

Análise de Sensibilidade de Modelos Hierárquicos para Computação em Nuvem

Rubens de Souza Matos Júnior
Orientador: Prof. Paulo Maciel

Agenda

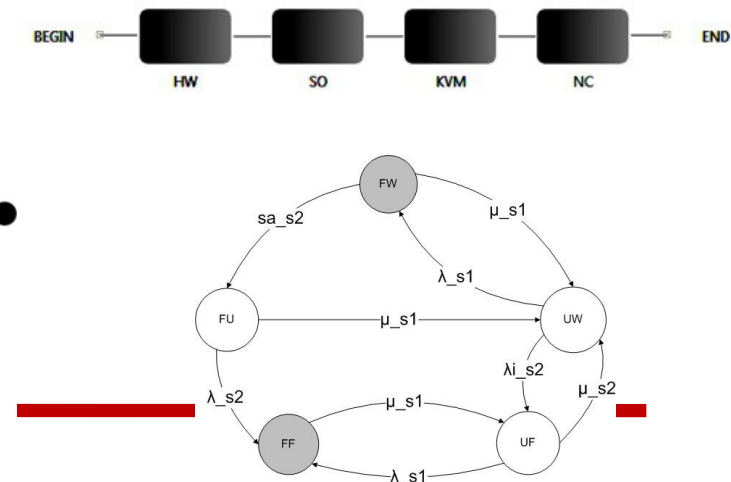
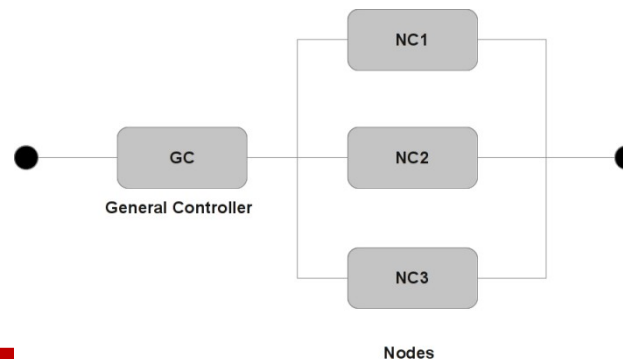
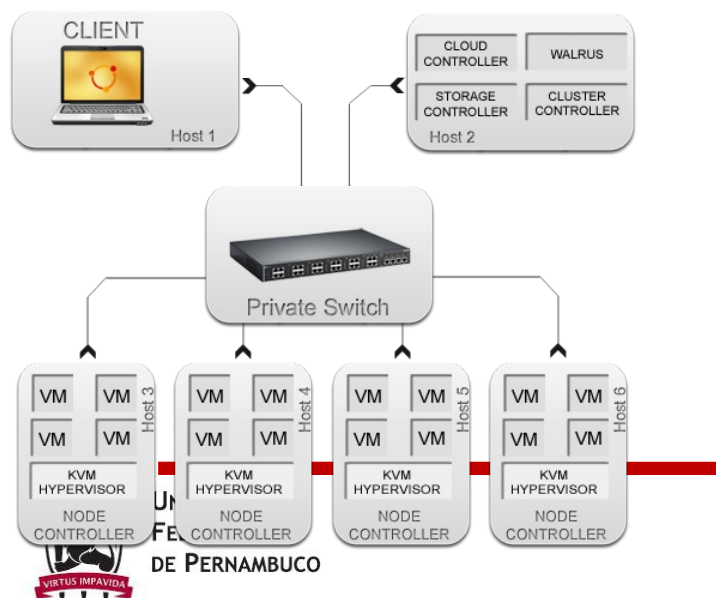


- Motivação
- Objetivos
- Estudo de caso: A.S. em modelos de Mobile Cloud
- Resultados
- Próximos passos



Motivação

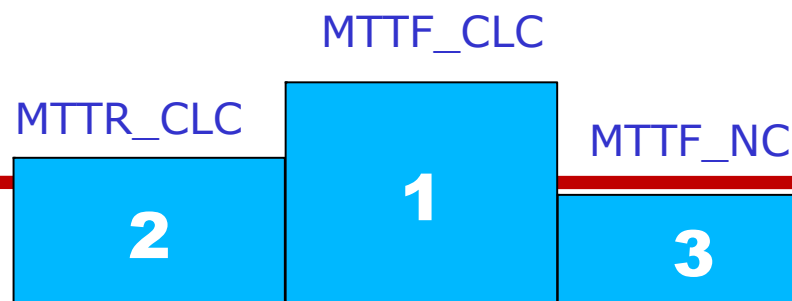
- Computação em nuvem é usada/almejada por várias empresas
- Como propor melhorias de desempenho/dependabilidade para sistemas complexos tais como as nuvens computacionais?
 - Muitos componentes de hardware e software
 - Modelos hierárquicos facilitam a descrição desses sistemas e o tratamento de largeness e stiffness.



