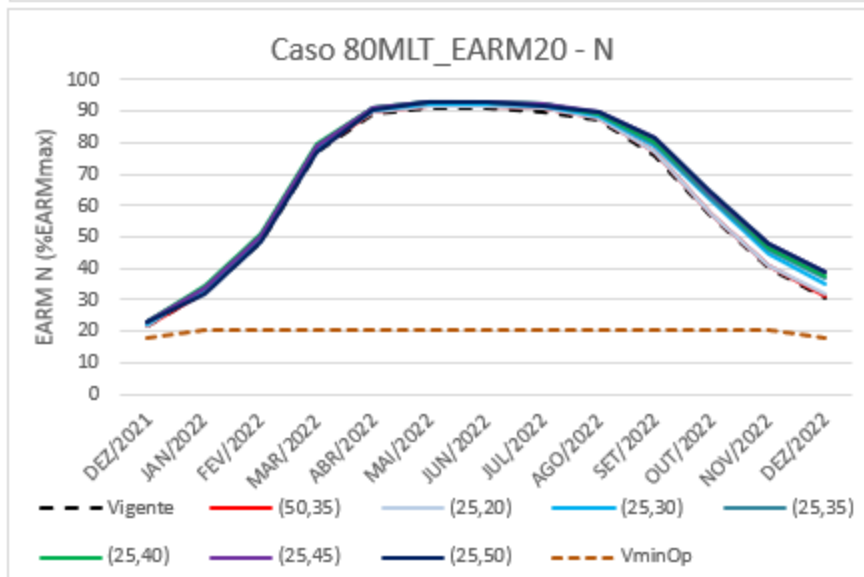
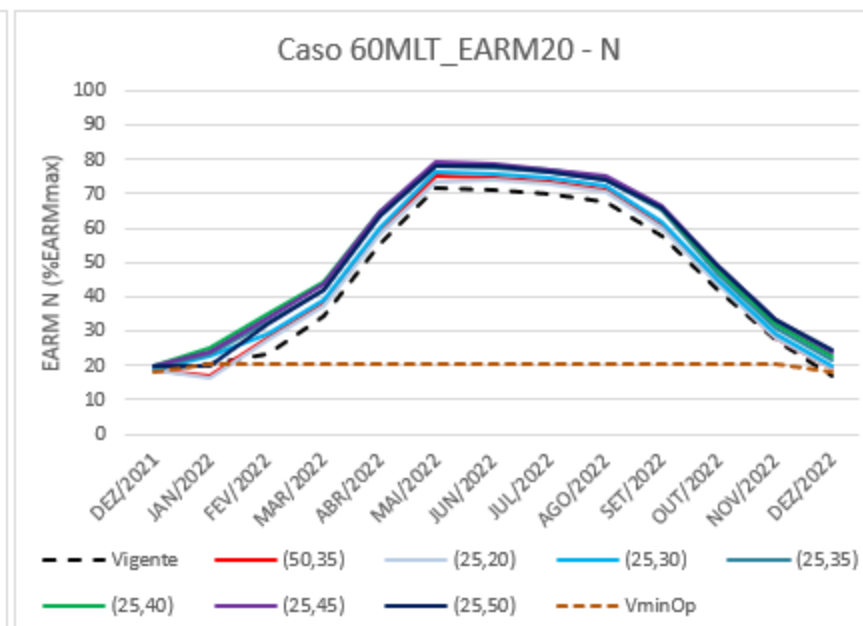
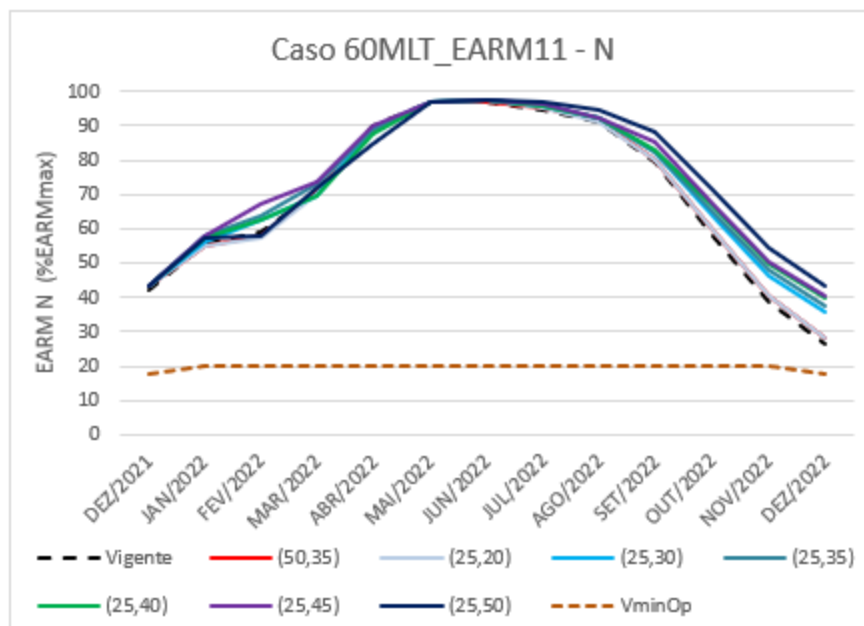
Energia Armazenada S - Prospectivos



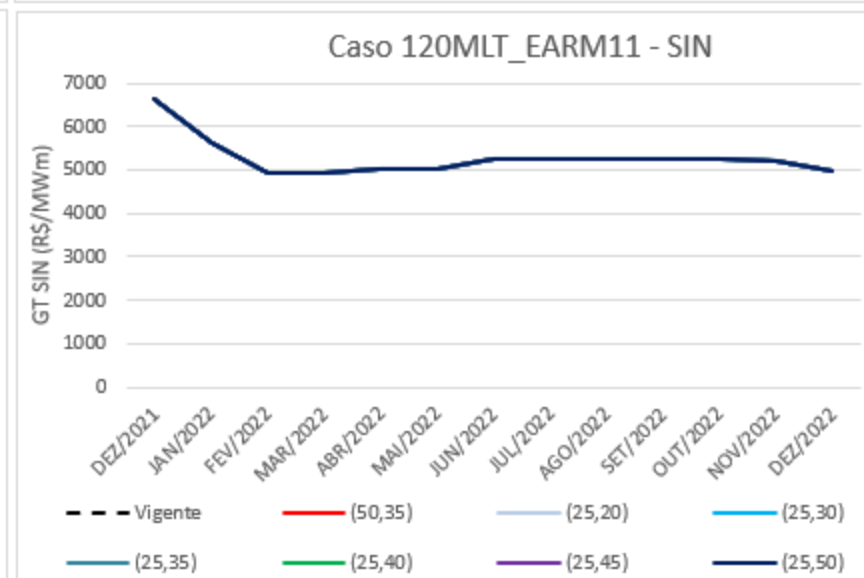
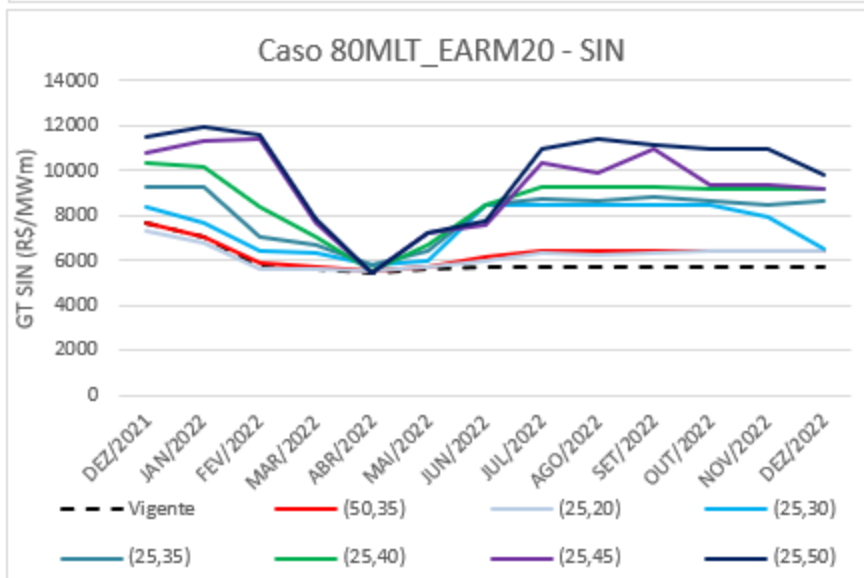
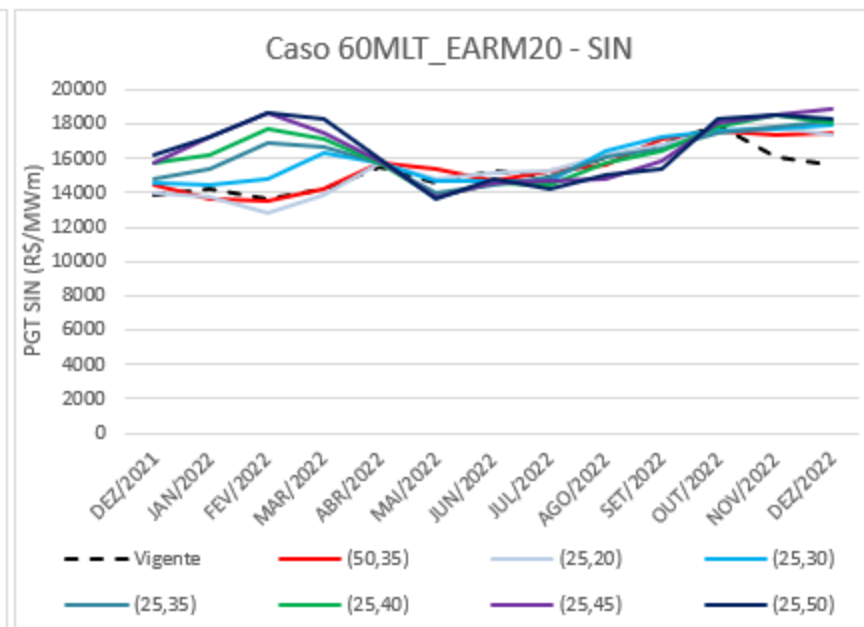
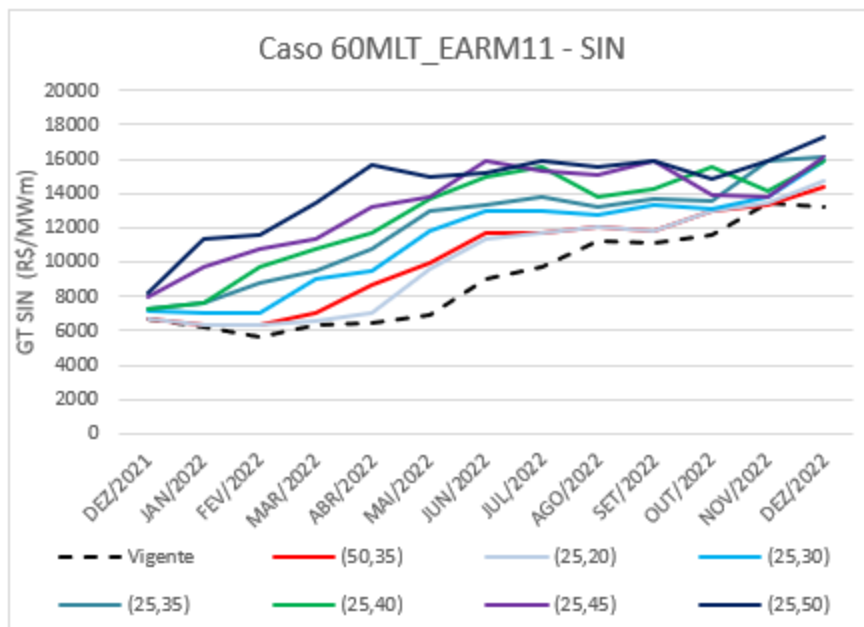
Energia Armazenada NE - Prospectivos



