UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

LaPSEE
Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica

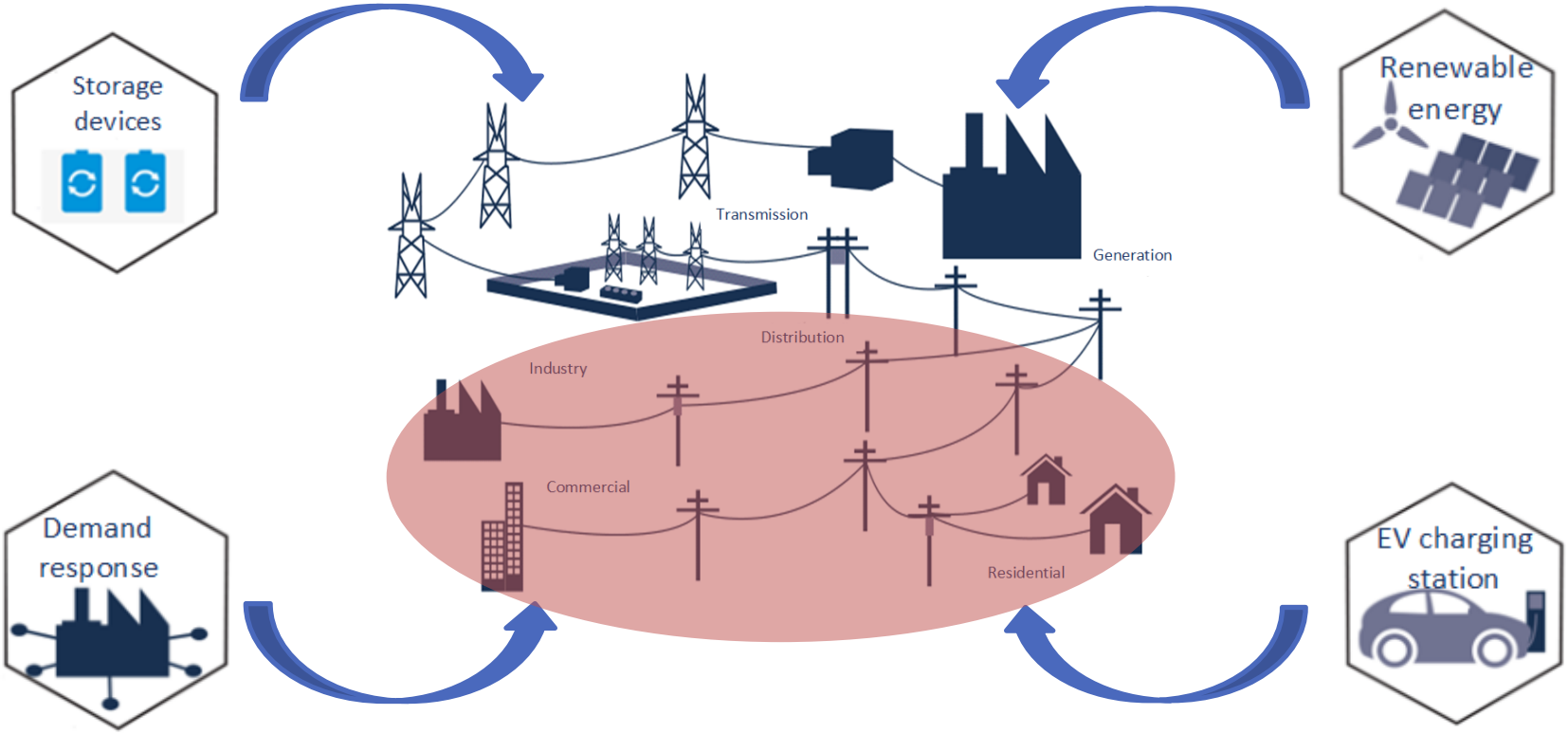
HIERARCHICAL OPTIMIZATION FOR PRACTICAL CHARGING COORDINATION OF ELECTRIC VEHICLES CONSIDERING LOAD UNCERTAINTY

COORDENAÇÃO PRÁTICA DO CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS USANDO OTIMIZAÇÃO HIERÁRQUICA CONSIDERANDO INCERTEZAS NA DEMANDA

