



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

Tema: Planejamento da Expansão

Autores: André Luís Lemes

Co-Autores: André Fava Gastaldi (CPFL); Tiago Barbosa (Unicamp); Rodrigo Bonadia (Unicamp); Ricardo Torquato (Unicamp); Paulo C. M. Meira (Unicamp); Fernanda C. T. Arioli (Unicamp); Walmir Freitas (Unicamp)

Empresa: Companhia Paulista de Força e Luz

Resumo

Em vista da importância do conhecimento das perdas técnicas com razoável precisão e eficiência, é fundamental escolher métodos e modelos apropriados considerando a realidade das distribuidoras de energia elétrica. Assim, melhorias são constantemente sinalizadas pelo órgão regulador almejando incentivar a disponibilização de informações necessárias para viabilizar e aprimorar o processo de cálculo de forma detalhada. Neste contexto, este trabalho objetiva apresentar parte dos resultados do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento ANEEL No. PD-0063-3048/2018, intitulado “Metodologias de Processamento de Dados e de Computação de Alto Desempenho para Acelerar a Análise de Perdas via BDGD e OpenDSS”. Este projeto focou na promoção de avanços nos modelos e na metodologia atualmente empregada para o cálculo de perdas na distribuição de energia elétrica no âmbito do processo de Revisão Tarifária Periódica, bem como apresentou propostas de melhorias deste procedimento e desenvolveu ferramentas para a realização de tais cálculos tendo também como foco a redução do tempo de processamento da metodologia aplicada atualmente utilizando a BDGD e o OpenDSS. Os resultados apresentados neste trabalho relacionados aos modelos e parâmetros atestam a importância dos valores dos parâmetros empregados no modelo dos transformadores e a consideração da corrente de magnetização. Quanto ao desempenho computacional, propõe-se, entre outras melhorias, o uso de uma implementação alternativa do OpenDSS (DSS-Extensions) disponível publicamente.

1. Introdução

Dentre as diversas atribuições da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), destaca-se o processo de formação da tarifa de energia, que é composta, entre outros fatores, pelas perdas de energia elétrica. As perdas de energia elétrica são classificadas em técnica e não técnica, sendo *perda técnica* referente à perda intrínseca à operação do sistema (e.g., perda por efeito Joule, por histerese e correntes parasitas de Foucault) e *perda não técnica*, ou comercial, referente ao registro incorreto de energia nos pontos de entrega, furto de energia, erros de faturamento, dentre outros. Tais componentes são tidas como uma métrica da eficiência do planejamento e da operação do sistema de distribuição de energia elétrica.

Em vista da importância do conhecimento das perdas técnicas, uma vez que impacta na tarifa de energia, consequentemente refletindo-se a todos os consumidores, destaca-se a necessidade de realizar uma estimativa razoavelmente precisa desse valor. Neste contexto, o papel da ANEEL é de suma importância para: (a) incentivar as concessionárias a melhorar a disponibilidade e a qualidade das informações necessárias para viabilizar o cálculo detalhado; (b) escolher métodos e modelos apropriados.

Durante o 2º e 3º Ciclo de Revisões Tarifárias Periódicas (CRTP), realizados de 2007 a 2014, a ANEEL utilizou métodos e modelos simplificados para estimar as perdas técnicas. A partir do 4º CRTP, iniciado em 2015, a ANEEL adotou o software de cálculo de fluxo de potência chamado *Open Distribution System Simulator* (OpenDSS), desenvolvido por *Electric Power Research Institute* (EPRI). O uso desta ferramenta de cálculo de fluxo de potência foi viabilizado, entre outros fatores, pela especificação apropriada dos parâmetros disponibilizados na Base de Dados Geográficos da Distribuidora (BDGD), conforme instruções do Módulo 10 do PRODIST (ANEEL, 2021), e pelo desenvolvimento do GeoPerdas/ProgGeoPerdas, que lê as bases de dados geradas a partir da BDGD e executa o OpenDSS.