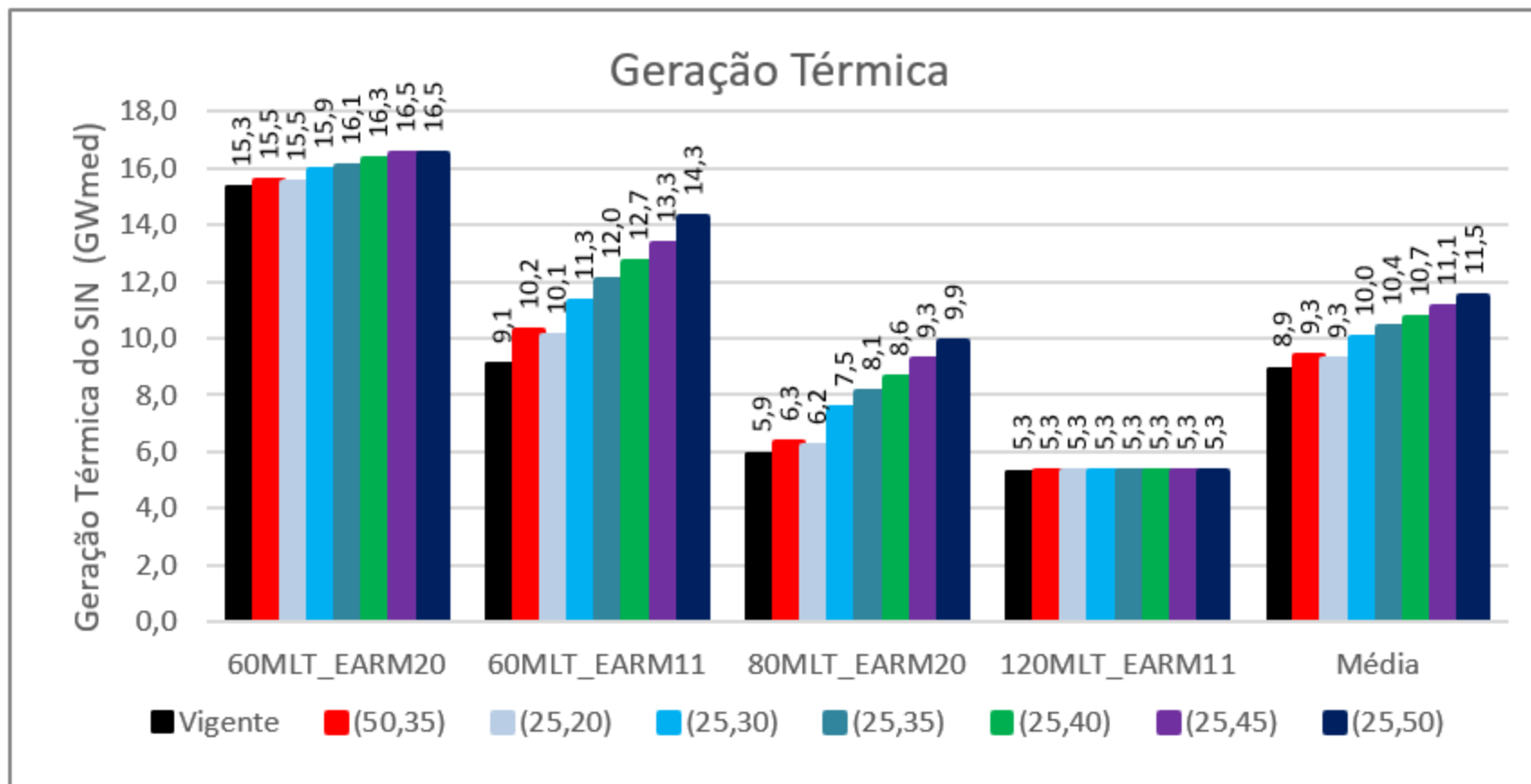
Energia Armazenada N - Prospectivos



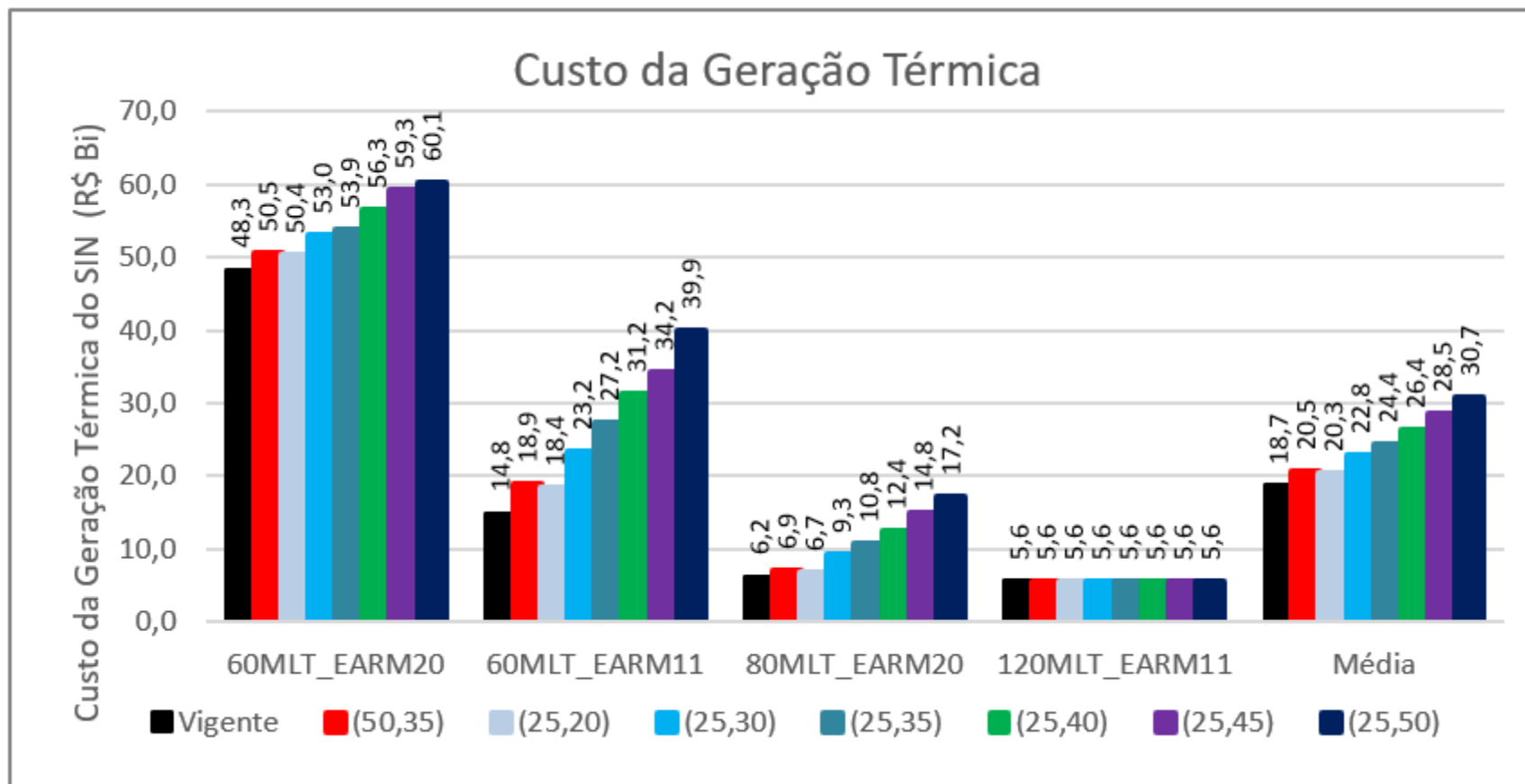
Geração Térmica SIN - Prospectivos



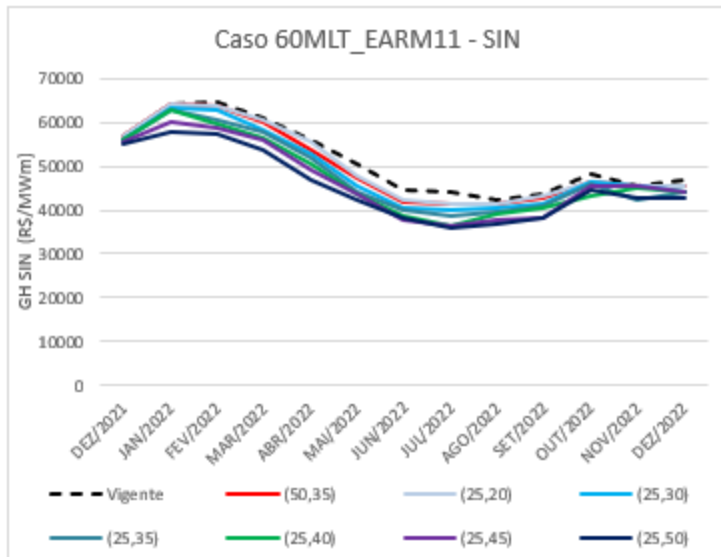
Geração Térmica SIN - Prospectivos



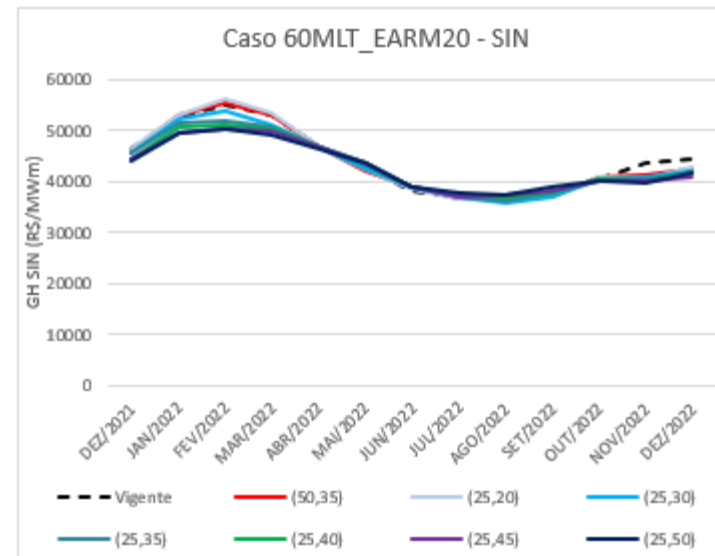
Custo da Geração Térmica - Prospectivos



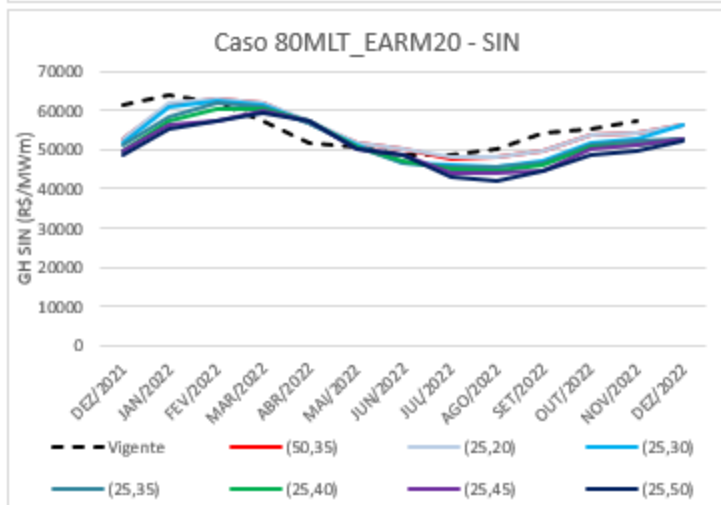
