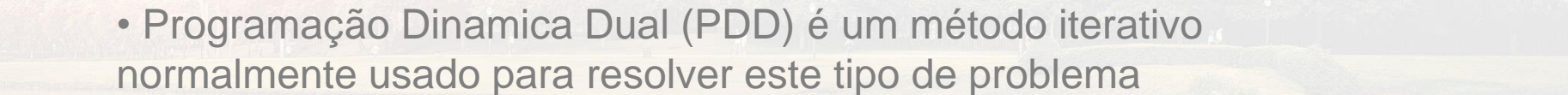




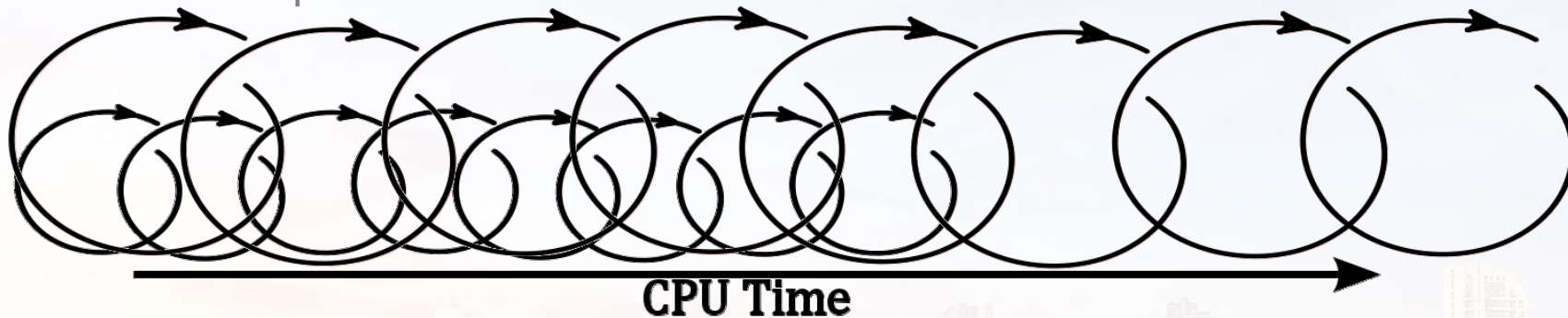
# **PROGRAMAÇÃO DINÂMICA DUAL: ESTRATÉGIAS EFICIENTES APLICADAS A PROBLEMAS ESTOCÁSTICOS DE COORDENAÇÃO HIDROTÉRMICA**

**GOP/Lílian Chaves  
André Diniz**

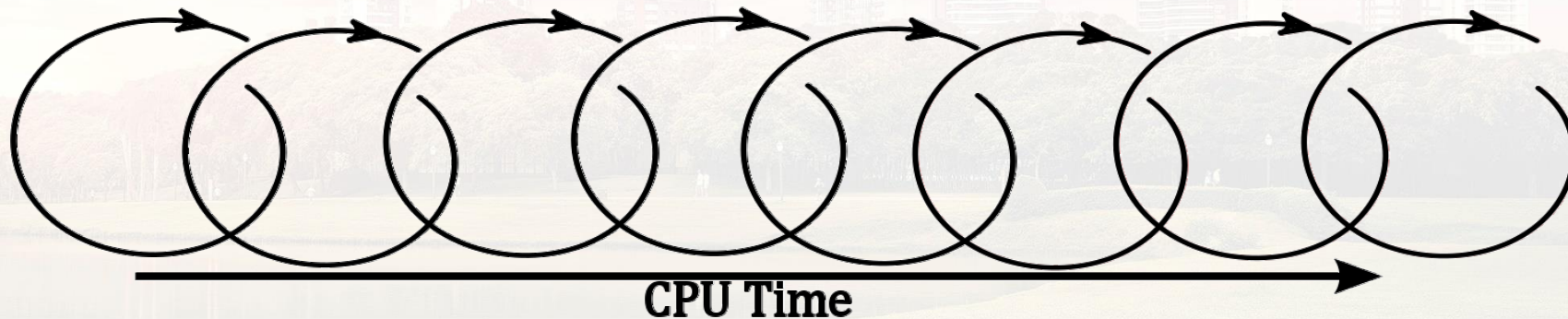
- Programação Dinâmica Dual (PDD) é um método iterativo normalmente usado para resolver este tipo de problema