Embora muitas melhorias tenham sido realizadas, identificam-se dois pontos principais de possíveis aprimoramentos. O primeiro refere-se ao emprego de modelos que podem subestimar as perdas, potencialmente acarretando custos para as distribuidoras com perdas não reconhecidas. O segundo está relacionado à simulação computacional de perdas técnicas de acordo com o modelo utilizado pela ANEEL, que atualmente apresenta desafios de eficiência computacional e depende principalmente de hardware. Tal fato impossibilita o uso da ferramenta para gerenciamento de perdas via análise/simulação de diversos cenários para investigar soluções de redução, principalmente para concessionárias de grande porte em que tal processo pode levar dias.

Com base nesses pontos de aprimoramento, a equipe da CPFL Energia se uniu a pesquisadores da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e a Porakê (uma empresa-filha da Unicamp) para a realização do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento ANEEL No. PD-0063-3048/2018, intitulado “Metodologias de Processamento de Dados e de Computação de Alto Desempenho para Acelerar a Análise de Perdas via BDGD e OpenDSS”, com duração de 48 meses. Este artigo tem como objetivo apresentar a proposta deste projeto e parte dos resultados obtidos.

1.1 Contextualização do projeto

No contexto previamente apresentado, o projeto de P&D ANEEL PD-0063-3048/2018 teve dois focos principais: precisão e rapidez. Objetivou-se promover avanços nos modelos e na metodologia atualmente empregada para o cálculo de perdas na distribuição de energia elétrica no âmbito do processo de Revisão Tarifária Periódica (RTP), bem como apresentar melhorias deste procedimento e desenvolver ferramentas para a realização de tais cálculos tendo como principal foco a redução do tempo de processamento da metodologia aplicada atualmente e a utilização de informações mais detalhadas, considerando a realidade das concessionárias e levando a um cálculo mais preciso. Em paralelo com a metodologia proposta, este projeto previu o desenvolvimento de técnicas de processamento de dados e computação de alto desempenho para permitir que o *software* OpenDSS e a BDGD possam ser integrados e empregados como uma ferramenta de gerenciamento de perdas. Os avanços obtidos estão disponíveis para serem empregados para melhorar a eficiência dos sistemas e auxiliar na discussão a respeito do atual modelo regulatório empregado pela ANEEL.

Esta pesquisa desenvolveu um mapeamento detalhado e criterioso das perdas da concessionária, além de desenvolver metodologias e ferramentas robustas e flexíveis para gerenciamento destas perdas, viabilizan-

do a investigação de diferentes cenários e soluções. A Figura 1 apresenta a estrutura geral da ferramenta computacional desenvolvida no projeto, que aplica a metodologia utilizada pela ANEEL. Além de melhorias na modelagem, fazendo com que os cálculos executados por esta ferramenta sejam mais precisos, outra melhoria refere-se à diminuição do tempo computacional. Metodologias inovadoras de processamento de dados e de computação de alto desempenho foram desenvolvidas e incorporadas na ferramenta computacional, aprimorando o uso da ferramenta OpenDSS (por meio da implementação alternativa disponibilizada publicamente pelo projeto DSS-Extensions (DSS-Extensions, 2022)), agilizando estudos na concessionária e integrando técnicas de computação de alto desempenho.

