

Análise de Sensibilidade de Modelos Hierárquicos para Computação em Nuvem

Rubens de Souza Matos Júnior
Orientador: Prof. Paulo Maciel

Agenda

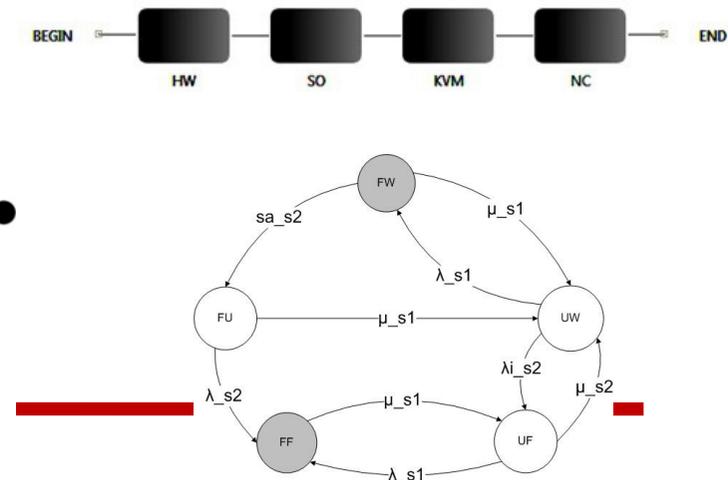
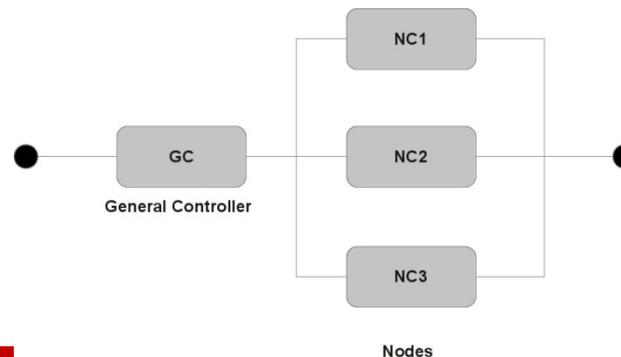
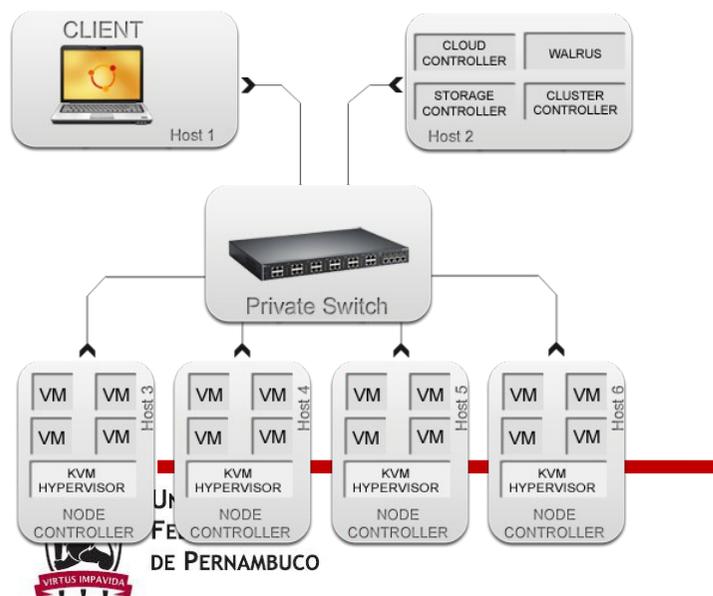


- Motivação
- Objetivos
- Estudo de caso: A.S. em modelos de Mobile Cloud
- Resultados
- Próximos passos



Motivação

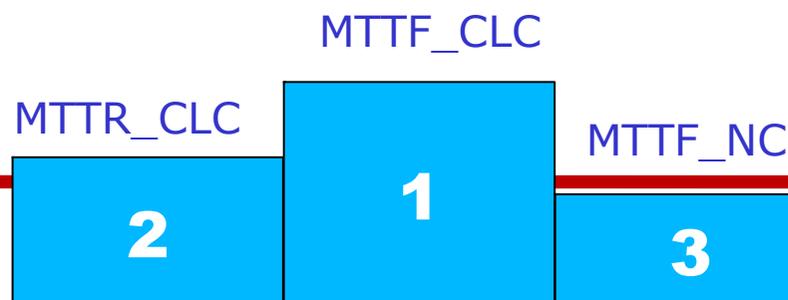
- Computação em nuvem é usada/almejada por várias empresas
- Como propor melhorias de desempenho/dependabilidade para sistemas complexos tais como as nuvens computacionais?
 - Muitos componentes de hardware e software
 - Modelos hierárquicos facilitam a descrição desses sistemas e o tratamento de largeness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



