Análise de Sensibilidade de Modelos Hierárquicos para Computação em Nuvem

Rubens de Souza Matos Júnior
Orientador: Prof. Paulo Maciel

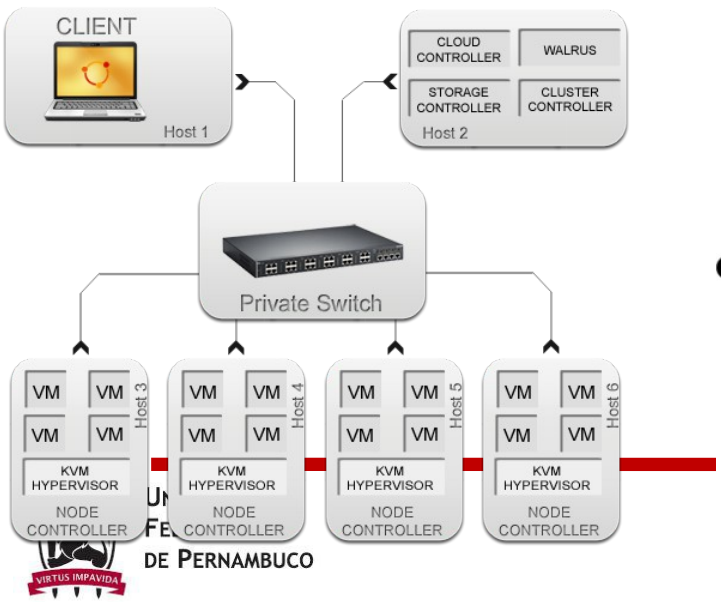
Universidade Federal de Pernambuco

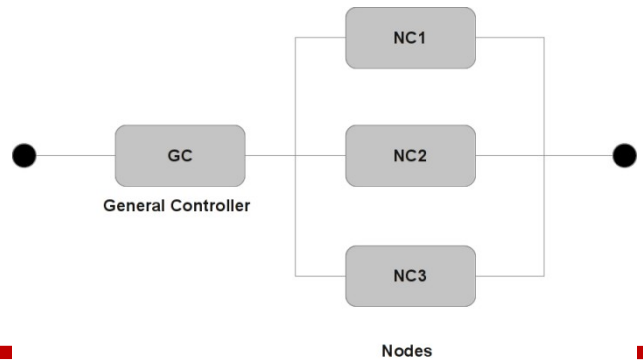
Agenda

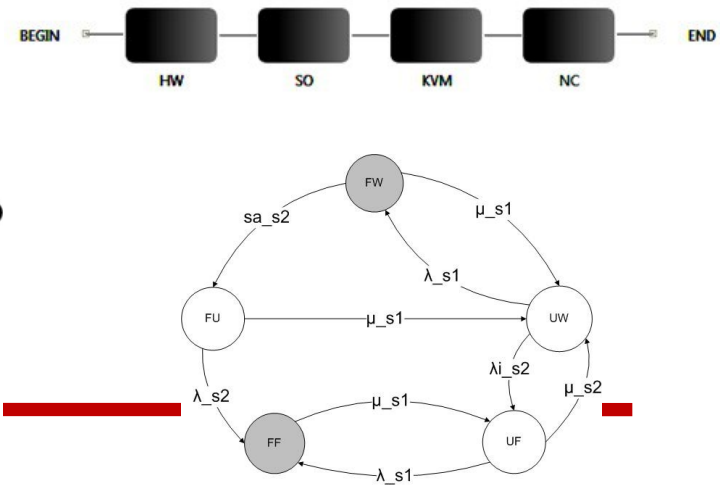
- Motivação
- Objetivos
- Estudo de caso: A.S. em modelos de Mobile Cloud
- Resultados
- Próximos passos

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.