Geração Hidrelétrica SIN - Prospectivos



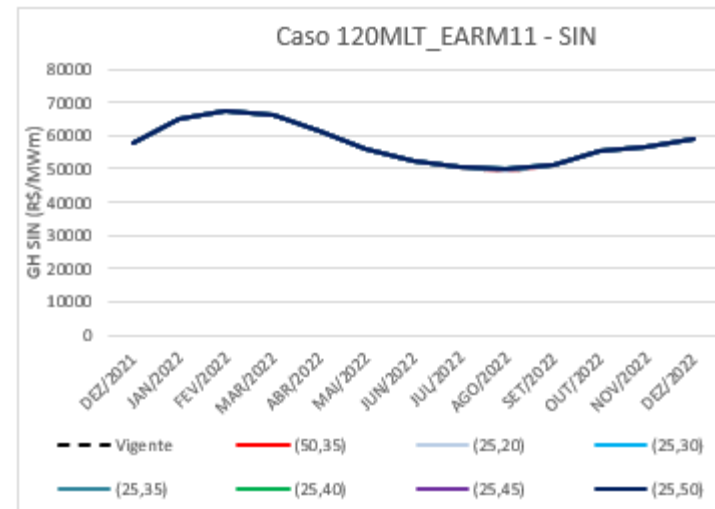
Caso	GHMédia (MWmed)
Vigente	51.390
(50,35)	50.121
(25,20)	50.295
(25,30)	49.019
(25,35)	48.095
(25,40)	47.414
(25,45)	46.747
(25,50)	45.609



Caso	GHMédia (MWmed)
Vigente	44.146
(50,35)	43.768
(25,20)	43.828
(25,30)	43.373
(25,35)	43.227
(25,40)	43.023
(25,45)	42.826
(25,50)	42.831

