

GRUPO DE ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GPL

METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS DE ENERGIA E DE CAPACIDADE DE POTÊNCIA NO BRASIL PELA AVALIAÇÃO DO ATENDIMENTO AOS CRITÉRIOS DE GARANTIA DE SUPRIMENTO

**SIMONE QUARESMA BRANDÃO(1); LEANDRO PEREIRA DE ANDRADE(1); ADRIANO LEME IBRI
EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA(1)**

RESUMO

O artigo apresenta refinamentos na metodologia de quantificação dos requisitos de energia e de potência do Sistema Interligado Nacional (SIN). Devido às mudanças da matriz elétrica brasileira ao longo dos anos, o estudo tem por objetivo avaliar as condições de atendimento aos critérios de garantia de suprimento à medida que a configuração do sistema se altera. A metodologia proposta parte da configuração do sistema elétrico brasileiro utilizada no Plano Decenal de Expansão de Energia, correlaciona as variáveis que mais impactam nas métricas de atendimento aos critérios de suprimento e avalia a sazonalidade e granularidade dos requisitos para garantir sua aderência às necessidades do sistema.

PALAVRAS-CHAVE

Críticos de garantia de suprimento, requisito de energia, requisito de potência, adequabilidade da expansão da matriz elétrica, mercado de eletricidade

1.0 INTRODUÇÃO

As mudanças que a matriz de geração de energia elétrica brasileira vem sofrendo ao longo dos anos, principalmente devido à redução da capacidade hidrelétrica com as características desejáveis que a operação tem demandado, além do aumento da participação de fontes renováveis variáveis, tais como as fontes eólica e fotovoltaica, trouxe novos desafios para o planejamento da operação e da expansão. Apesar das vantagens econômicas e ambientais destas fontes, a variabilidade da produção requer um maior gerenciamento de controle destas variações.

Neste contexto, os critérios de garantia de suprimento do sistema elétrico brasileiro passaram a considerar novas métricas para melhor avaliar os parâmetros de interesse dessa nova realidade operativa. Essas métricas foram determinadas em 2020 no âmbito do GT Modernização do Setor Elétrico [1]. Adicionalmente, a avaliação das condições de atendimento ao sistema com os novos critérios de garantia de suprimento confirmou que o sistema elétrico brasileiro está deixando de ser puramente restrito em energia para se tornar restrito também em capacidade de potência. Portanto, neste mesmo âmbito, foi endereçada também a necessidade de definição de métodos de quantificação dos requisitos associados a cada uma das demandas de adequabilidade do sistema elétrico brasileiro caracterizadas pela eventual violação futura dos critérios de garantia de suprimento.

O PDE 2030 [2] apresentou uma proposta inicial de quantificação desses requisitos, que se mostrou aderente à expansão indicativa apresentada pela otimização econômica, realizada pelo Modelo de Decisão de Investimentos (MDI) [3], que teve seus resultados simulados no modelo NEWAVE [4], [5] para confirmação do atendimento aos critérios de suprimento.

Portanto, o presente trabalho apresenta refinamentos na metodologia publicada objetivando avaliar em maior detalhe a variabilidade sazonal e a granularidade temporal do requisito. A partir da aplicação da metodologia proposta, é possível obter a quantificação e o detalhamento dos requisitos de adequabilidade de energia e de capacidade de potência do sistema, que são análises complementares à avaliação da granularidade espacial do requisito e do acoplamento entre os horizontes de planejamento e operação. Portanto, este estudo possui o objetivo de subsidiar decisões com melhor eficiência alocativa da expansão da oferta.

2.0 METODOLOGIA

Devido à nova realidade operativa do sistema e desafios associados, em 2019 foi realizada a definição dos novos critérios de garantia de suprimento de energia e de potência a serem aplicados no planejamento da expansão e da operação do SIN, onde foram estabelecidas métricas para novos critérios e parâmetros associados [6], [7]. Desta

forma, foram definidos critérios explícitos para o suprimento de potência, além dos critérios de suprimento de energia. Esses critérios servem de balizadores para a avaliação da adequabilidade de atendimento dos requisitos do sistema.

A metodologia deste estudo parte do Caso Base do PDE 2032 [8], que apresenta a configuração do sistema existente em maio de 2022 e não possui expansão indicativa. Portanto, é uma configuração inicial para a avaliação dos requisitos do SIN. Ressalta-se que este caso base utilizado neste estudo engloba uma metodologia de aprimoramento na representação das restrições operativas hidráulicas, além de uma metodologia de carga líquida que representa melhor a geração das fontes renováveis e considera os efeitos da massiva penetração de MMGD.

