

# TRILHOS: EFICIÊNCIA E NOVOS RUMOS



## METODOLOGIA PARA CONTROLAR OS TEMPOS DE PERCURSO NA OPERAÇÃO DE VLTS: UM NOVO ENFOQUE

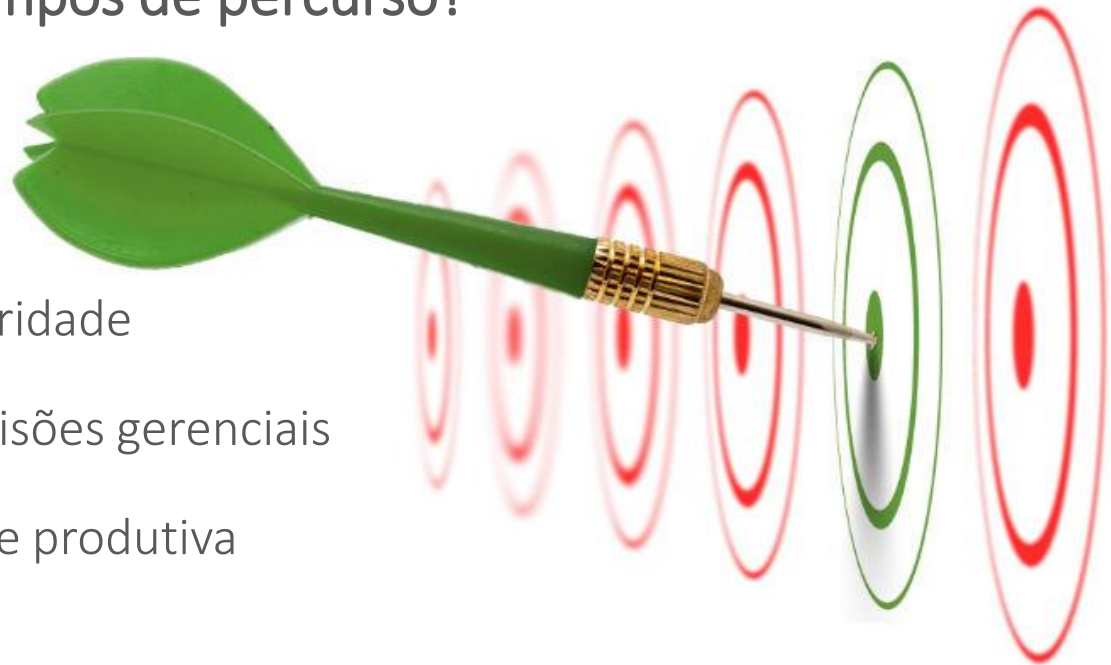
Vitor Nunes Cruz  
Paulo Afonso Lopes da Silva

# SOBRE O APRESENTADOR

- Vitor Nunes Cruz
  - ✓ Coordenador de Engenharia de Operações do VLT Carioca.
  - ✓ Mestrando em Engenharia de Transportes, pelo Instituto Militar de Engenharia (IME).
  - ✓ Engenheiro de Produção, graduado pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

# INTRODUÇÃO

- Por que controlar os tempos de percurso?
  - ✓ Eficiência Operacional
  - ✓ Otimização de recursos
  - ✓ Previsibilidade e regularidade
  - ✓ Apoio à tomada de decisões gerenciais
  - ✓ Aumento da capacidade produtiva



Por que **NÃO** controlar os tempos de percurso?!

# CAPACIDADE FERROVIÁRIA

- Interpretação da fórmula de Colson:

$$n = K \times \frac{(24 - t_b) \times 60}{t_i + t_v + t_e}$$

Diagram illustrating the Colson formula for railway capacity. The variables are highlighted with colored boxes and arrows pointing to their respective interpretations:

- $n$  (green box) points to **MAIOR** (green box).
- $K$  (red box) points to **Constante** (red box).
- $(24 - t_b) \times 60$  (red box) points to **Predefinido** (red box).
- $t_i + t_v + t_e$  (green box) points to **MENOR** (green box).
- $t_e$  (red box) points to **Nulo** (red box).