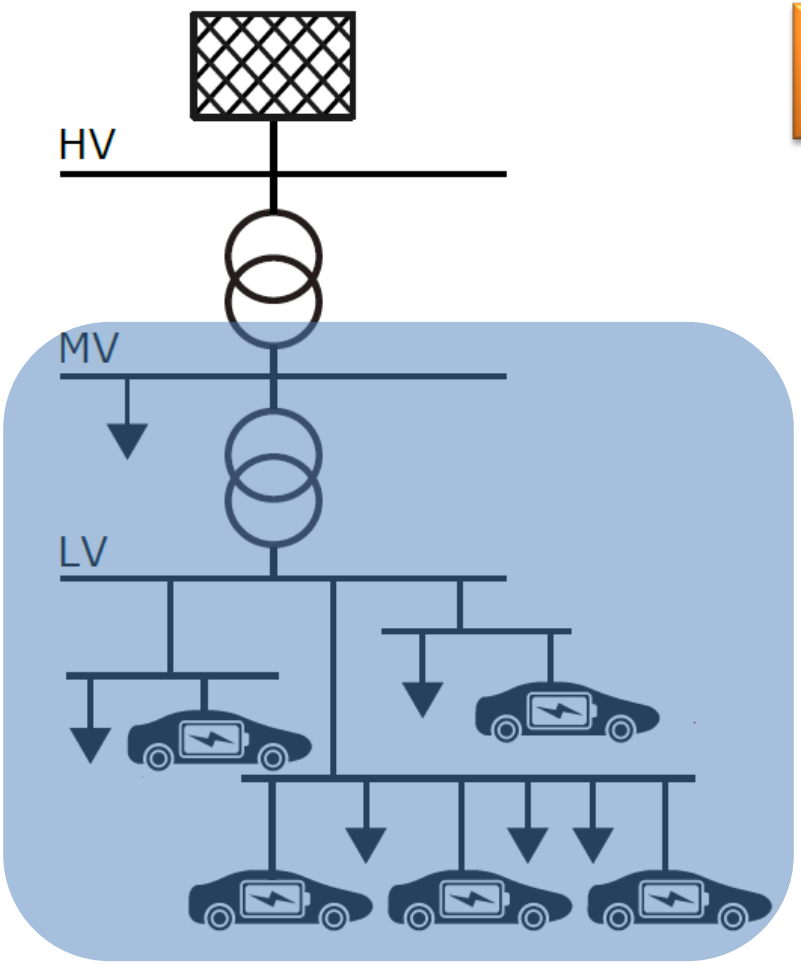
Maria Nataly Bañol Arias
Carlos Sabillón Antúnez
John Fredy Franco
Jairo Quiróz Tortós

Ilha Solteira, 16 de Fevereiro de 2019

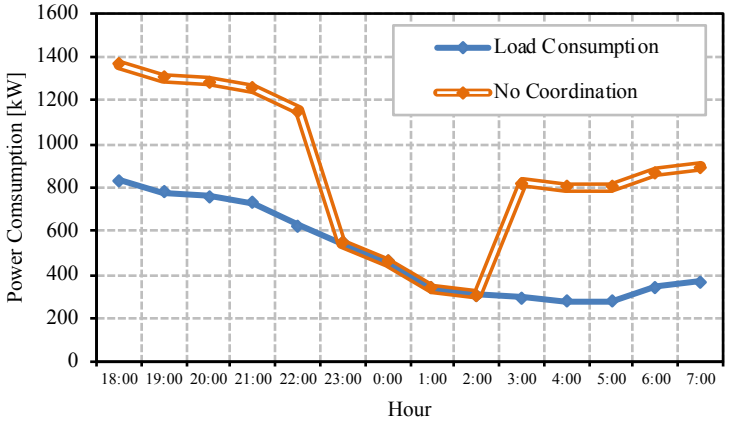
Introdução


Storage devices
Renewable energy
Transmission
Generation
Distribution
Industry
Commercial
Residential
Demand response
EV charging station

Introdução



Consumo de energia de um VE pode ser 2 vezes o consumo residencial!!