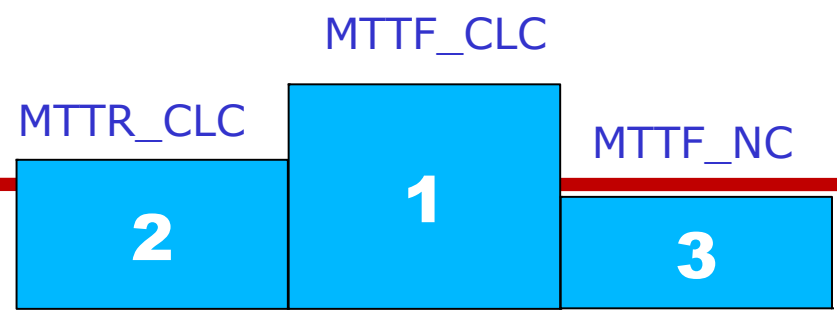






Motivação

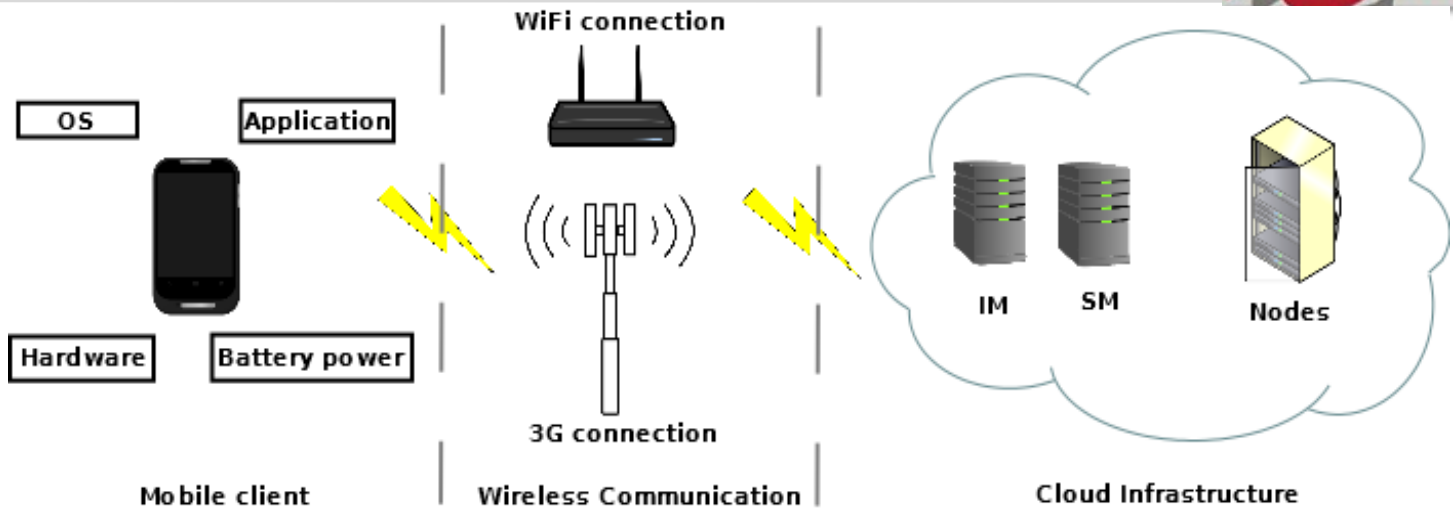
- Análise de sensibilidade:
  - Métodos para verificar o quanto as mudanças nos parâmetros de entrada irão afetar as saídas (resultados) de um sistema/modelo.
  - Técnica essencial para **detecção de "gargalos"** de desempenho/dependabilidade
    - Variação dos parâmetros, um por vez
    - Análise diferencial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



