

Série dos Seminários de Acompanhamento à Pesquisa

Número 42 | 07 2022

Operação do Sistema de Distribuição Sob Incerteza Endógena no Contexto de Queimadas

Felipe Neves Piancó

Orientador: Bruno Fânzeres
Coorientador: Alexandre Moreira

CRÉDITOS:

SISTEMA MAXWELL / LAMBDA
<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/>

Organizadores: Fernanda Baião / Soraida Aguilar
Layout da Capa: Aline Magalhães dos Santos

Felipe Piancó



2014

-

2018

2019

2020

2021

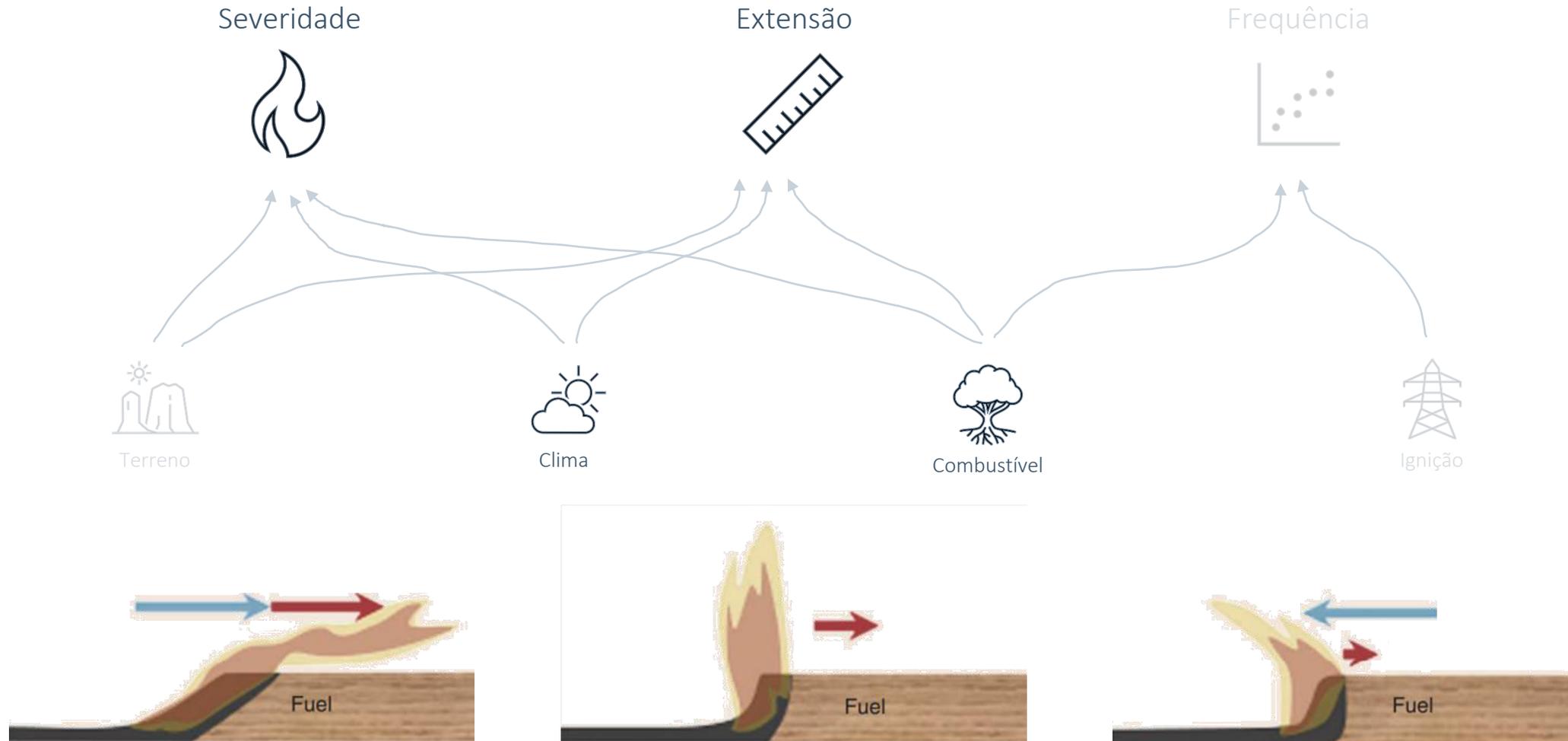
2022

2023

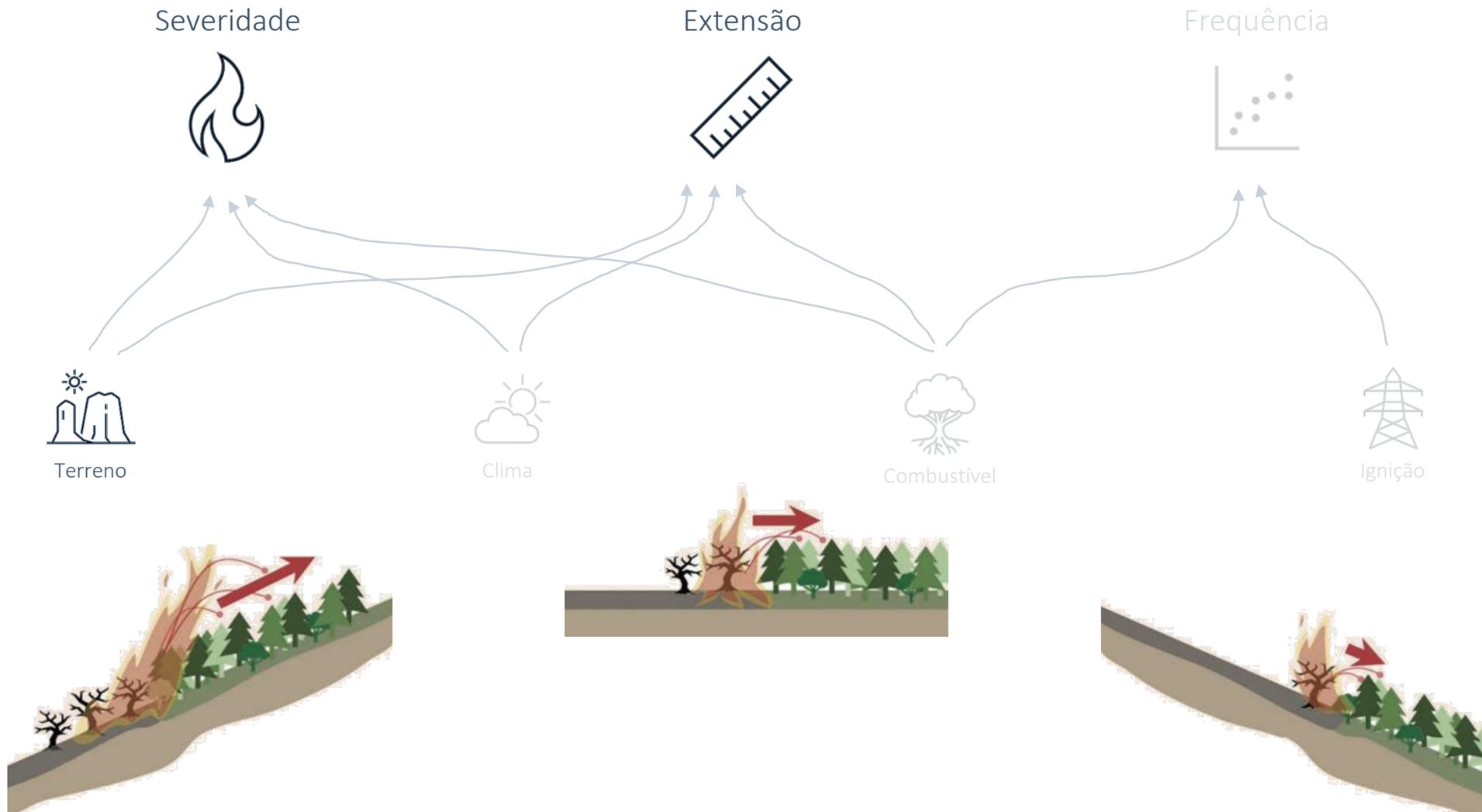
Queimadas



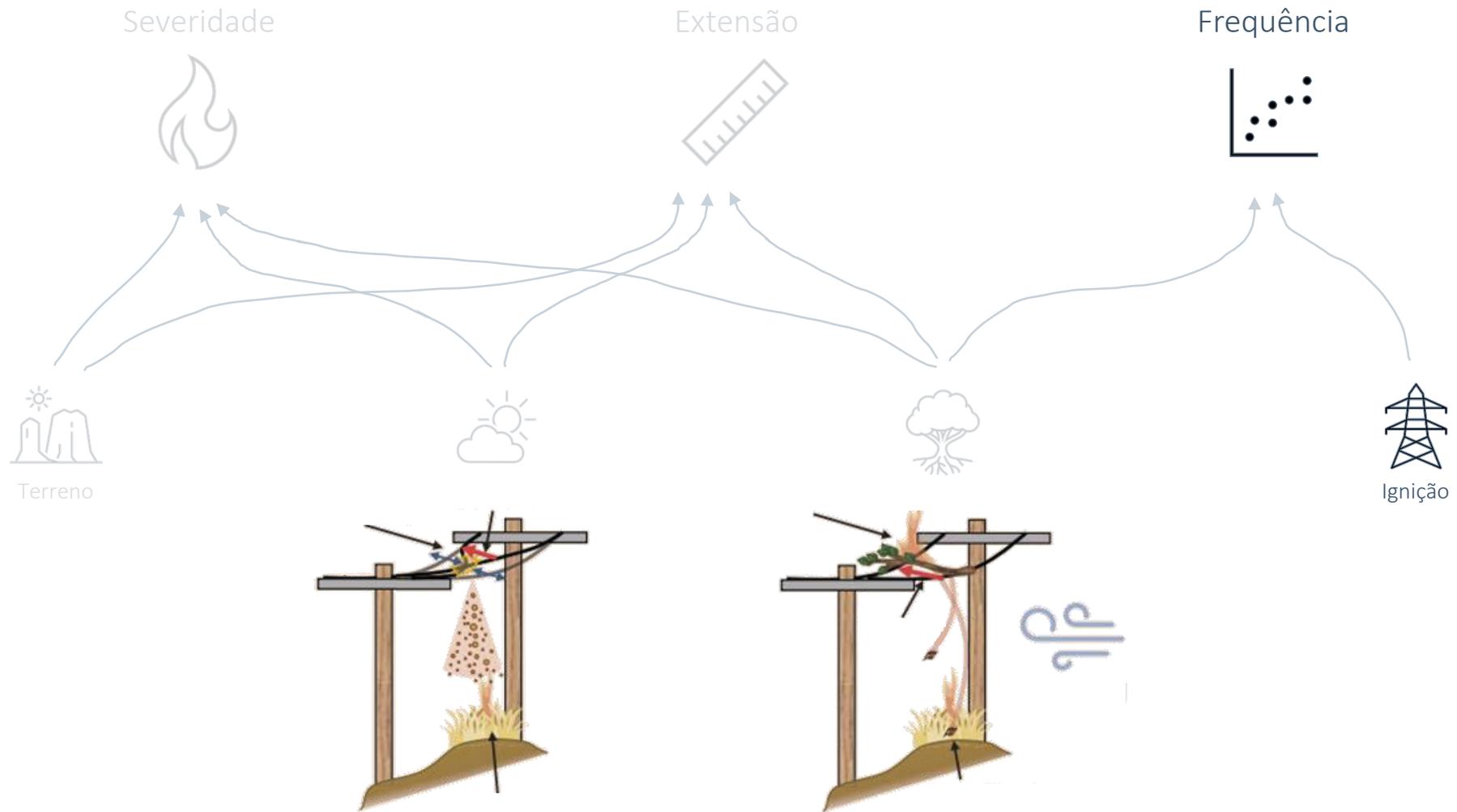
Queimadas



Queimadas



Queimadas



Inglaterra

Em 2021 incêndio causado por linhas de transmissão

19% de aumento no preço da eletricidade



Grécia



Em 2019, acidente similar ocasionou a morte de 102 pessoas

Austrália



Em 2014, um incêndio florestal provocou o desligamento de 3 LTs por 4h

Risco iminente de colapso total do sistema

Em 2009, vários incêndios em Victoria foram parcialmente causados por LTs

4.500 km² + 173 mortes + 3.500 estruturas destruídas

Estados Unidos



Perspectiva de uma distribuidora local

- Programas de modelagem de riscos de incêndios florestais

- Modernização de equipamentos

- Implementação de áreas de microrredes

- Inspeções locais e gestão da vegetação +

O esforço da empresa para combater esses riscos ilustra como essa preocupação tem sido relevante para a operação e planejamento da rede, globalmente!

