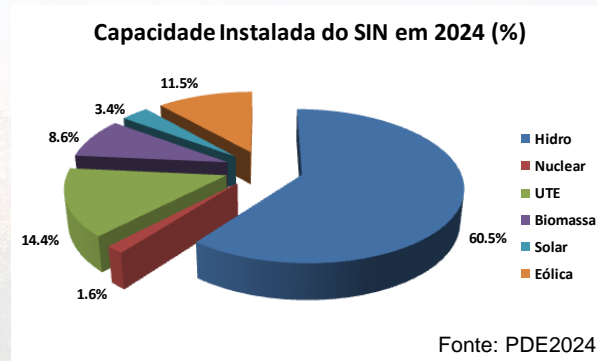
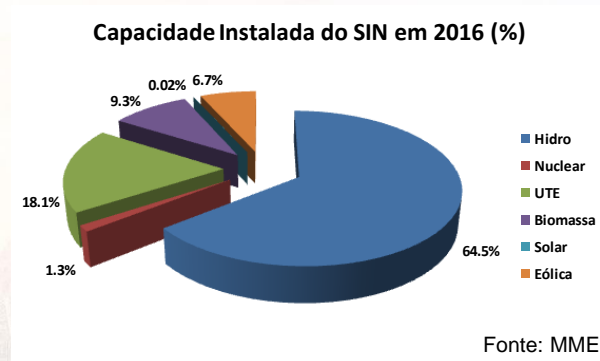


GPL 9 - ANÁLISE DE ATENDIMENTO À PONTA DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO CONSIDERANDO CONCEITOS DE CONFIABILIDADE MULTI- ÁREA

GPL / Thatiana C. Justino, Luiz G. B.
Marzano, Albert C. G. Melo, Maria E.
P. Maceira, Fábio R. S. Batista

INTRODUÇÃO

- Principais características do sistema de geração brasileiro
 - dimensões continentais
 - taxa de consumo elevada
 - predominância de hidroeletricidade



INTRODUÇÃO

- **Planejamento da expansão da geração**
 - Expansão para o atendimento à demanda de energia
 - Expansão para o atendimento à ponta (demanda máxima)
- **O Governo Brasileiro tem publicado anualmente o Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE**
 - cronograma indicativo da expansão da geração e das principais interligações entre os subsistemas
 - análise de atendimento à demanda máxima
- **Análise de atendimento à demanda máxima**
 - Balanço de potência ou Resolução de PL com minimização do custo de operação na ponta

OBJETIVOS

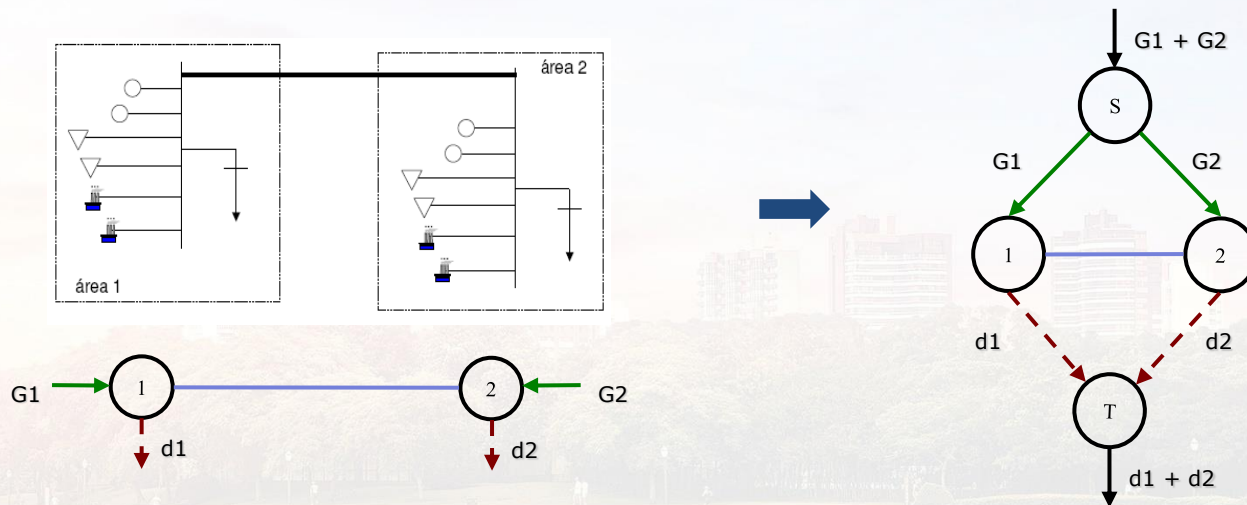
- Avaliar a utilização de um modelo de análise de confiabilidade de sistemas interligados (ou multi-área) para auxiliar a avaliação da capacidade de atendimento à ponta do SIN
- Propor uma metodologia, baseada em conceitos de confiabilidade multi-área, para estimar a maior demanda de potência que um sistema hidrotérmico de geração pode atender considerando um critério de confiabilidade multi-área (*carga crítica de potência*)
- Para os dois propósitos, incorporou-se a utilização do **modelo CONFINT**