- Iterar mais rápido:



- Iterar menos:





## ESTRATÉGIA 1: TESTE DE CONVERGÊNCIA LOCAL (TCL)

- Depois do um passo *forward* um teste de convergência é feito na sub-árvore associada a cada nó
  - Operação *backward* é evitada para sub-árvores que convergiram
  - Informação obtida na *forward* é usada para construir um corte de Benders para o estágio antecessor
- É esperado que haja várias sub-árvores convergentes a medida que o processo iterativo se desenvolve

Diagram illustrating the Backward Pass in a hierarchical tree structure. The tree is divided into two main sections: a left section with red nodes and a right section with blue nodes. Red arrows indicate the forward pass (downward), and blue arrows indicate the backward pass (upward). A large blue arrow on the right points upwards, labeled "Backward". The left section is enclosed in a black oval, and a text label "vergência local" with the formula  $al - z_i^{local} < tol$  is positioned above it.

## ESTRATÉGIA 2: TESTE DE ESTABILIDADE DAS VARIÁVEIS DE ESTADO (TEV)

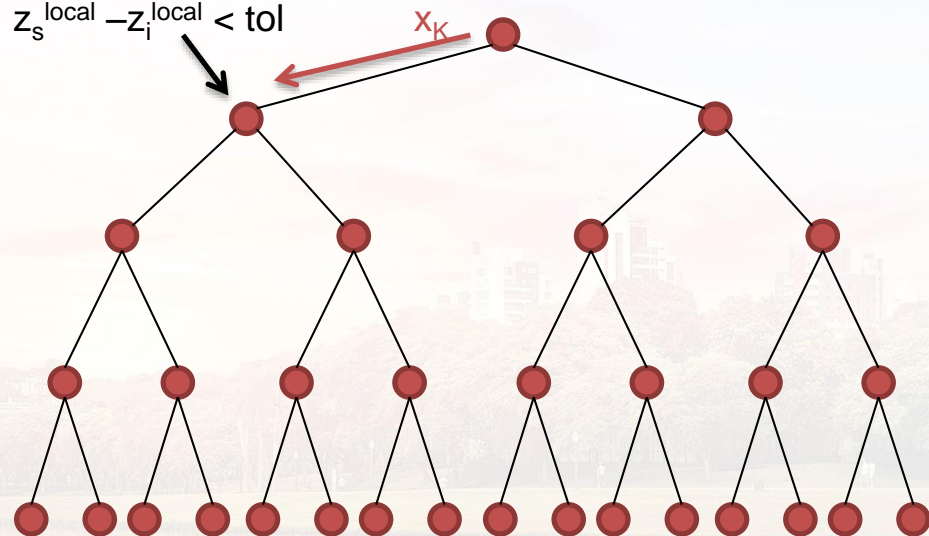
- Requer o teste de convergência local
- Operação forward é evitada para sub-árvores que já convergiram anteriormente, para um vetor de variáveis de estado “suficientemente próximo” do vetor na iteração corrente
- Informação obtida na *forward* é usada para construir um corte de Benders para o estágio antecessor