Objetivos

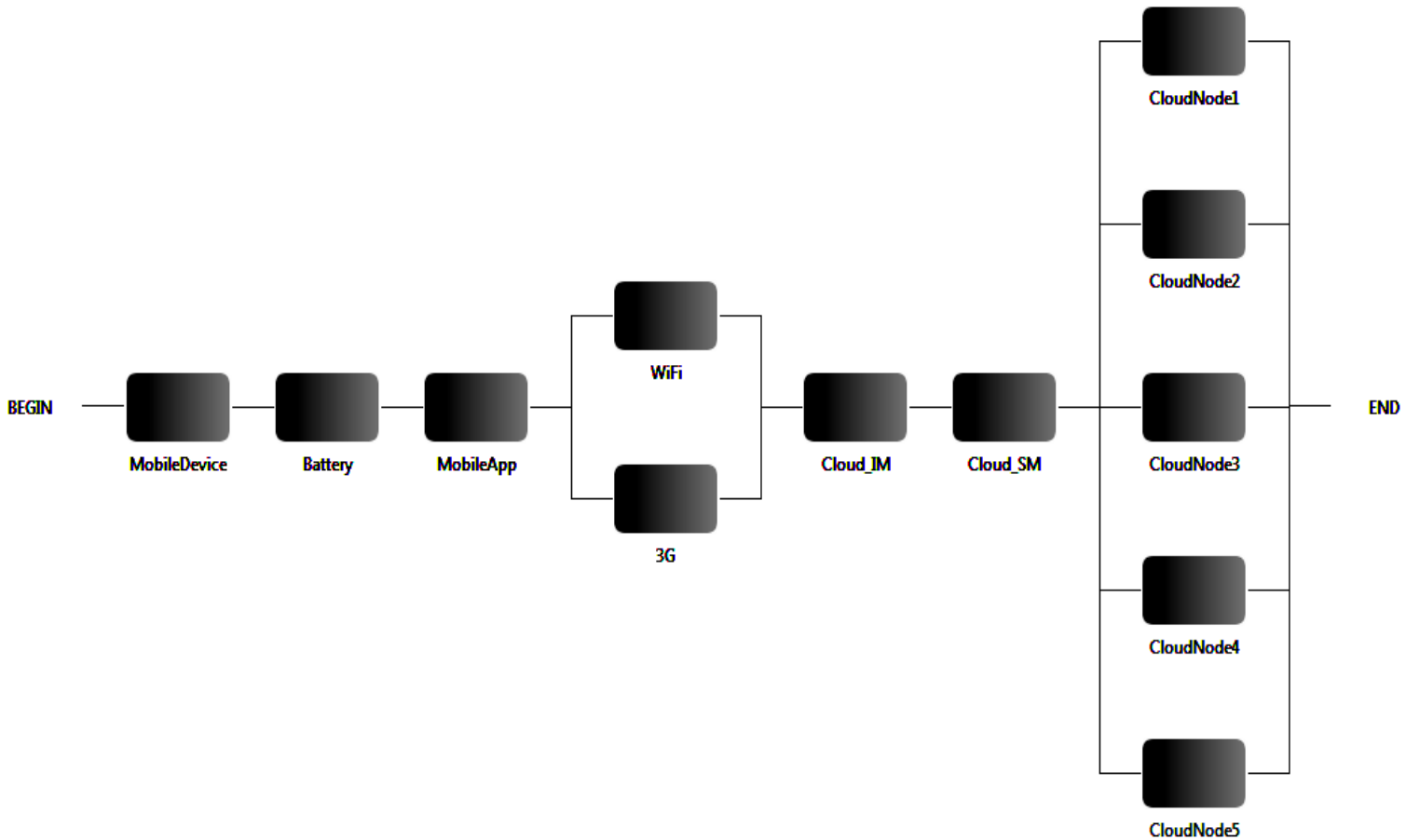
- Principais objetivos:
  - Criação de **modelos** abrangendo **nível de aplicação e de infraestrutura** (Software executando em IaaS)
  - Prover **métodos e ferramentas** para **análise de sensibilidade** automatizada dos modelos hierárquicos
  - Incorporação de métodos de **A.S. em algoritmos de otimização**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

A.S. em modelos de mobile cloud

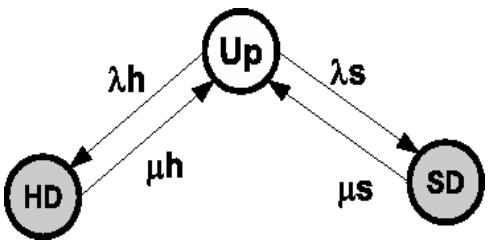


- **Modelos de disponibilidade** para sistemas de mobile cloud
  - Falha/reparo de **hardware, rede e software**
  - **Descarga da bateria** do dispositivo móvel
  - Atualizações do **software**
  - **Fatores de cobertura** das falhas

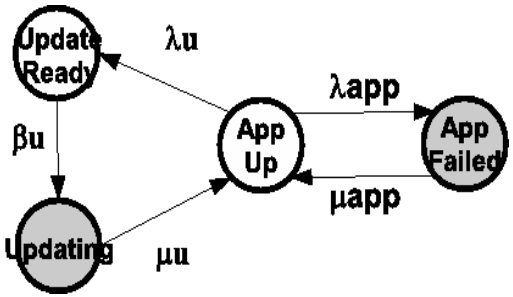
Modelo RBD


BEGIN
MobileDevice
Battery
MobileApp
WiFi
3G
Cloud_IM
Cloud_SM
CloudNode1
CloudNode2
CloudNode3
CloudNode4
CloudNode5
END

