

# Sistemas Elétricos de Potência I

PROF. LUCAS CLAUDINO



# Sumário

## **Unidade 1 | Introdução aos sistemas elétricos de potência (SEP)**

Seção - 1.1 O sistema elétrico de potência (SEP)

Seção - 1.2 Equipamentos elétricos utilizados em SEP

Seção - 1.3 Subestações de energia

## **Unidade 2 | Análise do sistema elétrico de potência**

Seção - 2.1 Sistema por unidade (PU)

Seção - 2.2 Geradores e cargas utilizados em SEP

Seção - 2.3 Introdução ao fluxo de potência



# Sumário

## **Unidade 3 | Sistemas de transmissão em corrente contínua (HVDC)**

Seção 3.1 - Introdução aos sistemas de transmissão em corrente contínua

Seção 3.2 - Sistemas HVDC com elo de corrente

Seção 3.3 - Sistemas HVDC com elo de tensão

## **Unidade 4 | Automação dos sistemas de distribuição de energia**

Seção 4.1 - Motivações para a automação do sistema de distribuição de energia

Seção 4.2 - Monitoramento das redes de distribuição

Seção 4.3 - O sistema de gerenciamento da distribuição e suas funções



- ▶ Unidade de Ensino: 4
- ▶ Competência da Unidade: Motivações para a automação do sistema de distribuição de energia; Monitoramento das redes de distribuição; O sistema de gerenciamento da distribuição e suas funções.
- ▶ Resumo: Aprender os principais conceitos e motivações sobre a automação dos sistemas de distribuição de energia elétrica.
- ▶ Palavras-chave: automação; distribuição de energia; smart grid; redes elétricas inteligentes.