Motivação



- Análise de sensibilidade:
 - Métodos para verificar o quanto as mudanças nos parâmetros de entrada irão afetar as saídas (resultados) de um sistema/modelo.
 - Técnica essencial para **detecção de “gargalos”** de desempenho/dependabilidade
 - Variação dos parâmetros, um por vez
 - Análise diferencial
 - Análise de correlação/regressão
 - Design of Experiments: Full-factorial, 2k-Factorial, ...



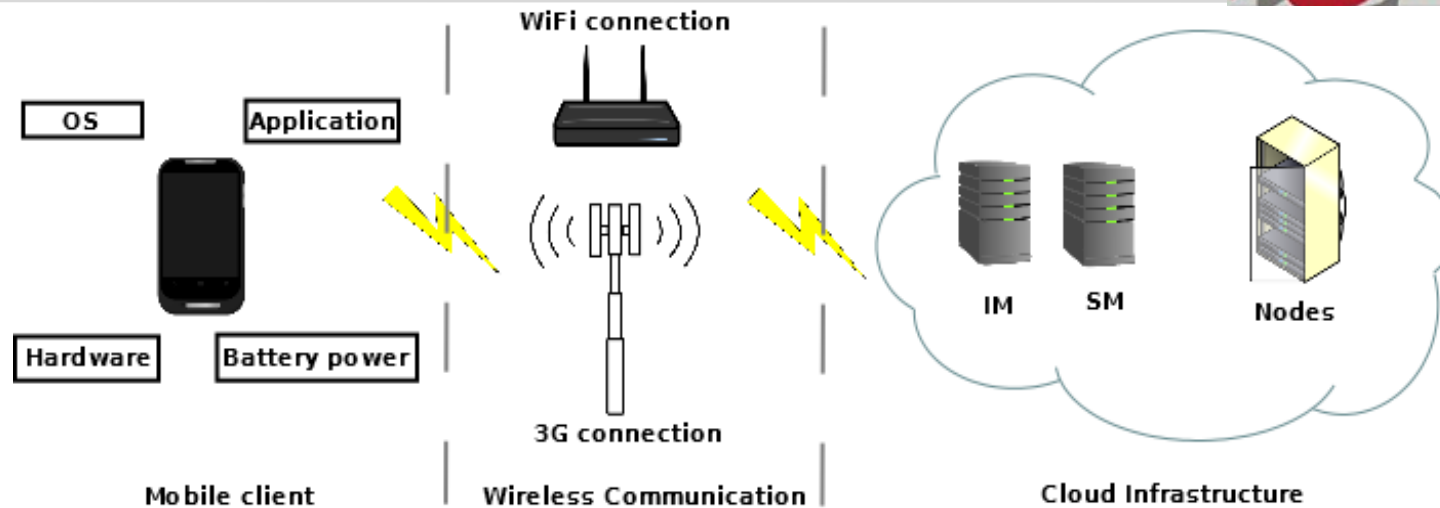
Objetivos



- Principais contribuições esperadas:
 - Criação de **modelos** abrangendo **nível de aplicação e de infraestrutura** (Software executando em IaaS)
 - **Análise de sensibilidade** automatizada dos modelos hierárquicos
 - Incorporação de métodos de **A.S. em algoritmos de otimização** de infraestruturas/serviços de nuvem