## Iteração K

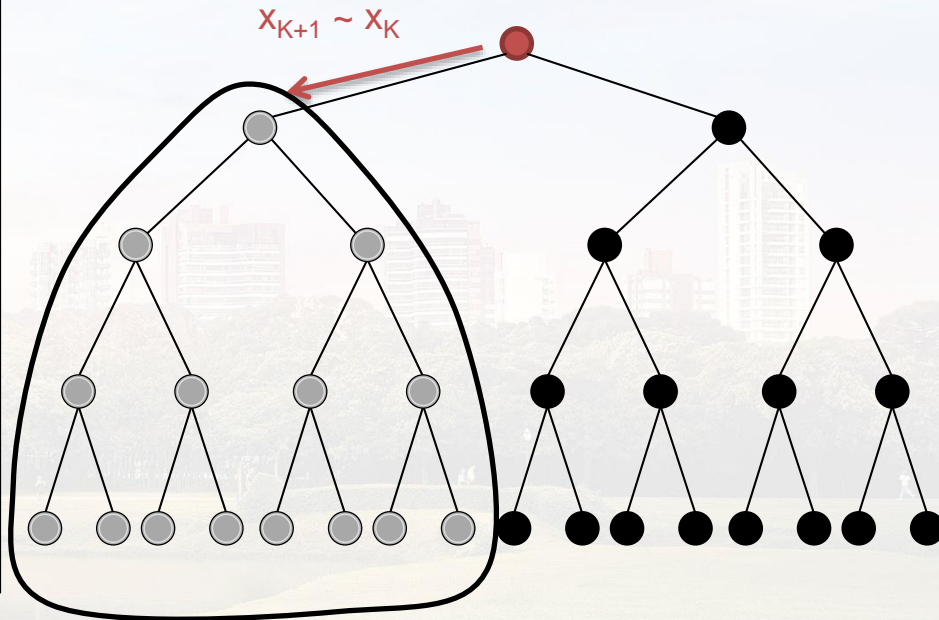
Iteração K+1

## Convergência local

$$z_s^{\text{local}} - z_i^{\text{local}} < \text{tol}$$



$$X_{K+1} \sim X_K$$



## ESTRATÉGIA 3: COMPARTILHAMENTO LOCAL DE ESTADOS (CLC)

- Aplicável para o caso particular de quando a variável estocástica aparece somada à variável de estado nas restrições:

$$\text{cenario } r: (...) = Vi_i^t + A_i^{t,r} \quad i = 1, \dots, NH$$

$$\text{cenario } s: (...) = Vi_i^t + A_i^{t,s} \quad i = 1, \dots, NH$$



$$\text{cenario } s: (...) = \underbrace{(Vi_i^t + A_i^{t,s} - A_i^{t,r})}_{\widetilde{Vi}_i^t} + A_i^{t,r} \quad i = 1, \dots, NH$$

$$\widetilde{Vi}_i^t = Vi_i^t + A_i^{t,s} - A_i^{t,r}$$



# PROBLEMA DE COORDENAÇÃO HIDROTÉRMICA

- **Problema de coordenação hidrotérmica de médio prazo:**
  - Função objetivo e restrições lineares
  - Usinas hidráulicas e térmicas individualizadas
  - Acoplamento com modelo de longo prazo no final do horizonte
  - Demanda representada em patamares de carga
  - Incertezas nas afluências por período em quantidade finita de realizações
- **Problema considerado:**
  - 84 usinas hidroelétricas e 46 térmicas;
  - Horizonte de 7 meses, 7 períodos com duas aberturas por período
  - 64 cenários, 127 nós

- Problema de otimização de 1 nó (principais restrições)

$$GH_i^{t,c,p} \leq \gamma_{0\,i,t,c}^{(k)} + \gamma_{V\,i,t,c}^{(k)} (V_i^{t,c} + V f_i^{t,c})/2 + \gamma_{Q\,i,t,c}^{(k)} Q_i^{t,c,p} + \gamma_{S\,i,t,c}^{(k)} S_i^{t,c,p},$$