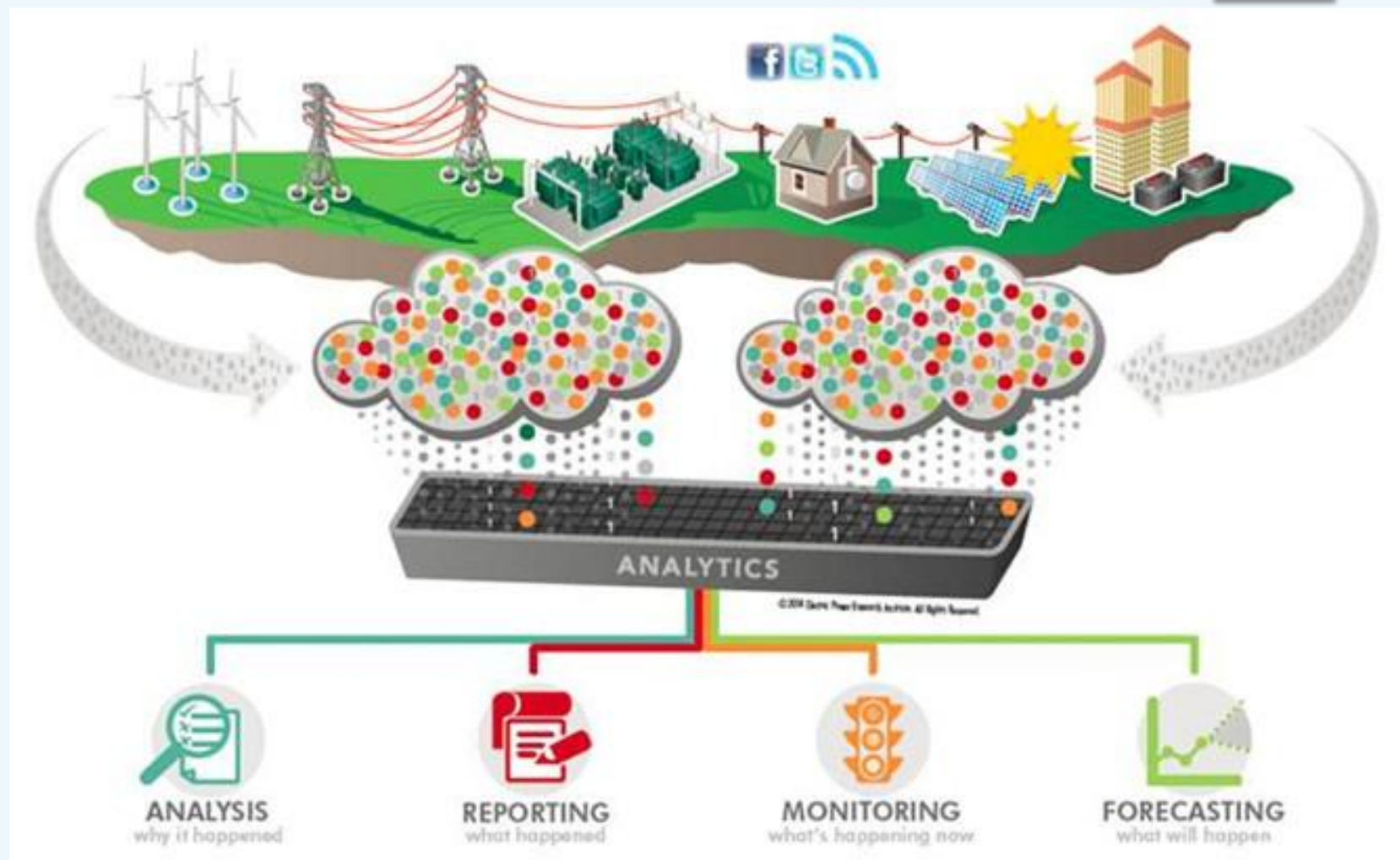
## CONCEITOS

---

# Contextualização



# SMART GRID É O FUTURO



Fonte: disponível em <https://bit.ly/2XK955x> Acesso 16 abr 2020.

## CONCEITOS

---

# Motivações para a automação do SEP



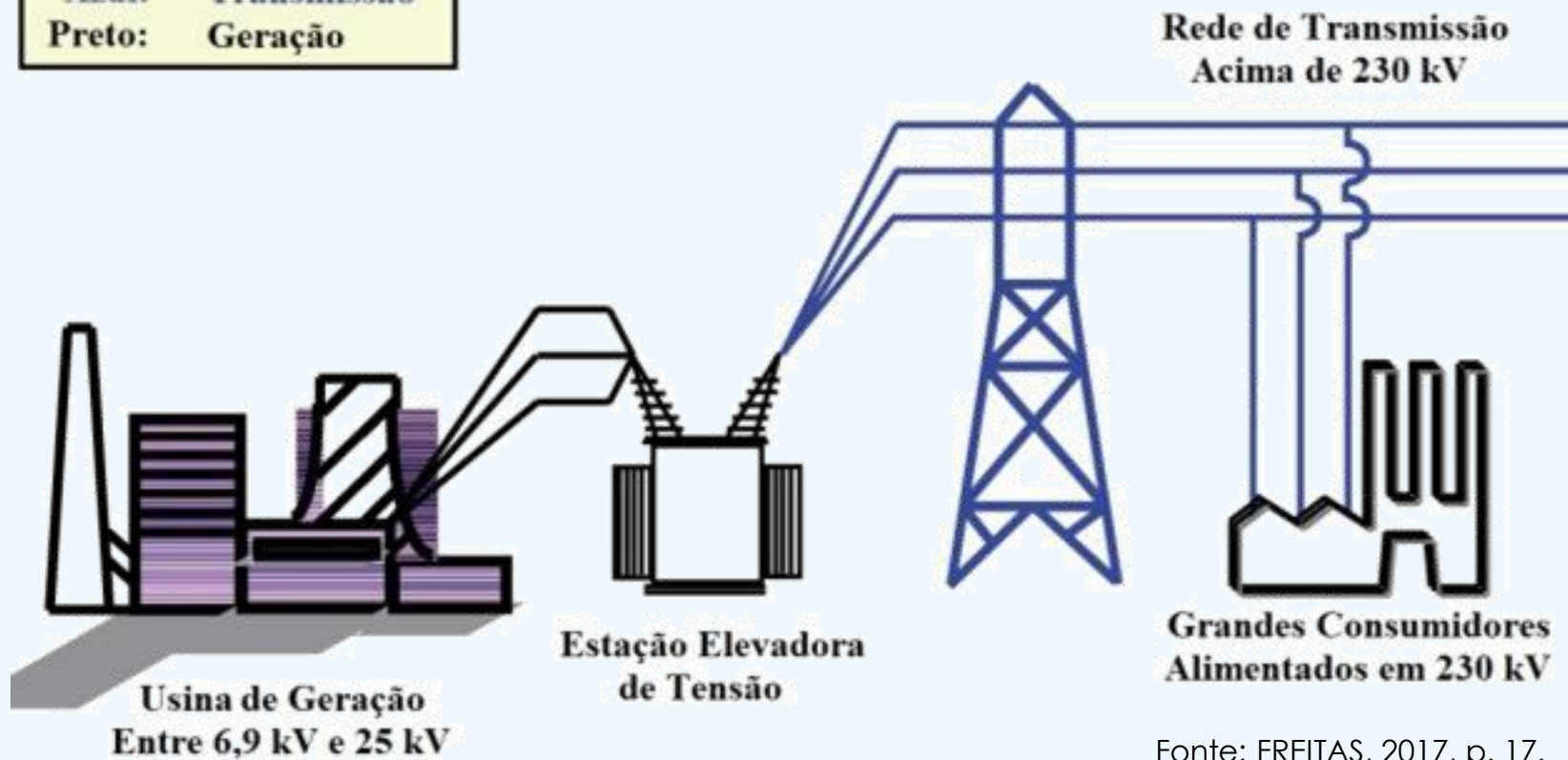
# Sistema tradicional

Cores:

Verde: Distribuição

Azul: Transmissão

Preto: Geração

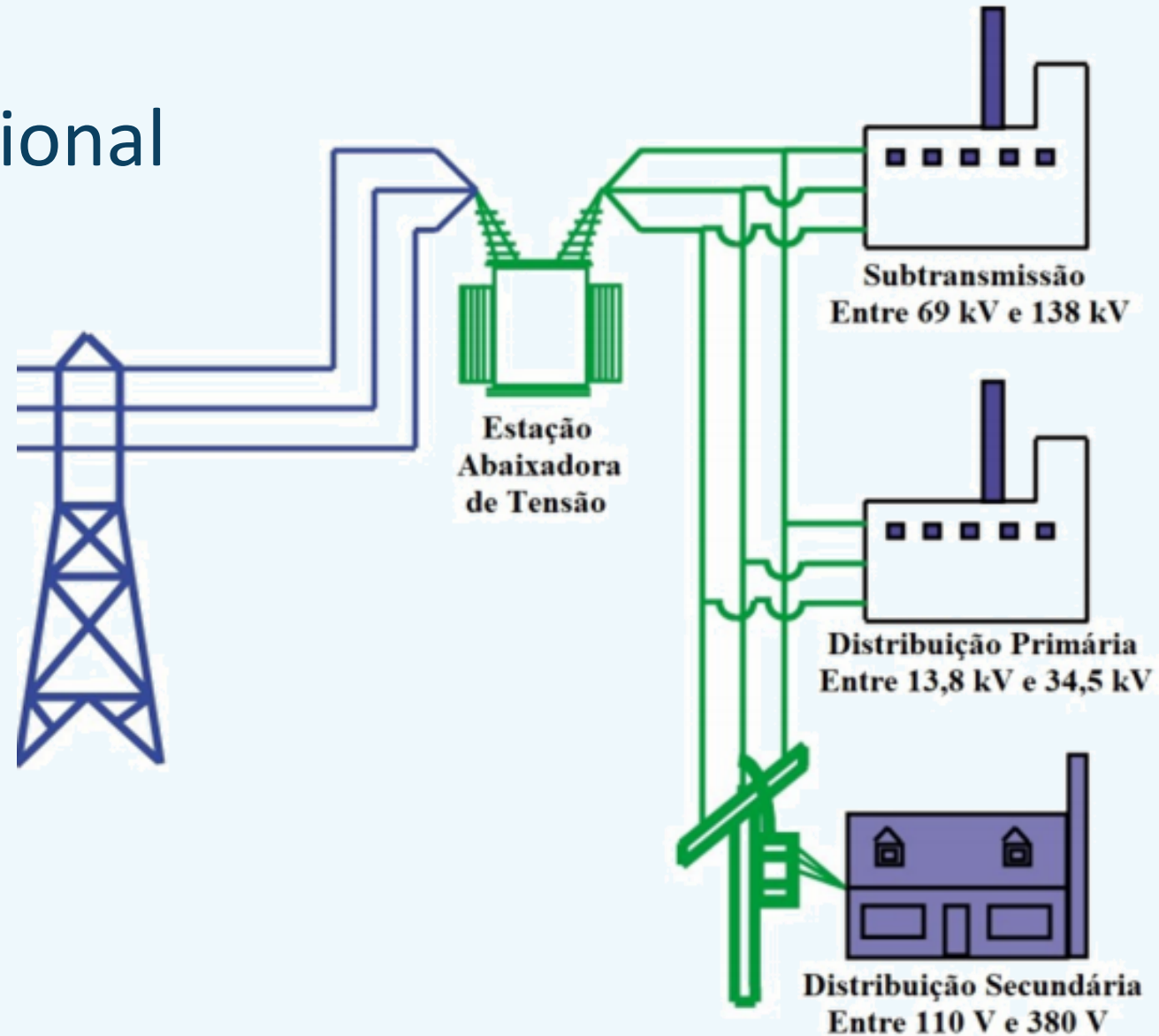


Fonte: FREITAS, 2017, p. 17.