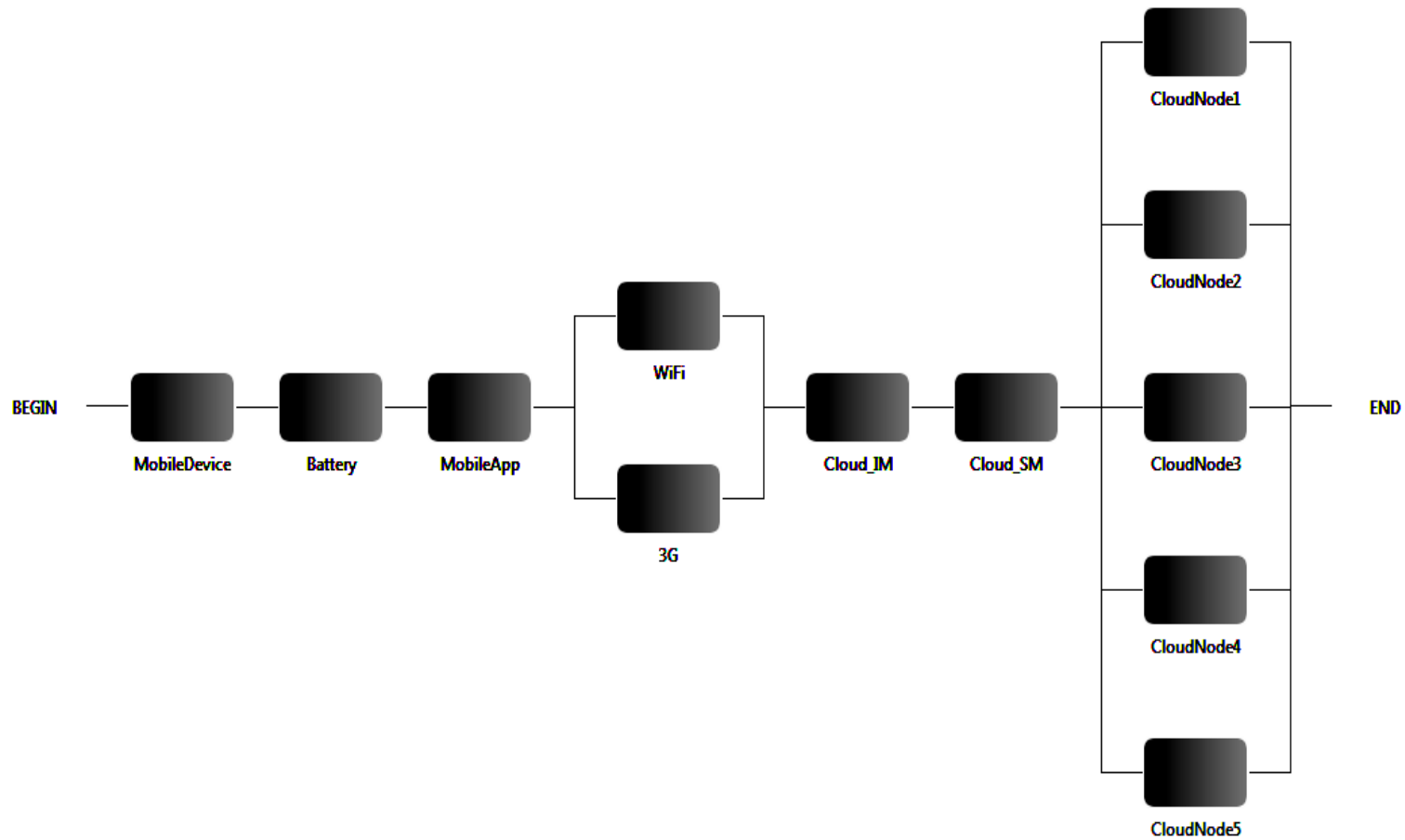


A.S. em modelos de mobile cloud

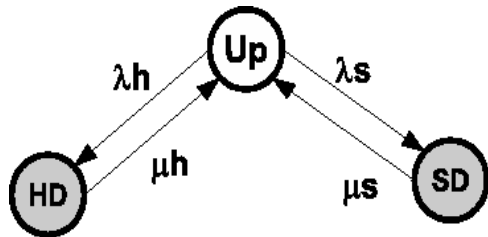


- **Modelos de disponibilidade** para sistemas de mobile cloud
 - Falha/reparo de **hardware, rede e software**
 - **Descarga da bateria** do dispositivo móvel
 - Atualizações do **software**
 - **Fatores de cobertura** das falhas