As simulações são realizadas com o modelo NEWAVE, na versão 28.0.3, considerando 2.000 cenários sintéticos de vazões. Estes cenários são analisados de forma acoplada com a ferramenta de Balanço de Potência da EPE [9], que se baseia na metodologia descrita na Nota Técnica – Metodologia de Análise para o Atendimento à Demanda Máxima de Potência e Requisito de Capacidade [10]. Após essas etapas, é realizada a avaliação do atendimento aos novos critérios de suprimento, seguida da quantificação dos requisitos de energia e de potência, conforme metodologia também apresentada em [10], com o objetivo de identificar a expansão mínima necessária para o atendimento da demanda futura, de modo que atenda aos critérios de suprimento. Finalmente, o presente trabalho apresenta refinamentos na metodologia de cálculo de requisitos, objetivando avaliar em maior detalhe tanto a variabilidade sazonal quanto a granularidade temporal dos requisitos.

2.1 Os Critérios de Garantia de Suprimento

Para a avaliação do atendimento aos critérios de suprimento de energia, há dois critérios. O primeiro critério avalia a média dos 10% cenários simulados que apresentam maior custo marginal de operação (CMO) em cada mês, onde este valor não pode exceder R\$ 800/MWh. Portanto, a métrica utilizada nesta avaliação, o *Conditioned Value at Risk* (CVaR), corresponde ao valor esperado condicionado a um determinado nível de confiança, neste caso, de 10% (CVaR 10% CMO). A Figura 1 mostra que o início da violação deste critério ocorre em 2027, considerando os 2.000 cenários sintéticos de vazão simulados para cada mês no modelo NEWAVE com o caso base do PDE 2032.

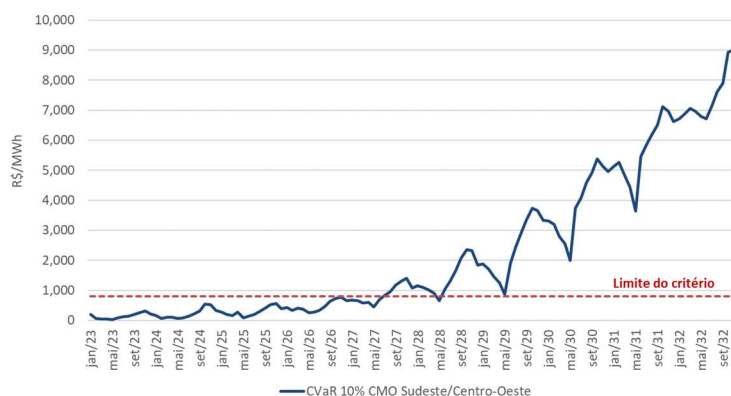


Figura 1- Critério de Suprimento de Energia: CVaR 10% CMO

O segundo critério de energia avalia a severidade dos 1% piores cenários de insuficiência de disponibilidade de oferta para o atendimento à demanda de energia (CVaR 1% da Energia não Suprida), onde este valor não pode exceder 5% da Demanda Total de Energia do SIN. Conforme Figura 2, a violação a este critério ocorre para este estudo a partir de 2032.

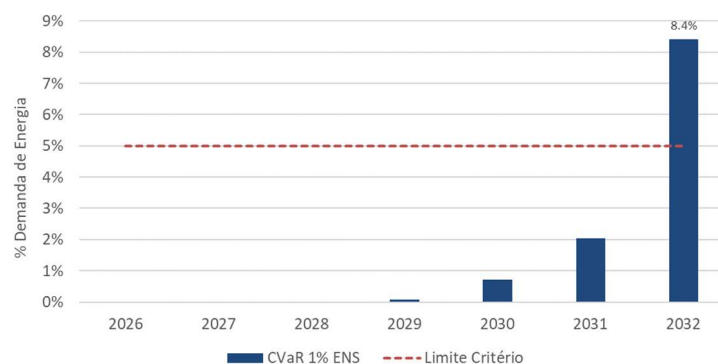


Figura 2 – Critério de Suprimento de Energia: CVaR 1% da Energia não Suprida (ENS)

Com relação à avaliação do atendimento da demanda máxima instantânea, o primeiro critério estabelece que o valor esperado dos 5% piores cenários de insuficiência de potência em cada mês não pode superar 5% da demanda máxima instantânea do SIN. A Figura 3 mostra que há leve violação deste critério no segundo semestre de 2026. No entanto, a partir de 2027, ocorrem violações mais significativas.

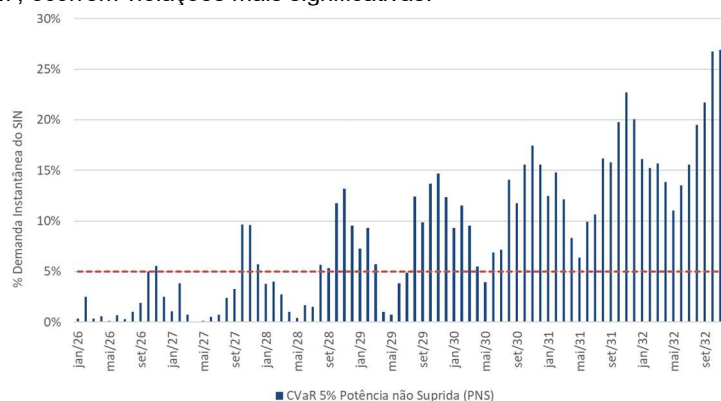


Figura 3 – Critério de Suprimento de Potência: CVaR 5% da Potência não Suprida (PNS)

Finalmente o segundo critério de suprimento de potência estabelece que a probabilidade de insuficiência de potência (LOLP, ou *Loss of Load Probability*) relativa às 10 horas de demanda máxima de cada mês não pode superar 5%. Para este critério probabilístico, conforme Figura 4, o início da violação ocorre a partir de 2027.