# Sistema tradicional



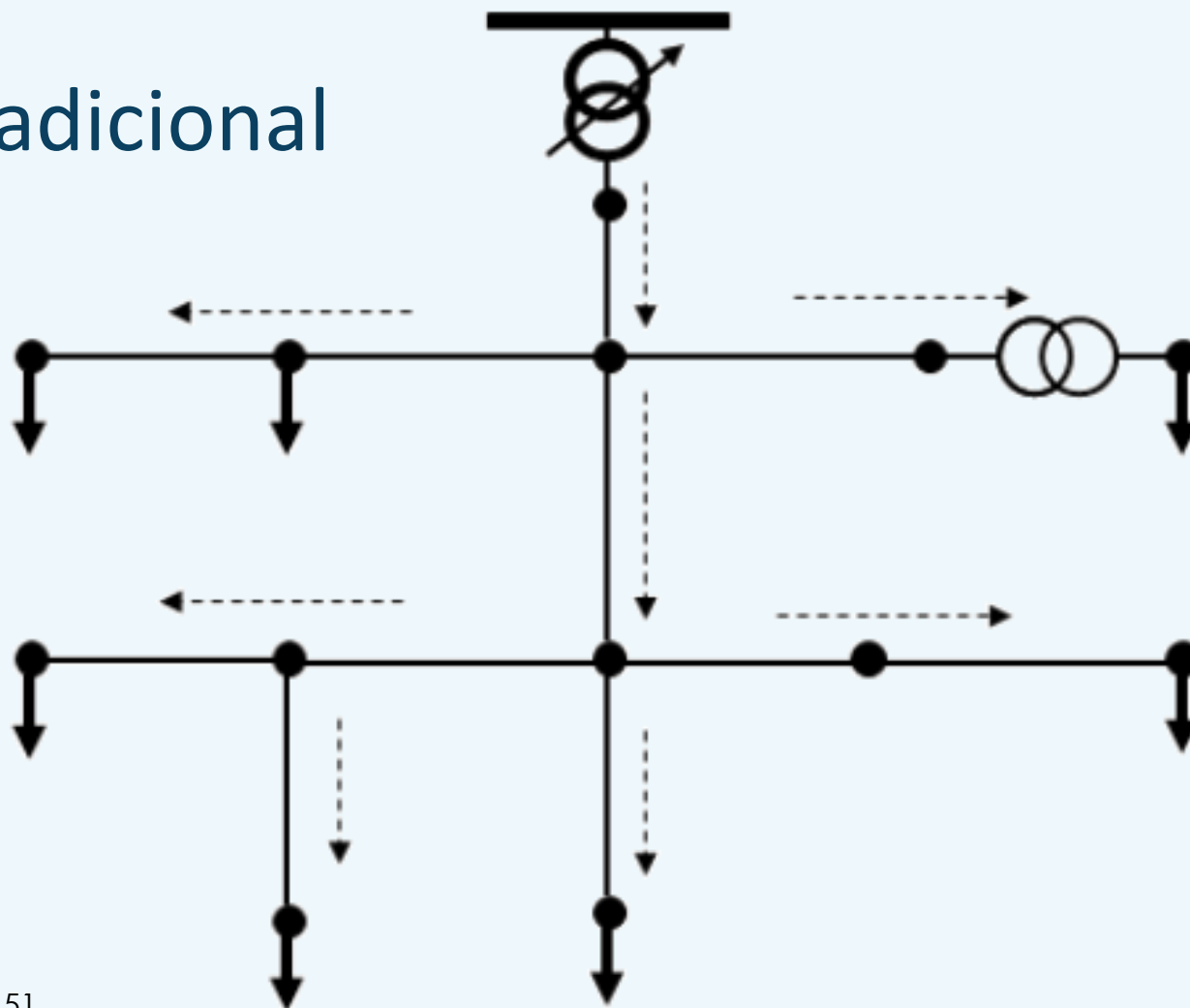
## Cores:

Verde:	Distribuição
Azul:	Transmissão
Preto:	Geração

Fonte: FREITAS, 2017, p. 17.