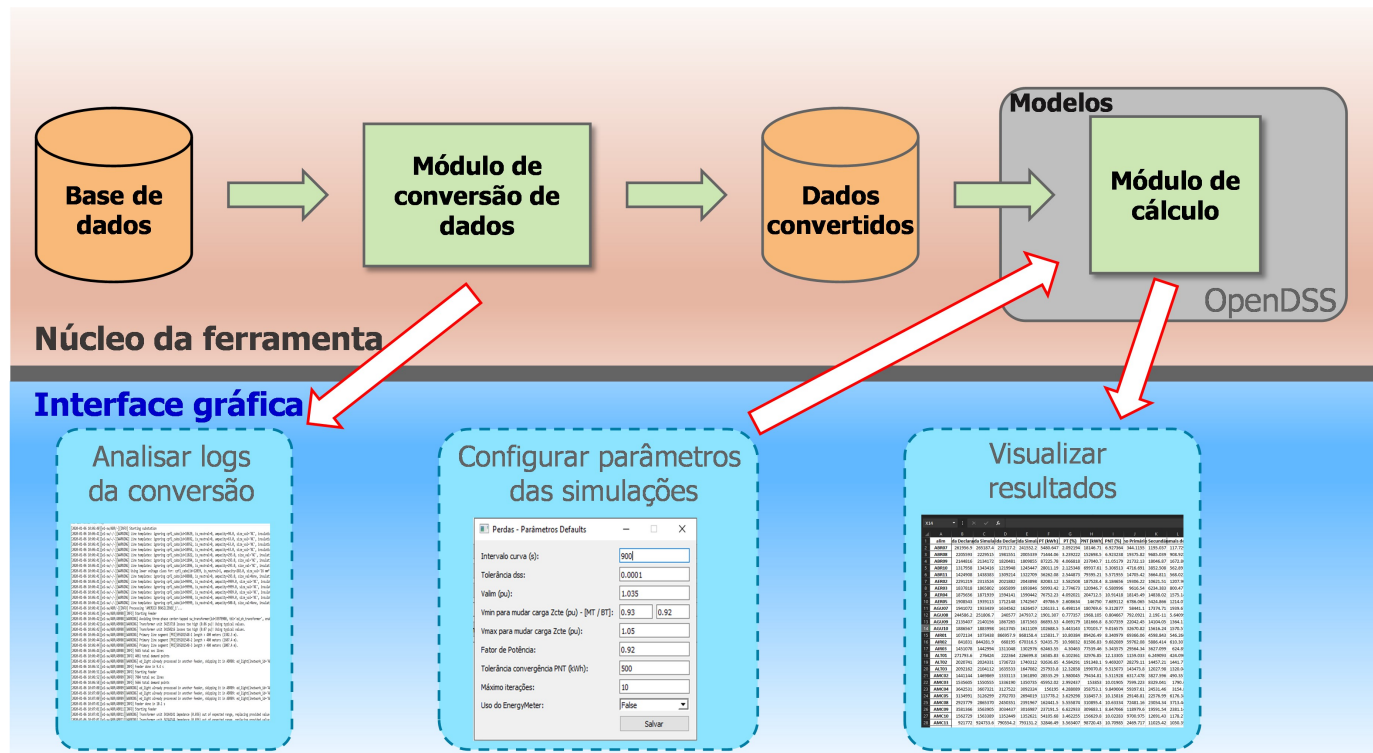


Figura 1 - Estrutura geral dos processos envolvendo o OpenDSS e a BDGD, exclusivamente para cálculo e análise de Perdas Técnicas.

O módulo de conversão de dados da BDGD para o formato DSS mostrado no fluxograma da Figura 1 incorpora técnicas de verificação de consistência de dados para aprimorar a precisão e taxa de convergência dos estudos de cálculo de perdas técnicas. Estas técnicas de verificação foram aprimoradas considerando especialmente as bases de dados das concessionárias grupo CPFL Energia. É importante destacar que este módulo de conversão de dados desenvolvido no projeto de P&D é focado exclusivamente no cálculo de perdas técnicas, de tal forma que as conversões não substituem e tampouco diminuem o tempo da conversão completa utilizada para as obrigações regulatórias, tais como os envios das BDGDs Ordinárias e Extraordinárias.

Adicionalmente ao cálculo de perdas técnicas propriamente dito, empregando os resultados de simulações intensivas, também foi desenvolvida uma metodologia expedita para agrupamento e classificação de redes empregando somente informações prontamente disponíveis e sem a necessidade de simulações adicionais para análise expedita de perdas. A metodologia permite determinar de forma rápida e eficiente as redes com piores desempenhos com base em dados e parâmetros tipicamente disponíveis para a equipe de engenharia sem a necessidade de estudos complexos. Esta etapa não será detalhada neste artigo.

2. Desenvolvimento

Esta seção é dividida em duas partes principais, são elas: a apresentação dos estudos de razoabilidade dos modelos estipulados no PRODIST e apresentação dos estudos de melhoria do desempenho computacional do cálculo de perdas.

