

Avaliação de Modelos e Metodologia de Processamento de Dados e de Computação de Alto Desempenho para Análise de Perdas via BDGD e OpenDSS – ID 3536

Autor: *André Luís Lemes*

Coautores: *André Fava Gastaldi (CPFL), Fernanda C. T. Arioli (Unicamp), Paulo C. M. Meira (Unicamp), Ricardo Torquato (Unicamp), Rodrigo Bonadia (Unicamp), Tiago Barbosa (Unicamp), Walmir Freitas (Unicamp)*

Empresa: *CPFL Paulista*

Realization:

instituto
abradee



Host Company:

CEMIG



XXV Seminário
Nacional de
Distribuição de
Energia Elétrica

SENDI
2025
BELO HORIZONTE

Agenda

- ✓ Introdução
- ✓ Objetivo
- ✓ Discussão sobre a metodologia de cálculo
- ✓ Ferramenta computacional
- ✓ Conclusão

Introdução

- ✓ Projeto de P&D ANEEL realizado pela CPFL em parceria com Unicamp e Porakê
- ✓ Duração do projeto - 2018 à 2022
- ✓ Melhoria no cálculo de perdas na Revisão Tarifária
- ✓ Uso da BDGD e DSS-Extensions para ganho de desempenho



Realization:

instituto
abradee



Host Company:

CEMIG

Objetivos do projeto

Metodologia

Desenvolver/investigar metodologia para análise detalhada das perdas elétricas, refletindo a realidade das concessionárias e subsidiando **discussões sobre o modelo regulatório** considerando cálculo de perdas

Ferramenta Computacional

Desenvolver técnicas de processamento de dados e de computação de alto desempenho para **acelerar a análise e gerenciamento de perdas técnicas** empregando o OpenDSS e a BDGD

Clusterização

Desenvolver ferramenta para agrupamento e ranqueamento de redes elétricas para gerenciamento de perdas empregando informações prontamente disponíveis

Discussão sobre a metodologia de cálculo

Testes realizados para avaliação do impacto dos modelos no cálculo das perdas técnicas

	Item	Prática ANEEL	Variações avaliadas	Impacto na precisão	Impacto no tempo de simulação
Cargas	Modelo de carga	Carga modelo 2 (Zcte) + carga modelo 3 (parte ativa Pcte e reativa Zcte)	Utilizar apenas 1 carga com modelo ZIP (modelo 8)	Baixo (uso de apenas 1 carga ZIP)	Elevado para uso de apenas 1 carga com modelo ZIP (8) ao invés de múltiplas cargas com modelos 2 e 3
	Tipo de conexão (Δ ou Y)	Delta	Estrela	Baixo	Baixo
	Atribuição das curvas de carga às UCs	Fixo	Aleatório	Baixo	Médio (negativo)
	Fator de potência	0,92 indutivo	0,85 indutivo	Alto	Não avaliado
	Resolução temporal das curvas de carga	60 min	15 min e 30 min	Baixo	Elevado
Linhas	Impedância dos condutores	Impedância de sequência positiva		Baixo	Baixo
Transformadores	Modelo do regulador	Simplificado (poucos parâmetros ajustáveis)	Detalhado	Baixo	Médio
	Comportamento das perdas em vazio com a tensão	Perdas em vazio dependentes da tensão (fluxo de carga)	Perdas em vazio com tensão nominal	Médio	Não avaliado
	Corrente de magnetização	Zero	Valores ABNT	Alto	Não avaliado (tende a ser baixo)
	Perdas do transformador	Informado no Módulo 7 do PRODIST	Valores da distribuidora	Alto	Não avaliado (tende a ser baixo)

Discussão sobre a metodologia de cálculo

1º Considerar a Corrente de Magnetização dos Transformadores

Modelo alternativo	Distribuidora A	Distribuidora B	Distribuidora C	Distribuidora D
Transformadores com corrente de magnetização	+4,0%	+7,0%	+4,7%	+2,5%