Estados Unidos



Em 2018, incêndio mais destrutivo e mortal da história da Califórnia foi causado por LT

Operação dessas linhas

+ condições de ventos fortes

+ clima quente e baixa umidade

= 500 km² + morte de 85 pessoas

Brasil

Crescimento da quantidade e intensidade dos incêndios florestais

Em 2020, incêndios e condições meteorológicas adversas = + 50% das interrupções de LTs



Interrupções por descargas estações chuvosas (dezembro-abril)

Interrupções por incêndios estação seca (maio-novembro)

- + regiões Centro-Oeste e Nordeste

- Preocupação adicional na perspectiva de operação do sistema

- Maior produção de hidrelétricas no Centro-Oeste

- Maior produção de eólicas no Nordeste

- = Escoamento de energia para região Sudeste

Distintas ações no setor:

- Programas de controle preventivo e corretivo

- Inclusão do tema no planejamento do trajeto da expansão da transmissão

- Ações regulatórias impostas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) +

Brasil

Em 2013, perturbação sistêmica de grande porte no Sistema de Transmissão

Blecaute na região NE

Corte de carga ~ 10.900 MW

Principal causa = desligamento por queimadas

Fiscalização da ANEEL de forma cada vez mais preventiva

Reforço da atuação junto às empresas de transmissão

Programas de limpeza de faixas de servidão

Em 2017, a ANEEL seleciona um conjunto de LTs prioritárias a serem monitoradas com mais intensidade

Responsáveis pelos maiores intercâmbios entre as regiões N, NE e CO

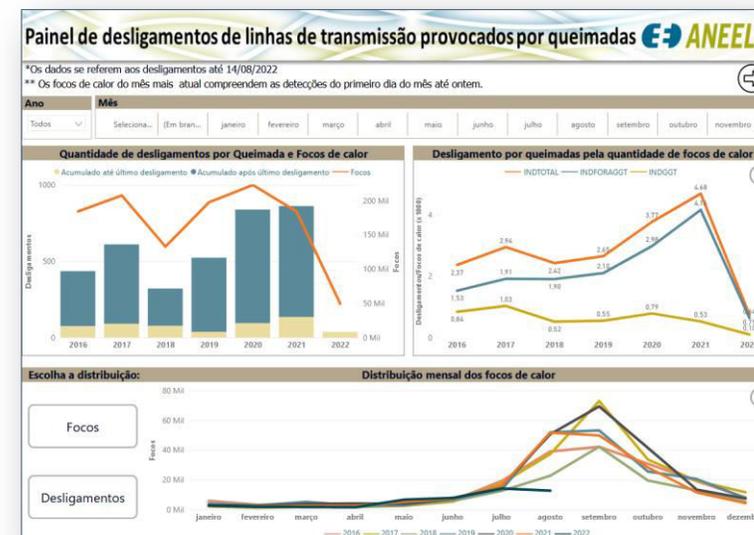
Mais susceptíveis a desligamentos por queimadas

Regiões de cerrado

Sofrem efeito devastador da seca

Em 2018, queimada é a principal causa de desligamento de LTs

Com o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), desenvolvimento do GGT
Sistema de Gestão Geoespacializada da Transmissão



Brasil

NOTÍCIAS - 28 de abril de 2022

Desligamentos na transmissão caem para 3 mil entre 2020-2021

Queimadas seguem preocupando os agentes, sobretudo entre julho a outubro. Aneel apresentou dados no 5º Seminário de Gestão Geoespacializada da Transmissão

NOTÍCIAS - 27 de agosto de 2020

Queimadas no RJ desligaram quatro LTs de Furnas esse ano

Impacto na rede de transmissão da companhia em 2020 já é maior que no ano passado, apesar de fornecimento não ter sido afetado

NOTÍCIAS - 10 de agosto de 2022

CPFL Energia registra cerca de 3.000 interrupções por queimadas

Nos seis primeiros meses de 2022, o número já passa dos 1.300 casos

NOTÍCIAS - 17 de agosto de 2021

Cemig aponta crescimento de 55% no número de queimadas em 2021

A distribuidora realiza campanhas para minimizar essa prática que, além de interromper o fornecimento de energia, destrói a natureza e coloca o patrimônio em risco

NOTÍCIAS - 17 de setembro de 2020

Cemig usa helicóptero na reconstrução de LD danificada por queimadas

Aeronave evitou corte de vegetação densa em área da Serra da Mantiqueira, além de agilizar o transporte de estruturas e evitar desligamento de energia para cerca de 3 mil clientes

NOTÍCIAS - 24 de junho de 2021

Isa Cteep investe mais de R\$ 17 milhões na prevenção de queimadas

Iniciativas envolvem roçada de vegetação das faixas de servidão da companhia e campanha de conscientização à população



Mundo



O estado da operação traduzido no fluxo das linhas pode impactar na distribuição de probabilidade de falhas associada a ambientes propícios a queimadas!

A probabilidade não está associada somente a condições meteorológicas e fontes externas
É diretamente afetada por decisões operativas!



Como melhor operar a rede elétrica considerando eventos climáticos adversos, que aumentam o risco de incêndios florestais, e como as decisões tomadas podem afetar a probabilidade de falha das linhas de transmissão?

- Como modelar a operação considerando esses fatos?
 - Como a decisão da operação afetam a chance de falha nas linhas de transmissão?
 - Como representar o fluxo de potência de maneira adequada?
- 

Fluxo de Potência

Analisar um Sistema de Potência dado um ponto de operação

$$\min \sum \text{CustoGeração}$$

Entrada: Geração, Demanda e Tensão
Saída: Fluxo de Potência nas linhas

Fluxo de Potência

Analisar um Sistema de Potência dado um ponto de operação

Entrada: Geração, Demanda e Tensão
Saída: Fluxo de Potência nas linhas

min \sum CustoGeração

s. a. Geração = Demanda
Modelagem Física
Limites Gerador
Limites de tensão
Limites de fluxo nas linhas
Restrições de reserva
Restrições de segurança da rede
Entre outros...

Fluxo de Potência

Analisar um Sistema de Potência dado um ponto de operação

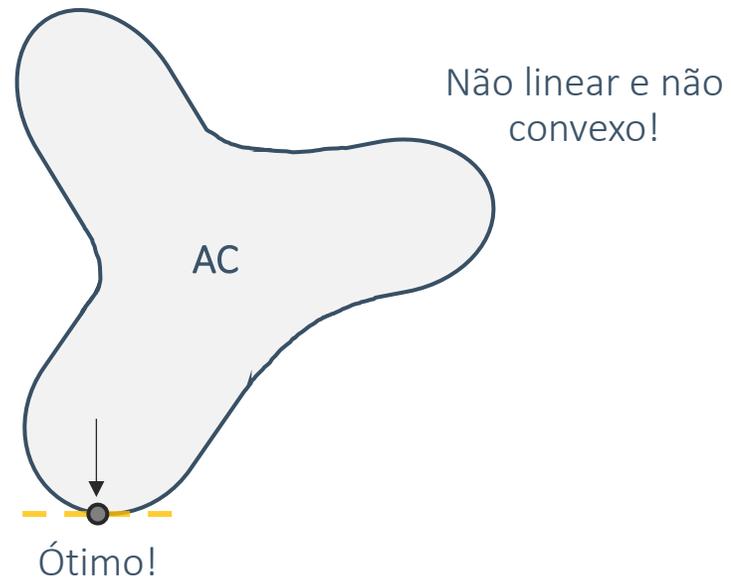
Entrada: Geração, Demanda e Tensão
Saída: Fluxo de Potência nas linhas

AC - Não linear e não convexo!

$$\min \sum \text{CustoGeração}$$

s. a. Geração = Demanda
Modelagem Física
Limites Gerador
Limites de tensão
Limites de fluxo nas linhas
Restrições de reserva
Restrições de segurança da rede
Entre outros...