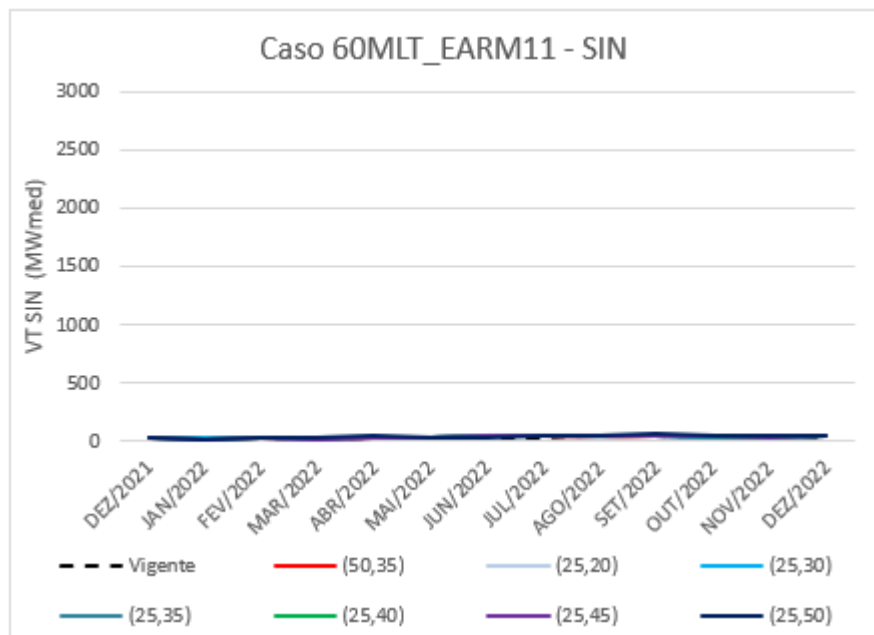


Caso	GHMédia (MWmed)
Vigente	54.891
(50,35)	54.357
(25,20)	54.487
(25,30)	53.055
(25,35)	52.339
(25,40)	51.839
(25,45)	51.206
(25,50)	50.479

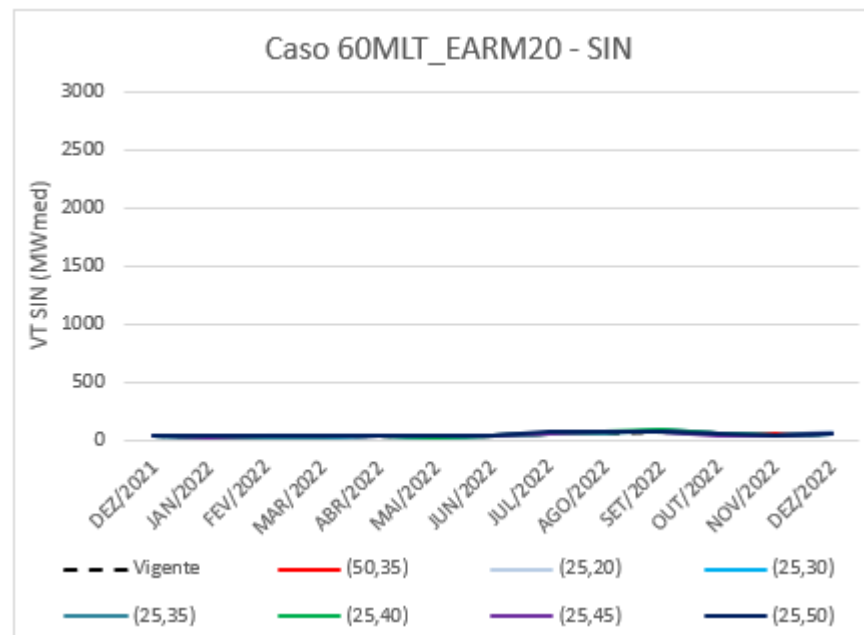


Caso	GHMédia (MWmed)
Vigente	57.496
(50,35)	57.496
(25,20)	57.497
(25,30)	57.530
(25,35)	57.564
(25,40)	57.565
(25,45)	57.565
(25,50)	57.565

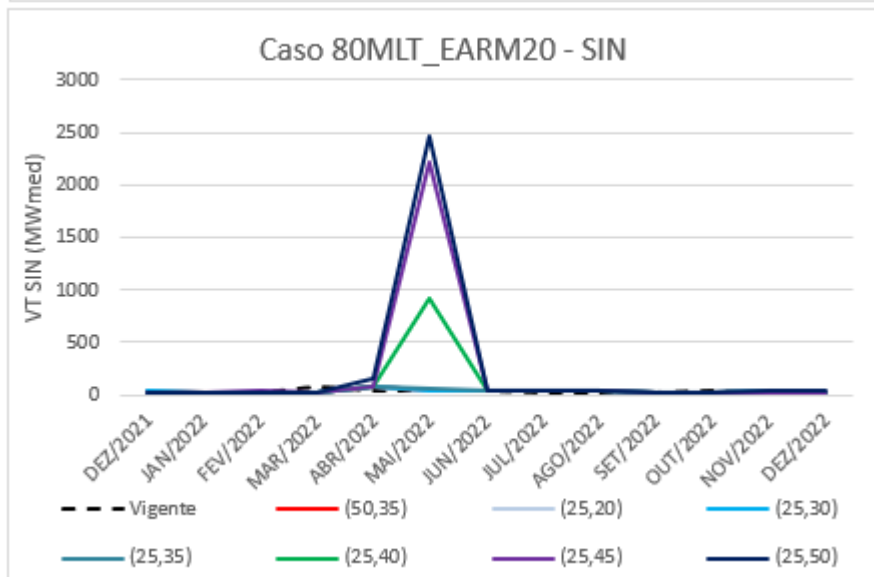
Vertimento Turbinável SIN - Prospectivos



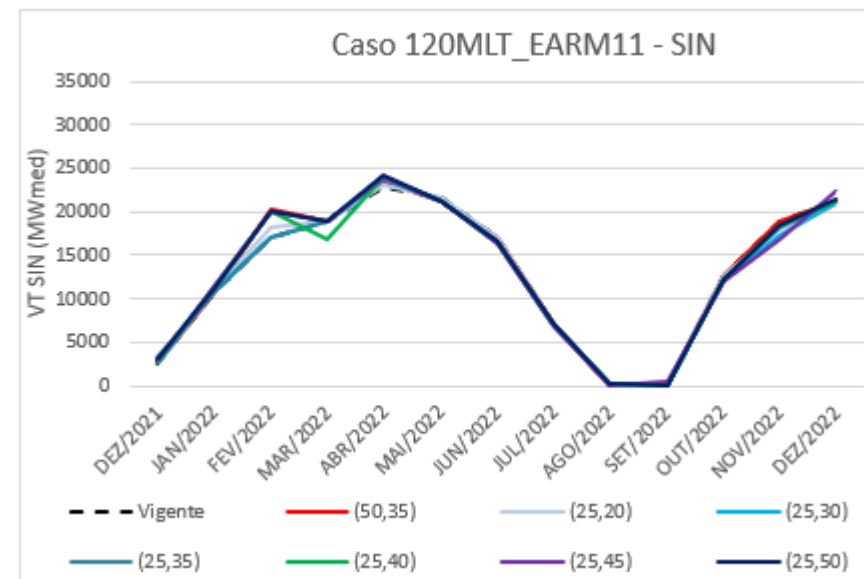
Caso	(MWmed)
Vigente	34
(50,35)	36
(25,20)	34
(25,30)	36
(25,35)	36
(25,40)	38
(25,45)	38
(25,50)	42



Caso	(MWmed)
Vigente	49
(50,35)	50
(25,20)	49
(25,30)	49
(25,35)	49
(25,40)	50
(25,45)	49
(25,50)	50

