

---

**Análise de Dependabilidade e  
Performabilidade como Alternativa ao  
Planejamento em Sistemas de Transporte de  
Passageiros: um estudo sobre o sistema  
BRT (Bus Rapid Transit).**

Renata Pedrosa Dantas  
Orientador: Prof. Dr. Paulo Maciel

# Problemática

---



- Aumento de demanda;
  - Tráfego intenso na cidade de Recife;
  - Qualidade de atendimento questionada pela comunidade;
  - Pressão da sociedade pela melhoria do transporte;
  - Implantação do Sistema BRT em Recife;
  - Eficiência ambiental do sistema.
- 
- Problema de Pesquisa:
    - De que maneira a análise de dependabilidade e performabilidade pode promover a melhoria no processo de planejamento de infraestrutura e serviços nos sistemas de transporte urbano, em foco o sistema BRT (Bus Rapid Transit)?



# Objetivos



- **Objetivo Geral**

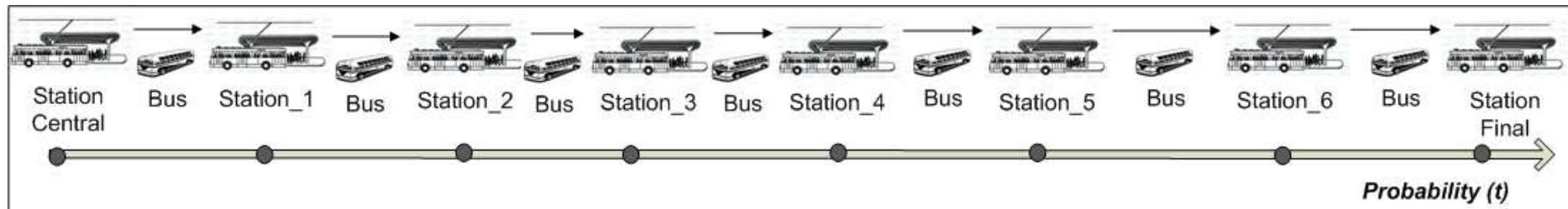
- Desenvolver um estudo de dependabilidade e performabilidade do Sistema BRT como forma de prover alternativas ao planejamento de sistemas de transportes urbanos.

- **Objetivo Específicos**

- Identificar e propor métricas de dependabilidade e desempenho para análise dos sistemas de transporte BRT, sob a perspectiva da relação custo, frota, demanda, tempo e ambiental;
- Construir modelos para representação e análise do Sistema BRT;
- Propor um framework para incrementar melhorias no sistema;
- Desenvolver modelos para implantação de possíveis novas rotas de BRT.

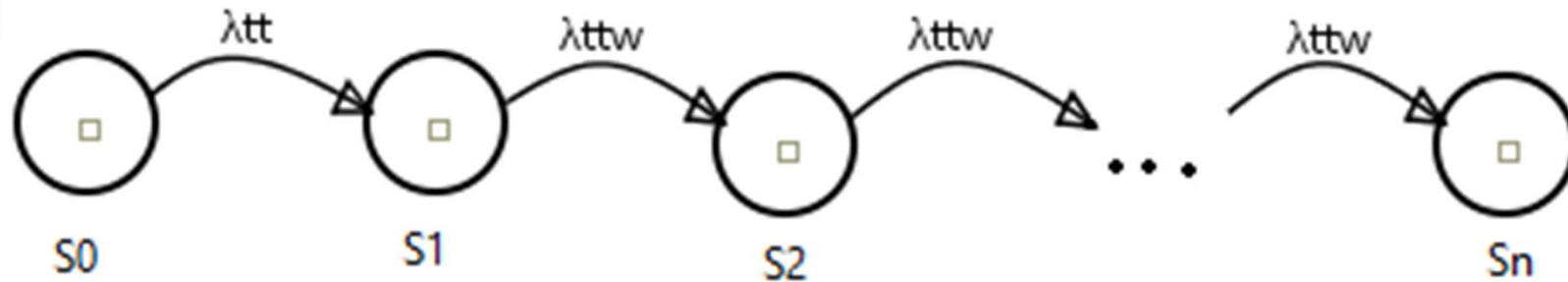


# MODELO DE ALTO NÍVEL



# MODELOS PROPOSTOS

## 1 - CTMC Model for bus arrival probability - Performance



*Hipoexponential Distribution*

$$PFD = \sum_{i=1}^k a_i \lambda_i e^{-\lambda_i t}, t > 0,$$

$$\text{whith, } a_i = \prod_{j=1, j \neq i}^k \frac{\lambda_j}{\lambda_j - \lambda_i}, 1 \leq i \leq k$$

$$MTTA = \bar{X} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{\lambda_i}$$