2.1 Avaliação da razoabilidade dos modelos Uma parte do projeto foi dedicada a avaliar a razoabilidade dos requisitos estipulados no Módulo 7 do PRODIST (ANEEL, 2021) para cálculo de perdas técnicas. Todos os itens avaliados são apresentados na Tabela 1, que também resume os principais resultados obtidos. Os objetivos principais desta parte do projeto são: 1) identificar o impacto de cada modelo e parâmetro apresentados em ANEEL (2014, 2016b, 2021) nas perdas técnicas do alimentador; e 2) sugerir potenciais alterações nos modelos e parâmetros para a próxima revisão de metodologia do Módulo 7 do PRODIST que passará a ser aplicada na RTP, com destaque para as considerações enviadas dentro do contexto da Tomada de Subsídios Nº 13/2022, intitulada “Aprimoramento na Regulamentação da Apuração de Perdas Técnicas Regulatórias”. Para avaliação do impacto de cada modelo e parâmetro, foram simulados todos os alimentadores das distribuidoras do grupo CPFL Energia, cujos dados foram suficientes para a representação completa do circuito. No total, foram avaliados mais de 3.000 alimentadores, em diferentes regiões e concessões, com características distintas entre si. Para cada estudo, foram estipulados dois casos:

- Caso Base (ANEEL): caso base para todas as análises, seguindo as recomendações da ANEEL:
 - Cargas: Modelo da carga do Módulo 7 do PRODIST (potência ativa dividida entre 50% potência constante e 50% impedância constante, potência reativa modelada como 100% impedância constante);
 - Conexão da carga: delta (exceto consumidores monofásicos);
 - Modelo da linha: impedância de sequência positiva, sendo que a resistência dos condutores possui valores provenientes das tabelas do Módulo 7 do PRODIST. Para linhas não encontradas, são utilizados valores declarados pela distribuidora na BDGD;
 - Bancos de capacitores são desconectados;
 - Fator de potência das cargas: 0,92 indutivo;
 - Resistência de aterramento nos transformadores de distribuição: 15 Ω ;
 - Intervalo das curvas de carga: 60 minutos;
 - Perdas em vazio no transformador: varia com a tensão ao quadrado;
 - Corrente de magnetização do transformador de distribuição é desprezada;
 - Parâmetros dos transformadores (perdas no ferro e no cobre) são provenientes do Módulo 7 do PRODIST.
- Variação: modificado de acordo com a análise realizada.

Tabela 1: 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	Dependência com a tensão	P: 50% potência constante e 50% impedância constante Q: 100% impedância constante	Para P e Q: • Impedância constante; • Corrente constante; • Potência constante.	• Elevado para Pcte e Zcte • Baixo para Icte	• Médio para Pcte (negativo) • Médio para Zcte (positivo) • Baixo para Icte (positivo)
	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 para uso de apenas 1 carga com modelo ZIP	• Elevado para uso de apenas 1 carga com modelo ZIP (8) ao invés de múltiplas cargas com modelos 2 e 3 (positivo)
	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 (aumento da resolução pode aumentar consideravelmente tempo de simulação)
Linhas	Impedância dos condutores	Impedância de sequência positiva	• Impedâncias de sequência positiva e zero; • Componente de fase (completo).	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)
Outros	Resistência de aterramento	15 Ω	5 Ω e 20 Ω	Baixo	Baixo
	Tolerância	10-5	10-4, 10-2, 10-1	Baixo	Baixo
	Utilizar carga média	24 patamares de carga	1 patamar de carga	Médio	Elevado (positivo)

A seguir, os resultados dos itens avaliados que ocasionaram impactos mais significativos no valor das perdas técnicas em kWh são apresentados.

2.1.1 Transformadores

Dois aspectos principais relacionados aos transformadores resultaram em maior variação no valor das perdas: parâmetros adotados para cálculo de perdas no transformador e a consideração da corrente de magnetização dos transformadores de distribuição. Os resultados de cada avaliação são apresentados a seguir.