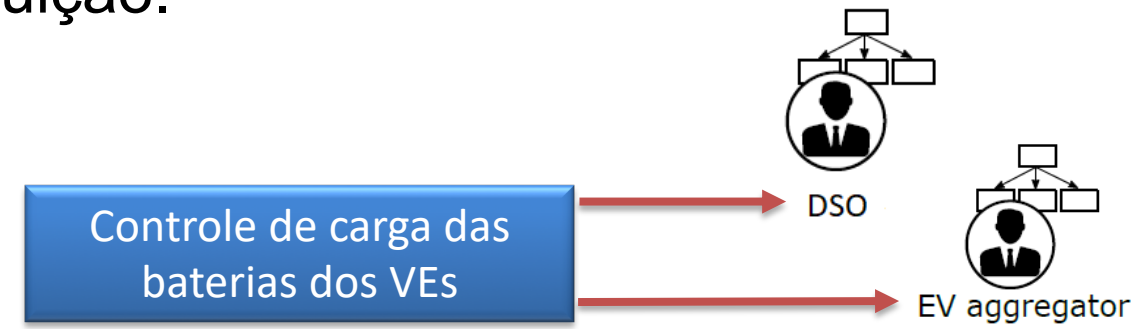


DSO

- Elevação dos picos de carga
- Operação fora dos limites técnicos aceitáveis
- Incremento das perdas de energia
- Diminuição da qualidade do serviço

Problema

- Definir o controle de carga das baterias dos VEs **maximizando o nível de satisfação** do usuário e mantendo uma **operação apropriada** do sistema de distribuição.



Objetivos

- Desenvolver uma **metodologia simples** para a coordenação dinâmica do carregamento de veículos elétricos (VEs).

- **Maximizar o nível de satisfação** do usuário no carregamento.

- Manter a operação apropriada do sistema respeitando os limites térmicos nos **circuitos e transformadores**, e **limites de tensão**, levando em consideração a incerteza associada à demanda convencional e aos VEs.

Supostos

- Existe um acordo entre o operador do sistema (DSO) ou um agregador e os proprietários de VEs que permite a conexão e desconexão das baterias dos VEs.

- Há informação histórica disponível do comportamento da demanda convencional e dos proprietários de VEs.

- Existe uma infraestrutura de comunicação e controle que permite a troca de informação entre o DSO, o agregador e os VEs.

Considerações

- São analisadas **redes trifásicas desbalanceadas** considerando dentro da modelagem todas as barras e circuitos em média tensão (MV) e baixa tensão (LV).
- As ações de controle nos VEs presentes no SDE (conexão e desconexão) são determinadas em cada janela de controle (10 ou 15 min).
- A variação na demanda convencional e no número de VEs no sistema é considerada estocástica.
- A distribuição dos VEs na rede LV é considerada de forma aleatória ou representando o pior caso.
- Somente é conectado um VE por barra LV.

Formulação do problema

OBJETIVO:

Maximizar o nível de satisfação dos proprietários de VEs.

SUJEITO A:

- Restrições do fluxo de carga
- Limites operacionais
- Restrições dos VEs

Função Objetivo

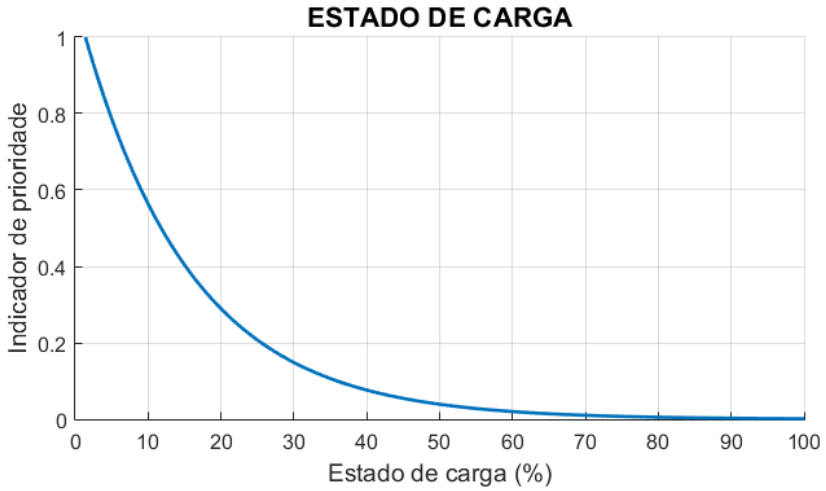
- O nível de satisfação do usuário é quantificado de acordo com os seguintes critérios:
  1. Estado de carga da bateria (SOC).
  2. *Delay* no carregamento.
  3. Número de desconexões.
  4. Horário de saída do VE?