# MODELOS PROPOSTOS



## 2- Modelo de Dependabilidade

### System Model



IE: Modelo

Bus: 7000h site volvo (troca de óleo)

\*\*\*\*\* Steady-state Results \*\*\*\*\*

MTTF: 117.97752808987582

MTTR: 1.0171348314605706

Availability: 0.9914522651143357

Number of 9's: 2.068148956264475

Uptime: 8690.88492638467 hours

Downtime: 74.92784361533056 hours

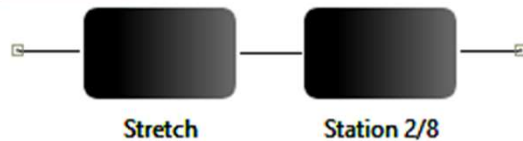


# MODELOS PROPOSTOS



## 2- Modelo de Dependabilidade

### Infrastructure Model



### Station Model



Trecho: 6 acidentes p/ mes =  $720/6 = 120h$   
mttf  
Mtrr: 1h tempo de liberação da via  
Station: mttf e mtrr anterior

\*\*\*\*\* Steady-state Results \*\*\*\*\*  
MTTF: 119.99999999999054  
MTTR: 0.999999999999176  
Availability: 0.9917355371900827  
Number of 9's: 2.082785370316452  
Uptime: 8693.368036363638 hours  
Downtime: 72.4447336363634 hours

MTTF: 40000h (Fonte: [http://www.ems-limited.co.uk/uploaded\\_images/Op-instMPR112.pdf](http://www.ems-limited.co.uk/uploaded_images/Op-instMPR112.pdf))

\*\*\*\*\* Steady-state Results \*\*\*\*\*  
MTTF: 41999.99975267276  
MTTR: 0.002624343902724251  
Availability: 0.999999937515625  
Number of 9's: 7.204228569798631  
Uptime: 8765.81222273667 hours  
Downtime: 5.477263323657154E-4 hours