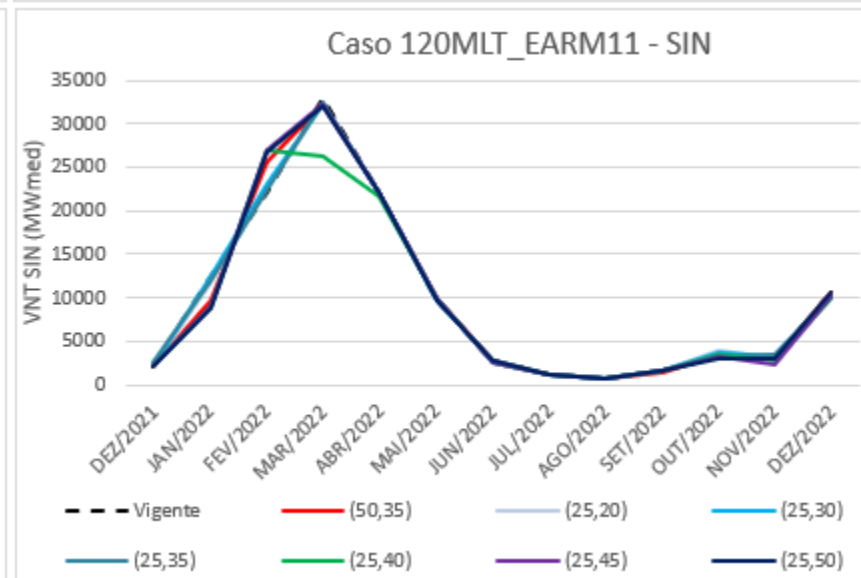
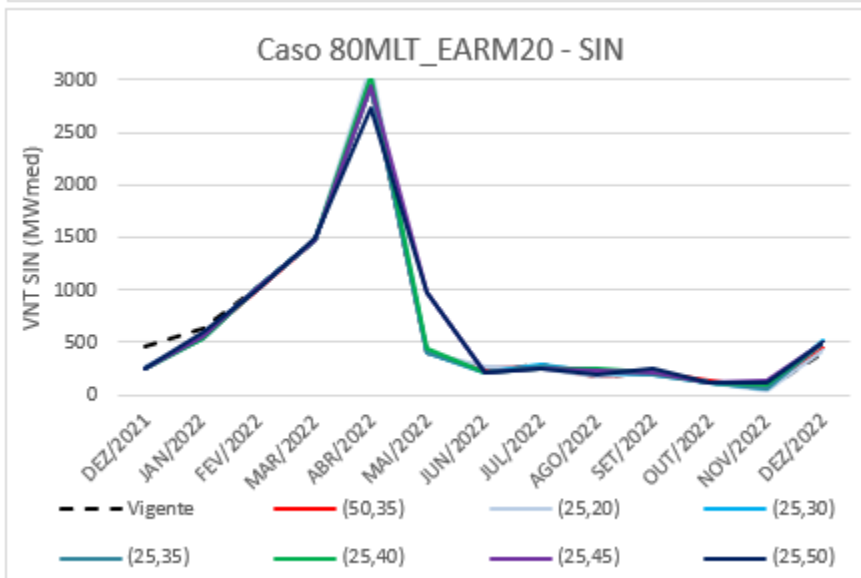
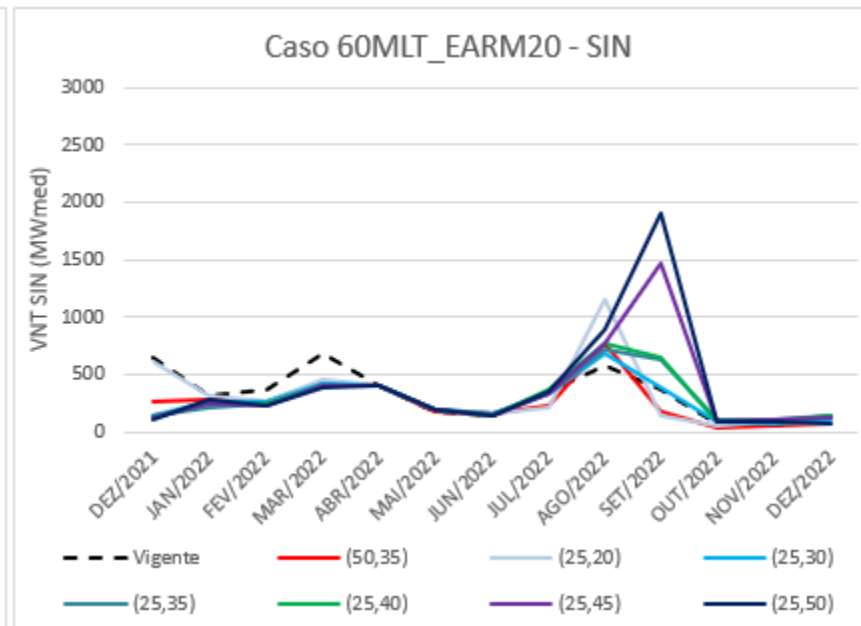
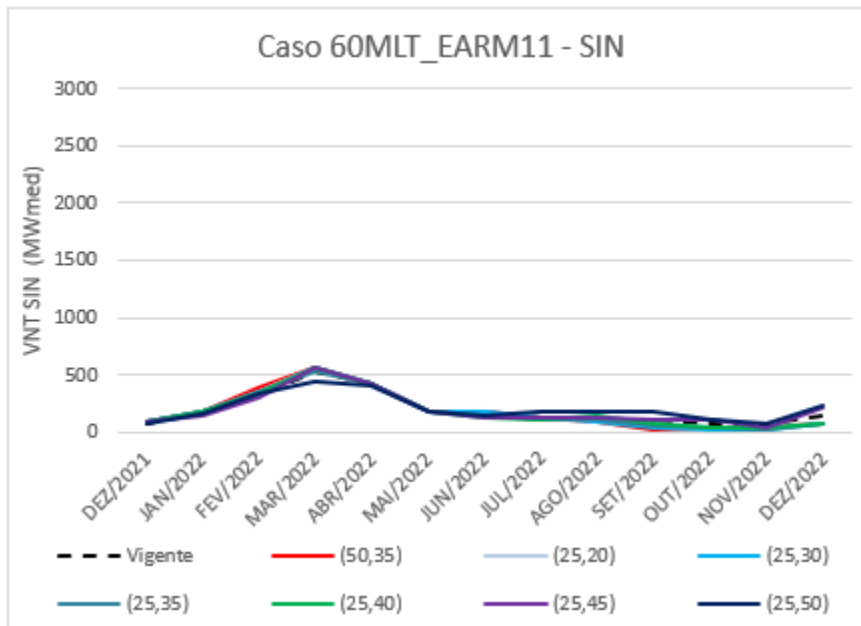


Caso	(MWmed)
Vigente	34
(50,35)	33
(25,20)	33
(25,30)	34
(25,35)	33
(25,40)	101
(25,45)	204
(25,50)	228

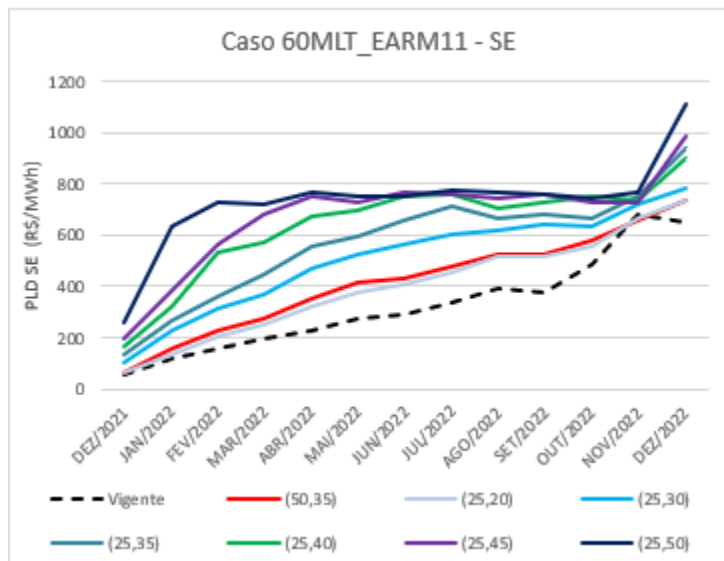


Caso	(MWmed)
Vigente	13.124
(50,35)	13.435
(25,20)	13.189
(25,30)	13.005
(25,35)	13.143
(25,40)	13.228
(25,45)	13.381
(25,50)	13.439

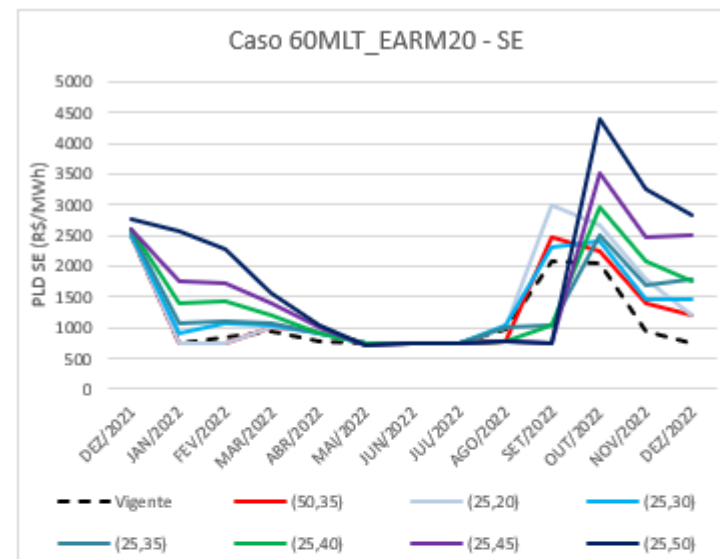
Vertimento Não Turbinável SIN - Prospectivos