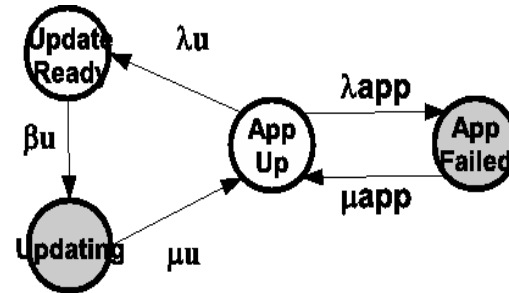
Modelo RBD



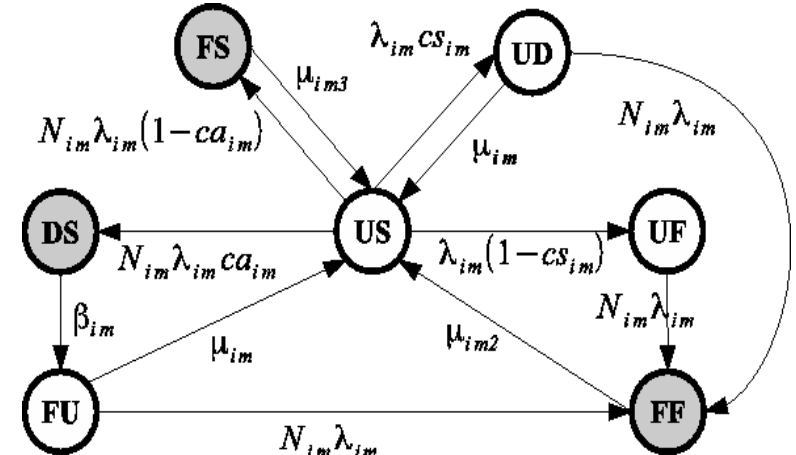
Modelos CTMC



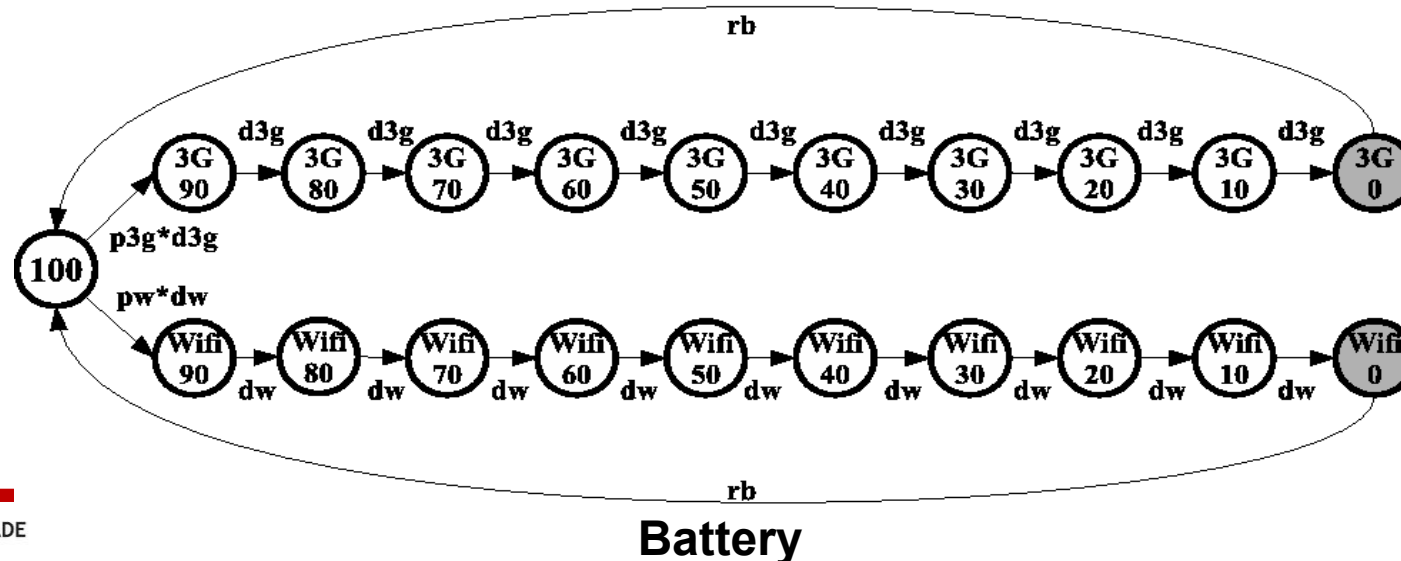
Mobile Device



Mobile Application



Infrastructure Manager



Battery

Equações fechadas



$$A_{System} = A_{MobileDev} \times A_{Battery} \times A_{MobileApp} \\ \times (1 - (1 - A_{WiFi}) \times (1 - A_{3G})) \times A_{IM} \times A_{SM} \times (1 - (1 - A_{Node})^5)$$