# MODELO MATEMÁTICO

## 3 - Modelo de Performabilidade

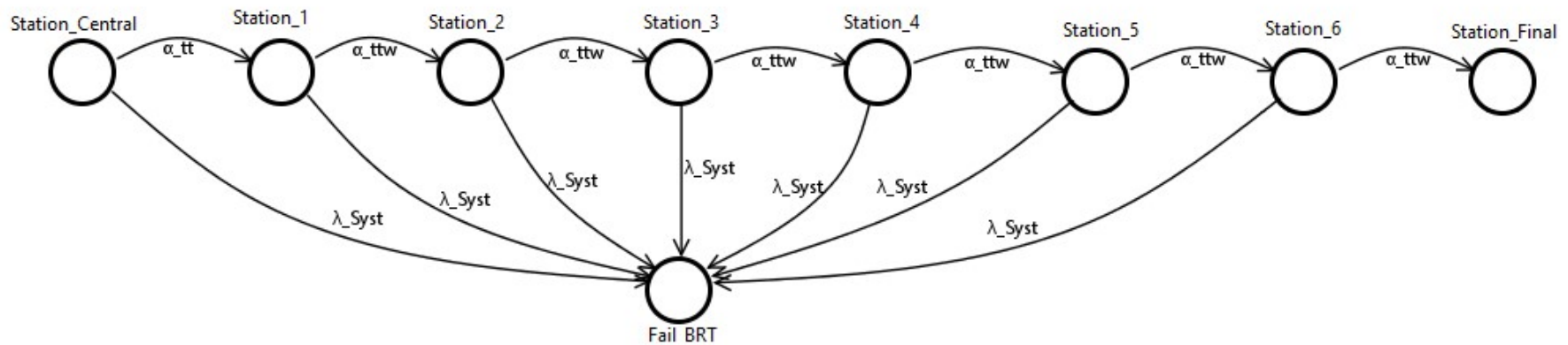




TABLE II: Input parameters for each peak time

Period of the day	Parameters	Average Waiting Time (min)	Average time on the vehicle (min)	Value (min)
Early Time	$\lambda_{tt}$	-	3.26	3.26
	$\lambda_{ttw}$ 1 to 6	1.19	3.26	4.45
AM Peak Time	$\lambda_{tt}$	-	3.07	3.07
	$\lambda_{ttw}$ 1 to 6	0.31	3.07	3.38
Inter-Peak Time	$\lambda_{tt}$	-	2.70	2.70
	$\lambda_{ttw}$ 1 to 6	0.68	2.70	3.38
PM Peak Time	$\lambda_{tt}$	-	2.48	2.48
	$\lambda_{ttw}$ 1 to 6	0.94	2.48	3.42
Evening Time	$\lambda_{tt}$	-	3.10	3.10
	$\lambda_{ttw}$ 1 to 6	0.96	3.10	4.06



# Case Study I

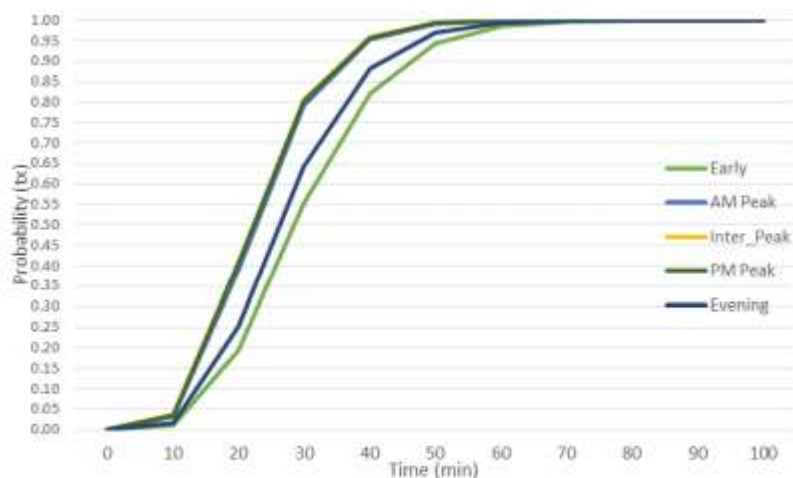


Fig. 4: Destination arrival probability.