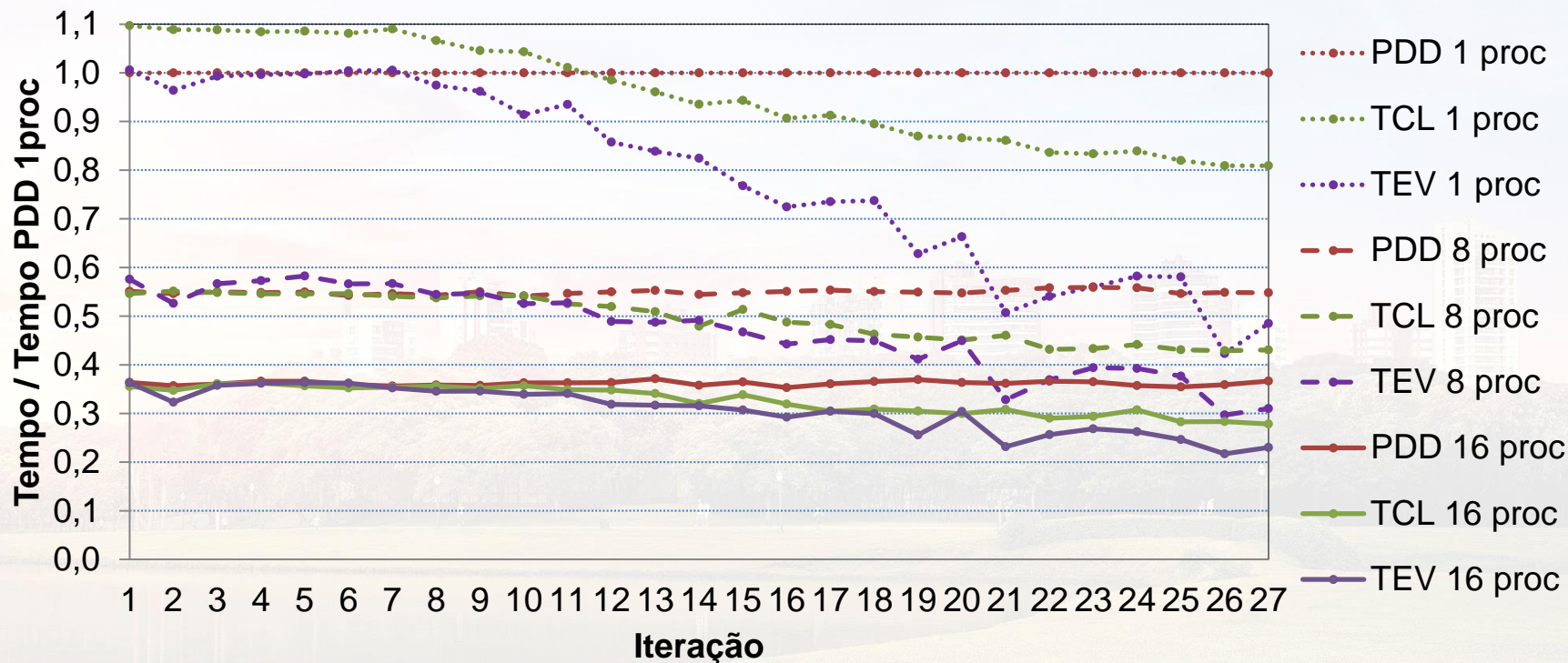
$$k = 1, \dots, NCUT_{EPHA}^i; i = 1, \dots, NH; p = 1, \dots, NPAT$$

➤ Função de produção hidroelétrica aproximada (FPHA)



# RESULTADOS: REDUÇÃO DE TEMPO

## Tempo gasto nas iterações (1,8 e 16 processadores)







## CONCLUSÕES

- Principais resultados
  - Estratégia 1:
    - Possibilidade de reduzir tempo de CPU não resolvendo nós no passo *backward*
  - Estratégia 2:
    - Possibilidade de reduzir o tempo de CPU, não resolvendo nós no passo *forward*
  - Compartilhamento de cortes
    - Capaz de melhorar a taxa de convergência
    - Encontrar um compromisso entre compartilhar e evitar atrasos excessivos

## LÍLIAN CHAVES BRANDÃO DOS SANTOS

---



(21) 2598-6059



[liliancbs@cepel.br](mailto:liliancbs@cepel.br)



[www.cepel.br](http://www.cepel.br)