$$A_{MobileDev} = \frac{(\mu_{ah} \times \mu_{as})}{(\lambda_{as} \times \mu_{ah} + (\lambda_{ah} + \mu_{ah}) \times \mu_{as})}$$

$$A_{WiFi} = \frac{\mu_{wifi}}{\lambda_{wifi} + \mu_{wifi}}$$

$$A_{3G} = \frac{\mu_{3g}}{\lambda_{3g} + \mu_{3g}}$$

$$A_{MobileApp} = \frac{((\beta_u + \lambda_u) \times \mu_{app} \times \mu_u)}{(\beta_u \times \lambda_u \times \mu_{app} + \lambda_u \times \mu_{app} \times \mu_u + \beta_u \times (\lambda_{app} + \mu_{app}) \times \mu_u)}$$



Equações fechadas



$$A_{Battery} = \frac{((1 + 9 \times p3g + 9 \times pw) \times rb)}{(d3g \times p3g + dw \times pw + rb + 9 \times (p3g + pw) \times rb)}$$

$$A_{CloudIM} = \frac{(\beta_{im}(N_{im}(1 + N_{im} + ca_{im}N_{im})\lambda_{im} + (1 - cs_{im} + N_{im})\mu_{im})\mu_{im2}\mu_{im3})}{((-1 + ca_{im})N_{im}^2\beta_{im}\lambda_{im}(N_{im}\lambda_{im} + \mu_{im})\mu_{im2} - ((1 - cs_{im})\beta_{im}\mu_{im}\mu_{im2} + ca_{im}N_{im}^3\lambda_{im}^2(\beta_{im} + \mu_{im2}) + N_{im}\beta_{im}(\mu_{im}\mu_{im2} + \lambda_{im}(\mu_{im} - cs_{im}\mu_{im} + \mu_{im2}))) + N_{im}^2\lambda_{im}(ca_{im}\mu_{im}\mu_{im2} + \beta_{im}(\lambda_{im} + \mu_{im2} + ca_{im}\mu_{im2})))\mu_{im3}} \quad (12)$$

$$A_{Node} = \frac{\mu_{node}}{\lambda_{node} + \mu_{node}}$$



Resultados de disponibilidade



| Availability | Number of Nines | Downtime (h/yr) |
|--------------|-----------------|-----------------|
| 0.99553119 | 2.349808 | 39.147 |

Se quisermos **melhorar** a **disponibilidade** desse sistema, quais componentes/parâmetros merecem **prioridade**?