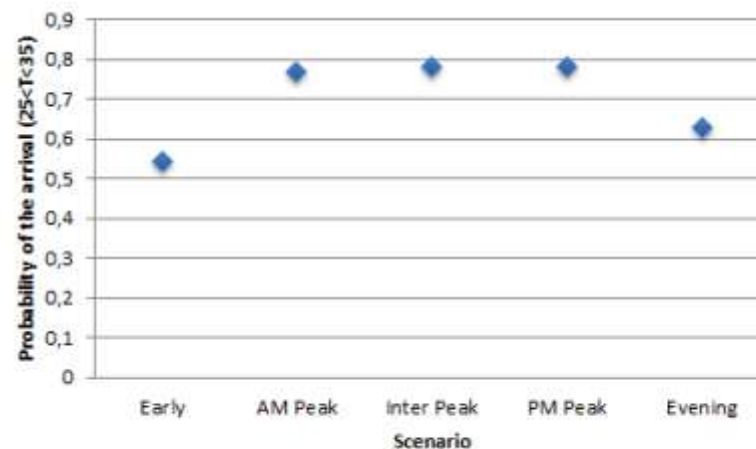


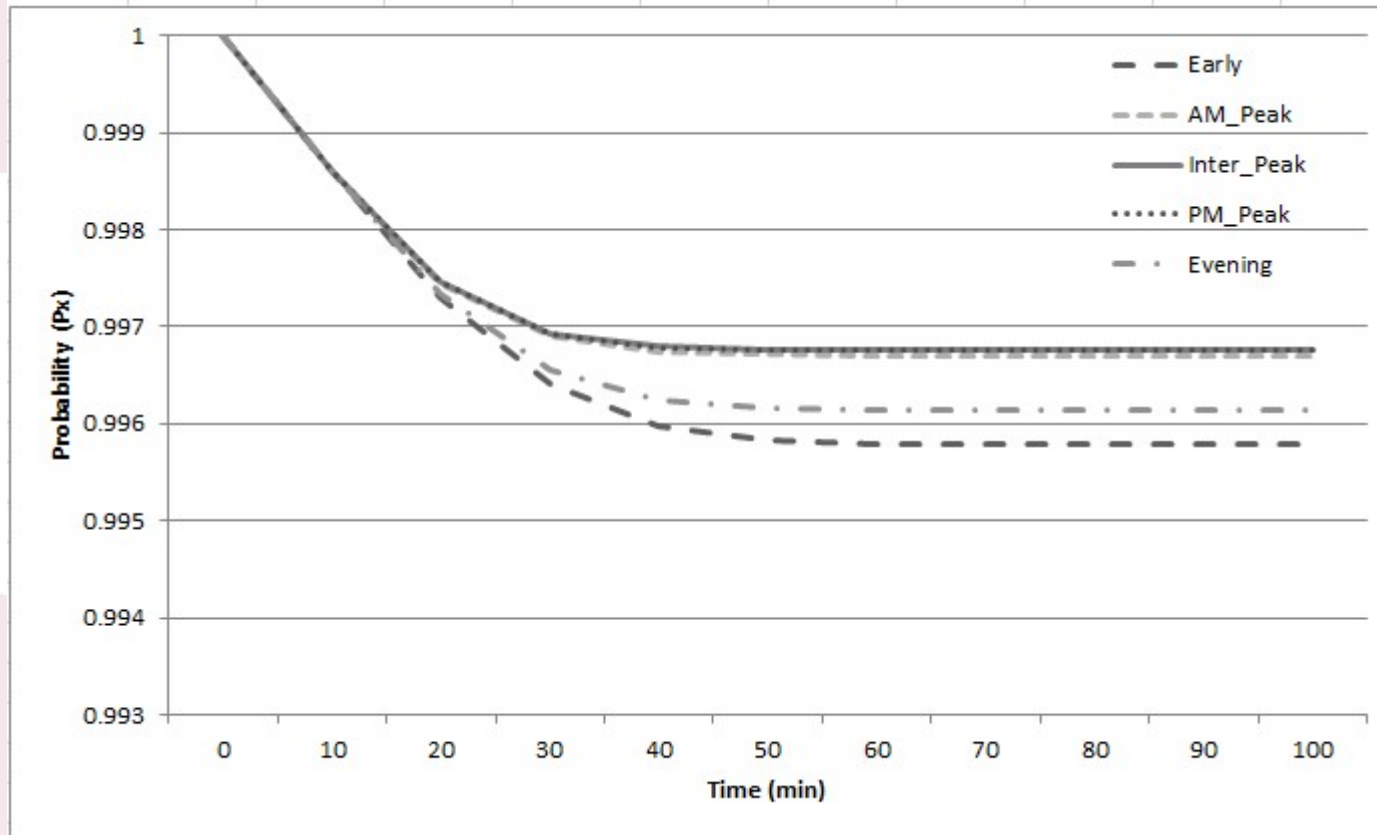
Fig. 5: Probability of arrival in a range

TABLE III: Average Error for Mean Time To Absorption

Trip	Max. Journey Time (H <sub>i</sub> + T <sub>i</sub> )	Mean Time To Absorption (by model)	Mean Error
Early	29.95	29.96	0.00033
AM Peak	23.39	23.389	0.00005
Inter-Peak	22.95	22.9477	0.00011
PM Peak	23.00	23.046	0.002
Evening	27.45	27.448	0.0008