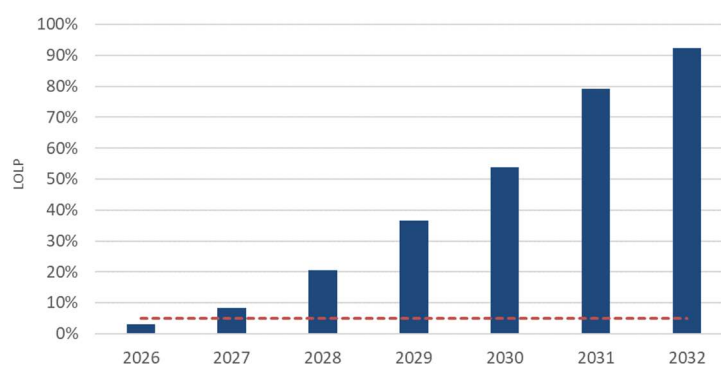


Figura 4 - Critério de Suprimento de Potência: LOLP

2.2 Quantificação dos Requisitos

A quantificação dos requisitos reflete o menor montante de oferta necessária para garantir a adequabilidade de atendimento aos critérios de suprimento, independentemente de tecnologia. Portanto, não reflete a expansão ótima econômica do sistema, que traz a definição de oferta composta por diferentes participações de tecnologias que garantem o menor custo total de investimento e operação. No entanto, a quantificação dos requisitos é uma avaliação importante porque adequabilidade da expansão ótima só é garantida se atender aos critérios de suprimento.

2.3 Metodologia de Cálculo dos Requisitos

Para quantificar quais são os montantes de requisito de energia e de potência que eliminam as violações aos critérios de garantia de suprimento, é realizada uma análise da característica de cada métrica que compõe cada critério e quais são as variáveis que geram impacto em cada uma.

Para o cálculo do requisito de energia que evite a violação ao critério CVaR 10% CMO, por exemplo, temos a métrica CVaR correspondente aos 10% piores cenários de CMO. Portanto, quantifica-se, nestes piores cenários, a expectativa de geração de térmica com CVU superior ao parâmetro limite de violação a este critério (R\$ 800/MWh) e o total de déficit. Adicionalmente, também são avaliadas as violações às restrições operativas penalizáveis nestes cenários. Portanto, o somatório destes montantes indica o requisito de energia para mitigar a violação a este critério. Com relação à métrica CVaR para avaliação dos piores cenários de energia não suprida (ENS), o método de quantificação do requisito do sistema é o montante de energia, respectivamente, que exceder o parâmetro limite estabelecido para este critério (5% da Demanda de Energia). A Figura 5 detalha este método de quantificação.

Critério de Suprimento de Energia		
Métrica	Característica Resumida	Quantificação do Requisito
CVaR 1% Energia Não Suprida (ENS) ≤ 5 [% da Demanda de Energia] (Em base anual)	A média dos 1% piores cenários de déficit de energia em cada ano não pode exceder 5% da demanda do SIN e de cada subsistema.	É o montante do CVaR 1% ENS que excede 5% da Demanda de Energia: Máximo (CVaR 1% ENS – 5 [% Dem], 0)
CVaR 10% Custo Marginal de Operação (CMO) ≤ 800 [R\$/MWh] (Em base mensal)	Busca-se avaliar as variáveis que impactam o CMO nos 10% piores cenários, como geração termelétrica (GT), déficit de energia (ENS) e violação às restrições operativas penalizáveis (VIO).	Calcula o total das variáveis que impactam o CMO nos 10% piores cenários. Após a totalização, é calculada a média destes cenários.

Figura 5 - Método de Quantificação do Requisito de Energia

De forma análoga à métrica CVaR para avaliação dos piores cenários de energia não suprida (ENS), para potência não suprida (PNS) o método de quantificação é o montante que exceder o parâmetro limite estabelecido para este critério, ou seja, 5% da Demanda de Ponta. Por outro lado, para mitigar a violação do critério de LOLP, a variável que impacta é o valor de corte de carga que representa o Quantil de 5% da distribuição de déficit de potência anual, ou seja, o VaR 5%. Portanto, esse é o montante mínimo necessário para o atendimento pelo critério de LOLP anual $\leq 5\%$. A Figura 6 detalha o método de quantificação do requisito de potência.