Onde,

- ✓  $n$  = número de pares de trens
- ✓  $t_b$  = Tempo de bloqueio (backout)
- ✓  $t_i$  = Tempo de ida
- ✓  $t_v$  = Tempo de volta
- ✓  $t_e$  = Tempo de espera
- ✓  $K$  = coeficiente de redução operacional

# METODOLOGIA

## 1. Amostragem e estruturação da base de dados

- ✓ Plano de amostragem: identificação dos dias típicos
- ✓ Levantamento dos tempos de viagem
- ✓ Tratamento dos dados

## 2. Estruturação do problema e cálculos estatísticos (Excel 2016)

- ✓ Cálculo das medidas de representatividade e de variabilidade por dia da semana
- ✓ Estabelecimento da hipótese de igualdade das médias: Análise de variância
- ✓ Identificação dos segmentos (trechos) prioritários
- ✓ Gráficos de controle para os segmentos (trechos) prioritários

## 3. Conclusão

# AMOSTRAGEM

- Plano de Amostragem

- ✓ Definição de linha e sentido para o estudo
- ✓ Período coletado: primeiro trimestre de 2019 (9473 viagens)
- ✓ Amostragem não probabilística: seleção de dias típicos

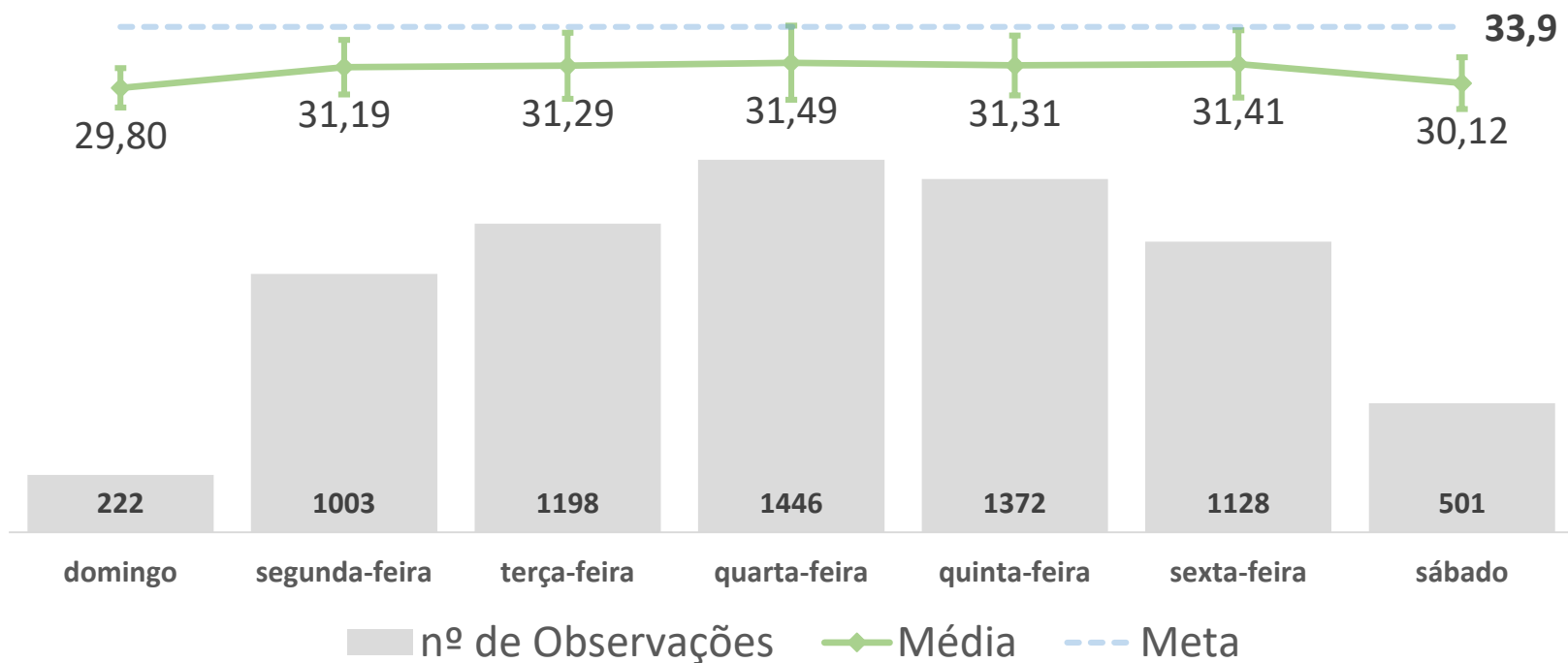
- Tratamento dos dados

- ✓ Exclusão dos dias notadamente “problemáticos”
- ✓ Possíveis erros de registro oriundos do sistema
- ✓ 6780 viagens consideradas no estudo = aprox. 73,5% da população



# CÁLCULOS ESTATÍSTICOS

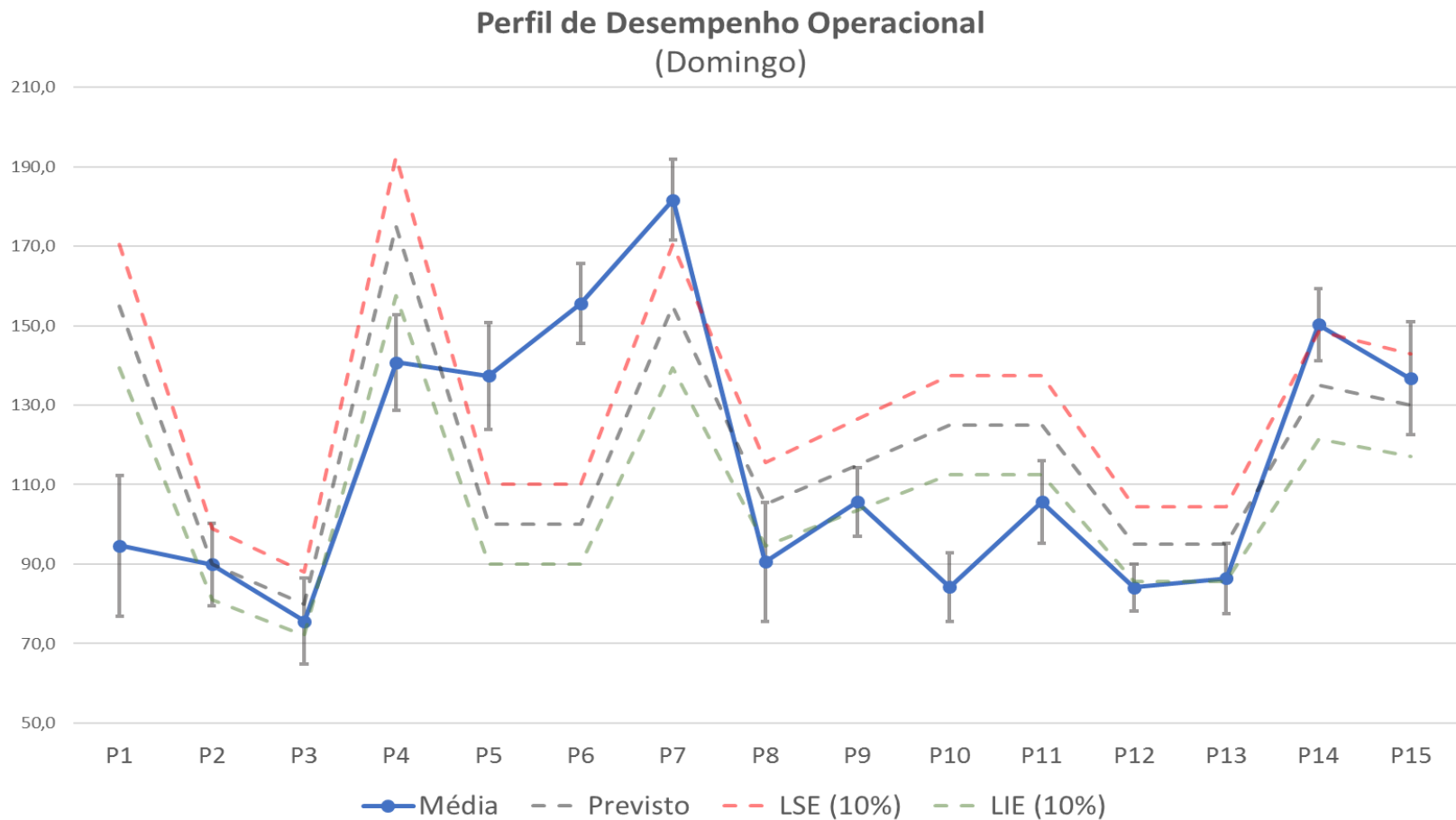
- Média e Desvio Padrão por dia da semana (minutos):