# Case Study I



Performability



# Case Study II

TABLE IV: Input parameters for each scenario

Scenarios	Parameters	Average Waiting Time (min)	Average time on the vehicle (min)	Input Value (min)
23 Km/h	$\lambda_{ett}$	-	1.304	1.304
	$\lambda_{ettw}$ $1to21$	0.220	1.304	1.524
31 Km/h	$\lambda_{ett}$	-	0.968	0.968
	$\lambda_{ettw}$ $1to21$	0.220	0.968	1.188
39 Km/h	$\lambda_{ett}$	-	0.769	0.769
	$\lambda_{ettw}$ $1to21$	0.220	0.769	0.989

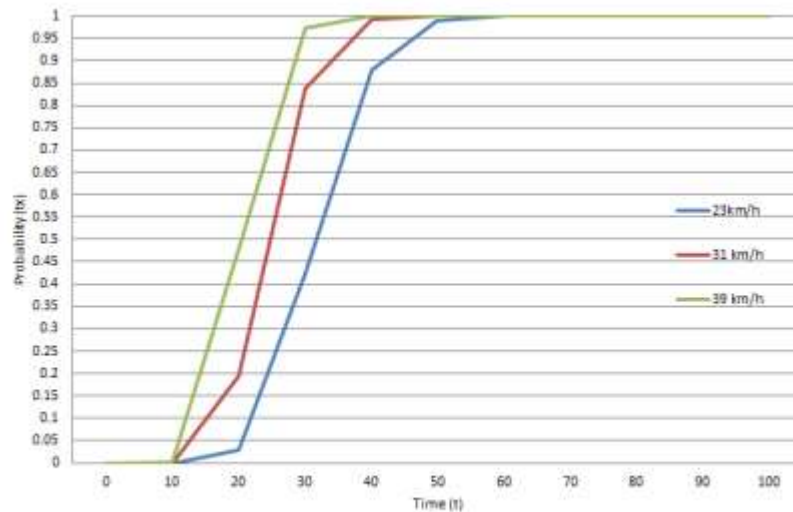


Fig. 6: Destination arrival probability in new scenario.