O MODELO CONFINIT

- **Realiza a avaliação da confiabilidade de sistemas de potência interligados (ou multi-área) com predominância hidroelétrica, considerando**
 - perda de potência por deplecionamento dos reservatórios
 - saídas forçadas (falhas) aleatórias de unidades geradoras
 - manutenção programada
 - curva de carga do sistema
 - falhas e limites das capacidades das interligações entre subsistemas

O MODELO CONFINT

- O sistema é representado por um modelo de fluxo linear em redes (grafo de arcos capacitados)



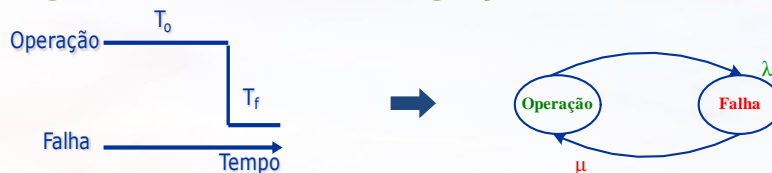
G_i : capacidade de geração da área i , $i=1,2$

d_i : demanda (carga) da área i , $i=1,2$

— Arco de geração
- - - Arco de demanda
— Arco de interligação

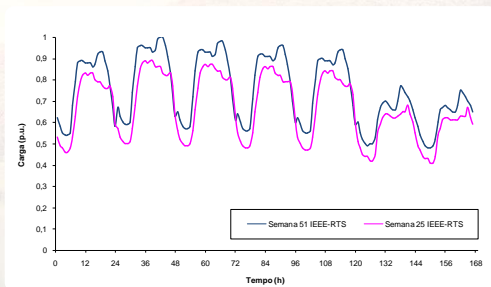
O MODELO CONFINIT

- Os componentes são representados por modelos de Markov
 - unidades geradoras e interligações entre subsistemas

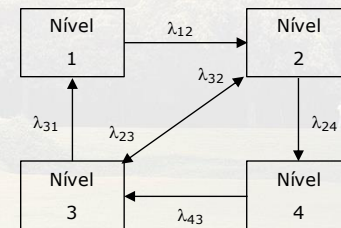
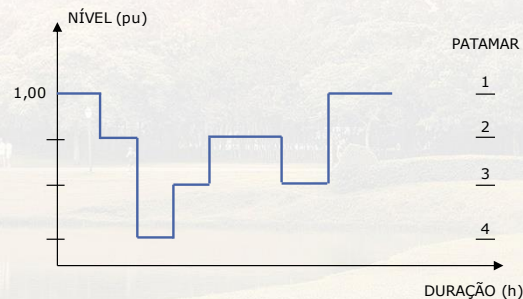


carga

curva de carga cronológica



modelo de Markov a múltiplos níveis



- Os índice de confiabilidade são calculados para *o sistema barra única, para o sistema interligado, para cada subsistema e para cada nível de carga*

- Utilizou-se a execução coordenada dos modelos NEWAVE, SUIISHI e CONFINTE



- quantifica o risco do não atendimento da demanda prevista
- fornece importantes subsídios para a definição de margens de reserva de potência e identificação dos subsistemas e interligações com necessidades de reforços

```
graph TD; A[Configuração hidrotérmica] --> B[NEWAVE]; B -- "Política de operação" --> C[SUSHI]; C -- "Potências disponíveis das usinas" --> D[Análise de Confiabilidade]; subgraph CONFINT; D --> E{LOLP = LOLP_ref?}; E -- "SIM" --> F[Próximo mês]; E -- "NÃO" --> G[Altera carga de potência]; G --> D;
```