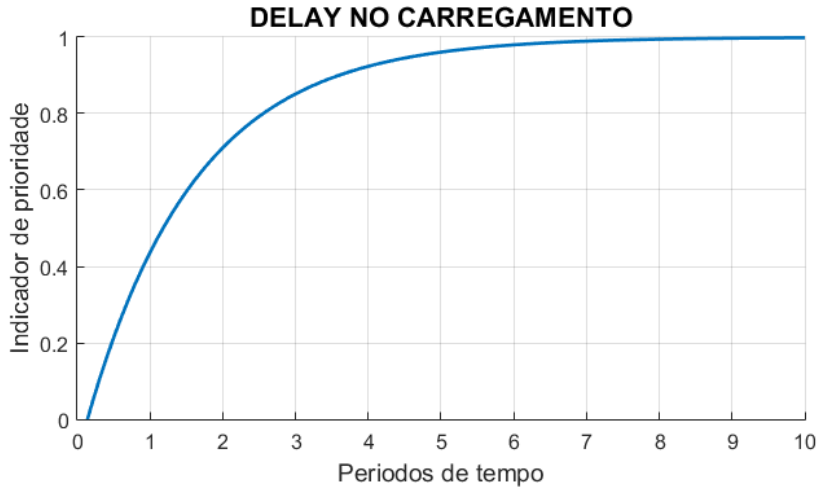
- Assim, na função objetivo existe um indicador agregado que considera cada um desses critérios e representa o nível de prioridade no carregamento requerido por cada VE.

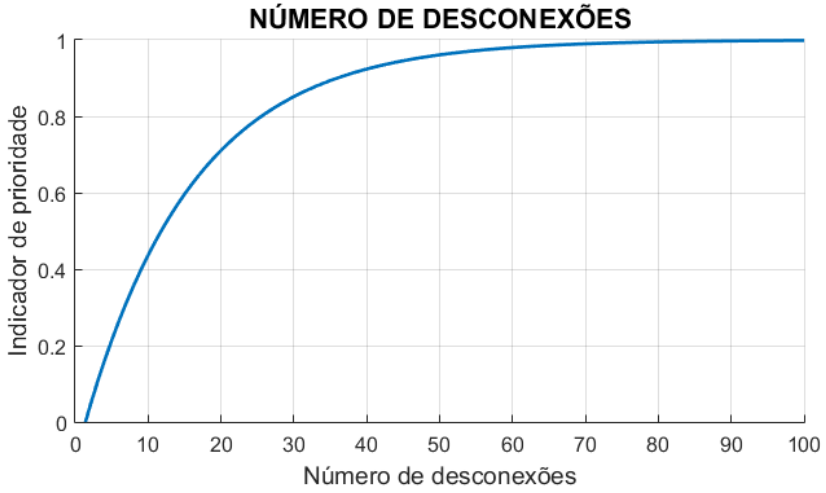
- Função objetivo:

$$max \qquad z = \sum_{VE} fator\ de\ prioridade_{VE} * x_{VE}$$

Critérios de Prioridade









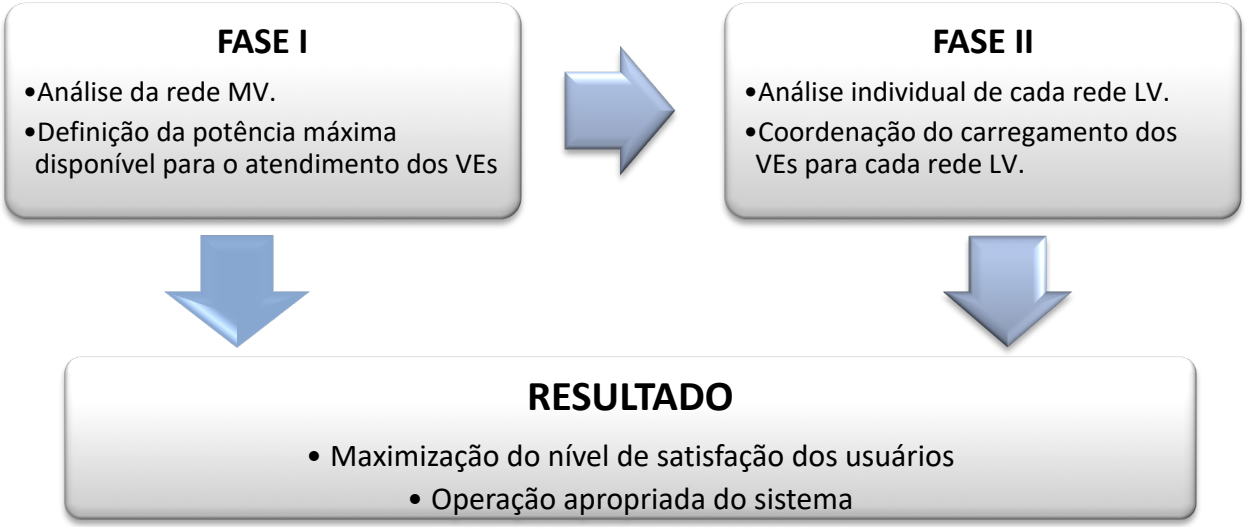
Metodologia

- O algoritmo deverá manter o funcionamento apropriado do sistema de distribuição ao longo de cada janela de controle considerando:
  - De forma determinística:
    - O valor atual da demanda convencional.
    - O número de VEs atualmente presentes no sistema.
  - De forma estocástica ao final da janela de controle:
    - O valor da demanda convencional.
    - O número de VEs presentes no sistema.

Metodologia

A operação dos sistemas de MV e LV será otimizada em duas fases visando:

- Reduzir a complexidade do problema.
- Facilitar a implementação do controle em tempo real.
- Aliviar o overhead de comunicação.



Metodologia: Fase I

OBJETIVO:

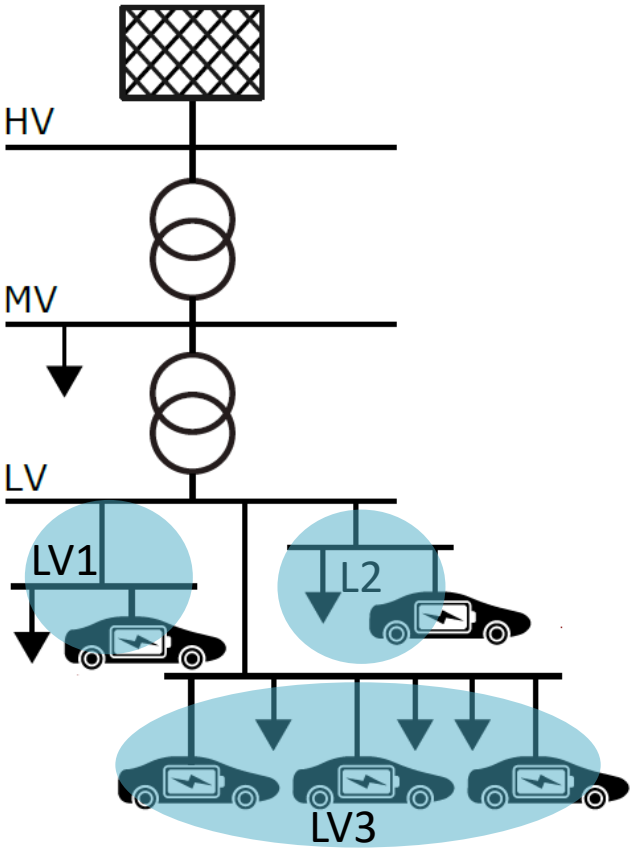
- **Definir a potência máxima disponível em cada barra MV** para o atendimento dos VEs (Nº. VEs) por parte do operador, garantindo a operação apropriada no sistema MV e evitando principalmente **sobrecargas no sistema**.