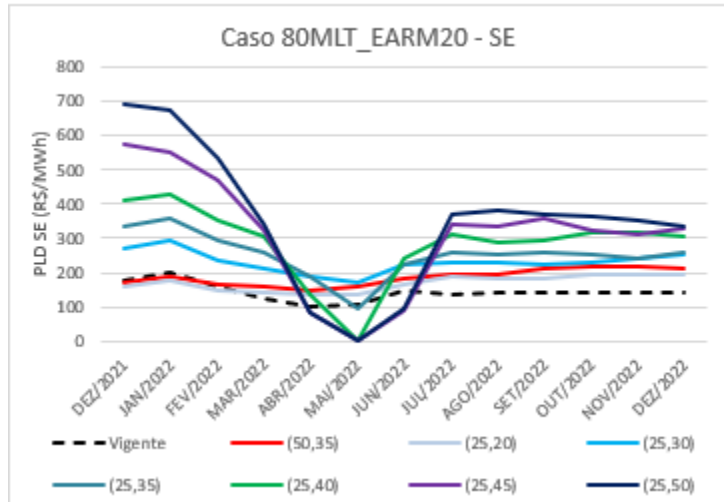
CMO/PLD SE - Prospectivos



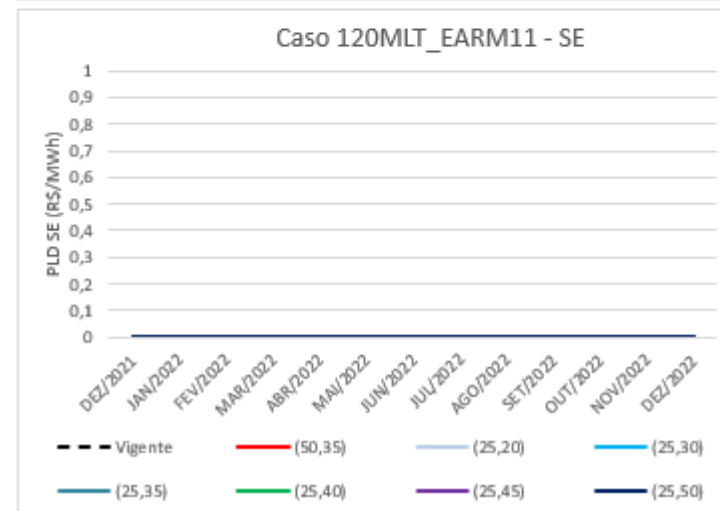
Caso	PLD Médio (R\$/MWh)
Vigente	326,56
(50,35)	415,90
(25,20)	401,25
(25,30)	507,01
(25,35)	571,82
(25,40)	637,19
(25,45)	676,39
(25,50)	733,01



Caso	PLD Médio (R\$/MWh)
Vigente	1.139,93
(50,35)	1.248,00
(25,20)	1.371,24
(25,30)	1.329,44
(25,35)	1.301,18
(25,40)	1.413,75
(25,45)	1.591,23
(25,50)	1.875,78

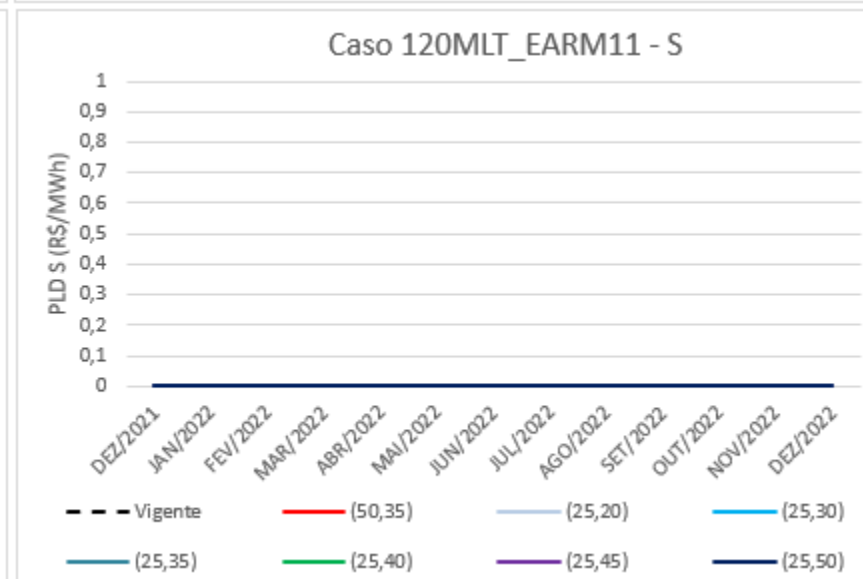
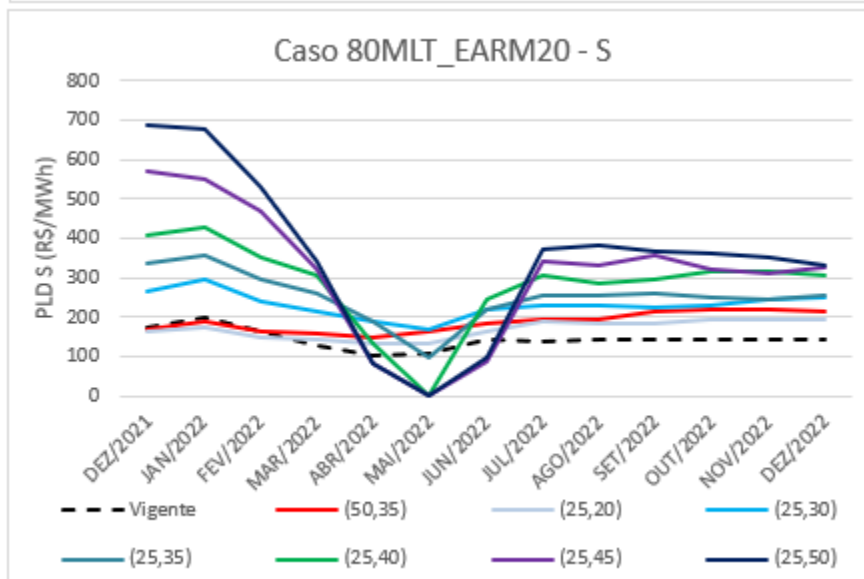
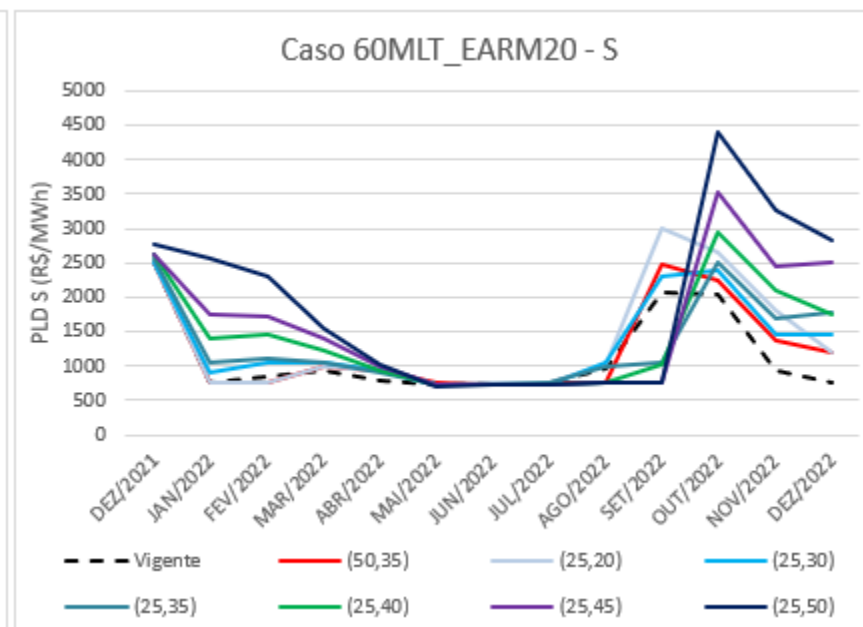
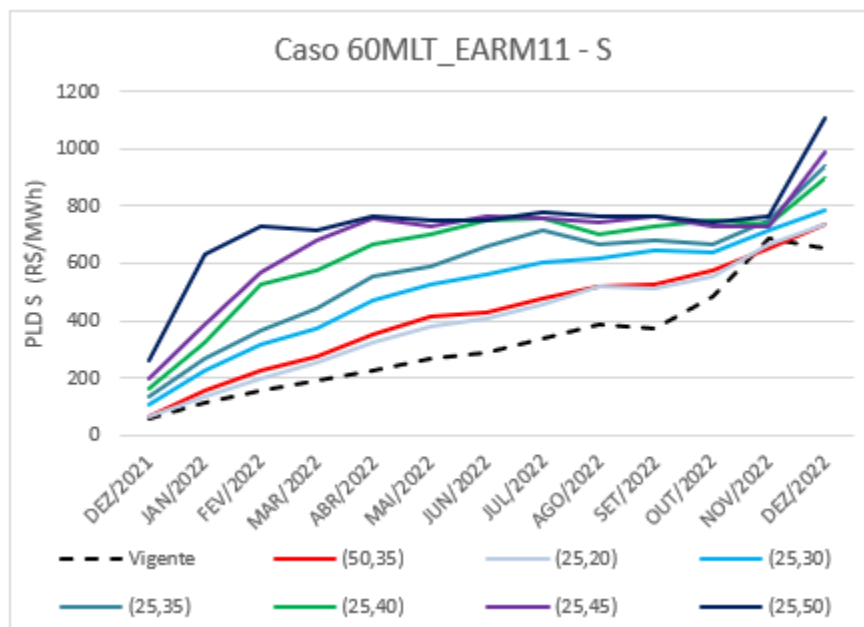