- Melhora significativamente na **precisão dos cálculos** (2,5% a 7%)
- **Não requer alteração da BDGD** visto que podem ser utilizados os valores padronizados na ABNT NBR 5440:2014
- **OpenDSS possui o campo %imag disponível** no modelo do transformador

Discussão sobre a metodologia de cálculo

2º Considerar os parâmetros realistas dos transformadores

Modelo alternativo	Distribuidora A	Distribuidora B	Distribuidora C	Distribuidora D
Perdas da base de dados da concessionária	+11,5%	+9,0%	+9,5%	+11,6%

- Melhora significativamente na **precisão dos cálculos** (9% a 11,6%)
- **Não requer alteração da BDGD** visto que já existem os campos em que a concessionária pode informar as perdas nos transformadores
- **OpenDSS possui os campos %noloadloss e %loadloss (ou %R) disponíveis** no modelo do transformador (estes campos já são utilizados no cálculo regulatório atual)

Discussão sobre a metodologia de cálculo

3º Considerar transformadores em vazio

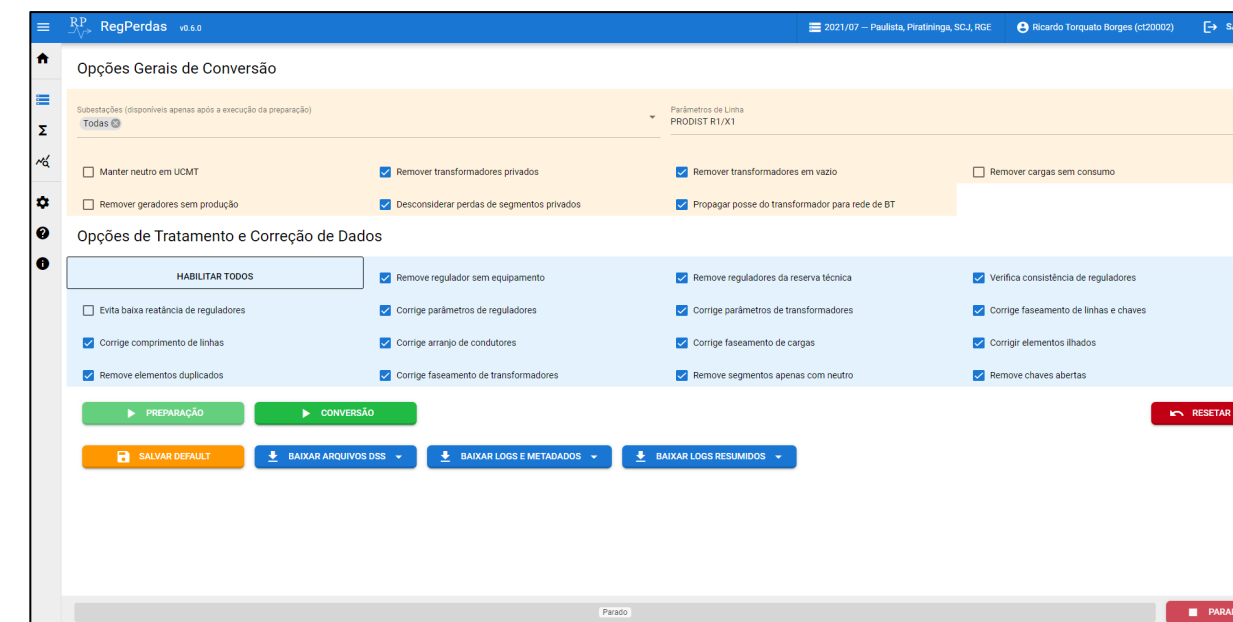
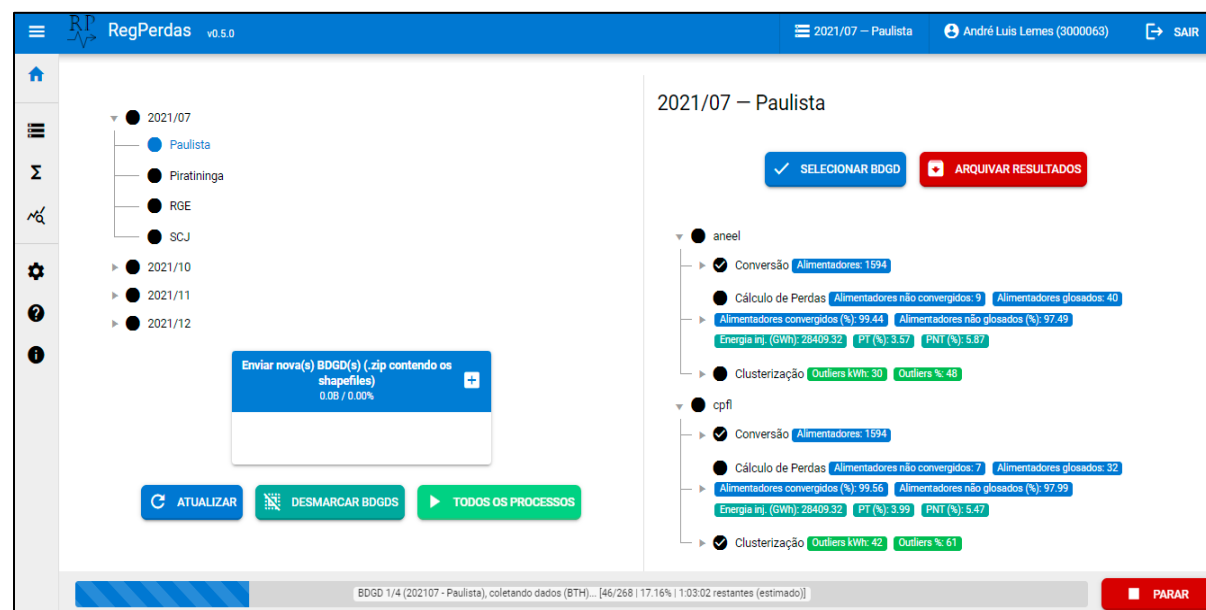
Modelo alternativo	Distribuidora A	Distribuidora B	Distribuidora C	Distribuidora D
Considera todos os transformadores em vazio	+0,7%	+2,1%	+1,9%	+0,7%