The flowchart illustrates the NEWAVE-SUSHI algorithm. It begins with a 'Configuração hidrotérmica' (hydro-thermal configuration) input to the 'NEWAVE' block. The output of 'NEWAVE' is a 'Política de operação' (operating policy), which is then processed by the 'SUSHI' block. The 'SUSHI' block outputs 'Potências disponíveis das usinas' (available powers of the plants). This leads to the 'Análise de Confiabilidade' (Reliability Analysis) block, which is part of the 'CONFINT' (Confint) module. The 'Análise de Confiabilidade' block outputs to a decision diamond: 'LOLP = LOLP_{ref}?'. If the answer is 'SIM' (Yes), the process moves to 'Próximo mês' (Next month). If the answer is 'NÃO' (No), the process moves to 'Altera carga de potência' (Change power load), which then loops back to the 'Análise de Confiabilidade' block.

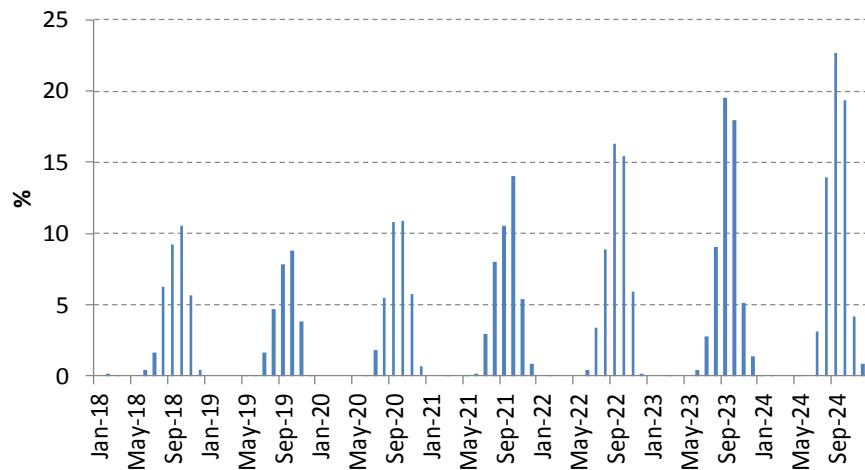
RESULTADOS NUMÉRICOS

■ Caso de estudo

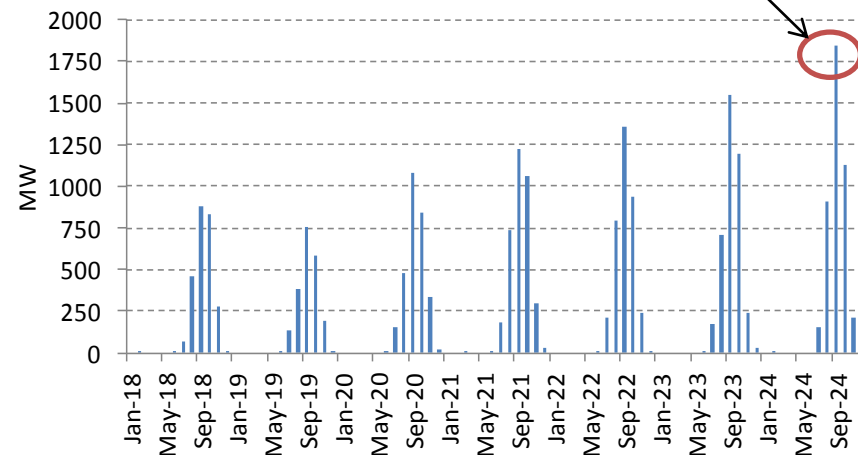
- configuração do sistema : baseado na configuração adotada no PDE 2024
- curva de carga : três patamares correspondentes às três horas de pico de carga do sistema, cujos níveis equivalem a 100%, 94% e 91%
- as demandas máximas dos subsistemas foram ajustadas com base em informações descritas no PDE2024