## Sistema tradicional



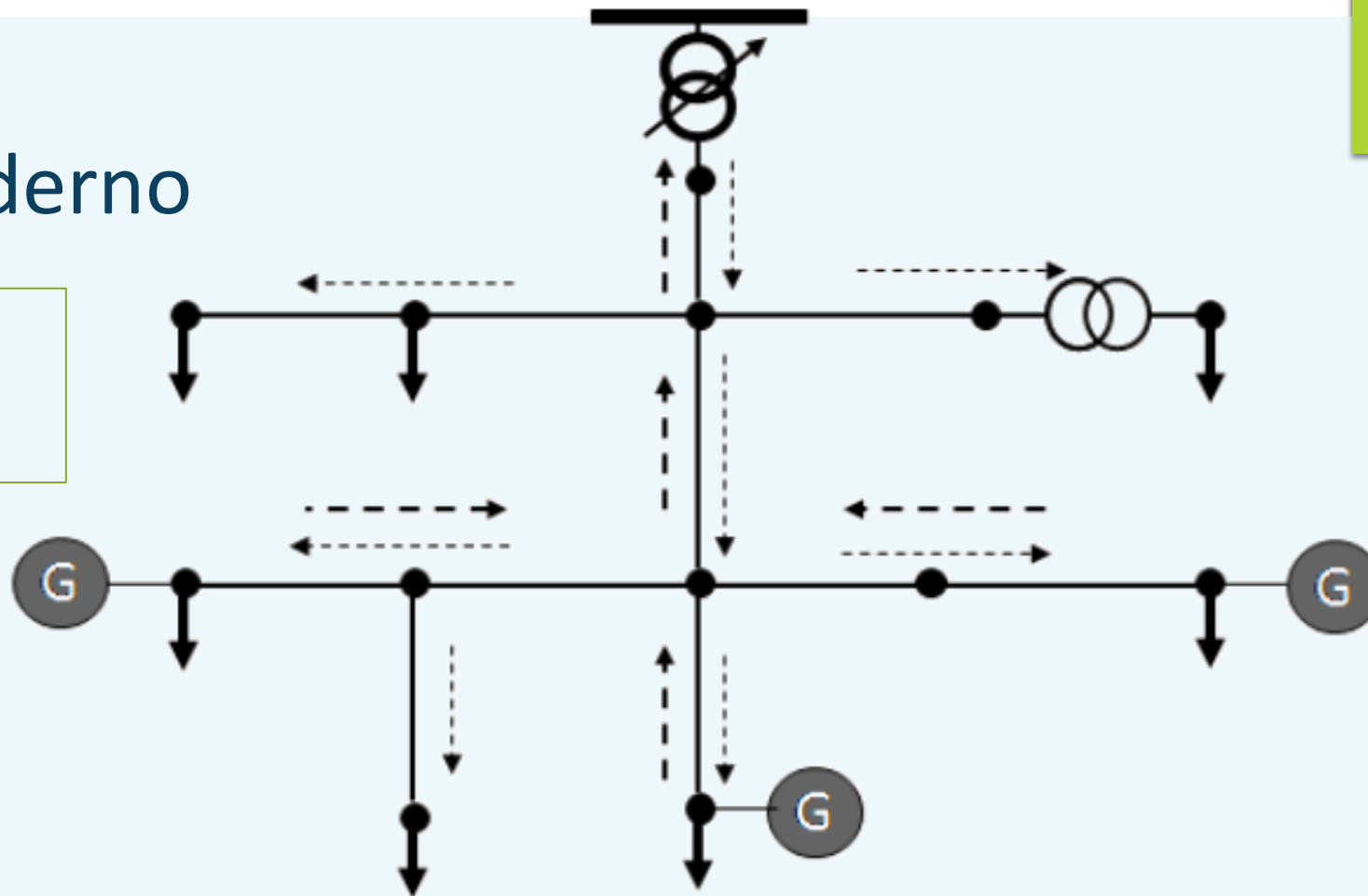
Fonte: SILVA, 2019, p. 151.

Não justifica  
a  
automação



## Sistema moderno

Geradores nos  
pontos de  
consumo



Fonte: SILVA, 2019, p. 151.



## Geração distribuída

- Fontes renováveis ou não;
- PCHs, gerador fotovoltaico, marés, eólica, etc.
- Intermitência das fontes eólica e fotovoltaica;
- Difícil controle dessas fontes intermitentes;

### ► Consequência

- Regulação mais rígida

## CONCEITOS

---

Automação da  
distribuição:  
benefícios e visão  
geral



## Como atender às regras consequentes do aumento da geração distribuída?

- Aumentar o monitoramento e inteligência;
- Automatizar processor;
- Automatizar proteções;
- Gerenciamento distribuído



# Benefícios da automação

Camada hierárquica de controle	Redução de O&M	Postergação do aumento de capacidade da rede	Aumento de Confiabilidade	Novos serviços ao consumidor	Qualidade de Energia	Informações para engenharia e planejamento
Empresa e energia	X			X		X
Transmissão	X	X	X		X	X
Subestação	X	X	X		X	X
Distribuição	X	X	X		X	X
Consumidor	X	X	X	X	X	X

Fonte: SILVA, 2019, p. 151.