2.1.1.1 Parâmetros PRODIST vs. base de dados da CPFLO

Módulo 7 do PRODIST (ANEEL, 2021) estabelece valores regulatórios de perdas totais e em vazio para os transformadores de distribuição, os quais são apresentados no Anexo I do Módulo 7. O objetivo desta análise foi comparar as perdas técnicas totais obtidas considerando-se os novos valores regulatórios de perdas nos transformadores, com as

perdas técnicas totais obtidas considerando-se os parâmetros de transformadores cadastrados na base de dados da CPFL[1]. A reatância de dispersão dos transformadores foi mantida igual ao valor considerado no cálculo regulatório. A Figura 2 mostra a relação entre as perdas técnicas obtidas utilizando-se os valores da base de dados da CPFL (Variação) e os parâmetros do PRODIST (Caso Base). O uso de parâmetros do PRODIST subestima o valor das perdas técnicas em média em 10,4%.

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%

Figura 2 – Comparação das perdas técnicas para diferentes parâmetros empregados no cálculo de perdas no transformador. Variação: parâmetros da base de dados da CPFL; Caso base: parâmetros do PRODIST.

2.1.1.2 Consideração da corrente de magnetização Os resultados desta subseção, apresentados na Figura 3, mostram que considerar a corrente de magnetização dos transformadores de distribuição, conforme valores ABNT, comparado a desprezar essa corrente (Caso Base) pode impactar consideravelmente o valor calculado das perdas técnicas. As perdas são, em média, 4,5% maiores ao se considerar a corrente de magnetização, sendo que em alguns alimentadores o aumento de perdas pode ser superior a 10%. A seguir, são apresentados estudos de simulação nos alimentadores das 4 empresas do grupo CPFL Energia, para verificar qual sobre a consideração da corrente de magnetização nas perdas.

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

Figura 3 – Resultado da simulação para verificar os efeitos da corrente de magnetização nas perdas técnicas.

2.1.1.3 Perdas técnicas em transformadores em vazio O cálculo de perdas regulatórias atual desconsidera todos os transformadores de distribuição que não possuem consumo (unidade consumidora ou ponto de iluminação pública) no período avaliado. Como resultado, traz mais uma subestimação das perdas técnicas do circuito.

Avaliou-se o impacto desta consideração nas perdas técnicas das redes de distribuição do Grupo CPFL Energia na BDGD ordinária de 2019. Os resultados mostrados na Figura 4 indicam que o tratamento atualmente empregado no cálculo regulatório confirma a subestimação das perdas técnicas nas redes de média e baixa tensão em até 2,1%, um montante significativo que não pode ser desconsiderado.

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

Figura 4 – Resultado ao se considerar as perdas técnicas de transformadores de distribuição em vazio.

Portanto, entende-se que se o transformador está de fato instalado em campo, ele deve ser contabilizado no cálculo de perdas técnicas, sendo válido considerar as perdas de transformadores em vazio. Ademais, em muitos cenários, há transformadores recém-instalados que operam em vazio apenas temporariamente, até que comece a atender cargas do sistema.

2.1.1.4 Outras análises de modelos

Dentro do projeto também foram avaliados outros cenários considerando mudanças nos modelos elétricos. Foram eles:

- Fator de potência das cargas (0,85 indutivo);
- Consideração dos bancos de capacitores em operação, associados à variação do fator de potência das cargas;
- Variação dos modelos de carga para análise de dependência com a tensão, comparando os tipos de Potência Constante, Corrente Constante e Impedância Constante em relação ao modelo ZIP atualmente adotado pela ANEEL;
- Variações no modelo de tipo de conexão de cargas, de modo a determinar o impacto de diferentes representações de conexões da carga nas perdas elétricas;
- Variações na resistência de aterramento, de maneira a determinar quais valores devem ser utilizados para impedância de aterramento dos transformadores (RAT-T) e consumidores (RAT-C);
- Alterações na resolução temporal das curvas de carga com períodos inferiores a 60 minutos;
- Consideração do modelo completo das linhas para o cálculo da matriz impedância e efeito do condutor neutro.

Para todos os casos acima chegou-se à conclusão de que o modelo atual está adequado, ponderando-se sempre precisão, esforço computacional, disponibilidade e qualidade dos dados disponíveis.