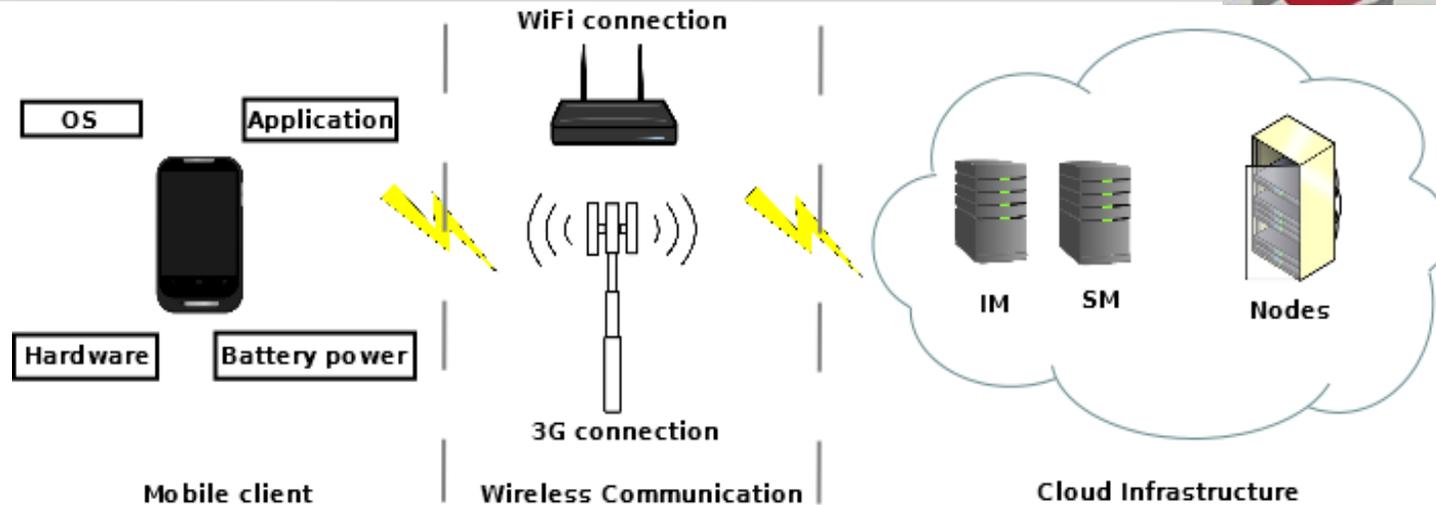
Objetivos



- 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

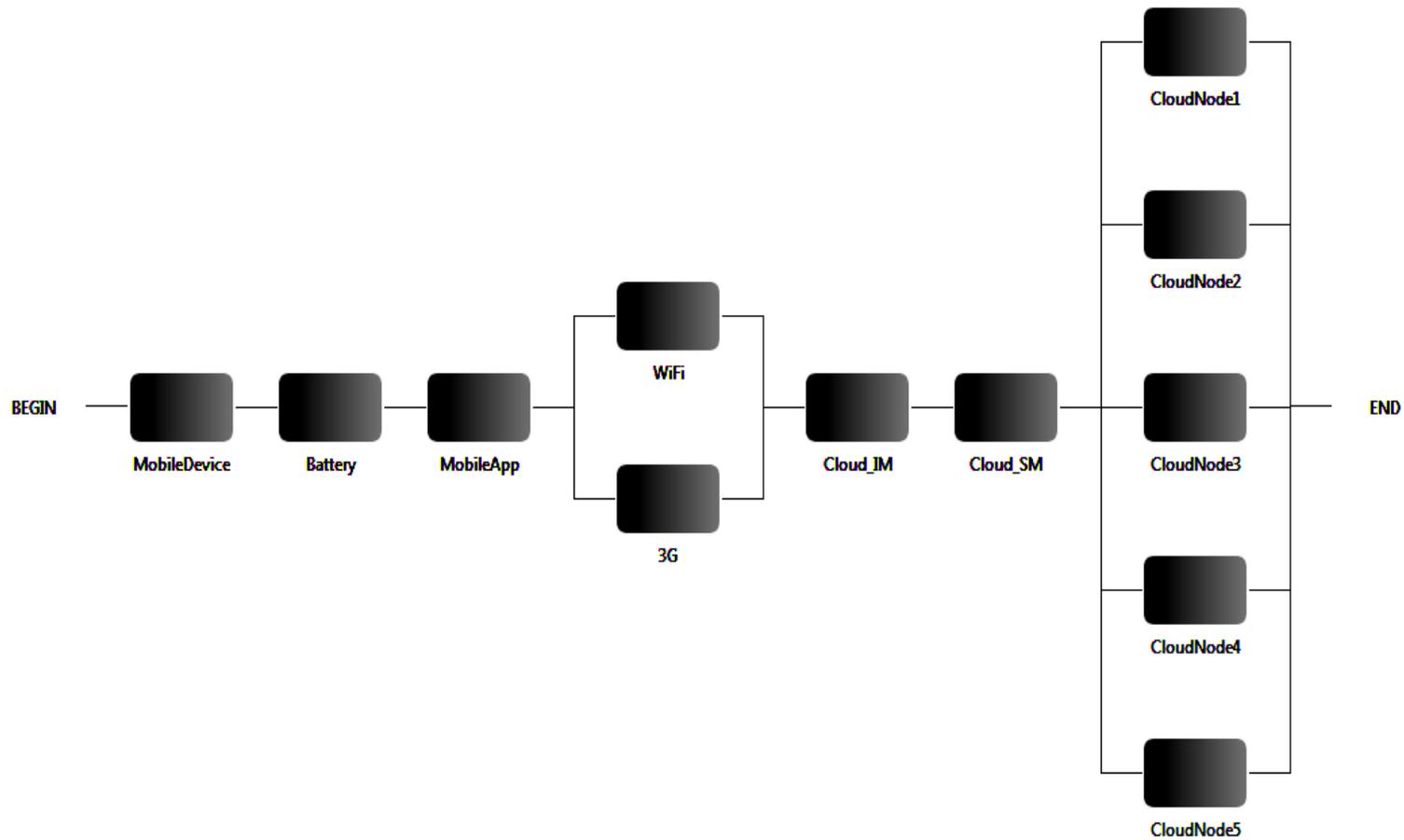


A.S. em modelos de mobile cloud

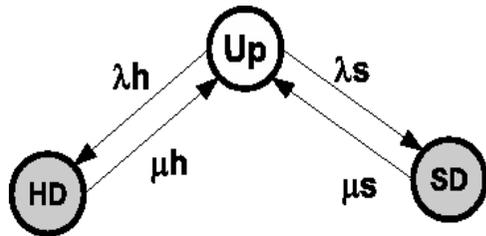


- **Modelos de disponibilidade** para sistemas de mobile cloud
 - Falha/reparo de **hardware, rede e software**
 - **Descarga da bateria** do dispositivo móvel
 - Atualizações do **software**
 - **Fatores de cobertura** das falhas

