

Universidade de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação
(PPGEC)

Proposta de Dissertação de Mestrado

Área: Modelagem, Desempenho e Dependabilidade de Sistemas Computacionais

Título: Avaliação de Dependabilidade em Sistemas de Transporte Público Urbano sob Políticas de Manutenção Preditiva e Restrições Financeiras

Orientador: Carlos Melo (carlos.melo@upe.br)

Resumo

Os corredores de Bus Rapid Transit (BRT) constituem parte relevante da infraestrutura de transporte público de alta capacidade em grandes centros urbanos, sendo amplamente utilizados para deslocamentos diários em regiões metropolitanas brasileiras. Na Região Metropolitana do Recife (RMR), o corredor BRT Leste-Oeste interliga municípios e concentra elevada demanda operacional, tornando a continuidade do serviço um fator associado à mobilidade urbana e à disponibilidade de acesso a serviços essenciais.

A crescente integração entre dispositivos de monitoramento, sistemas distribuídos e arquiteturas computacionais voltadas ao suporte operacional do transporte público tem ampliado a complexidade dessas infraestruturas. Nesse contexto, técnicas de avaliação de dependabilidade vêm sendo utilizadas para analisar o impacto de falhas, reparos e políticas de manutenção sobre a disponibilidade de sistemas inteligentes de transporte. Modelos analíticos e estocásticos, incluindo Diagramas de Blocos de Confiabilidade (RBDs), Cadeias de Markov de Tempo Contínuo (CTMCs) e Redes de Petri Estocásticas (SPNs), têm sido aplicados na avaliação de desempenho e disponibilidade de sistemas BRT e de arquiteturas distribuídas de monitoramento.

Trabalhos recentes desenvolvidos no âmbito do grupo de pesquisa propuseram modelos hierárquicos para avaliação da disponibilidade de sistemas de monitoramento distribuídos no corredor BRT Leste-Oeste, considerando políticas de manutenção reativa e restrições logísticas associadas ao deslocamento de equipes técnicas. Os resultados indicaram que o tempo médio de reparo das estações de integração exerce impacto significativo sobre os índices de disponibilidade do sistema, evidenciando a influência das políticas de manutenção sobre o comportamento operacional da infraestrutura monitorada.

Embora esses estudos avancem na avaliação de disponibilidade e manutenção em sistemas BRT, algumas limitações permanecem. Os parâmetros de falha e reparo são geralmente tratados de forma estática, desconsiderando a evolução temporal da degradação dos componentes ao longo da operação. Além disso, as abordagens existentes concentram-se predominantemente em manutenção reativa, sem incorporar mecanismos formais relacionados à manutenção

preventiva ou preditiva. Outro aspecto ainda pouco explorado refere-se à influência de restrições financeiras sobre a execução das atividades de manutenção, especialmente em cenários afetados por evasão tarifária e limitação de recursos operacionais.

Diante desse contexto, esta proposta tem como objetivo desenvolver um modelo integrado de avaliação de dependabilidade para sistemas de transporte público urbano, combinando modelos SPN, políticas de manutenção preventiva e preditiva, atualização dinâmica de parâmetros operacionais e restrições financeiras associadas à manutenção da infraestrutura monitorada.

A metodologia proposta será fundamentada em modelagem estocástica e simulação computacional. Inicialmente, o modelo SPN reativo desenvolvido em trabalhos anteriores será estendido para incorporar mecanismos associados a políticas de manutenção preventiva e preditiva. Posteriormente, serão investigadas abordagens baseadas em séries temporais para atualização dinâmica dos parâmetros de falha e reparo utilizados no modelo. Também serão considerados cenários de restrição financeira associados à evasão tarifária e à disponibilidade de recursos destinados à manutenção do sistema.

Os experimentos serão conduzidos utilizando a ferramenta Mercury para modelagem e avaliação dos modelos SPN, além de bibliotecas computacionais em Python voltadas à análise de dados e séries temporais. Os resultados obtidos permitirão analisar os impactos de diferentes políticas de manutenção e cenários operacionais sobre indicadores de disponibilidade e custo associados ao corredor BRT avaliado.

Por fim, espera-se que a pesquisa contribua para o avanço da linha de investigação em modelagem estocástica, dependabilidade e avaliação de desempenho aplicada a sistemas inteligentes de transporte, além de consolidar estudos relacionados à análise quantitativa de manutenção e disponibilidade em infraestruturas urbanas distribuídas.

Referências Bibliográficas

- [1] R. F. Trajano, C. Melo e J. Dantas, “Availability Model and Evaluation of Bus Rapid Transit Surveillance System,” em Brazilian Symposium on Formal Methods, Springer, 2025, pp. 141–155.
- [2] R. F. Trajano, C. Melo e J. Ramalho, “Quantitative Availability Analysis of Fog-Edge Monitoring Architectures in Bus Rapid Transit Station,” em Latin-American Symposium on Dependable Computing, pp. 291–307.
- [3] R. Dantas, J. Dantas, C. Melo, P. Maciel e G. Alves, “A performability model for the BRT system,” em 2018 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon), IEEE, 2018, pp. 1–8.
- [4] R. Dantas, J. Dantas, C. Melo e P. Maciel, “Performance evaluation in BRT systems: An analysis to predict the BRT systems planning,” Case Studies on Transport Policy, v. 9, n. 3, pp. 1141–1150, 2021.
- [5] R. F. Trajano, C. Melo, J. Araujo e J. Dantas, “Mitigating Maintenance Bottlenecks in Intelligent Transportation Systems: A Petri Net Approach,” em 2026 IEEE International Systems Conference (SysCon), IEEE, 2026, pp. 1–7.