Análise de sensibilidade: Derivadas parciais

$$SS_{\theta}(Y) = \frac{\lambda}{Y} \frac{\partial Y}{\partial \theta}$$



Ranking dos 15 parâmetros com maiores índices de sensibilidade

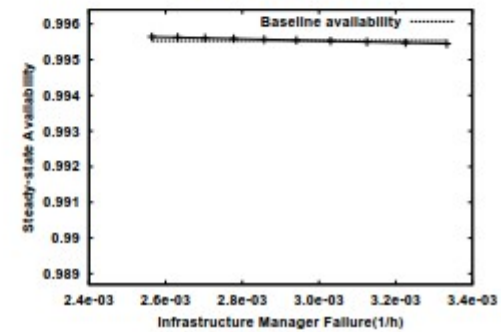
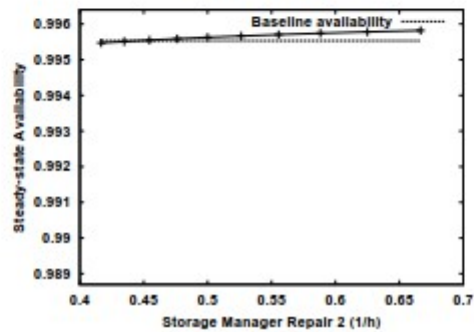
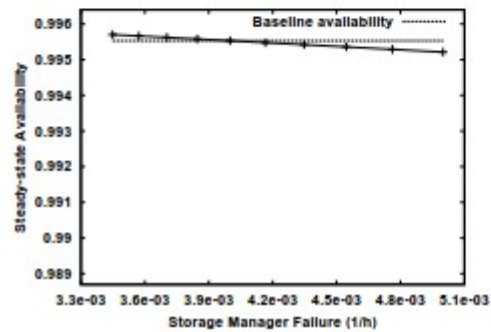
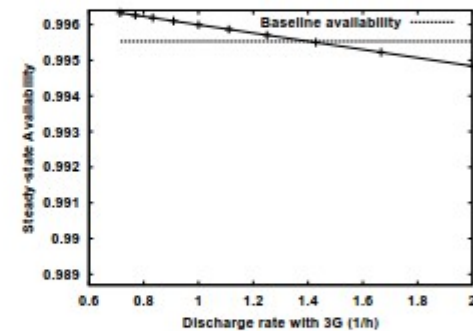
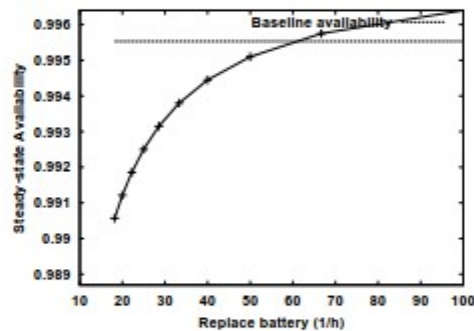
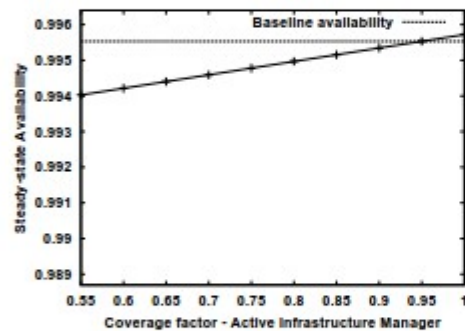
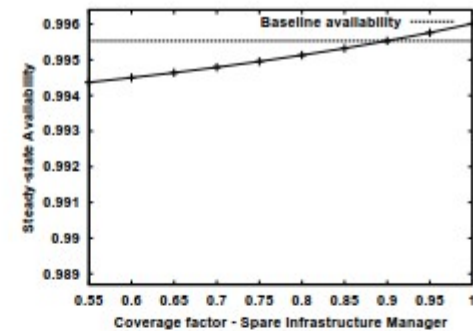
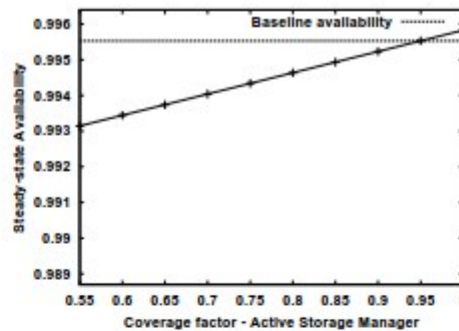
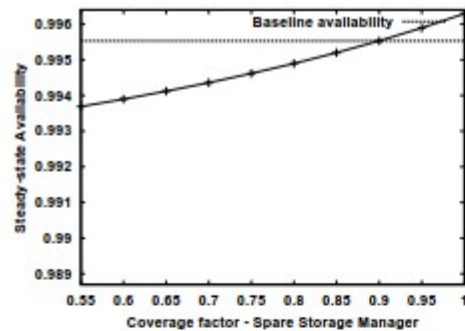
| Parameter | Description | $ SS(A) $ |
|----------------|-----------------------------------|----------------|
| cs_{sm} | Coverage factor - Spare SM | 0.006242686368 |
| ca_{sm} | Coverage factor - Active SM | 0.005679147263 |
| cs_{im} | Coverage factor - Spare IM | 0.003946053118 |
| ca_{im} | Coverage factor - Active IM | 0.003579911742 |
| rb | Battery replacement | 0.002173576439 |
| $d3g$ | Battery discharge - 3G | 0.001626034283 |
| λ_{sm} | Failure - Storage Manager | 0.001259313897 |
| μ_{sm2} | Repair 2 - Storage Manager | 0.000871670267 |
| λ_{im} | Failure - Infrastructure Manager | 0.000767725345 |
| dw | Battery discharge - WiFi | 0.000547542156 |
| N_{sm} | Number of active SMs | 0.000534594283 |
| μ_{im2} | Repair 2 - Infrastructure Manager | 0.000533421136 |
| N_{im} | Number of active IMs | 0.000316933771 |
| μ_{sm3} | Repair 3 - Storage Manager | 0.000301953425 |
| $p3g$ | Prob. of 3G connection | 0.000256681126 |