Critério de Suprimento de Potência		
Métrica	Característica Resumida	Quantificação do Requisito
CVaR 5% Potência não Suprida (PNS) ≤ 5 [% da Demanda de Instantânea] (Em base anual)	A média dos 5% piores cenários de insuficiência de potência em cada mês não pode exceder 5% da Demanda Máxima do SIN e de cada subsistema.	É o montante do CVaR 5% PNS que excede 5% da Demanda Máxima Instantânea do SIN: Máximo (CVaR 5% PNS – 5 [% Dem], 0)
LOLP $\leq 5\%$ (Em base anual) (Os cenários em base anual avaliados correspondem às 10h de demanda máxima de todos os meses do ano)	O percentual de cenários em cada ano que apresentam insuficiência de potência não pode exceder 5%.	É a profundidade do déficit no quantil correspondente ao 5% pior cenário de déficit de ponta: VaR 5% PNS

Figura 6 - Método de Quantificação do Requisito de Potência

3.0 RESULTADOS

A quantificação dos requisitos de energia e de potência é realizada para o mesmo caso apresentado anteriormente, onde foram avaliadas as violações a estes critérios. Pela avaliação da violação ao critério CVaR 10% CMO, conforme Figura 7, observa-se que há uma sazonalidade marcante deste requisito.

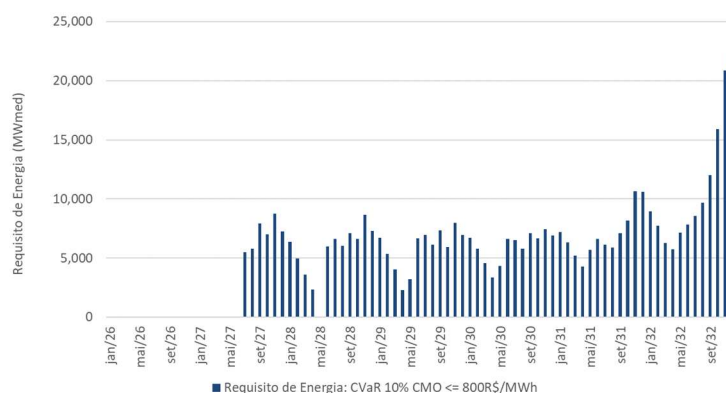


Figura 7 – Requisito de Energia para Métrica CVaR10% do CMO

A Figura 9 apresenta o requisito pelo CVaR 1% ENS. Observa-se que o requisito pelo CVaR 10% CMO apresenta, em média, valores dominantes em relação a este.

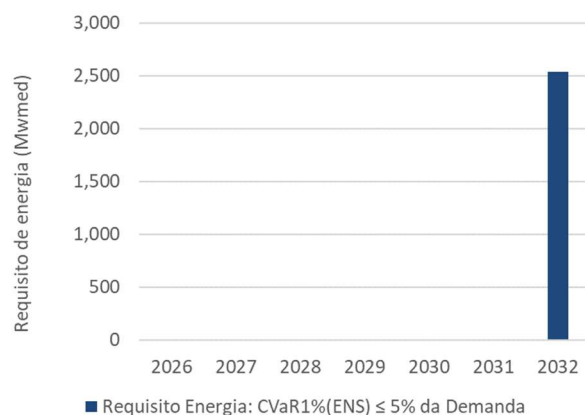


Figura 8 – Requisito de Energia para Métrica CVaR1% da Energia não Suprida

O requisito de potência pelo CVaR 5% PNS também apresenta uma sazonalidade bem acentuada, com valores mais elevados no início do primeiro semestre e final do segundo. Conforme Figura 9, a necessidade de potência calculada pelo CVaR 5% PNS é superior à quantificada pela LOLP.

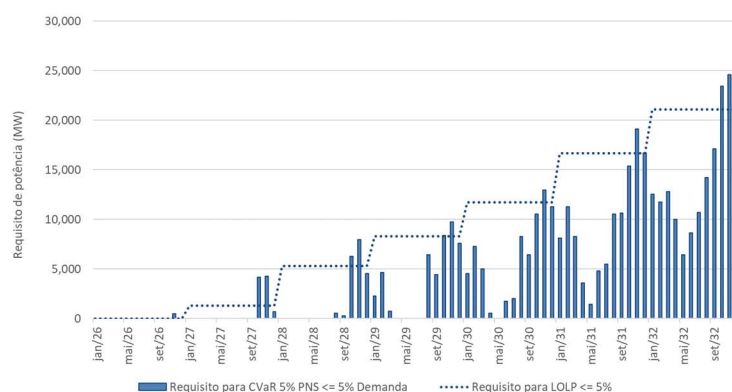


Figura 9 – Requisito de Potência para CVaR 5% PNS e LOLP

3.1 Sazonalidade dos Requisitos

A avaliação da sazonalidade dos requisitos é um passo importante para o entendimento do perfil das necessidades do sistema, como objetivo de avaliar a melhor alocação temporal dos recursos para o atendimento aos critérios de suprimento. Portanto, será avaliada a seguir a sazonalidade dos requisitos de energia e de capacidade.