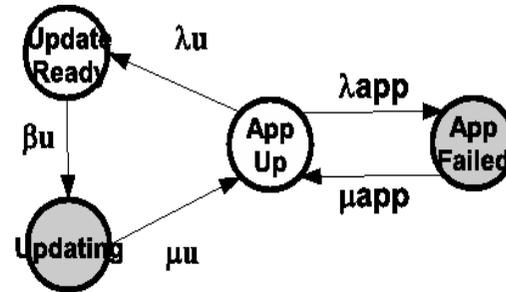
Modelo RBD



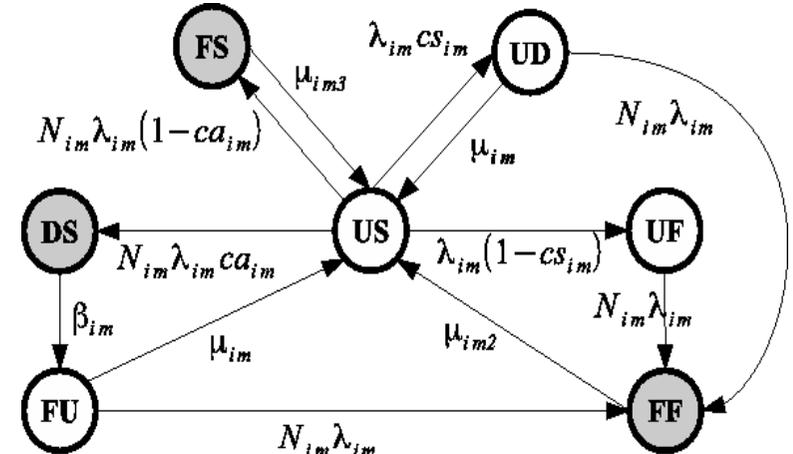
Modelos CTMC



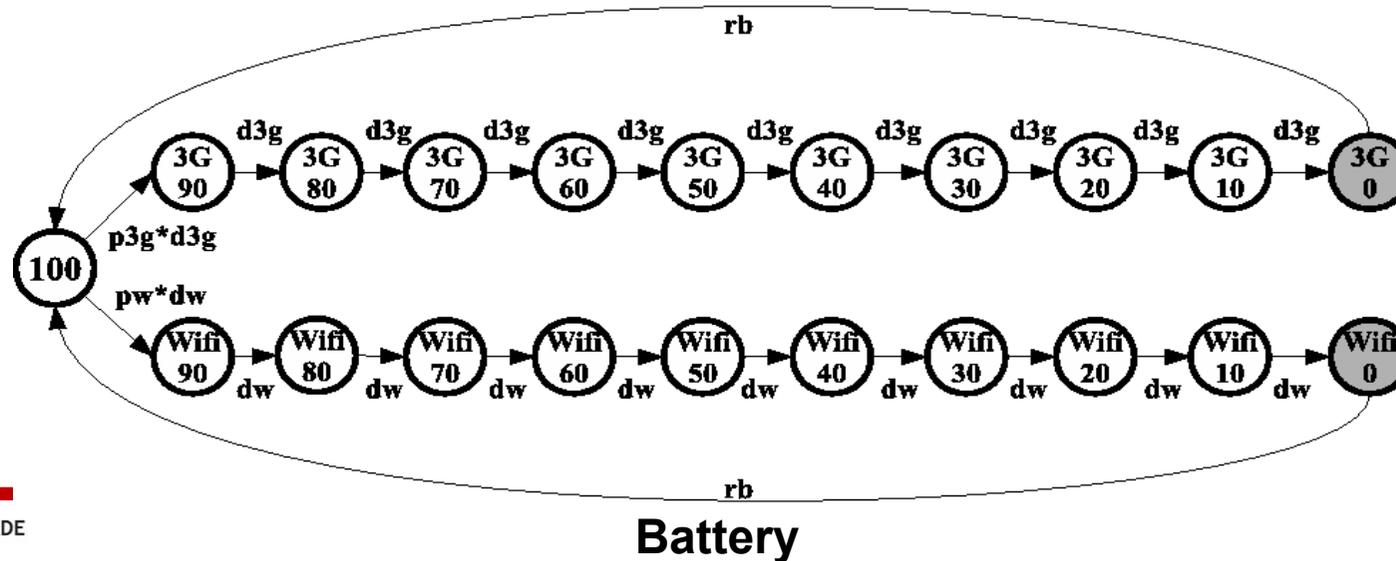
Mobile Device



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

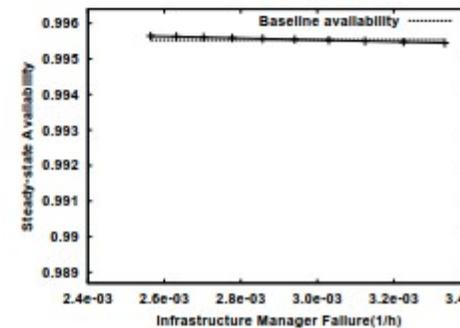
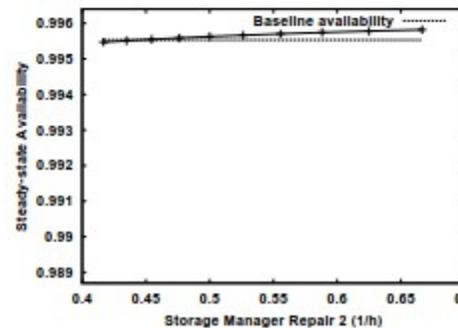
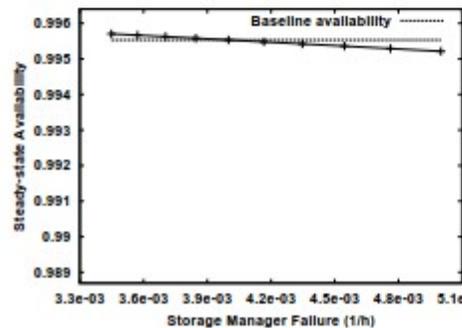
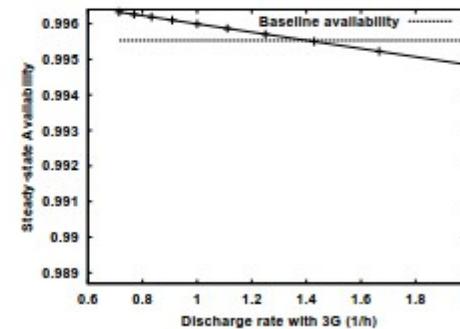
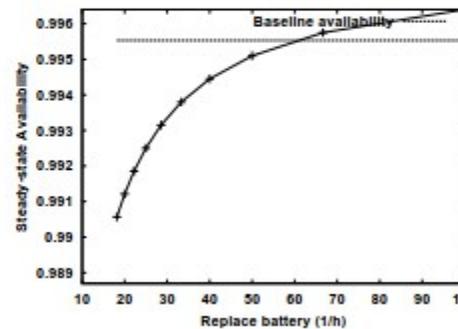
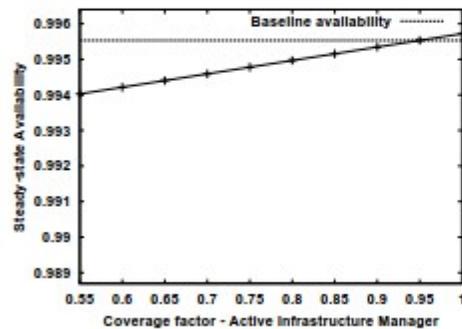