Fatores de cobertura
das falhas no
Infrastructure Manager
(**IM**) e Storage Manager
(**SM**)

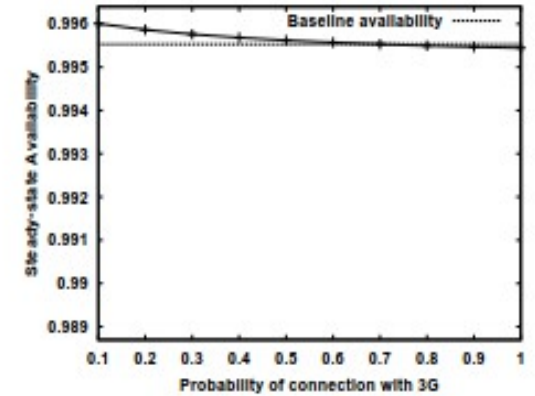
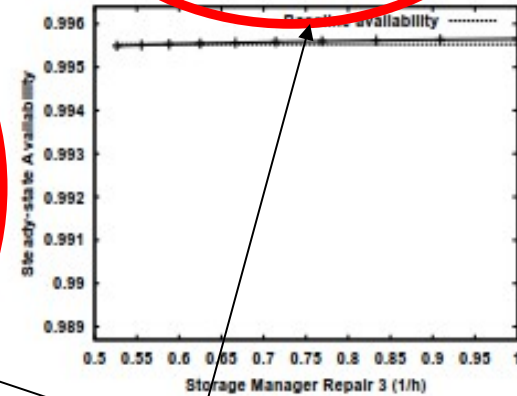
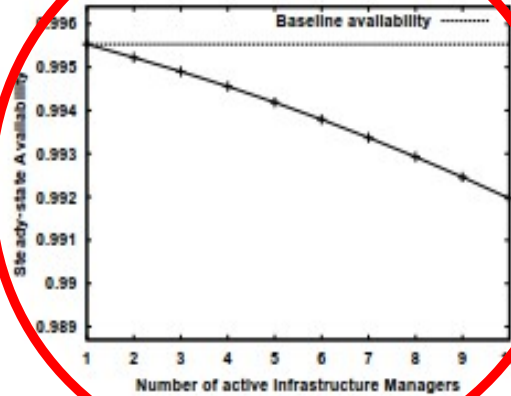
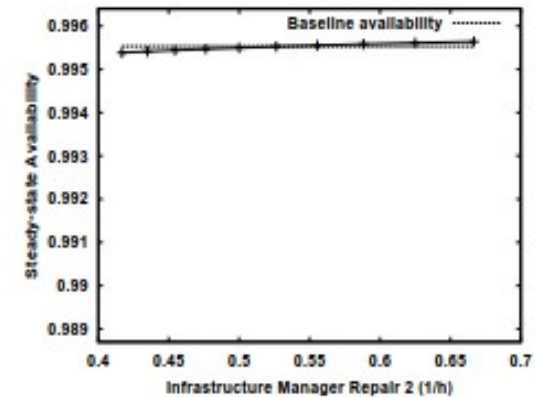
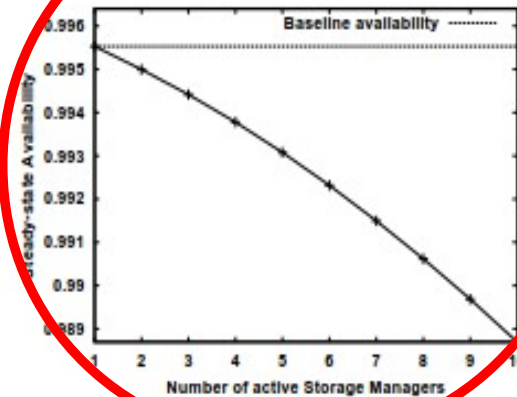
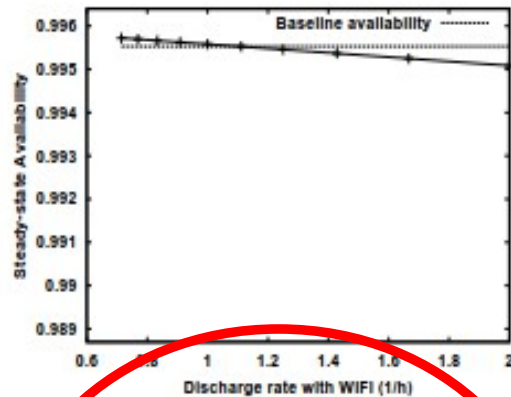
**Taxa de substituição da
bateria e de descarga**
usando **3G**