Conforme observado na avaliação anterior dos resultados, o requisito de energia obtido pelo CVaR 10% CMO, calculado em base mensal, apresenta uma sazonalidade bem marcante e valores dominantes em relação ao requisito do CvaR 1% ENS. Apesar do fato do requisito pelo CVaR 1% ENS ser definido em base anual e, portanto, não permitir uma avaliação da sazonalidade diretamente por este critério, temos que os momentos de maior ocorrência de energia não suprida tendem a resultar em valores mais elevados de CMO, que é a métrica avaliada que possui sazonalidade. Portanto, a métrica de análise de requisito pelo CVaR 10% CMO se mostra, para a configuração atual, como adequada para a avaliação da sazonalidade do requisito de energia.

No entanto, quanto ao requisito de potência, que possui métricas que avaliam a severidade (CVaR) e a probabilidade destes déficits (LOLP), é necessário realizar avaliação mais detalhada da sazonalidade que englobe os dois critérios, pois os meses com maior probabilidade de déficit não ocorrem, necessariamente, nos mesmos meses com maior profundidade. Para isso, será realizada a avaliação da probabilidade mensal de ocorrência de déficit de potência, conforme barras laranjas na Figura 10, que apresentam o valor do corte de carga para o Quantil de 5% (VaR 5%) da distribuição de probabilidade de déficit para cada mês do caso base do PDE 2032. Esses valores são apresentados em conjunto com os requisitos de potência já calculados e apresentados anteriormente na Figura 9, para efeito comparativo. Observa-se que o VaR 5% de alguns meses (principalmente outubro e novembro) excede o valor anual.

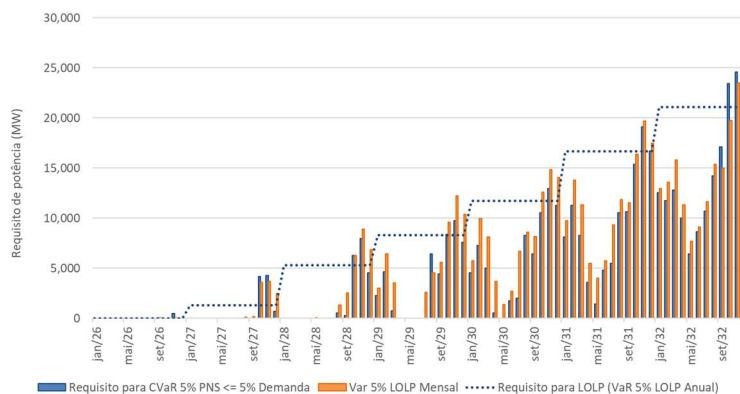


Figura 10 – Requisito da LOLP pelo VaR 5% Mensal e comparativo com o Requisito de Potência

Portanto, uma forma simplificada que pode ser aplicada para a definição do requisito sazonal, englobando as duas métricas, é o valor máximo entre a sazonalização do Requisito LOLP, ou seja, avaliado em base mensal e o Requisito CVaR 5% PNS mensal. A Figura 11 apresenta o fluxo do cálculo do requisito de capacidade, considerando essas etapas.



Figura 11 – Cálculo do Requisito de Potência considerando as métricas CVaR e LOLP

A Figura 12 apresenta a sazonalidade do requisito conjunto de capacidade calculado pelo método apresentado. Ressalta-se, contudo, que o método apresentado é apenas um exemplo de possível cálculo para definição do requisito sazonal conjunto de potência.

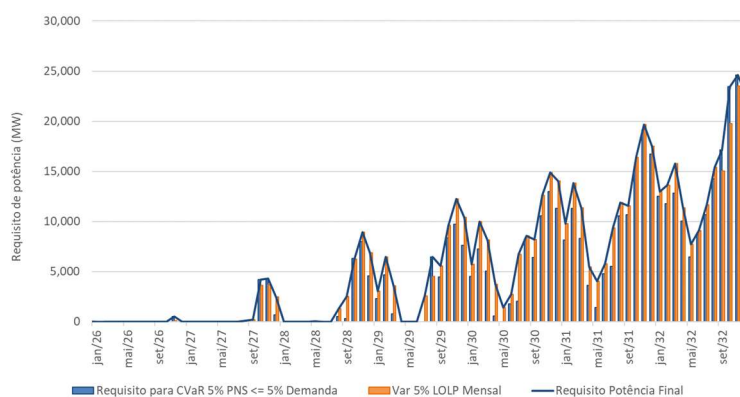


Figura 12 – Requisito Final de Potência

3.2 Granularidade dos Requisitos

Após a avaliação da sazonalidade dos requisitos de energia e de potência, é realizada a análise da granularidade dos requisitos, que também podem variar à medida muda a composição da matriz. Essa análise tem como objetivo obter a definição de um perfil que apresente maior aderência às necessidades do sistema, norteando a futura entrega desses produtos. Para esta análise, foram definidas três granularidades com agrupamento de meses fixos: trimestral, quadrimestral, semestral, além de uma granularidade agrupada com diferente quantidade de meses: um composto por sete meses e outro por cinco.

Foi considerado que o requisito de energia é obtido pela média dos valores mensais calculados para cada agrupamento, devido ao caráter acumulativo dessa grandeza. A Figura 13 mostra que as curvas dos requisitos trimestral e quadrimestral seguem mais o perfil mensal que a semestral pelo ano civil (curva pontilhada preta), já que essa antecipa requisito de energia em meses de menor necessidade.