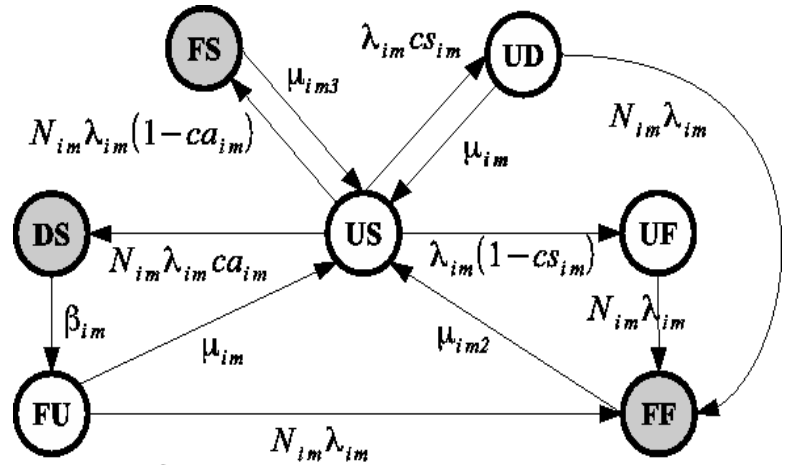
Modelos CTMC



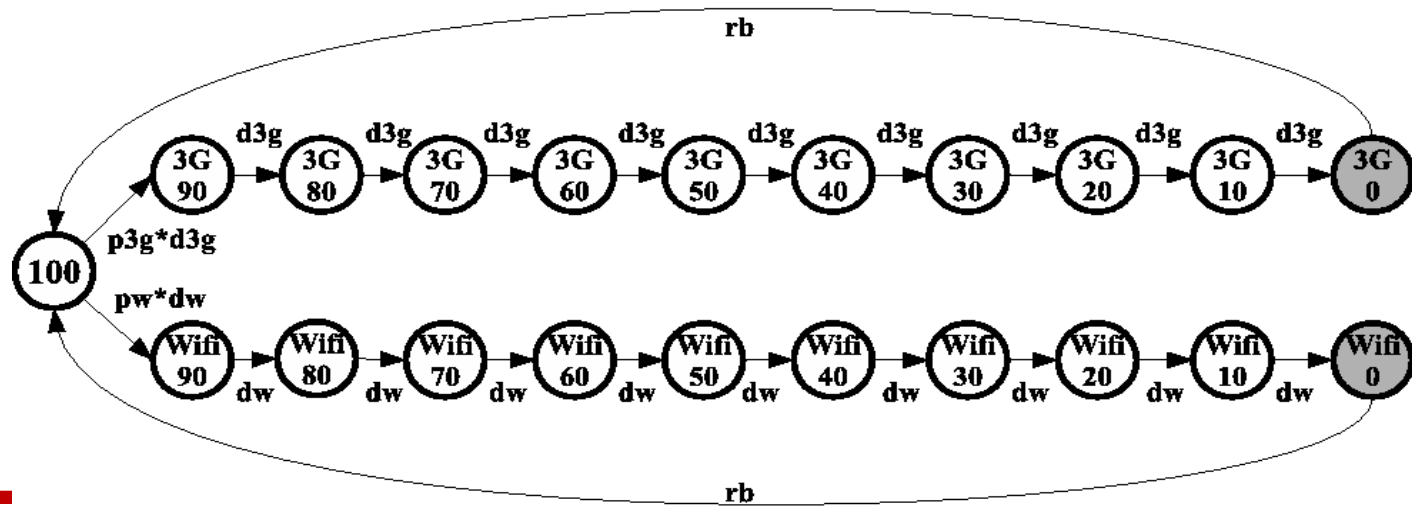
Mobile Device



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

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