Caso	PLD Médio (R\$/MWh)
Vigente	144,00
(50,35)	187,06
(25,20)	169,63
(25,30)	231,15
(25,35)	252,40
(25,40)	284,85
(25,45)	313,60
(25,50)	352,77

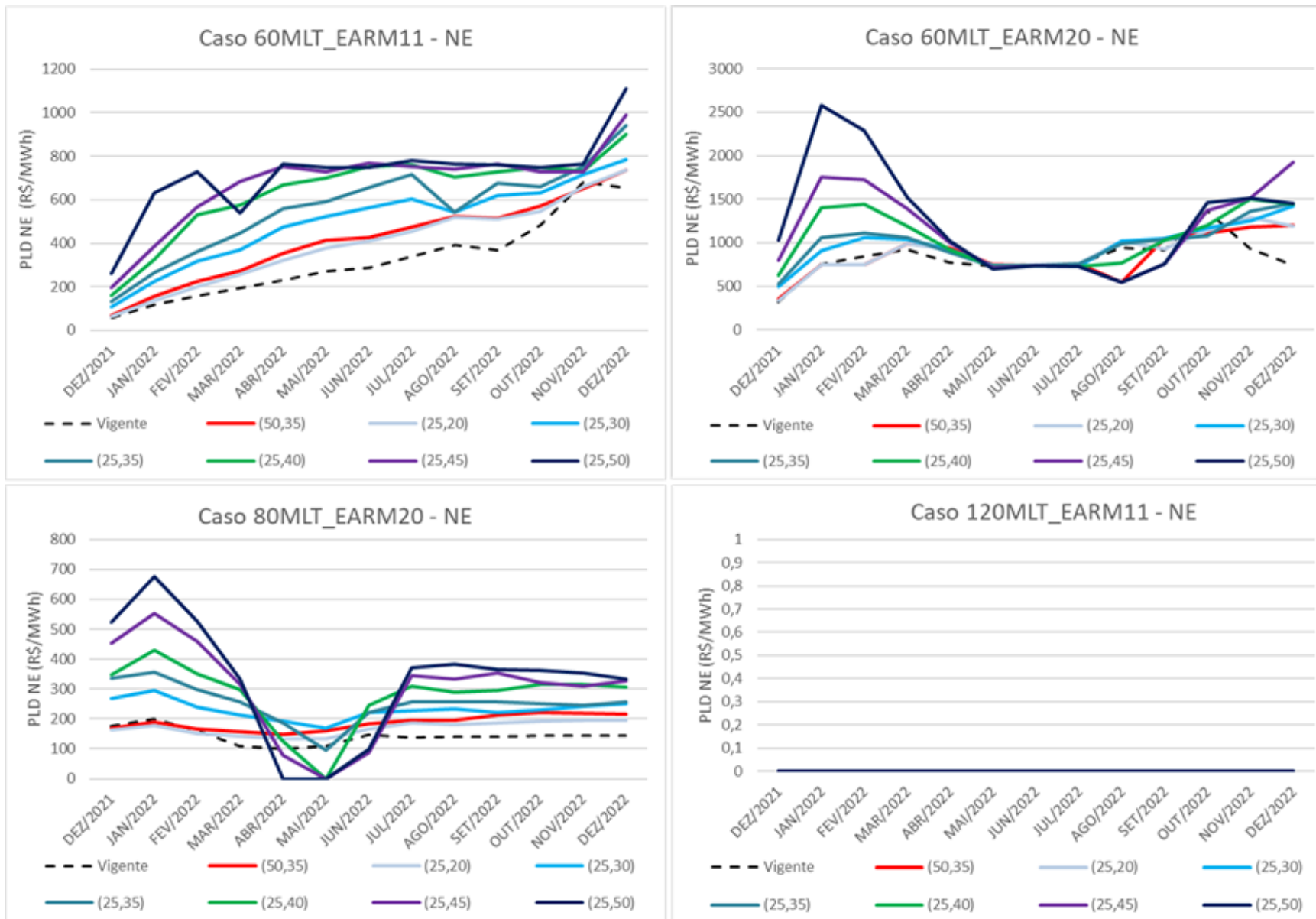


Caso	PLD Médio (R\$/MWh)
Vigente	0,00
(50,35)	0,00
(25,20)	0,00
(25,30)	0,00
(25,35)	0,00
(25,40)	0,00
(25,45)	0,00
(25,50)	0,00

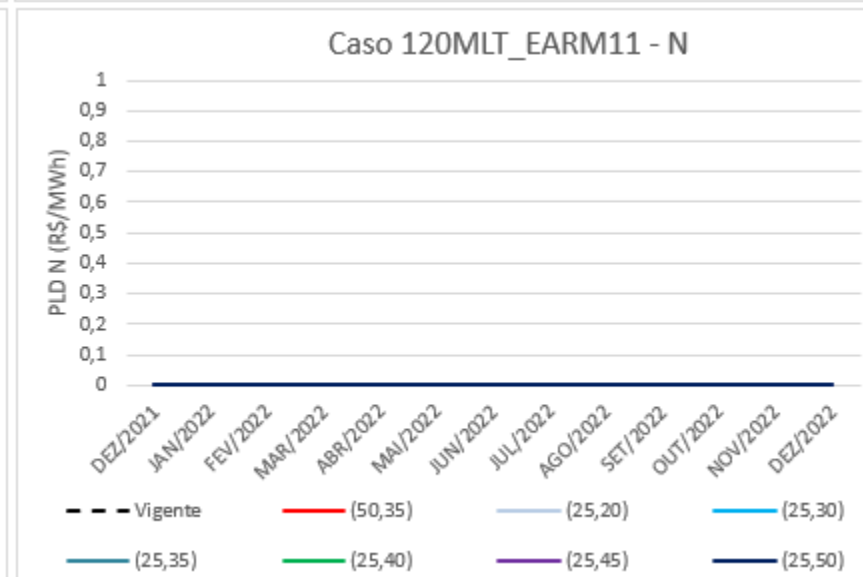
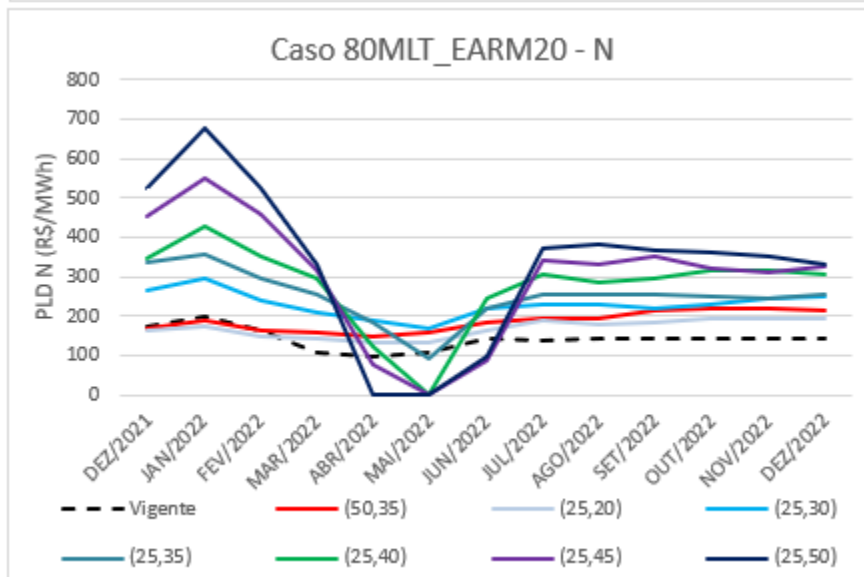
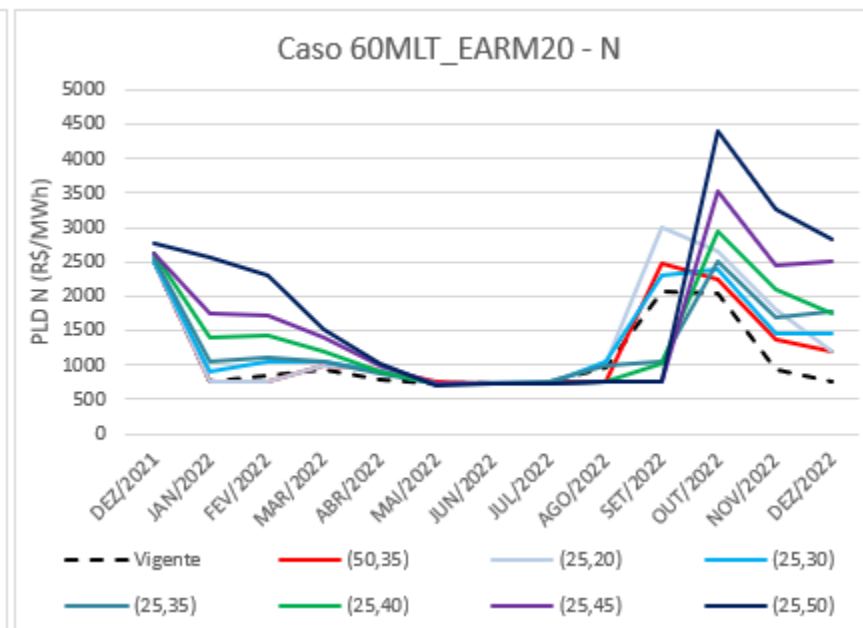
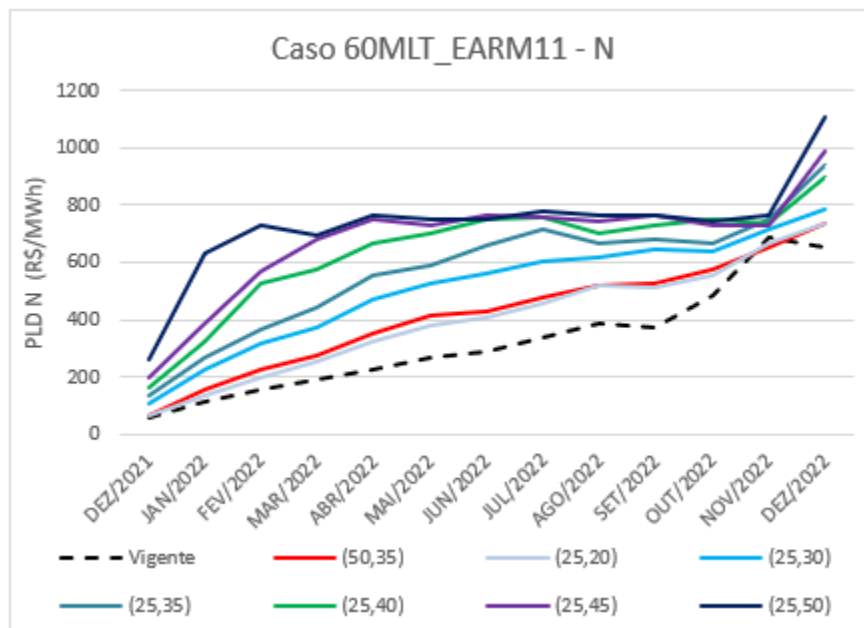
CMO/PLD S - Prospectivos