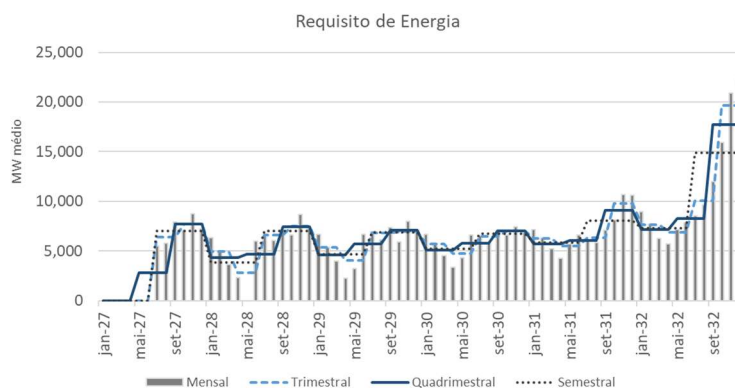


Figura 13 – Requisito de Energia Trimestral, Quadrimestral e Semestral (ano civil)

Ao deslocar a granularidade semestral considerando semestres iniciados em agosto ou setembro, observa-se melhor aderência que o requisito semestral pelo ano civil, conforme Figura 14. No entanto, o agrupamento analisado considerando 7-5 meses (curva pontilhada preta) apresentou aderência menor ao requisito mensal, pois estende o requisito em meses de menor necessidade.

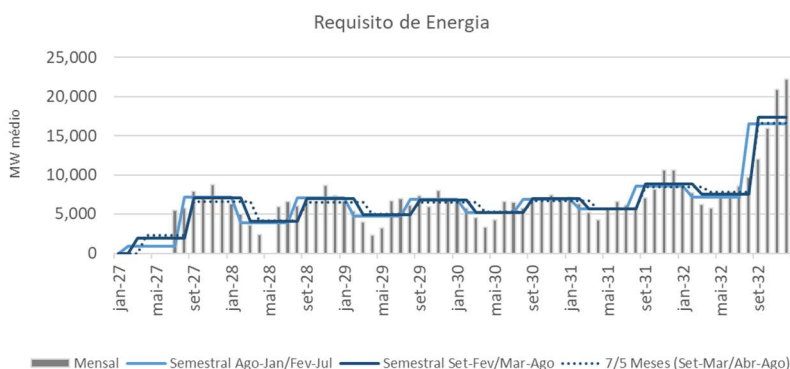


Figura 14 – Requisito de Energia Semestral Deslocado e Agrupamento de 7/5 meses

Para confirmar a conclusão referente à inspeção visual acerca da maior aderência ao requisito mensal, a Figura 15 apresenta a correlação entre o requisito mensal e o calculado para as diferentes granularidades apresentadas, e o respectivo coeficiente de correlação de Pearson “r”. Este coeficiente mede a direção e a força da relação linear entre duas variáveis, apresentados nesta análise pela correlação entre a granularidade sendo avaliada e o requisito mensal. O coeficiente de correlação de Pearson é um valor adimensional que se situa no intervalo entre -1 e 1. Como o valor igual a 1 indica uma correlação perfeita positiva, para o objetivo desta análise, quanto maior for este coeficiente, melhor. Para fins de referência, valores acima de 0,7 possuem a interpretação de uma correlação positiva alta e os acima de 0,9 são considerados como correlação positiva muito alta [11].

Conforme resultados apresentados, todas as granularidades apresentam índices de correlação elevados pelo fato de serem valores médios do requisito mensal. No entanto, os casos trimestral e quadrimestral são os que apresentam correlação mais elevada para o requisito de energia.

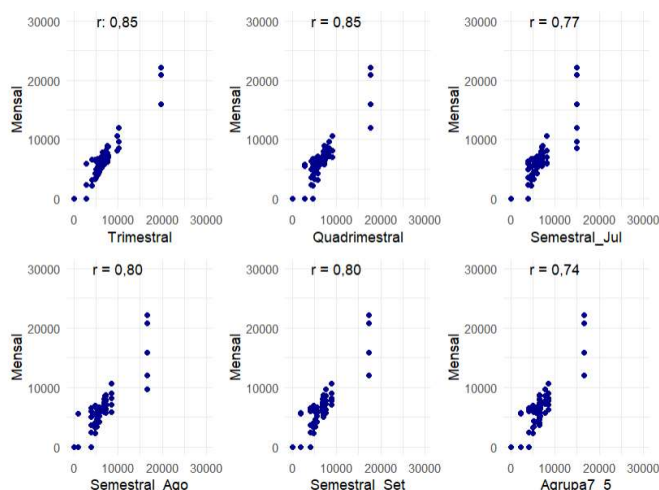


Figura 15 - Dispersão entre as granularidades do requisito de energia e o requisito mensal

No caso da avaliação do requisito de capacidade, o montante para cada agrupamento será o correspondente ao mês de maior requisito dentro de cada intervalo para cada granularidade definida. Observa-se, conforme Figura 16, que o agrupamento trimestral (curva tracejada) é bastante aderente à granularidade mensal, acompanhando a redução de requisito nos meses de menor violação a este critério. Já o semestral pelo ano civil (curva pontilhada) é o que possui pior aderência neste gráfico analisado.