Análise de sensibilidade: Gráficos – Variação um-por-um



Análise de sensibilidade: Gráfico – Variação um-por-um



Não reflete a ordem mostrada no ranking

Análise de sensibilidade: Diferença percentual

$$S_{\theta}(Y) = \frac{\max(Y(\theta)) - \min(Y(\theta))}{\max(Y(\theta))}$$



| Parameter | $ S(A) $ |
|----------------|--------------|
| N_{sm} | 0.0068660546 |
| rb | 0.0058528304 |
| N_{im} | 0.003583039 |
| ca_{sm} | 0.0026962696 |
| cs_{sm} | 0.0026128065 |
| ca_{im} | 0.0017010243 |
| cs_{im} | 0.0016524309 |
| $d3g$ | 0.0014956874 |
| dw | 0.0006411687 |
| μ_{as} | 0.0006241302 |
| $p3g$ | 0.0005661573 |
| λ_{sm} | 0.0004926414 |
| μ_{sm2} | 0.0003510625 |
| μ_{im2} | 0.0002565759 |
| λ_{im} | 0.0001975189 |

Quantidade de servidores **IM e SM**

Taxa de substituição da **bateria**

Fatores de cobertura continuam próximos ao topo do ranking



Análise de sensibilidade: Design of Experiment 2^K



| Parameter | Effect |
|----------------|-----------|
| rb | 0.010521 |
| ca_{sm} | 0.007525 |
| N_{sm} | -0.006857 |
| μ_{sm2} | 0.004468 |
| λ_{sm} | -0.004225 |
| N_{im} | -0.003982 |
| CS_{im} | 0.003141 |
| mu_{sm3} | 0.003115 |
| CS_{sm} | 0.002748 |
| λ_{im} | 0.002174 |
| $p3g$ | 0.001510 |
| d_w | -0.001095 |
| $d3g$ | -0.001015 |
| ca_{im} | 0.000861 |
| μ_{im2} | -0.000096 |

← Taxa de substituição da **bateria**

← Quantidade de servidores **IM e SM**

← **Fatores de cobertura** ficaram mais espalhados pelo ranking



Sumarização de resultados



Derivadas parciais

| Parameter | $ SS(A) $ |
|-----------|----------------|
| cs_{sm} | 0.006242686368 |
| ca_{sm} | 0.005679147263 |
| cs_{im} | 0.003946053118 |
| ca_{im} | 0.003579911742 |
| rb | 0.002173576439 |

Diferença percentual

| Parameter | $ S(A) $ |
|-----------|--------------|
| N_{sm} | 0.0068660546 |
| rb | 0.0058528304 |
| N_{im} | 0.003583039 |
| ca_{sm} | 0.0026962696 |
| cs_{sm} | 0.0026128065 |

Análise de DoE

| Parameter | Effect |
|----------------|-----------|
| rb | 0.010521 |
| ca_{sm} | 0.007525 |
| N_{sm} | -0.006857 |
| μ_{sm2} | 0.004468 |
| λ_{sm} | -0.004225 |

Os parâmetros que aparecem entre os **5 primeiros** do ranking em pelo menos **2 dos 3 métodos** são:

- ca_{sm} • **Fator de cobertura** da falha do servidor primário no **Storage Manager**
- cs_{sm} • **Fator de cobertura** da falha no servidor secundário no **Storage Manager**
- N_{sm} • **Número** necessário de **Storage Managers** ativos
- rb • Taxa de **substituição da bateria** do dispositivo móvel



Próximos passos



- Incluir funções de A.S. de modelos hierárquicos no Mercury. (em andamento)
- Testar o uso de A.S. no algoritmo de otimização GRASP
- Estudo de caso com modelos de desempenho de web services na nuvem
- Experimentos para validar os resultados de alguns estudos de caso