2.2 Melhorias no desempenho computacional

O programa desenvolvido pela ANEEL para cálculo de perdas técnicas regulatório, chamado ProgGeoPerdas, escrito na linguagem de programação C#, utiliza a interface COM oficial do OpenDSS (Opendss, 2023) para controlar a execução dos estudos de fluxo de potência necessários ao cálculo das perdas. Na frente de desempenho computacional deste projeto, cujo objetivo era aprimorar o modelo e o desempenho do cálculo de perdas, foi desenvolvida uma ferramenta de cálculo de perdas regulatórias. Essa ferramenta emprega a implementação alternativa do OpenDSS, chamado DSS-Extensions (DSS-Extensions, 2023), que é desenvolvida desde 2016, sendo disponibilizada publicamente em 2018 (antes do início deste projeto de P&D). DSS-Extensions é uma organização de projetos open-source que compreende uma implementação alternativa do OpenDSS, exposto como uma API alternativa, suporte para diversas linguagens de programação (C, C++, C#/.NET, Julia, Python, MATLAB) e sistemas operacionais (Windows, Linux, macOS), além de outras ferramentas. Mais detalhes sobre este projeto podem ser encontrados em <https://github.com/dss-extensions/dss-extensions#faq>.

Durante os quatro anos do projeto, a ferramenta de cálculo desenvolvida empregando o DSS-Extensions foi amplamente testada e validada com redes das quatro distribuidoras de energia do Grupo CPFL. Os resultados numéricos foram validados com o ProgGeoPerdas e com outra ferramenta comercial disponível

no mercado brasileiro. Em termos de desempenho computacional, a ferramenta desenvolvida apresentou um excelente desempenho. Ela foi capaz de executar o cálculo completo de perdas de quatro empresas, incluindo a conversão da BDGD para arquivos DSS e a execução completa do cálculo, em cerca de 5 horas. Importante ressaltar que este resultado se refere puramente ao processo de cálculo das perdas técnicas, não sendo considerado o tempo de execução do processo completo até a etapa de cálculo. Essa informação pode ser observada nos tempos de execução listados na Figura 5. O estudo foi conduzido em um servidor com sistema operacional Linux (Red Hat), processador Intel® Xeon® E5-2690 v4 (10 núcleos físicos), 64 GB de memória RAM e 256 GB de espaço de armazenamento em SSD.

<i>Etapa</i>	<i>Distribuidora A</i>	<i>Distribuidora B</i>	<i>Distribuidora C</i>	<i>Distribuidora D</i>
Conversão	0h30min	0h04min	0h25min	0h11min
Cálculo	2h00min	0h17min	1h15min	0h50min
Total	2h30min	0h21min	1h40min	1h01min

Figura 5 – Tempo de execução do cálculo de perdas técnicas utilizando o DSS-Extensions.

A motivação inicial para o desenvolvimento do projeto DSS-Extensions foi contornar algumas dificuldades encontradas na interface COM, e explorar oportunidades de aprimoramento da eficiência computacional dos cálculos. O DSS-Extensions oferece diversas vantagens, incluindo:

- Maior eficiência de código (incluindo melhorias no solver de fluxo de potência);
- Melhor tratamento de erros durante a execução do programa;
- Possibilidade de manipulação de estruturas/funções internas do OpenDSS;
- Possibilidade de uso em servidor com sistema operacional Linux em um ambiente de Computação de Alto Desempenho (do inglês High-Performance Computing, HPC).

Para ilustrar o ganho de desempenho que pode ser proporcionado pela adoção do DSS-Extensions, foi realizado o cálculo de fluxo de potência de 12 meses em uma rede alimentadores reais uma distribuidora de energia considerando os seguintes cenários de simulação:

- Cenário 1 (Caso Base): utilizando interface COM oficial do OpenDSS, EnergyMeter oficial do OpenDSS, e sem reuso da fatoração numérica da matriz admitância da rede;
- Cenário 2: semelhante ao Cenário 1, mas substituindo a interface COM e implementação oficial pelo módulo DSS-Python do DSS-Extensions;
- Cenário 3: semelhante ao Cenário 2, mas substituindo o EnergyMeter por um medidor customizado, desenvolvido exclusivamente para o cálculo de perdas técnicas, utilizando algumas novas funções disponibilizadas pelo DSS-Extensions. Não seria possível implementar este medidor customizado considerando apenas as funções disponibilizadas na interface COM oficial do OpenDSS;
- Cenário 4: semelhante ao Cenário 3, mas considerando reuso da fatoração numérica da matriz admitância (matriz Y) da rede entre iterações de controle. Entre iterações de controle, a matriz Y da rede praticamente não se altera. Quando ocorre uma mudança no circuito (como ajustes de taps), o OpenDSS oficial invalida a matriz Y, a remonta do zero e refaz a fatoração. Os módulos do DSS-Extensions melhoram este desempenho reutilizando a matriz já montada e mesmo os termos da fatoração.

Os tempos computacionais obtidos (normalizados para o tempo obtido no Cenário 1) são mostrados na Figura 6. Nota-se que a simples substituição da interface COM e implementação oficial do OpenDSS pela implementação disponibilizada pelo DSS-Extensions leva a uma redução de 30% do tempo de simulação. Isto ocorre devido às melhorias implementadas diretamente no código do OpenDSS. Ao incorporar novas funcionalidades disponibilizadas pelo projeto DSS-Extensions, foi observado um ganho de mais de 2,5 vezes no tempo de execução do cálculo.

<i>Cenário</i>	<i>Tempo normalizado</i>
Cenário 1 (Caso Base)	100%
Cenário 2	70,8%
Cenário 3	53,5%
Cenário 4	38,8%

Figura 6 – Melhoria de desempenho observada com a substituição da interface COM oficial pelo DSS-Extensions.

[1]Apenas a resistência do transformador é alterada. Sua reatância permanece igual para os dois casos simulados. Além disso, para os casos em que a potência nominal do transformador não esteja informada no Módulo 7 do PRODIST, foi feita uma interpolação para obter o valor desejado.

3. Conclusão

Este trabalho apresentou parte dos resultados referentes ao projeto de Pesquisa e Desenvolvimento ANEEL intitulado “Metodologias de Processamento de Dados e de Computação de Alto Desempenho para Acelerar a Análise de Perdas via BDGD e OpenDSS”. Duas frentes principais foram abordadas neste trabalho. A primeira consiste na identificação do impacto de cada modelo e parâmetro propostos pela ANEEL no cálculo das perdas técnicas do alimentador objetivando maior entendimento e obtenção de potenciais alterações nos modelos e parâmetros aplicados na Revisão Tarifária Periódica. A segunda trata de melhorias no desempenho computacional do cálculo de perdas empregando o OpenDSS. Quanto aos modelos e parâmetros, identificou-se a importância de alterar os parâmetros empregados no modelo dos transformadores considerando os dados informados pelas distribuidoras, considerar a corrente de magnetização dos transformadores e incluir as perdas técnicas referentes aos transformadores em vazio. O modelo atual causa elevado impacto, subestimando em cerca de 10% as perdas técnicas nas redes de média e baixa tensão, por consequência sobrestima as perdas não técnicas, potencialmente induzindo a distribuidora a implementar ações inadequadas de combate a perdas não técnicas. A consideração dos parâmetros reais destes equipamentos permitirá que o cálculo de perdas técnicas regulatórias das distribuidoras esteja mais próximo do real. Quanto ao desempenho computacional, propõe-se, entre outras melhorias, o uso da implementação alternativa do OpenDSS disponibilizada publicamente pelo DSS-Extensions.

4. Referências bibliográficas

ANEEL, “Aprimoramento da metodologia de cálculo de perdas na distribuição regulamentada no Módulo 7 – Cálculo de Perdas na Distribuição do PRODIST”. Nota Técnica nº 0057/2014.

ANEEL, “Módulo 10: Sistema de Informação Geográfica Regulatório”, Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), 2021. Acesso em 12/07/2023, disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>.

ANEEL, “Módulo 7: Cálculo de Perdas na Distribuição”, Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), 2021. Acesso em 12/07/2023, disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>.

DSS Extensions. Acesso em 12/07/2023, disponível em: <https://dss-extensions.org/>

OpenDSS, EPRI Distribution System Simulator. Acesso em 12/07/2023, disponível em: <https://sourceforge.net/projects/electricdss/>.