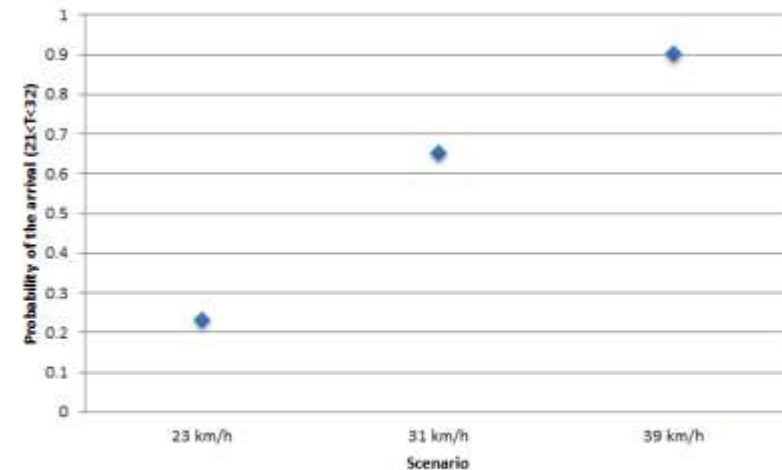
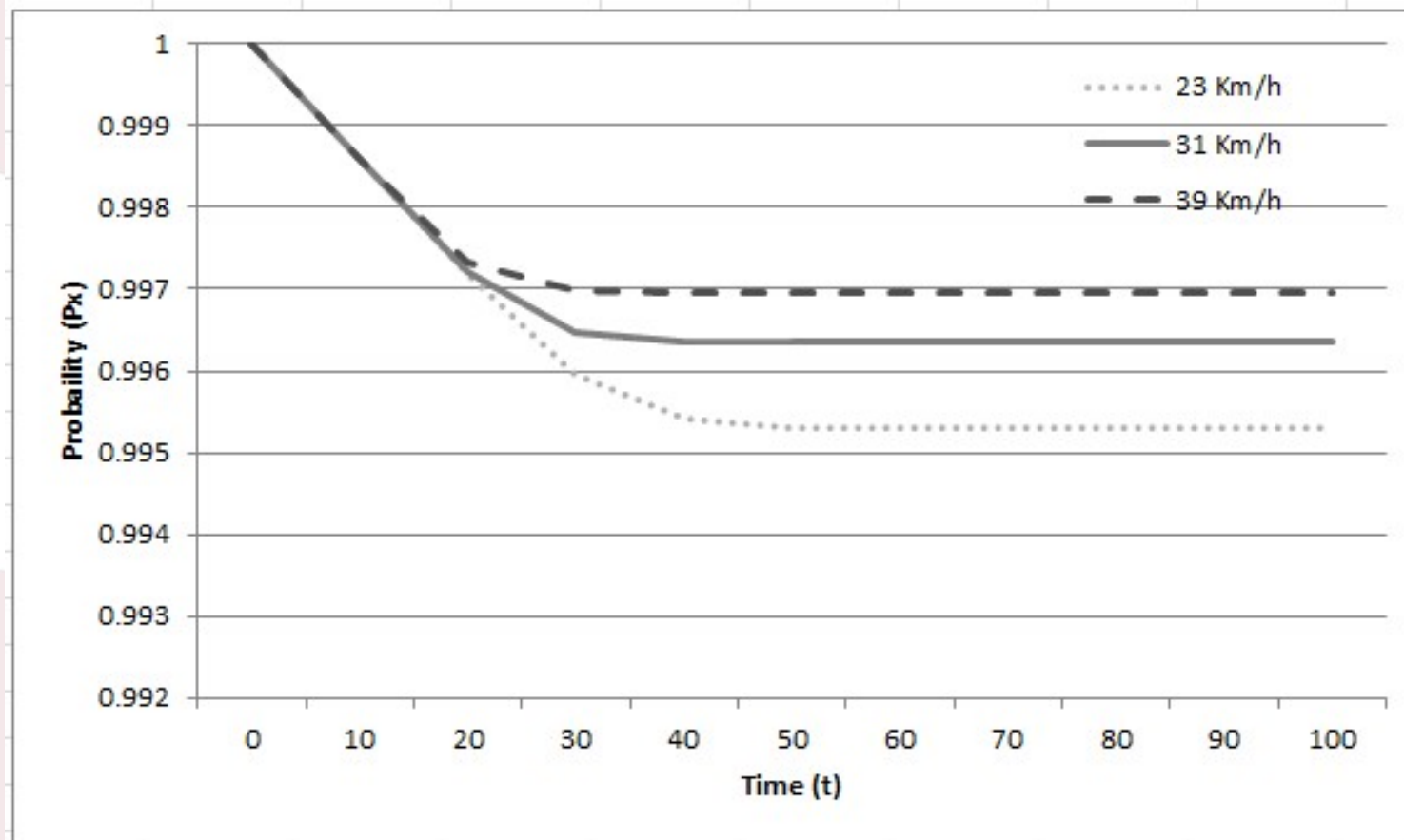


Fig. 7: Probability of arrival in a range for new scenario.

TABLE V: Relationship between Mean Time to Absorption

TRIP	Relationship Between Trip	Mean Time to Absorption (MTTA)	Relationship Between MTTA
23 Km/h	1	31.78	1
31 Km/h	1.35	24.72	0.78
39 Km/h	1.70	20.55	0.64

# Case Study II



Performability



# Qual a Grande Contribuição?

---



- A utilização da dependabilidade e performabilidade como estratégia de planejamento para sistemas de Transportes, o que favorece o desenvolvimento de cidades inteligentes;
- A utilização de modelagem para análise em sistemas de transportes do tipo BRT;
- O framework para auxiliar no planejamento de sistemas de transporte e em especial BRT's.



# Próximos Passos

---



- Desenvolver modelo de desempenho ambiental para os ônibus (com comparação e mudanças na frota);
- Desenvolver modelo para análise de manutenabilidade de ônibus em Rota BRT;
- Focar as métricas de dependabilidade e desempenho para a construção dos modelos;
- Buscar dados para auxiliar nos processos de validação;
- Desenvolver a relação dos modelos com o planejamento do sistema;
- Desenvolver o framework para a efetividade do planejamento do sistema;
- Escrever artigos...



Obrigada!