# Objetivos da automação

- Monitorar, coordenar e operar os componentes;
- Maneira **remota** e **em tempo real**.

## DMS

- Central de gerenciamento
- “sala de operações”

## DAS

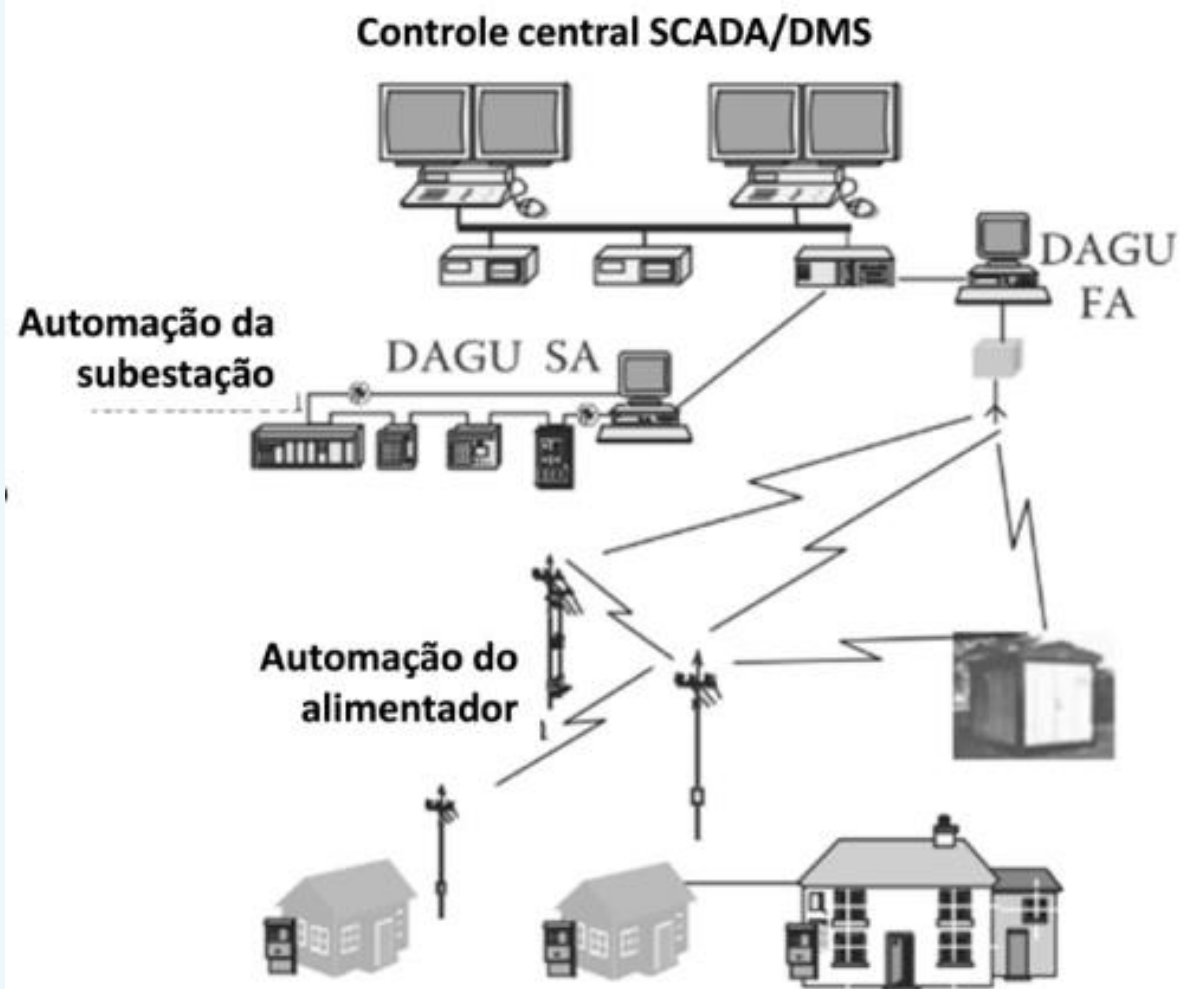
- Equipamentos controlados remotamente





## Requisitos básicos dos dispositivos para automação

- Chaves operadas remotamente
- Tomada de decisão: local, via servidor, via dispositivos eletrônicos inteligentes (IED), combinada
- Operação local mecânica ou via acionadores