- Melhora a **precisão dos cálculos** (0,7% a 2,1%)
- **Não requer alteração da BDGD** visto que estes transformadores também são declarados pela concessionária
- **OpenDSS: é possível utilizar o objeto transformador** convencional (TR's em vazio já são escritos nos arquivos .dss convertidos mas são comentados – é necessário incluí-los no circuito)

Ferramenta computacional

Principais implementações

- ✓ Uso das **DSS-Extensions** como alternativa
- ✓ Substituição de 2 objetos *Load* (modelos 2 e 3) por **1 objeto Load** (modelo 8 – ZIP)
- ✓ **Servidor simples** Xeon® E5-2690 v4 (10 núcleos físicos), 64 GB de RAM e 256 GB de espaço SSD
- ✓ Tratamento e **correção de dados parametrizável** e opções de **modelos de cálculo**
- ✓ Uso através de um **navegador amigável** ao usuário (html)

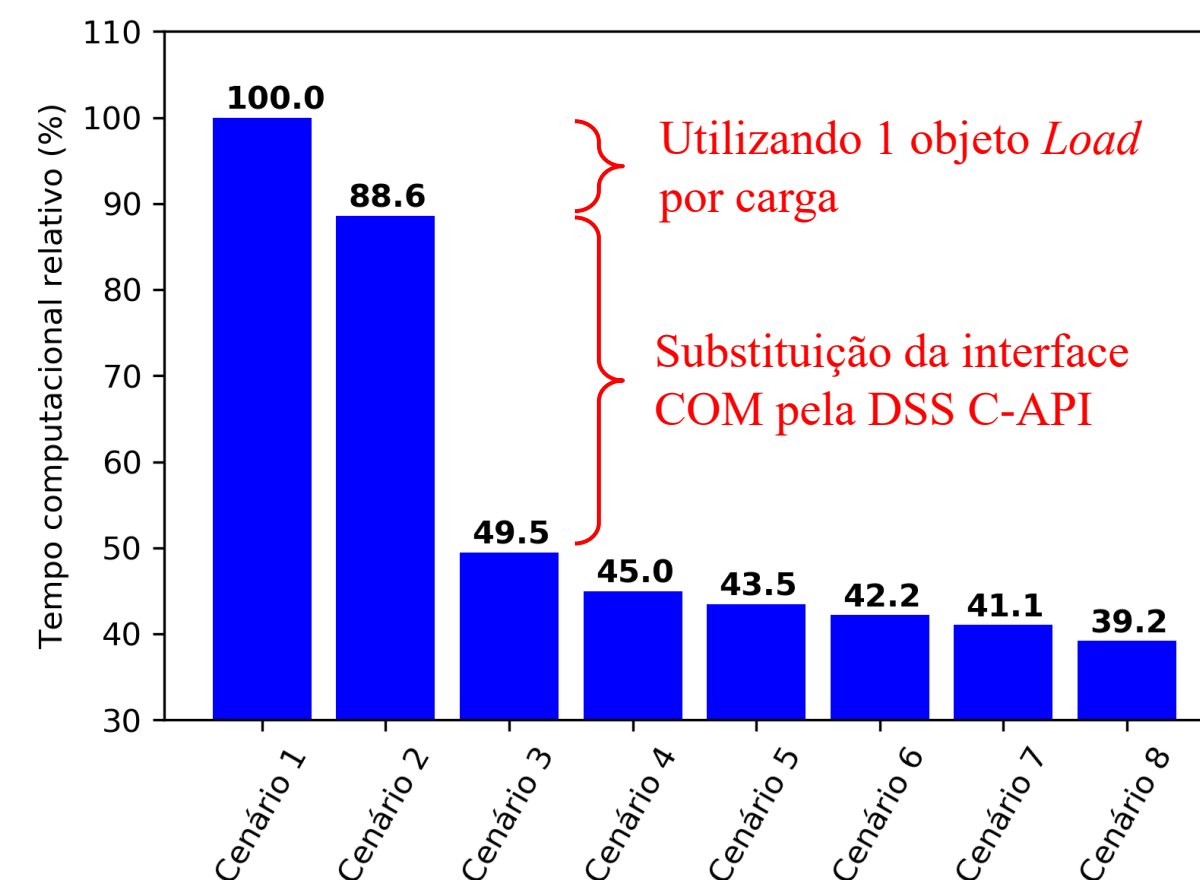


Ferramenta computacional

Resultados

- ✓ Simulações nas 4 distribuidoras da CPFL (universo de tipos de redes com grande representatividade)
- ✓ Resultados aderentes e validados com ferramenta comercial e com o ProgGeoPerdas
- ✓ Atualmente o processo completo do cálculo é feito em menos de 2 dias* (~3.600 alimentadores, mesmo servidor previsto no projeto)

Cálculo de perdas mensal considerando 1.312 alimentadores



* Após o fim do projeto foram implementadas novas funcionalidades e regras de correção para melhor integração com os processos internos da empresa e com o processo regulatório.

Conclusão

- ✓ Consideração da corrente de magnetização, parâmetros reais dos transformadores e transformadores em vazio
- ✓ Cálculo das perdas técnicas mais preciso para permitir maior eficiência ao combate das perdas não técnicas
- ✓ Adoção das DSS-Extensions para maior rapidez de cálculo
- ✓ Ferramenta permite melhor gerenciamento de perdas técnicas



OBRIGADO!

Dúvidas:
andrelemes@cpfl.com.br