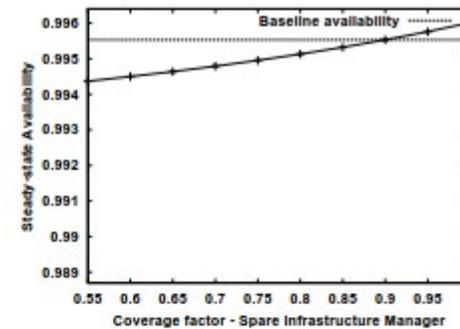
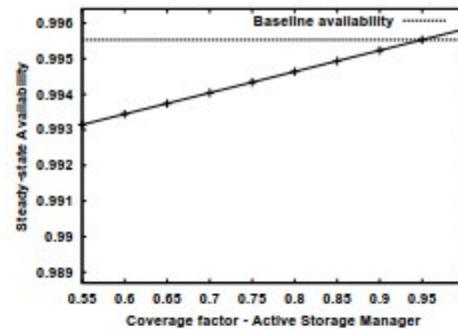
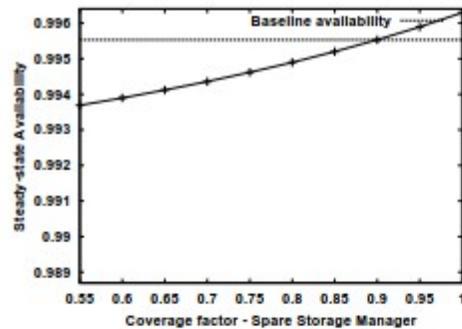
Parameter	Description	$ SS(A) $
cs_{sm}	Coverage factor - Spare SM	0.006242686368
ca_{sm}	Coverage factor - Active SM	0.005679147263
cs_{im}	Coverage factor - Spare IM	0.003946053118
ca_{im}	Coverage factor - Active IM	0.003579911742
rb	Battery replacement	0.002173576439
$d3g$	Battery discharge - 3G	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**)