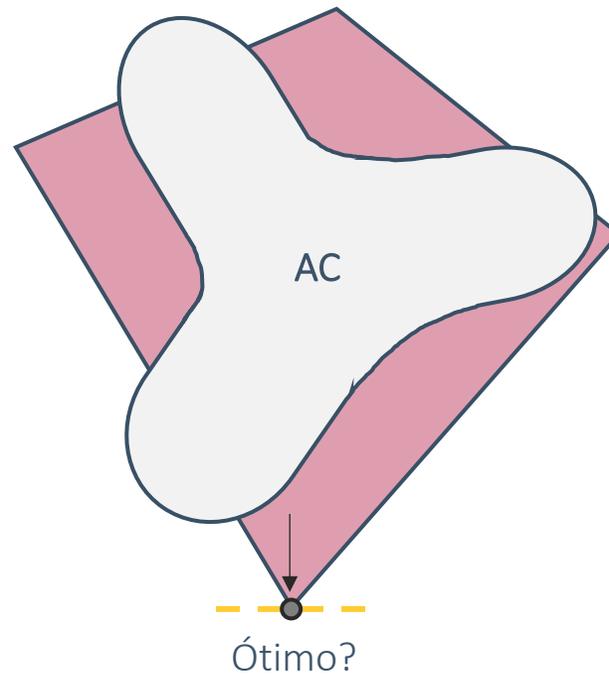
Fluxo de Potência



Fluxo de Potência

Aproximação:

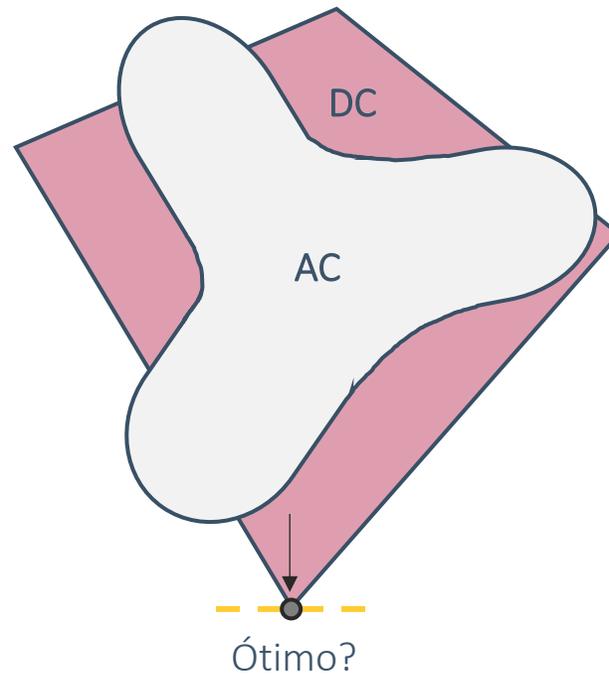
- Pode ser muito otimista
- Pode incluir pontos inviáveis
- Pode não incluir ponto viáveis
- Pode não incluir a solução ótima...



Fluxo de Potência

Aproximação:

- Pode ser muito otimista
- Pode incluir pontos inviáveis
- Pode não incluir ponto viáveis
- Pode não incluir a solução ótima...



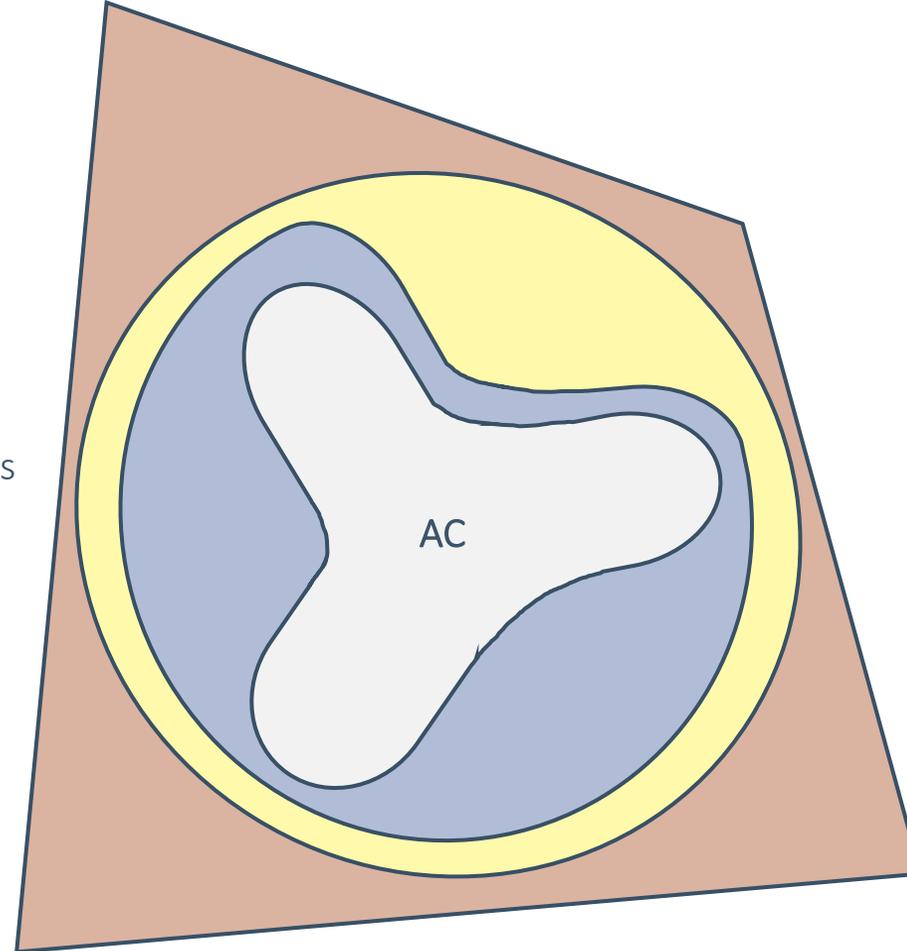
Aproximação Linear DC:

- Assume que a tensão em todos as barras é igual
- Assume que a resistência nas linhas é muito pequena

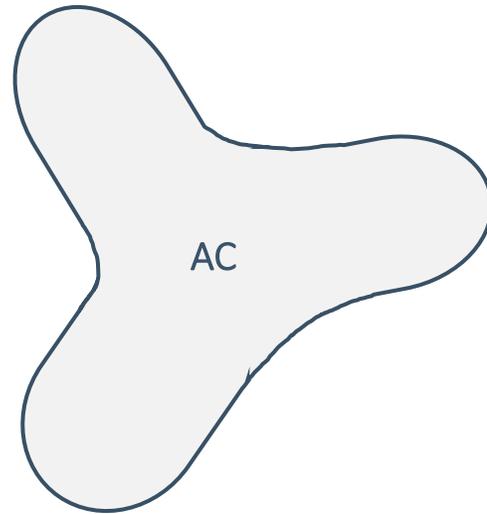
Fluxo de Potência

Relaxamento:

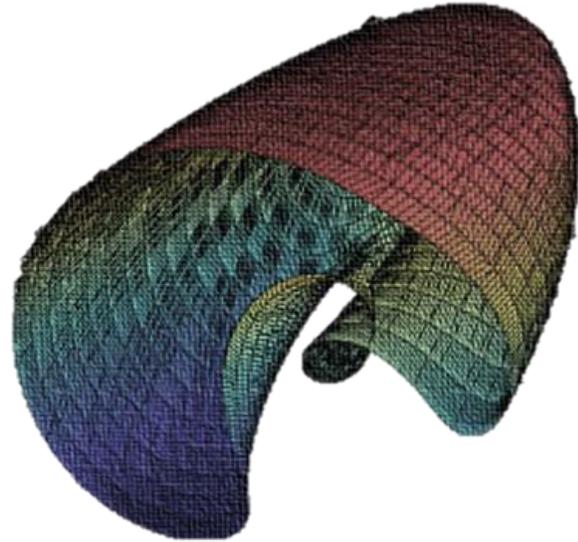
- Contém todos os pontos viáveis
- Diferentes formas
- Pode ser não convexa
- Pode ser não linear
- Pode ser linear



Fluxo de Potência



Fluxo de Potência



Espaço de viabilidade pode ser complexo...

Fluxo de Potência



Curto Prazo:

Operação

Comutação de Linhas de Transmissão

Médio Prazo:

Mercado

Unit commitment

Longo Prazo:

Resiliência

Planejamento

Expansão do parque gerador

Expansão do parque transmissor

Fluxo de Potência



Curto Prazo:

Operação

Comutação de Linhas de Transmissão

Médio Prazo:

Mercado

Unit commitment

Longo Prazo:

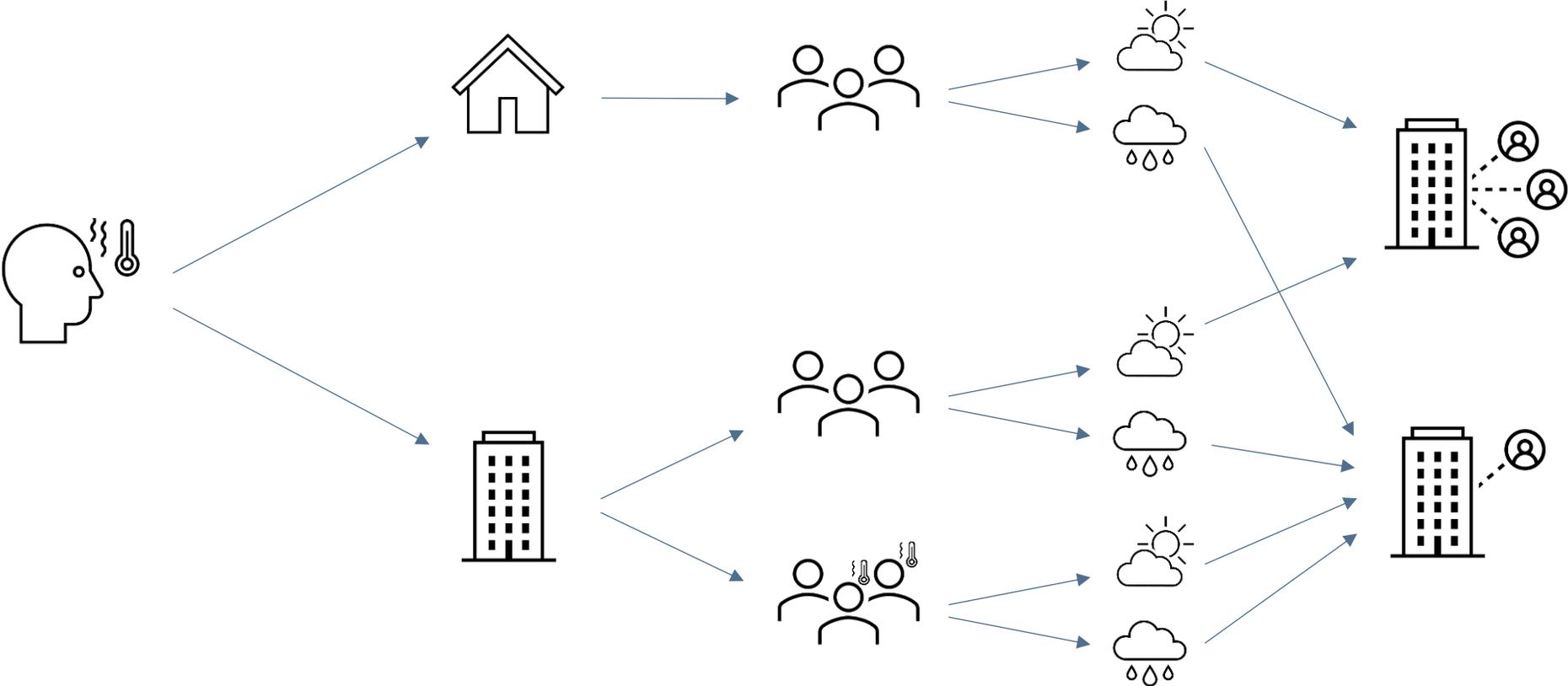
Resiliência

Planejamento

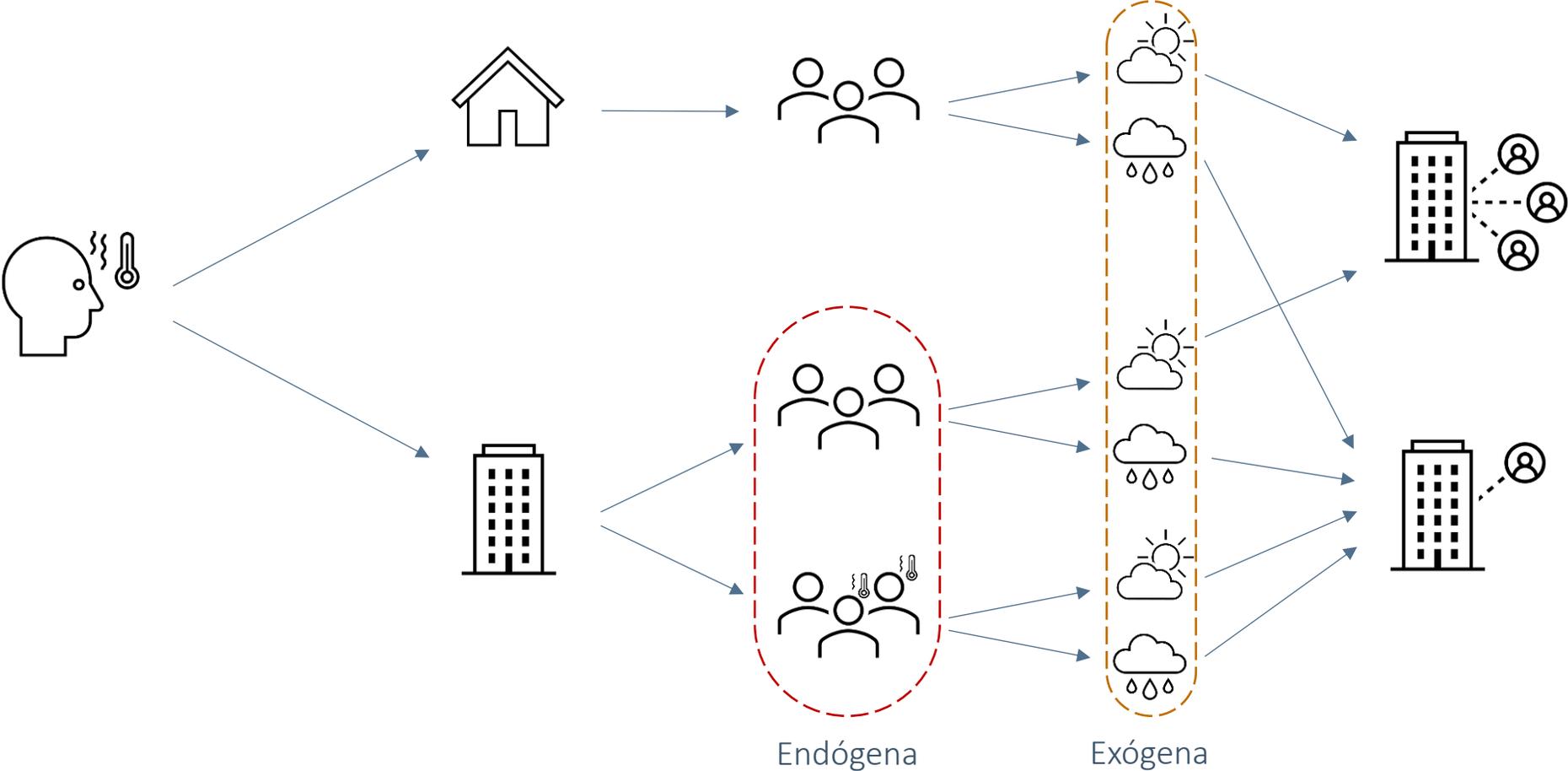
Expansão do parque gerador

Expansão do parque transmissor

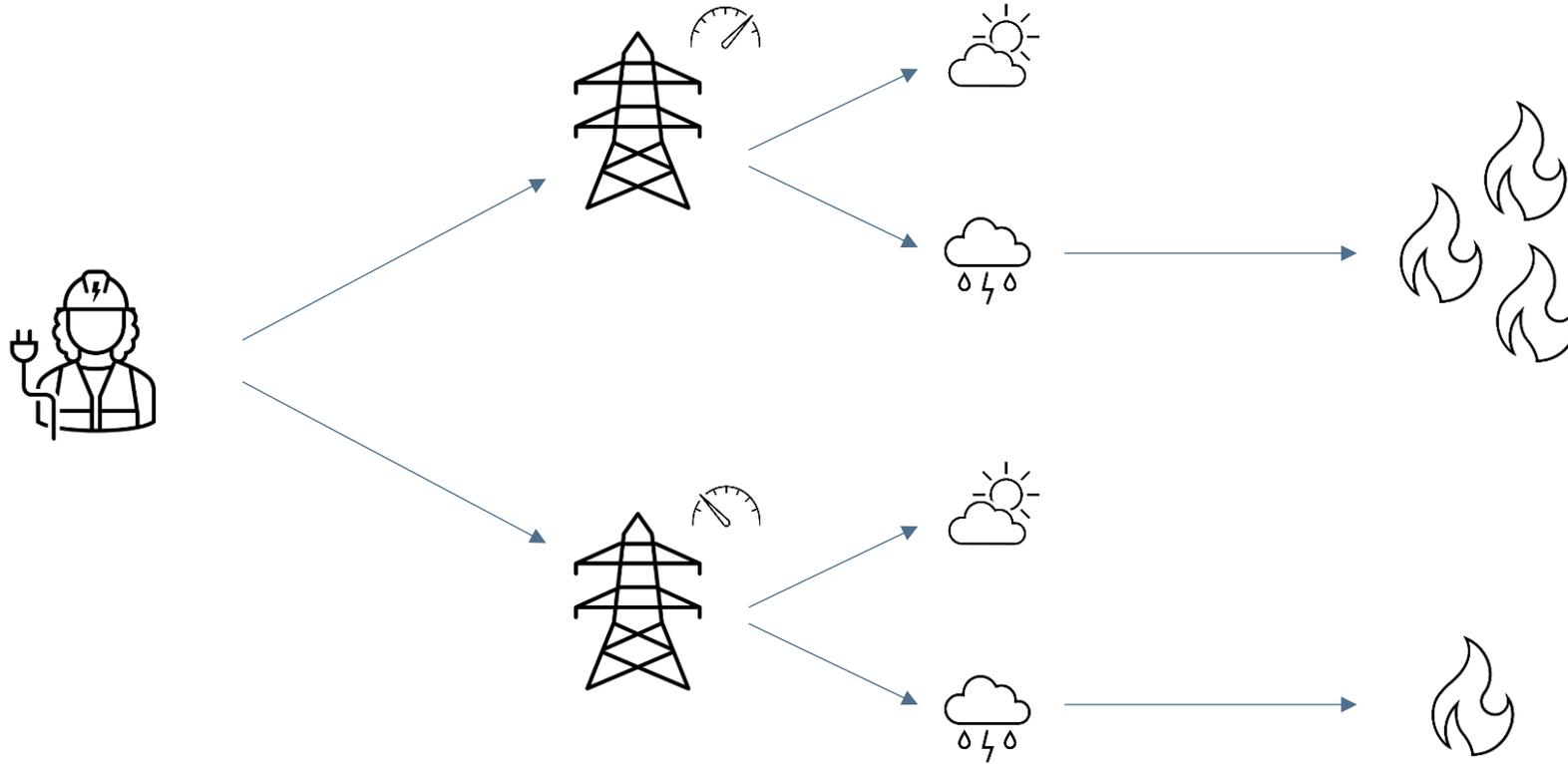
Incerteza



Incerteza



Incerteza

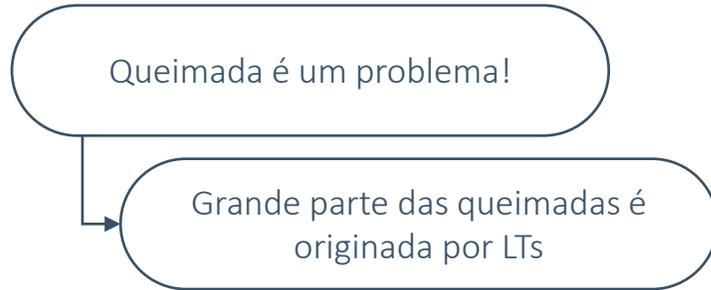


A caracterização probabilística da incerteza é diretamente impactada pelas decisões tomadas!

