

# 1 Introdução

## 1.1 Considerações gerais

As simulações de redes elétricas são atualmente fundamentais para o setor elétrico. Uma de suas principais utilidades é permitir a análise de falhas e ocorrências, que eventualmente passariam despercebidas. Através de simulações, é possível comparar dados medidos no momento da falha com dados simulados e assim descobrir se algum elemento da rede apresentou algum comportamento fora do esperado. Naturalmente, para um melhor desempenho do simulador, é necessário que estas simulações sejam capazes de analisar não só o estado permanente, mas também os inevitáveis transitórios da rede [1-3]. Existe atualmente, uma grande variedade de algoritmos para realizar simulações de redes lineares, que correspondem à grande maioria dos testes realizados em uma rede elétrica típica, quando submetidos a situações usuais [4].

Contudo, existem consumidores de grande porte que possuem cargas não-lineares com uma grande influência na rede que a alimenta. Sendo assim, torna-se necessário modelar esta carga não-linear para que possa ser inserida no simulador da rede elétrica. Como existe uma infinidade de possíveis não-linearidades, criar de forma automática um conjunto de equações capaz de representar a rede não-linear, que possa ser resolvido com facilidade, torna-se um desafio. A formulação do problema é, neste caso, parte fundamental da sua solução, já que atualmente existem, comercialmente, algoritmos capazes de resolver equações diferenciais não-lineares, como as que serão abordadas.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um método para a formulação das equações de estado de redes não-lineares. Será estudado o caso mais comum a redes de potência, envolvendo não-linearidades locais, como as associadas às correntes e tensões de um mesmo elemento elétrico. Em alguns casos, a formulação das equações de estado não-lineares pode ser não-trivial. Este trabalho

mostra que através da inserção de elementos virtuais, encontra-se facilmente a solução para estes casos.

Ainda neste trabalho, será realizada uma simulação contendo redes lineares e não-lineares interligadas, procurando fugir ao uso de altíssimas taxas de amostragem, na faixa de *MHz*, comuns a vários simuladores, mesmo que os resultados possam ter poucos *KHz* em sua faixa de frequências. O uso de taxas elevadas representa um aumento no custo computacional e baixar a taxa corresponde a sua redução.

Este trabalho utiliza além das redes elétricas a parâmetros concentrados modelos a filtros digitais, como no modelo de linhas de transmissão a parâmetros distribuídos, permitindo interligar redes lineares e não-lineares.

## 1.2

### Estrutura do texto

O trabalho está organizado em seis capítulos, descritos a seguir.

Neste Capítulo 1, é apresentada uma breve introdução com aspectos essenciais aos objetivos do trabalho.

No Capítulo 2 é feita uma revisão dos principais conceitos referentes à análise de rede lineares. São apresentadas as propriedades topológicas da rede, através da teoria de Grafos Lineares, e as propriedades eletromagnéticas de cada elemento a parâmetro concentrado da rede linear. É também apresentada ainda a técnica de análise nodal para simulação de rede lineares, bastante popular na área de potência.

No Capítulo 3 é apresentado método alternativo para a formulação de rede lineares, já agora através de equações de estado.

No Capítulo 4, este último método é estendido para redes não-lineares, incluindo procedimentos que assegurem que estas equações sejam alcançadas. Esta formulação é desenvolvida para aplicação sistemática ao tipo de problema abordado.

No Capítulo 5, os métodos propostos são aplicados a casos ilustrativos. É efetuada a simulação de uma carga não-linear, composta basicamente por pontes retificadoras, sendo esta posteriormente alimentada por uma rede elétrica linear,

através de uma linha de transmissão. É apresentada uma solução envolvendo modelo de linhas de transmissão a parâmetros distribuídos através de filtros digitais e possibilitando desacoplar a simulação da sub-rede linear da não linear, permitindo que operem com taxas de amostragem diferentes.

O Capítulo 6 descreve as principais conclusões relacionadas a esta dissertação, suas principais contribuições e algumas sugestões de trabalhos futuros nesta linha de pesquisa.