Podemos afirmar que os dias da semana são iguais?!

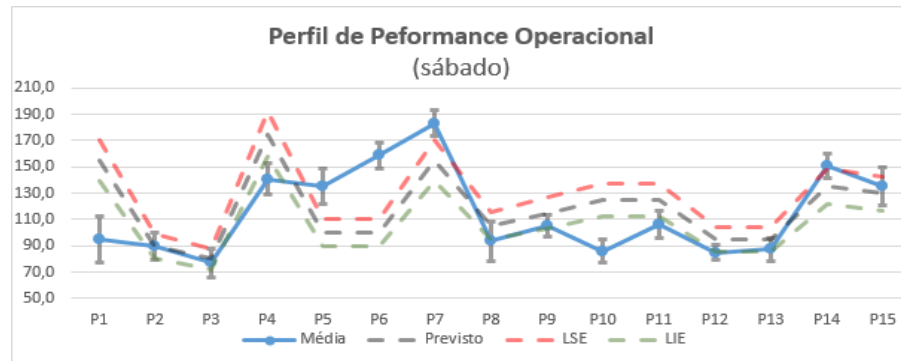
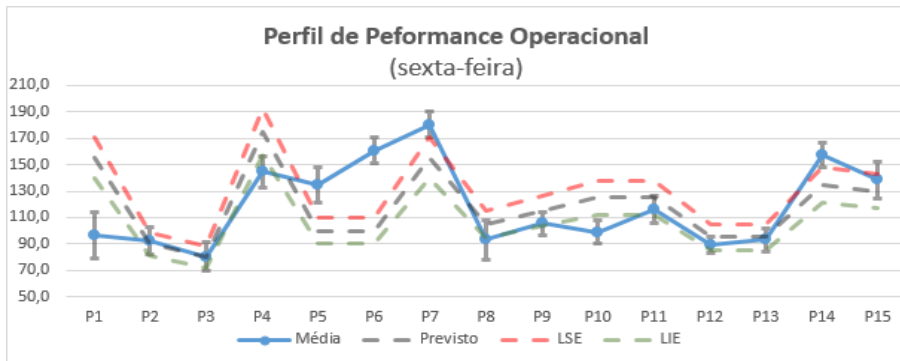
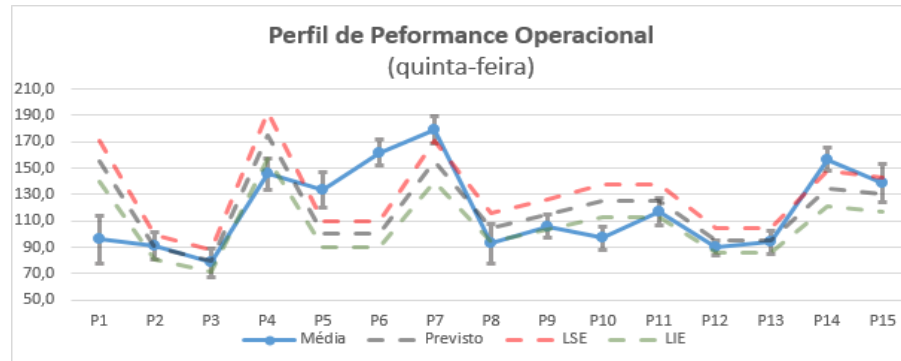