■ Análise de atendimento à demanda máxima

Índice LOLP do SIN



Índice EPNS do SIN

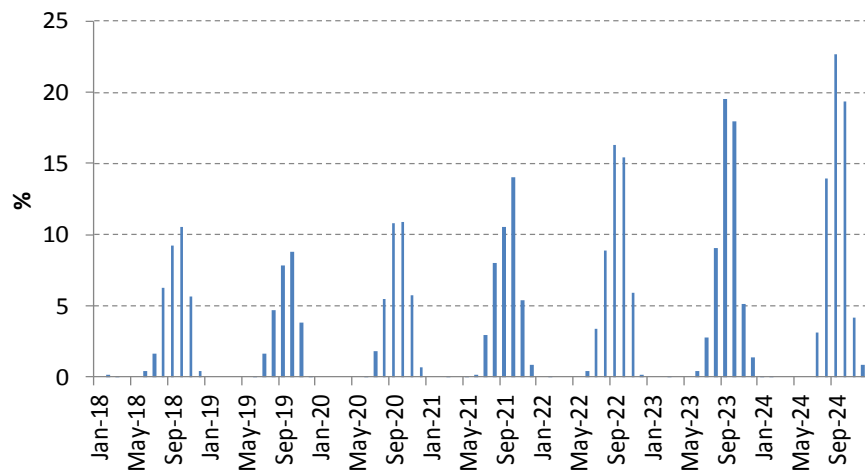


- ✓ valores baixos no período úmido (dezembro-maio)
- ✓ valores altos no período seco (junho-novembro)
- ✓ tendência de aumento ao longo do período de planejamento

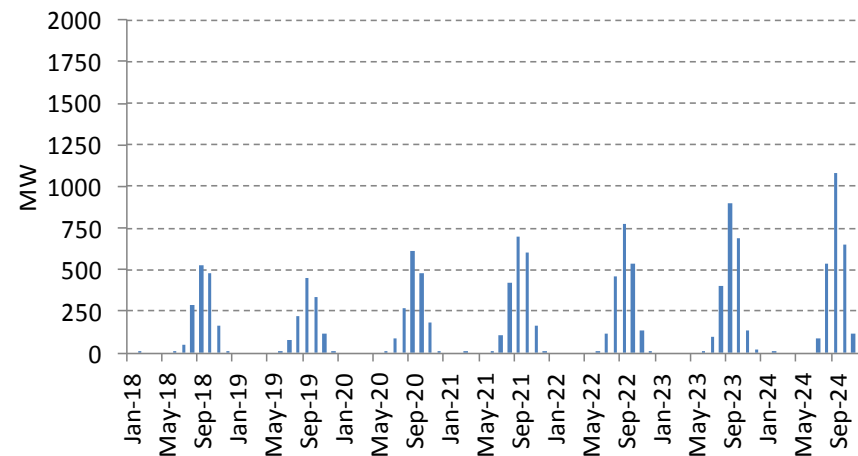
RESULTADOS NUMÉRICOS

■ Análise de atendimento à demanda máxima

Índice LOLP do Sudeste



Índice EPNS do Sudeste



- ✓ valores baixos no período úmido (dezembro-maio)
- ✓ valores altos no período seco (junho-novembro)
- ✓ tendência de aumento ao longo do período de planejamento

- Há uma tendência de aumento dos valores máximos destes índices no final do horizonte de estudo, provavelmente associado a entrada em operação das usinas hidrelétricas a fio d'água da amazônia
- Como este procedimento realiza várias análises de confiabilidade, um dos

CONCLUSÕES

- Estes resultados podem ser utilizados para auxiliar a indicação de reforços no sistema, nas situações em que a carga crítica de potência é inferior à demanda de potência planejada
- A metodologia proposta para estimar a maior demanda de potência que um sistema hidrotérmico de geração pode atender considerando um critério de confiabilidade multi-área (*carga crítica de potência*) mostrou-se eficaz
- Os resultados obtidos encorajam a continuidade dos estudos para outras configurações do SIN com o objetivo de estabelecer um critério a ser utilizado na metodologia proposta
- Outro aspecto é estender a metodologia proposta para considerar usinas não despacháveis centralizadamente, tais como usinas eólica e solar

Thatiana C. Justino

 (21) 2598-6471

 confint@cepel.br

 www.cepel.br