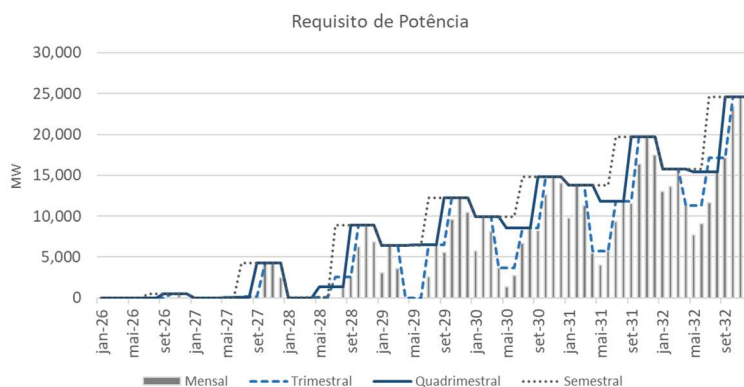


Figura 16 - Requisito de Potência Trimestral, Quadrimestral e Semestral (ano civil)

Com relação à avaliação para os outros tipos de granularidade (semestral deslocado e divisão 7/5 meses), não é possível observar redução de requisito nos meses de menor violação do critério de potência, conforme Figura 17.

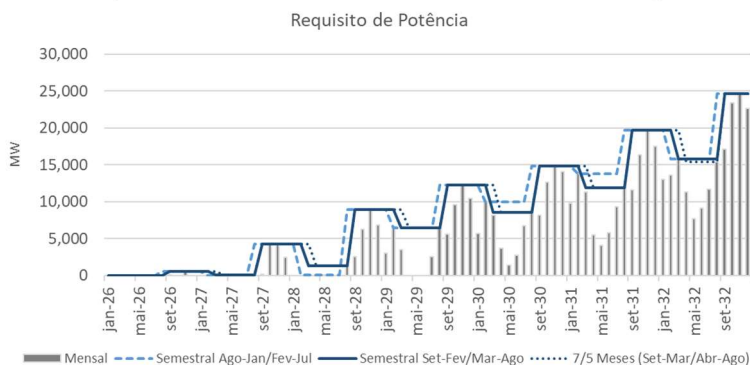


Figura 17 – Requisito de Potência Semestral Deslocado e em Agrupamento de 7/5 meses

Na sequência, também é realizada a análise para o requisito de potência da dispersão entre as granularidades analisadas e o requisito mensal, corroborando com a análise realizada pela inspeção visual. Observa-se que o agrupamento trimestral é o que apresenta o maior coeficiente de correlação. O agrupamento quadrimestral, que

apresentou o melhor resultado para energia, junto com o agrupamento trimestral, ficou em segunda posição, assim como o semestral a partir de agosto, ambos com coeficiente 0,93.

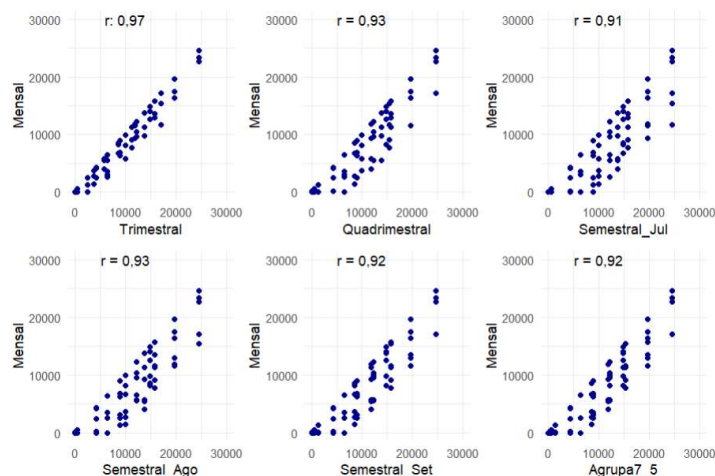


Figura 18 - Dispersão entre as granularidades do requisito de potência e o requisito mensal

Por fim, a avaliação das granularidades de energia e capacidade de potência mostrou que além da granularidade mensal, as granularidades trimestral e quadrimestral apresentam características favoráveis para uma representação de sazonalidade que se aplique a ambos os requisitos, pela análise do caso base do PDE 2032.

Portanto, este estudo contribui para ajudar a entender melhor o perfil da necessidade da oferta de energia e capacidade, objetivando aumentar a eficiência alocativa da expansão e reduzir custos desnecessários. Adicionalmente, ressalta-se que as metodologias de cálculo dos requisitos apresentadas neste estudo também são capazes de identificar situações nas quais apenas soluções locais (e/ou soluções de geração associadas a ampliação das interligações) trariam o SIN para condições de operação que atendam aos critérios de suprimento.