CONSIDERAÇÕES:

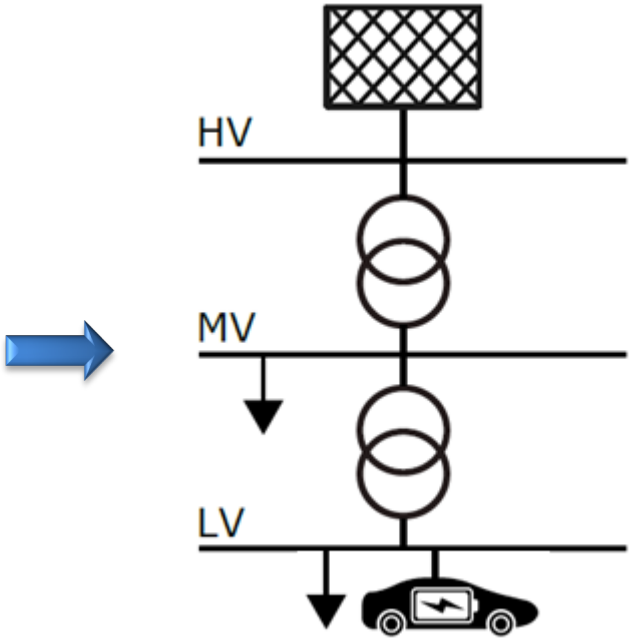
- A demanda convencional e dos VEs será considerada de **forma agregada em cada barra MV.**

- Os limites térmicos dos transformadores de MV para LV serão incluídos nesta fase.

Metodologia



SISTEMA COMPLETO



LV1 +LV2 + LV3

Potência máxima em cada barra MV

FASE I
Demanda agregada
Sobrecargas no transformador

Metodologia: Fase II

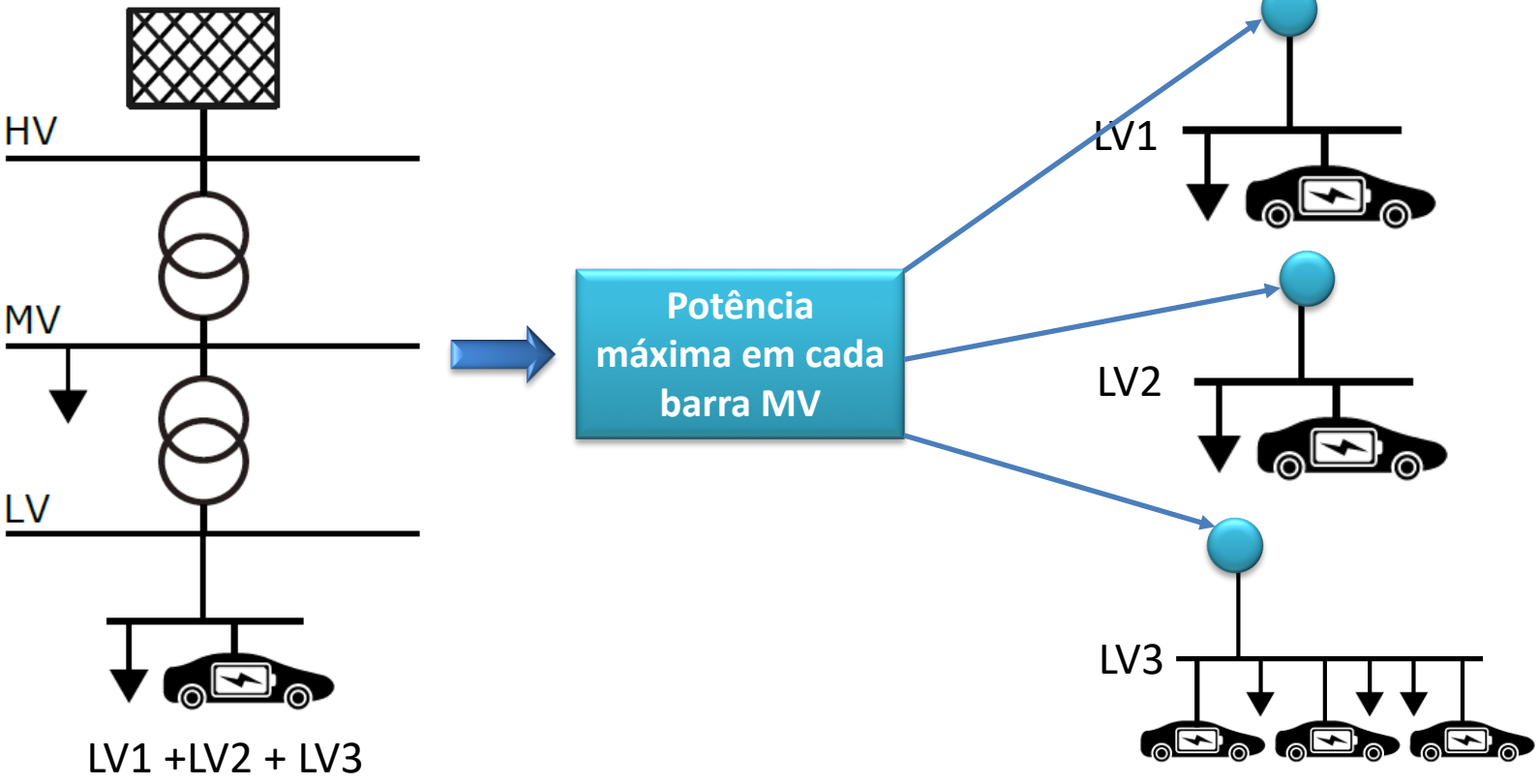
OBJETIVO:

- Definir de forma separada a coordenação do carregamento dos VEs para cada rede LV, evitando **principalmente problemas de sobtensões.**

CONSIDERAÇÕES:

- A coordenação do carregamento dos VEs será feita de forma individual para cada rede LV de acordo com a potência e as tensões definidas na fase I.

Metodologia



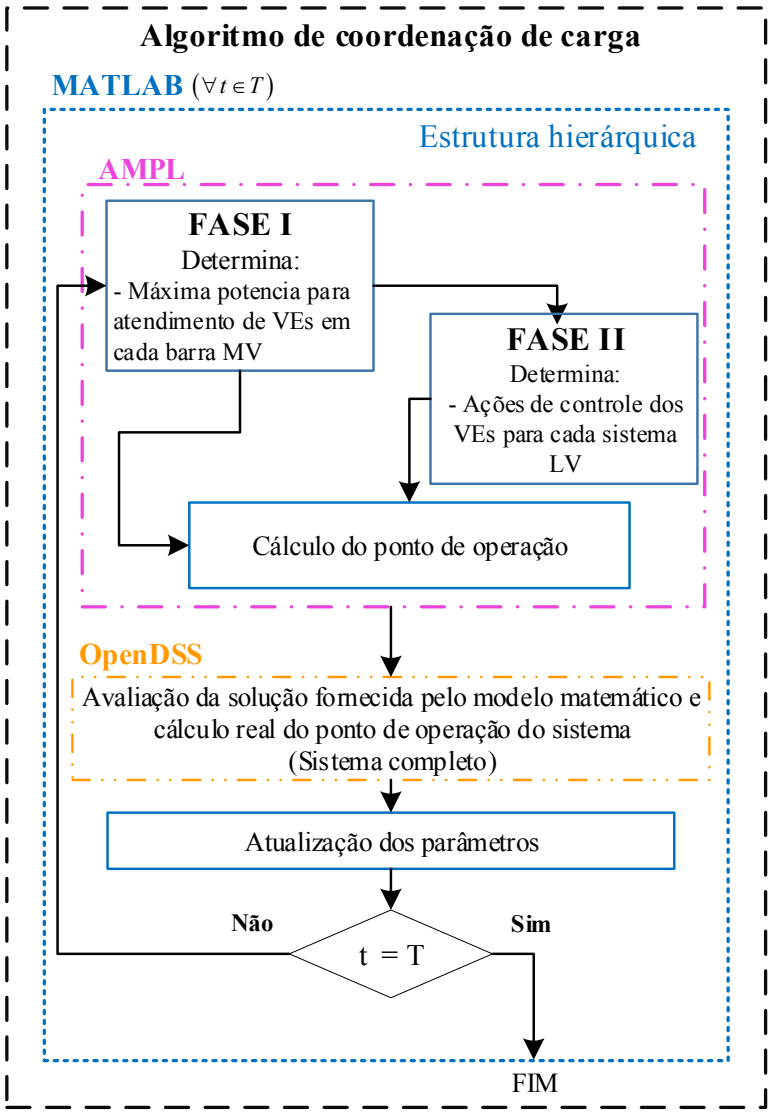
FASE I
Demanda agregada
Sobrecargas no transformador