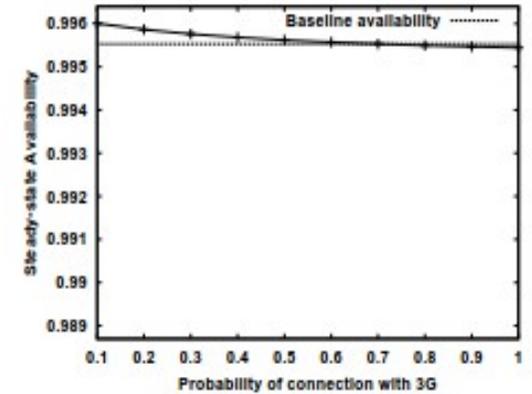
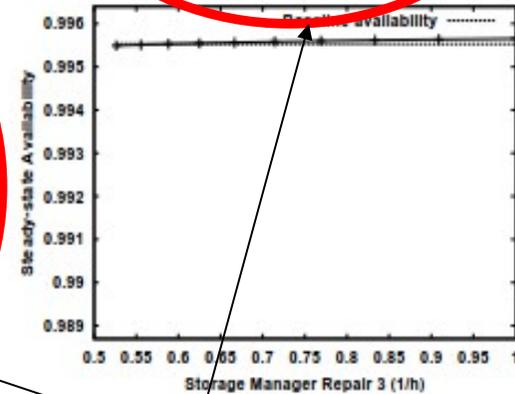
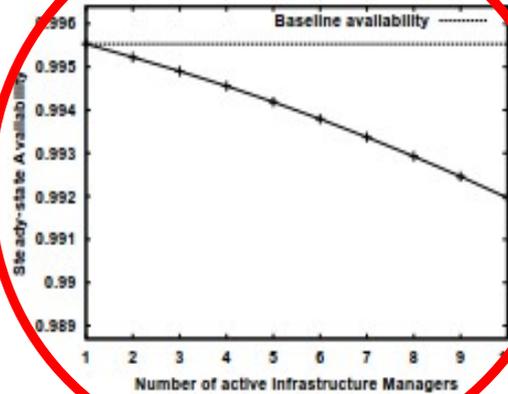
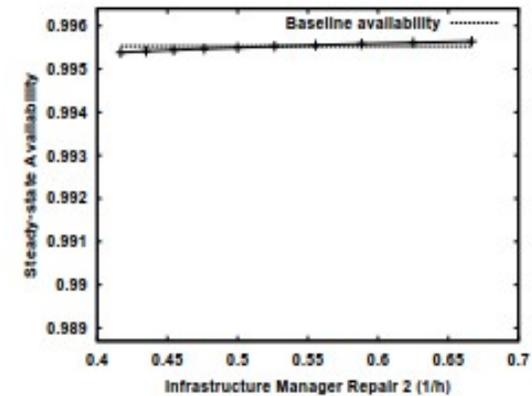
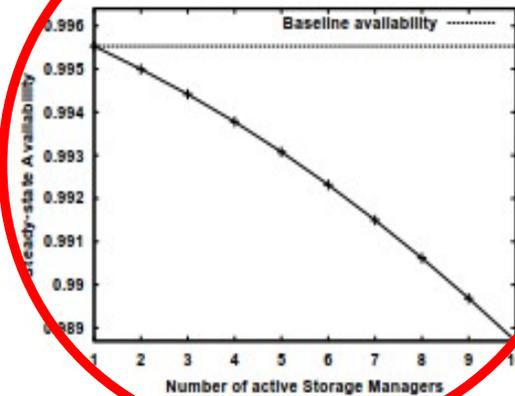
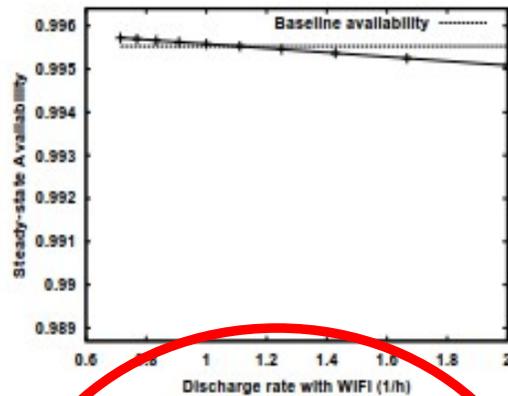
**Taxa de substituição da
bateria e de descarga**
usando **3G**



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) $
<u>cs_{sm}</u>	0.006242686368
<u>ca_{sm}</u>	0.005679147263
cs_{im}	0.003946053118
ca_{im}	0.003579911742
<u>rb</u>	0.002173576439

Diferença percentual

Parameter	$ S(A) $
<u>N_{sm}</u>	0.0068660546
<u>rb</u>	0.0058528304
N_{im}	0.003583039
<u>ca_{sm}</u>	0.0026962696
<u>cs_{sm}</u>	0.0026128065

Análise de DoE

Parameter	Effect
<u>rb</u>	0.010521
<u>ca_{sm}</u>	0.007525
<u>N_{sm}</u>	-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