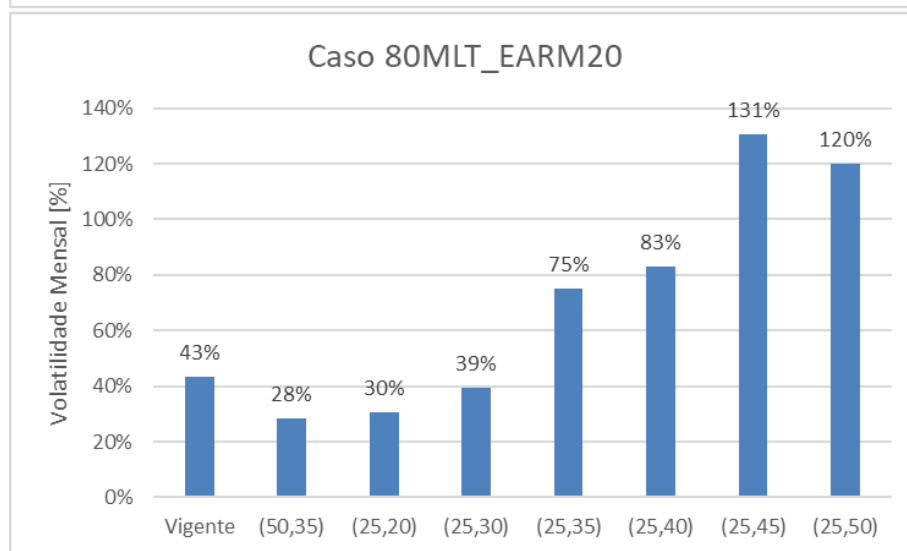
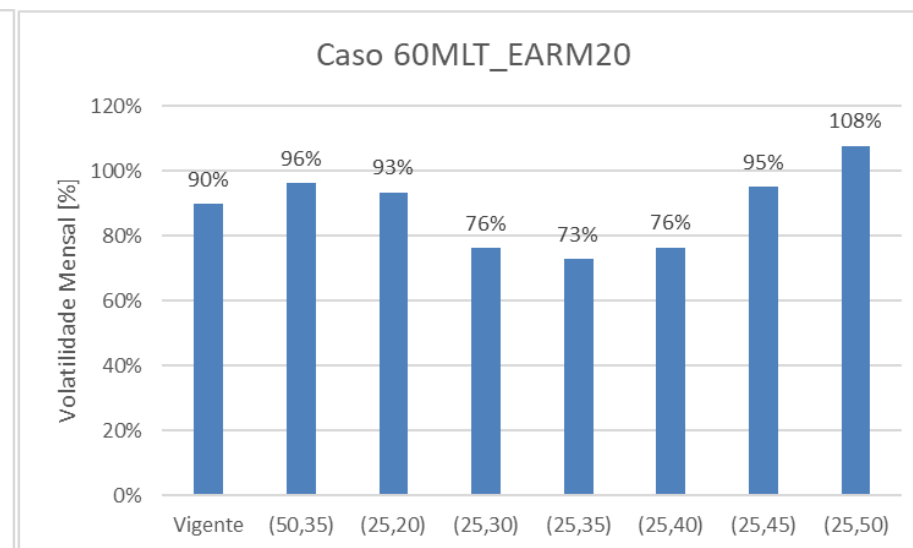
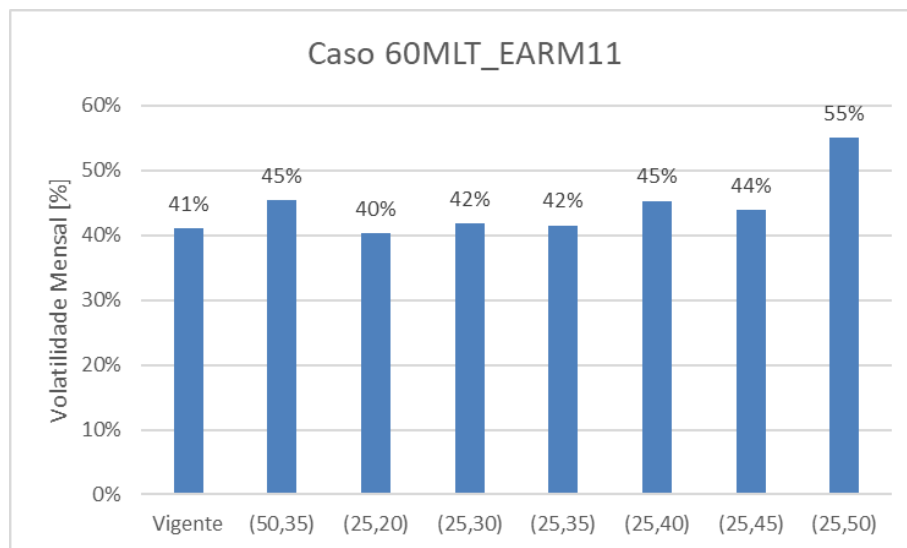
CMO/PLD NE - Prospectivos



CMO/PLD N - Prospectivos



Volatilidade Mensal



Agenda

1. Contextualização e cronograma
2. Contribuições dos agentes/universidades
3. Estudos EPE
 - Critério de Parada - EPE
 - Processo iterativo da Carga Crítica
 - Carga Crítica Convergida
 - Avaliação dos critérios de suprimento por iteração
4. Metodologia para a calibração do CVaR
5. Backtests e análises prospectivas: resultados
 - Backtests
 - Prospectivos
6. **Dúvidas, contribuições e comentários**

Dúvidas, contribuições e comentários



- Análise da meta
- Resultados dos backtests e prospectivos
- Outras contribuições técnicas

Solicitar a abertura do microfone pelo ícone



Próximos passos



- Contribuições dos agentes até dia **24/janeiro**
- Workshop **em fevereiro (data a definir)**:
 - Resultados finais dos estudos para abertura da consulta pública

Dúvidas e contribuições podem ser enviadas para gtmet.cpamp@ccee.org.br

Obrigado

Coordenação do GT Metodologia:  ccee
gtmet.cpamp@ccee.org.br

CPAMP - Comissão Permanente para Análise de Metodologias
e Programas Computacionais do Setor Elétrico

GT METODOLOGIA

Membros:

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **ANEEL**
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

 **ONS**

 **epe**

Assessoria Técnica:

 Eletrobras
Cepel