FASE II
Coordenação de carregamento
Quedas de tensão

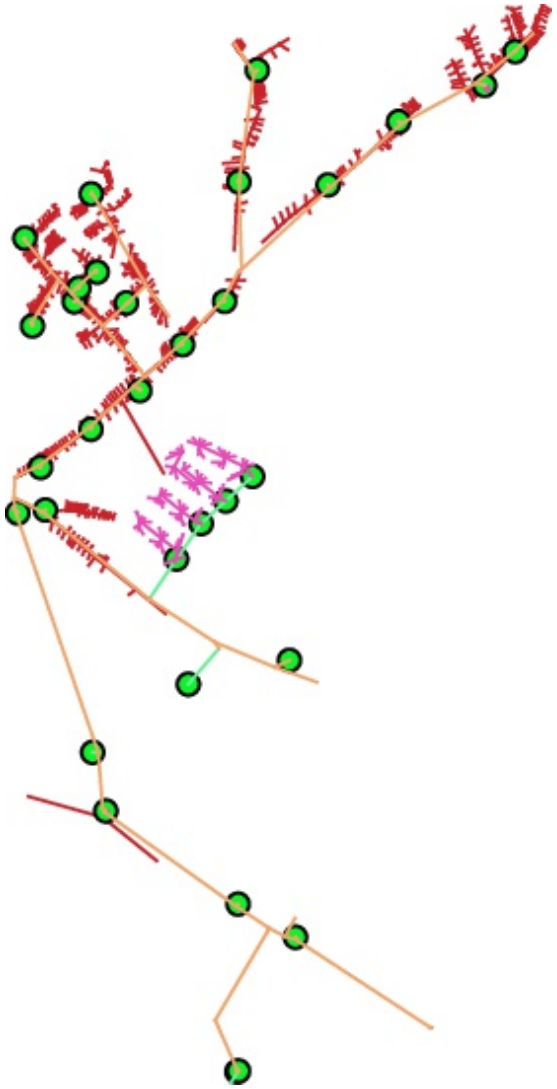
Mecanismo de solução

- O cálculo da função objetivo e do ponto de operação do sistema em ambas as fases é realizado usando um fluxo de potência trifásico.
- Os modelos são implementados na linguagem de programação matemática AMPL e resolvidos através do *solver* comercial CPLEX.
- A solução fornecida pelo modelo é avaliada usando o software OpenDSS visando obter o ponto de operação real do sistema.
- O processo de comunicação entre o AMPL e o OpenDSS é realizado e executado usando a ferramenta de desenvolvimento de software MATLAB.

FLUXOGRAMA


Algoritmo de coordenação de carga
MATLAB ($\forall t \in T$)
Estrutura hierárquica
AMPL
FASE I
Determina:
- Máxima potencia para atendimento de VEs em cada barra MV
FASE II
Determina:
- Ações de controle dos VEs para cada sistema LV
Cálculo do ponto de operação
OpenDSS
Avaliação da solução fornecida pelo modelo matemático e cálculo real do ponto de operação do sistema (Sistema completo)
Atualização dos parâmetros
Não
Sim
t = T
FIM

Rede de Distribuição Real



31 transformadores

126 linhas MV

1404 linhas LV

Desafíos:

- Modelagem matemática de alguns tipos de transformadores altamente complexa e ainda não desenvolvida.
- Cálculo das demandas agregadas nas barras MV depende do tipo de transformador

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

LaPSEE
Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica

HIERARCHICAL OPTIMIZATION FOR PRACTICAL CHARGING COORDINATION OF ELECTRIC VEHICLES CONSIDERING LOAD UNCERTAINTY

COORDENAÇÃO PRÁTICA DO CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS USANDO OTIMIZAÇÃO HIERÁRQUICA CONSIDERANDO INCERTEZAS NA DEMANDA

OBRIGADA!



Ilha Solteira, 16 de Fevereiro de 2019

LaPSEE
{natycanta, cfsa27, jffranco}@gmail.com
unesp