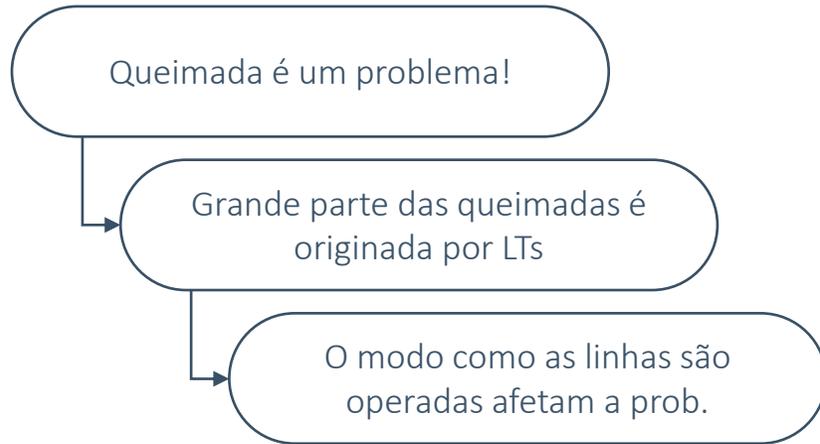
Modelo

Queimada é um problema!

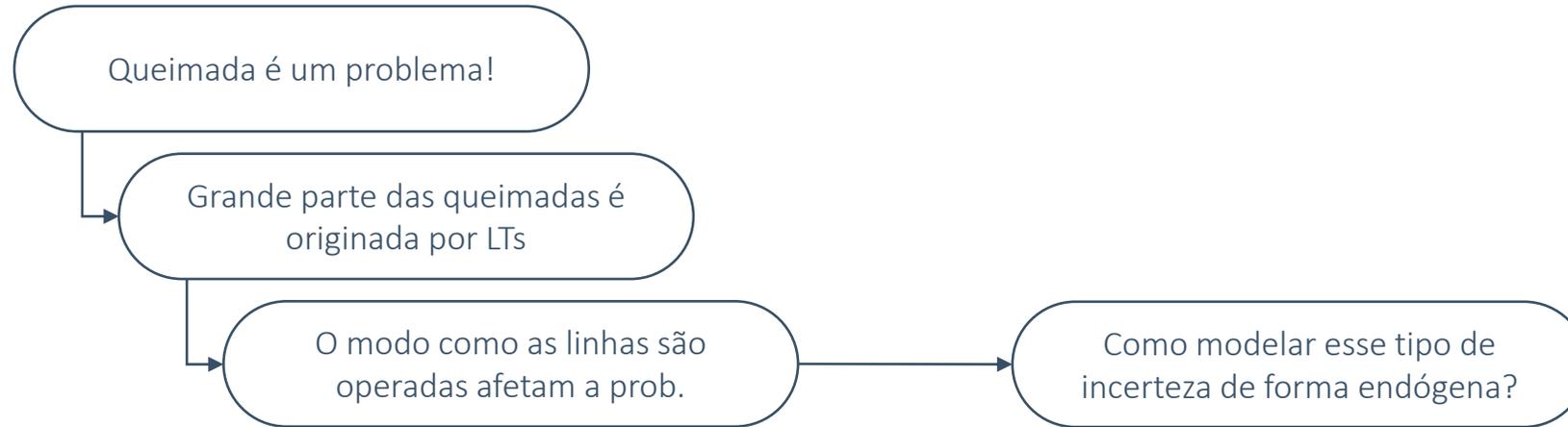
Modelo



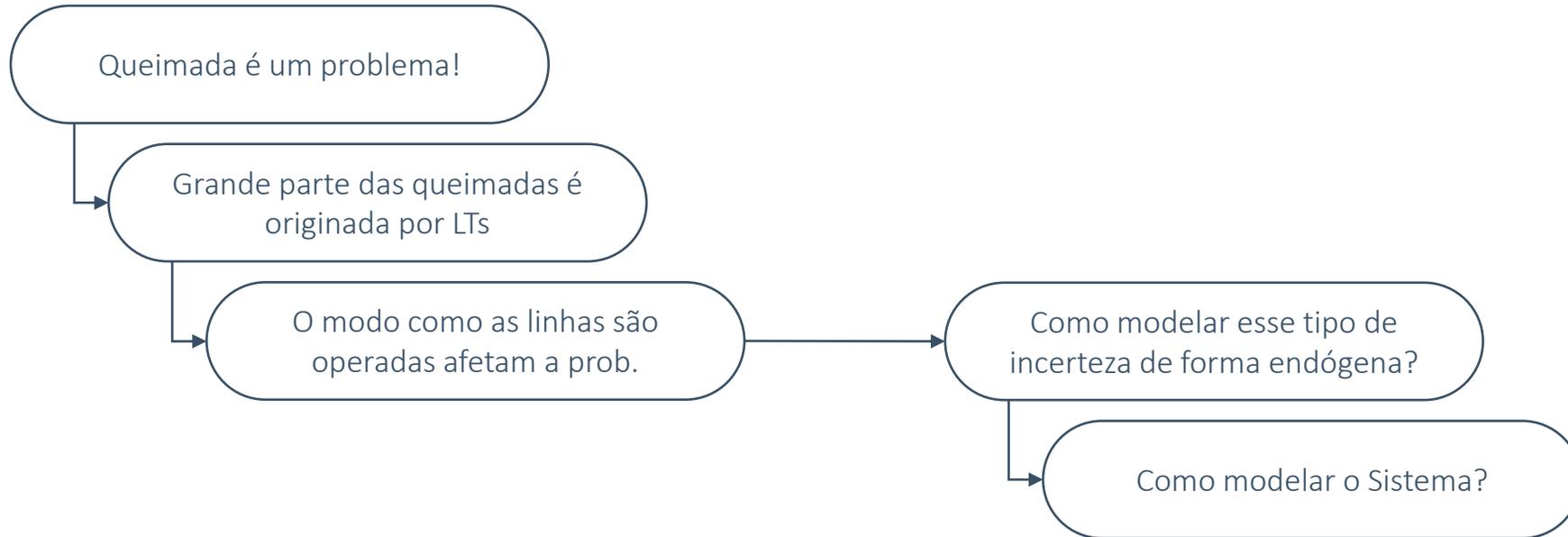
Modelo



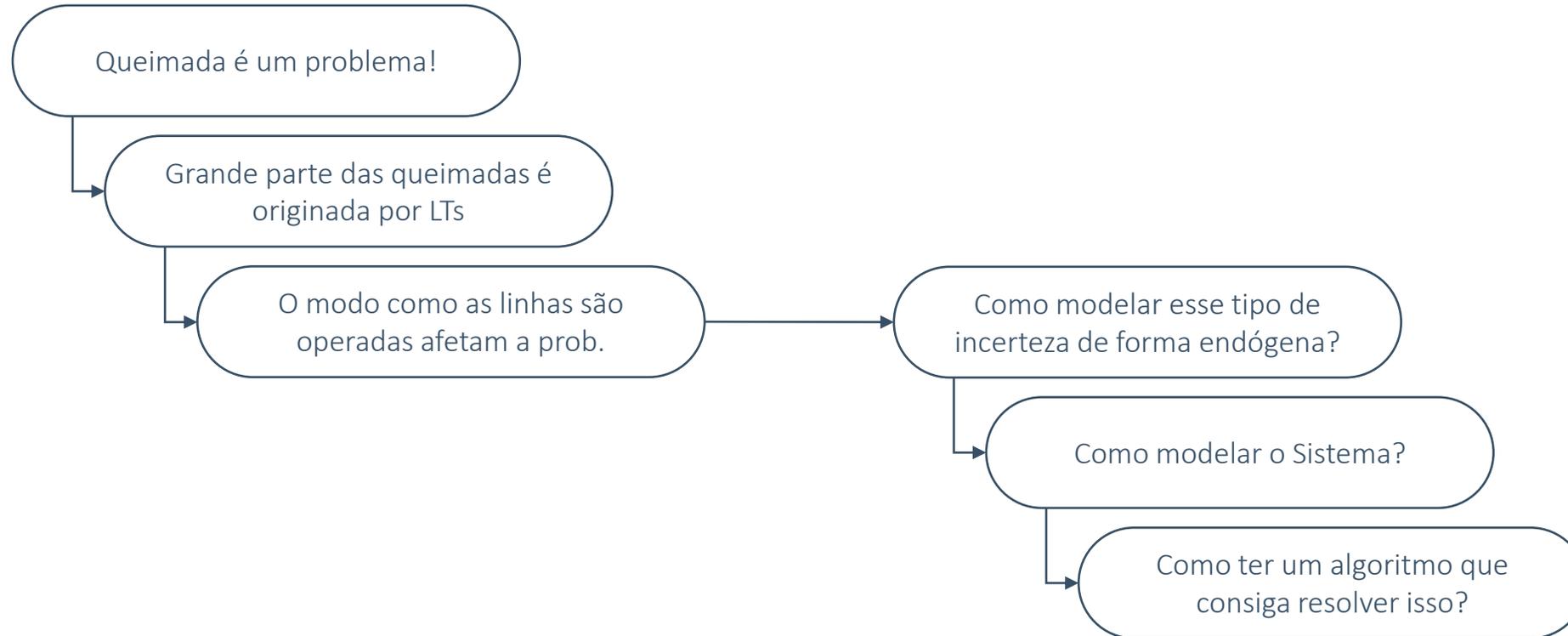
Modelo