4.0 CONCLUSÃO

No decorrer deste artigo, foi apresentada metodologia de quantificação dos requisitos de energia e de potência e a avaliação de suas respectivas sazonalidades e granularidades, com o objetivo de avaliar o perfil das necessidades da oferta de geração do SIN, refletidas nos critérios de garantia de suprimento.

Este trabalho parte da avaliação do atendimento aos critérios de suprimento, identifica a relação entre as métricas e o método de quantificação dos requisitos para, a seguir, avaliar a respectiva sazonalidade e granularidade temporal. Pelas análises realizadas, foi verificada sazonalidade marcante dos requisitos e as granularidades trimestral e quadrimestral apresentaram melhor aderência em relação aos demais agrupamentos analisados sendo, portanto, favoráveis à representação tanto do requisito de energia quanto de potência.

Portanto, como a discretização temporal mostrou capturar as variações da carga e da disponibilidade dos recursos, este estudo pode contribuir para aumentar a eficiência alocativa da expansão. No entanto, ressalta-se que é necessário que seja realizada uma constante reavaliação dos aspectos temporais à medida que ocorrem mudanças na expansão da matriz elétrica e nos hábitos de consumo.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministério de Minas e Energia (MME), "GT Modernização do Setor Elétrico. Relatório Final do Grupo Temático. Critério de Suprimento.," 2020. [Online]. Available: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-executiva/modernizacao-do-setor-eletrico/gt-modernizacao/relatorio-final>.
- [2] Ministério de Minas e Energia (MME), Empresa de Pesquisa Energética (EPE),, "https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos," 2021. [Online]. Available: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2030>.
- [3] Empresa de Pesquisa Energética (EPE), "Modelo de Decisão de Investimentos para a Expansão do SIN," [Online]. Available: www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-531/NT-EPE-DEE-NT-073_2020-MDI.PDF.
- [4] Maceira, M.E.P., Penna, D.D.J., Diniz A. L., Pinto R. J., Melo A. C. G., Vasconcellos C. V., and Cruz C. B., "Twenty years of application of stochastic dual dynamic programming in official and agent studies in Brazil-main features and improvements on the NEWAVE model," *Proc. Power Syst. Comput. Conf.*, 2018.
- [5] Pereira, M.V.F., Pinto, L.M.V.G., "Multi-stage stochastic optimization applied to energy planning.," 1991.
- [6] Ministério de Minas e Energia (MME), "Resoluções 2019. Resolução nº 29, 12/12/2019," 2019. [Online]. Available: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2019>.
- [7] Ministério de Minas e Energia (MME), "Portaria n 59-2020," 2020. [Online]. Available: <https://www.gov.br/mme/pt-br/acao-a-informacao/legislacao/portarias/2020/portaria-n-59-2020.pdf/view>.
- [8] Empresa de Pesquisa Energética (EPE), "Plano Decenal de Expansão de Energia 2032," 2022. [Online]. Available: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2032>.
- [9] Empresa de Pesquisa Energética (EPE), "Ferramenta de Balanço de Potência," [Online]. Available: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/ferramenta-de-balanco-de-potencia>.
- [10] Empresa de Pesquisa Energética (EPE), "CONSULTA PÚBLICA Nº 108 DE 28/05/2021. Nota Técnica nº EPE-DEE-NT-037/2021-r0 - Metodologia de Análise para o Atendimento à Demanda Máxima de Potência e Requisito de Capacidade.," 2021. [Online]. Available: http://antigo.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f86f01bd-dbb6-68c5-c4b6-77010b59f38a&groupId=36189.
- [11] Moore, David S. and McCabe, George P., Introduction to the Practice of Statistics, W.H. Freeman and Company.

DADOS BIOGRÁFICOS



(1) **SIMONE QUARESMA BRANDÃO**
 Graduada em Matemática pela UCB (2002), mestranda em Engenharia de Produção com foco em Economia de Energia pela POLI-USP. Atua desde 2009 como Analista de Pesquisa Energética na Superintendência de Planejamento da Geração da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) nos estudos relacionados à expansão da oferta de energia elétrica.

(2) **LEANDRO PEREIRA DE ANDRADE**
 Engenheiro eletricitista (2012) pela UnB e mestrando em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ. Desde 2015 atua como analista de pesquisa energética na superintendência de planejamento da geração da EPE. Possui experiência na área de sistemas elétricos de potência, com atuação na área de leilões de energia, regulação, avaliação de adequabilidade de suprimento e planejamento da expansão.

(3) **ADRIANO LEME IBRI**
 Graduado em Engenharia Ambiental na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, possui 10 anos de experiência no setor elétrico, tendo participado de diversos projetos de Energias Renováveis, com foco em energia solar, energia eólica e Hidrogênio Verde. Atuante desde a elaboração de projetos básicos e estruturação técnico-financeira de empreendimentos até a implantação de obras e operação de plantas. Possui habilidade com questões regulatórias do setor elétrico, análise de recursos naturais e licenciamento ambiental de implantação.