(b) Componentes típicos da automação da distribuição

Fonte: adaptado de Northcode, 2007, p. 19)

## SITUAÇÃO PROBLEMA

---

SP: Consultoria  
para geração  
distribuída



## Situação Problema

- ▶ **Você:** consultor de planejamento de SEP.
- ▶ **Desafio:** Concessionária quer instalar plantas de geração distribuídas para suprir demandas locais;

**Primeira etapa:**  
levantamento de vantagens  
e desvantagens.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020)



## Resolução da SP

- ▶ Estudos a serem realizados no projeto:
  - Impacto do fluxo de potência: linhas de distribuição estão preparadas?
  - Coordenação dos elementos de proteção será afetada?
  - Necessidade de ferramenta de fluxo de carga.

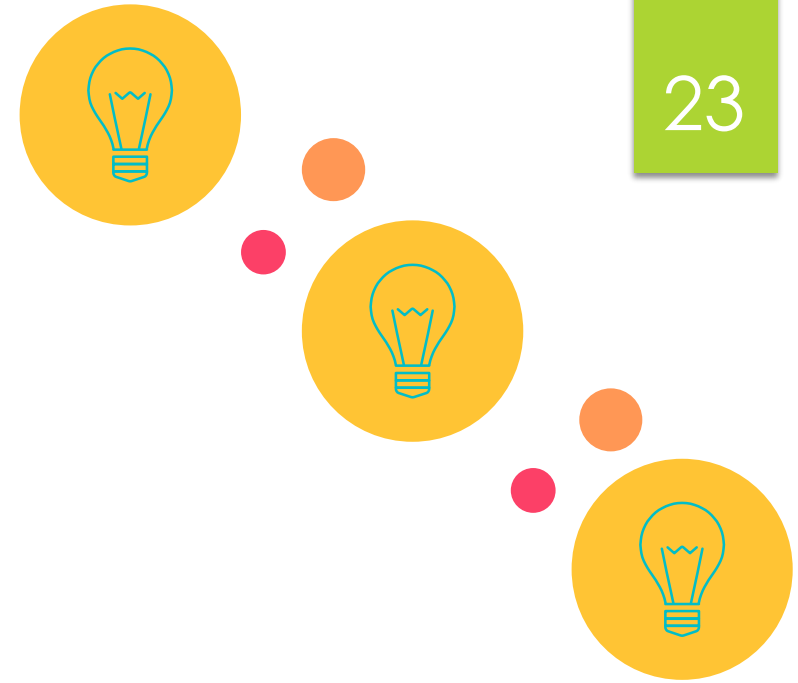


## Resolução da SP

- ▶ Após análise inicial
  - Onde iniciar a automatização?
  - Troca de equipamentos de proteção;
  - Prever estratégias de coordenação da proteção;
- ▶ Considerar dispositivos que:
  - Chaves que operem remotamente;
  - Tomada de decisão local, via IED, via servidor, combinada;

# EXERCÍCIOS

23





- Os geradores conectados ao nível da distribuição são chamados de geradores distribuídos, podendo ser compostos por inúmeros tipos de fontes de energia, renováveis ou não. A geração distribuída compreende pequenas centrais hidrelétricas conectadas à subtransmissão ou mesmo um gerador fotovoltaico conectado em uma residência para suprimento local da demanda.

Das alternativas a seguir, assinale a que corresponde a um impacto da geração distribuída em redes de distribuição.

- a) A necessidade de maior geração despachada por usinas centralizadas.
- b) A inversão da direção dos fluxos de potência nos sistemas de distribuição.
- c) A necessidade de construção de mais linhas de transmissão.
- d) Não é necessário rever as estruturas do sistema de proteção na distribuição.
- e) Melhora a previsibilidade da demanda nas barras do sistema de distribuição.





- Juntamente com o novo paradigma das redes de distribuição, com \_\_\_\_\_ e recursos distribuídos, vêm também \_\_\_\_\_ mais exigentes quanto aos indicadores de atendimento ao consumidor, de forma que as empresas de distribuição podem sofrer \_\_\_\_\_ por deixar de fornecer a energia elétrica necessária aos consumidores por um tempo maior que o permitido.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) maior demanda – consumidores – punições.
- b) menor demanda – consumidores – aumento da demanda.
- c) geração distribuída – consumidores – punições.
- d) geração distribuída – regulamentações – punições.
- e) geração distribuída – regulamentações – aumento da demanda.