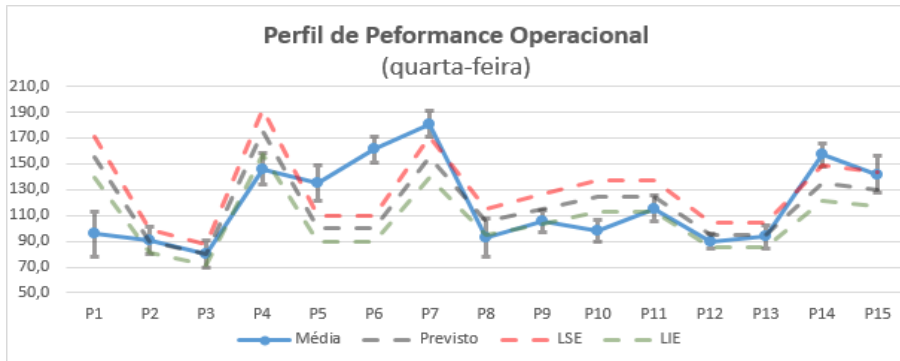
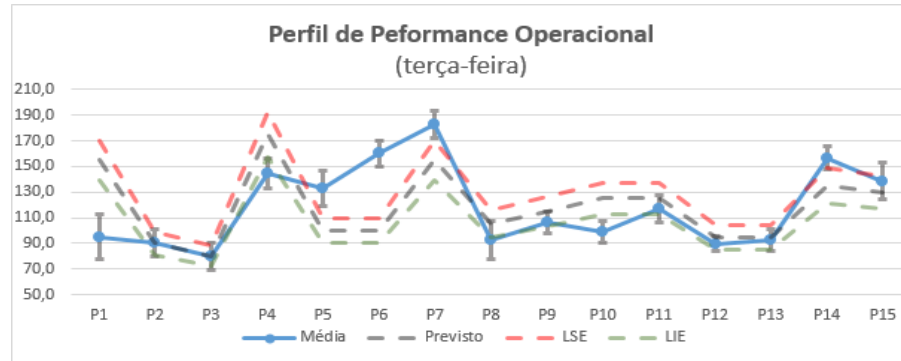
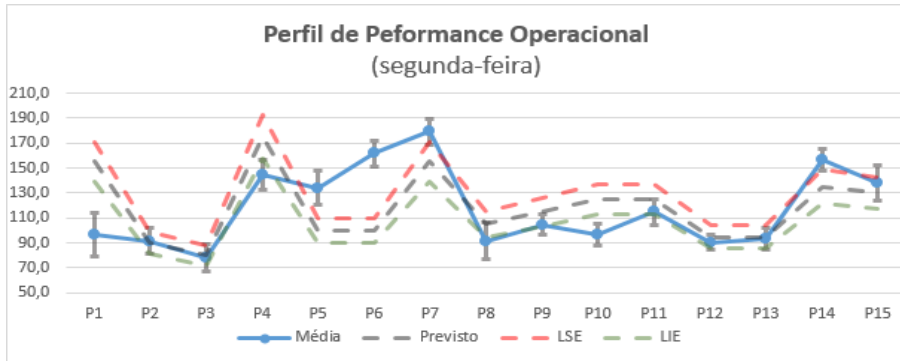
# CÁLCULOS ESTATÍSTICOS

- Identificação dos segmentos (trechos) prioritários:



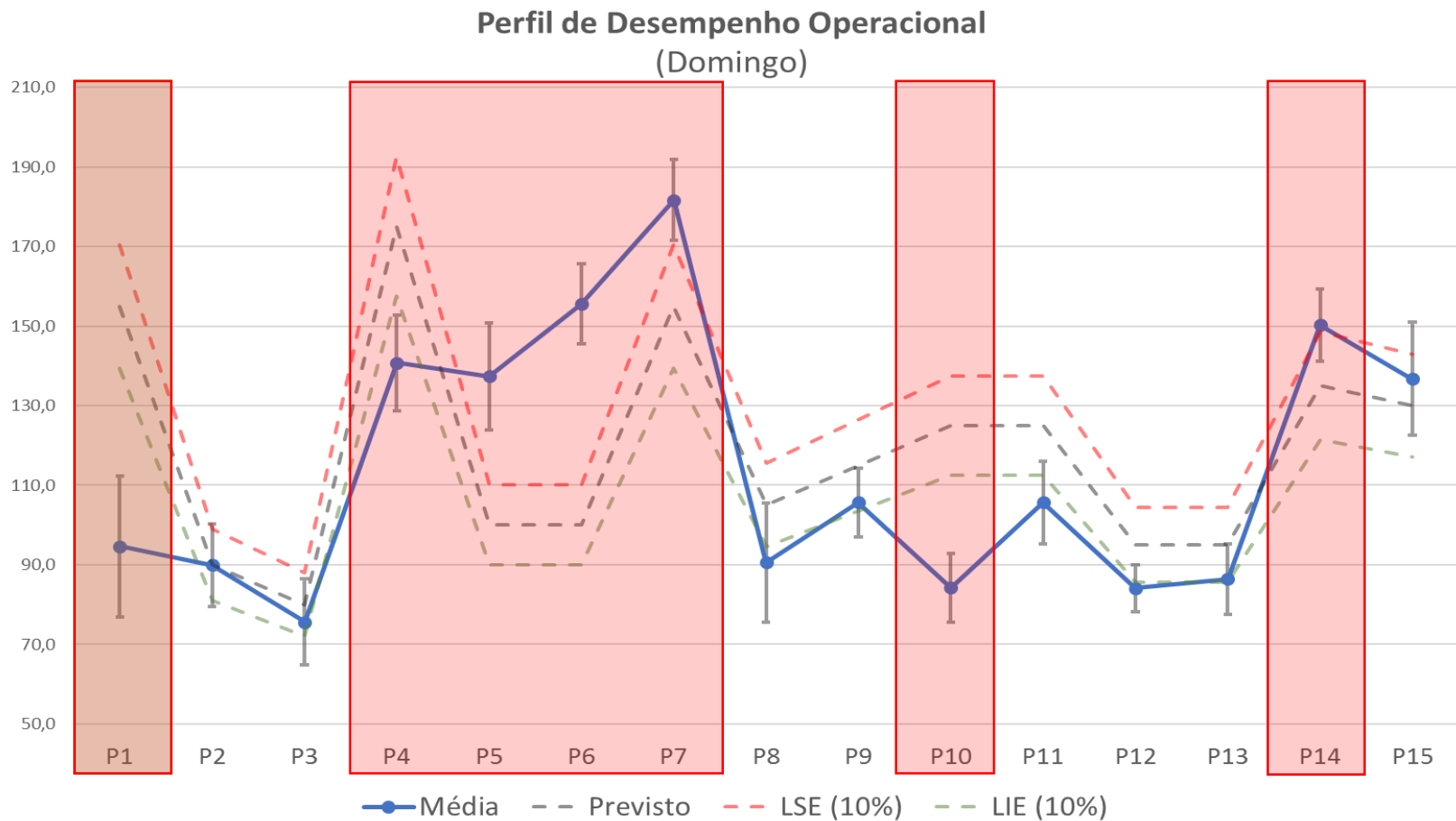


# CÁLCULOS ESTATÍSTICOS



# CÁLCULOS ESTATÍSTICOS

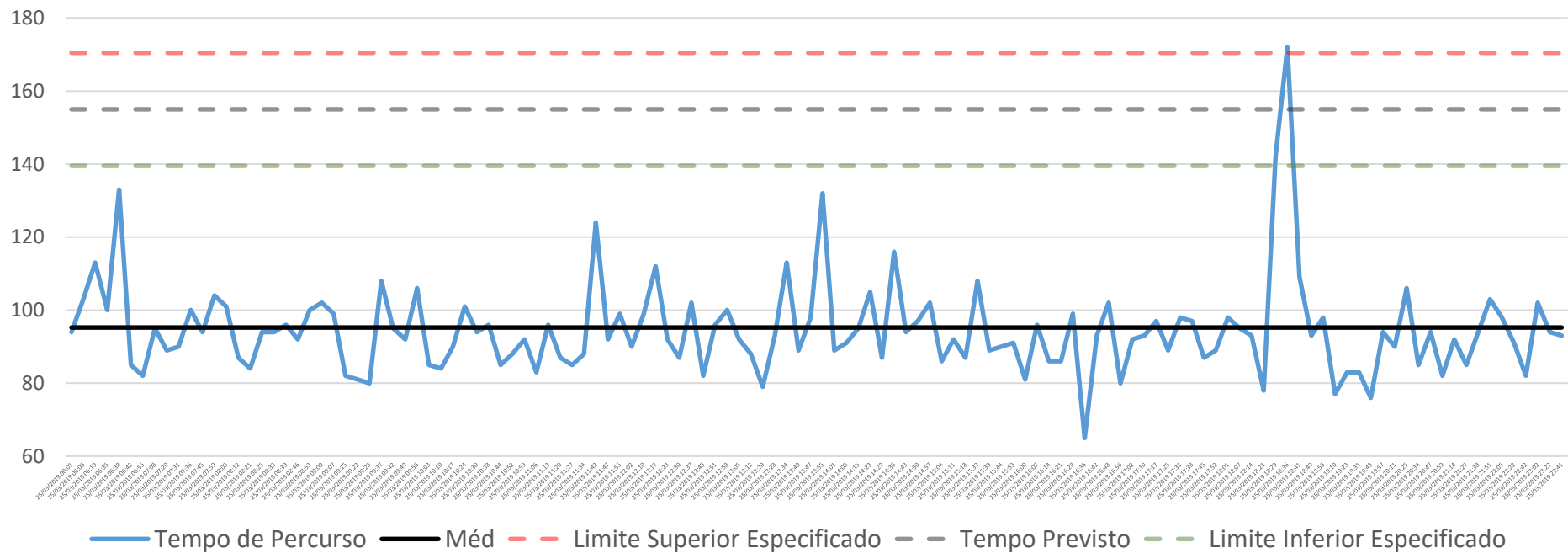
- Identificação dos segmentos (trechos) prioritários:



# CÁLCULOS ESTATÍSTICOS

- Cartas de Controle dos (trechos) prioritários:
  - ✓ Tomado P1, no dia 25/03/2019, como exemplo:

Carta de Controle X-barra  
Segmento P1



# CONCLUSÃO

- Visão Previsto vs. Executado (total e detalhado)
- Confirmação da hipótese de diferença nas distribuições referentes a cada dia da semana
- Oportunidade de melhorias nos tempos entre estações
  - Identificação por meio de análise detalhada
- Aplicação dos conceitos do CEP: Controle Estatístico de Processos
  - Processo para acompanhamento permanente dos tempos de percurso por meio das cartas de controle (melhoria contínua)

# Referências

- ALMEIDA, A.; ELLIAN, S; NOBRE, J. **Modificações e alternativas aos testes de Levene e de Brown e Forsythe para igualdade de variâncias e médias.** Revista Colombiana de Estadística, v.31, no 2 (dez), pp.241-260, 2008.
- LOPES, L. A. S. **Apostila de capacidade ferroviária.** Rio de Janeiro: IME, 2019.
- LOPES, Paulo Afonso. **Probabilidades e Estatística: conceitos, modelos, aplicações em EXCEL.** Reichmann&Affonso Editores, 1ª. edição, 3ª. reimpressão, 2003.
- MONTGOMERY, Douglas C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** 4ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade.** 7ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- NIST/SEMATECH **e-Handbook of Statistical Methods,** Disponível em: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>, Acesso em 26/4/2019.