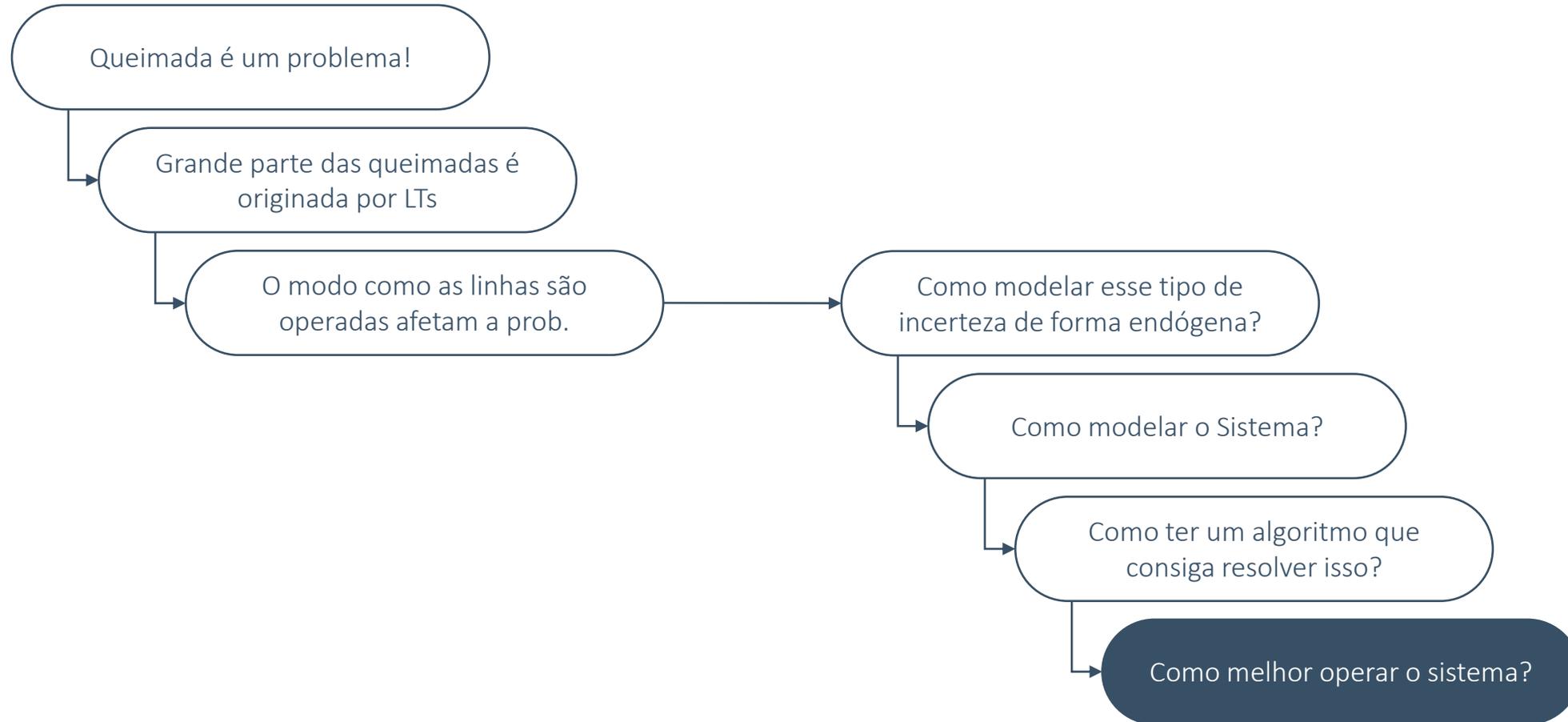
Modelo



Modelo



Modelo





Próximos Passos

Revisão bibliográfica

Formulação dos modelos

Metodologias de solução

Casos de Estudo





Felipe Piancó

piancofelipe@gmail.com

+55 21 999-178-618

 /piancofelipe