► O caminho para a automatização dos sistemas de distribuição requer, inicialmente que os dispositivos atendam requisitos básicos, tais como:

I. As chaves devem ter capacidade de serem operadas em modo de controle local apenas.

II. A tomada de decisão possa ser implementada tanto localmente, em dispositivos eletrônicos inteligentes (IEDs), como de forma centralizada em um servidor do sistema de automação da distribuição, em combinação com tomadas de decisões local, remota e remota com intervenção humana.

III. A operação local deve ser possível tanto mecanicamente ou por meio de acionadores.

Quanto aos requisitos para automação da distribuição, assinale a alternativa correta.

- a) Apenas as alternativas I e II estão corretas.
- b) Apenas as alternativas I e III estão corretas.
- c) Apenas as alternativas II e III estão corretas.
- d) As alternativas I e II e III estão corretas.
- e) Nenhuma alternativa está correta.



Com a implantação das redes inteligentes ou *smart grids* o sistema de distribuição sofreu uma mudança de perfil, antes, o fluxo de energia era unilateral com o consumidor na ponta, agora as *smart grids* permitem um fluxo bilateral de energia e informação.

Considerando as informações apresentadas, analise as afirmativas a seguir:

I – Nas *smart grids* o consumidor final tanto pode consumir quanto fornecer energia, proveniente de uma microgeração fotovoltaica, por exemplo.

II - As *smart grids* demandam um maior grau de automação do sistema com um grau de troca de informações muito maior, no qual a distribuidora e o consumidor poderiam acompanhar continuamente a evolução do uso de energia e responder em tempo real a qualquer alteração no sistema.

III – As *smart grids* tem a capacidade de se auto recuperar (*self healing*) – ou seja, ela teria a capacidade de detectar, analisar e corrigir eventuais problemas, evitando situações extremas como blecautes.

É correto o que se afirma em:

- a. II apenas
- b. I, II e III
- c. II e III apenas
- d. I apenas.
- e. I e III apenas



Projetos de automação de subestações de transmissão são elaborados considerando dois aspectos principais: o grau de automação interna à subestação e as características do sistema de supervisão remoto. Estes dois aspectos combinados devem garantir ao sistema de transmissão confiabilidade, disponibilidade, segurança e velocidade na troca de dados com os sistemas de proteção e controle. Os sistemas de proteção e controle podem utilizar equipamentos totalmente independentes, quando os dispositivos de proteção e de controle são equipamentos distintos ou podem utilizar equipamentos que integram as duas funções.

Assinale a alternativa que apresenta corretamente as características dos dispositivos independentes dos sistemas de proteção e controle.

- a. Dispositivos de proteção e controle integrados em um mesmo equipamento ou IED (Intelligent Electronic Device).
- b. Dispositivos para proteção independentes do sistema de controle apresentam vantagem em relação aos dispositivos integrados pois estes representam custos mais elevados do que os modelos independentes.
- c. Do ponto de vista de confiabilidade e disponibilidade, obtém-se um grande benefício com o uso de equipamentos independentes, pois os equipamentos de proteção devem possuir redundância.
- d. Os modernos equipamentos de proteção já englobam as funções de controle, sendo que alguns possuem separação interna em sua programação, entre as funções de proteção e controle, com senhas de acesso independentes.
- e. Dispositivos de controle (ex.: relés de proteção) separados dos dispositivos de controle (UAC – Unidade Autônoma de Controle).



Os sistemas elétricos de potência foram concebidos, basicamente, para garantir o atendimento aos consumidores e a rentabilidade das concessionárias do setor elétrico, no entanto alguns parâmetros como certos níveis de confiabilidade nesses sistemas precisam ser observados.

Com base nos critérios para se promover a automação e o controle em sistemas elétricos de potência, avalie a sentença a seguir preenchendo suas lacunas:

*A automação e o controle dos sistemas elétricos não devem \_\_\_\_\_ nos índices de qualidade de serviço das redes elétricas, nem nos seus \_\_\_\_\_. Uma alternativa para \_\_\_\_\_ o nível de qualidade da energia é utilizar os dados coletados pelo sistema de automação, como por exemplo o registro oscilográfico dos sinais de tensão e corrente. A análise dos níveis de qualidade pode indicar quais ações devem ser tomadas para reduzir os problemas associados.*

Disponível em: <<https://bit.ly/2TiZ7X5>>. Acesso em: 22 fev. 2019.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a. gerar impactos positivos – limites de operação – melhorar.
- b. interferir – índices e confiabilidade – analisar e controlar.
- c. alterar – bloco hierárquicos – gerar
- d. alterar – controles – aumentar
- e. gerar dados – limites de qualidade – reduzir

INTERVALO

# Sistemas Elétricos de Potência I

PROF. LUCAS CLAUDINO