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

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

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

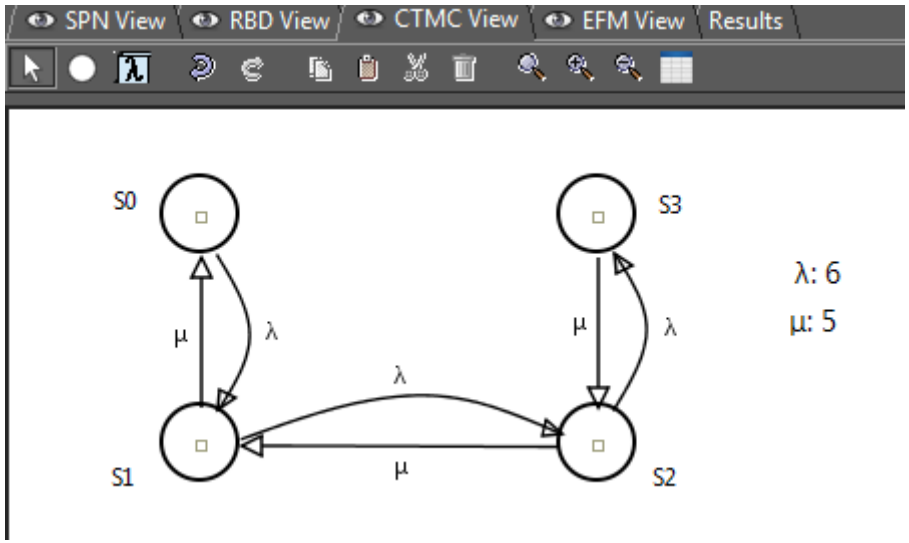
Análise de DoE

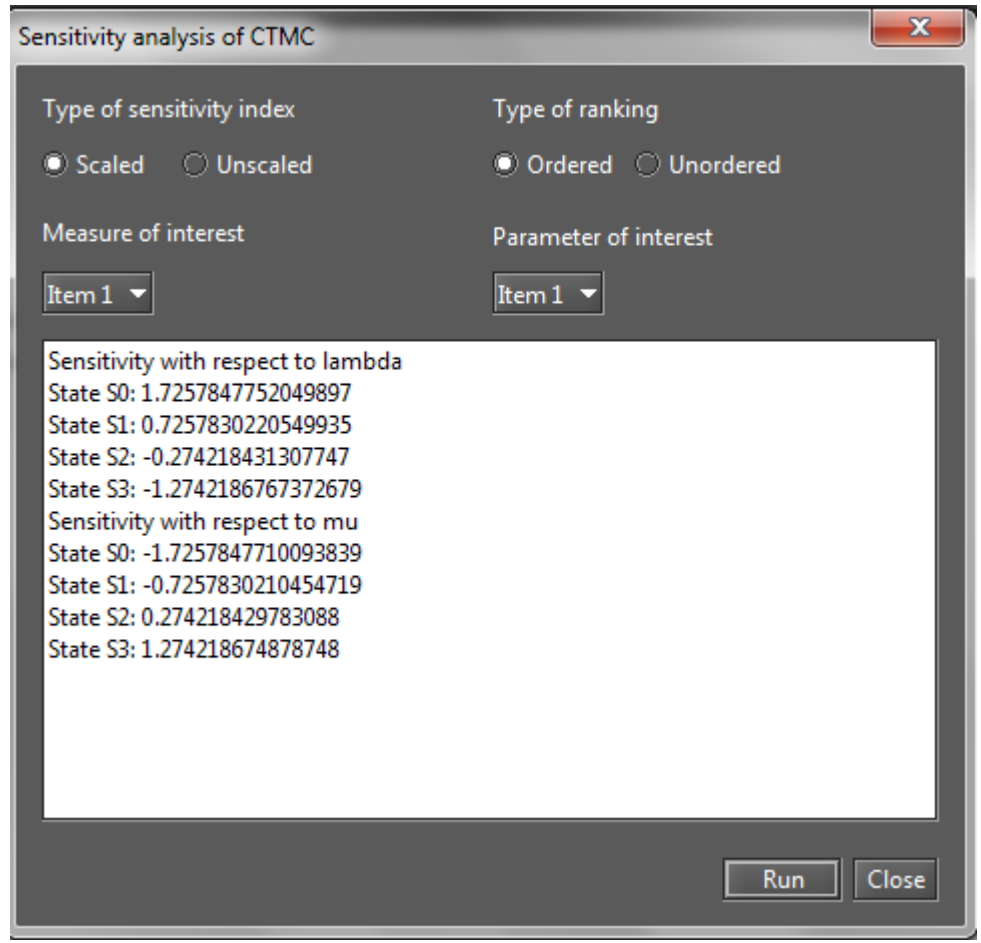
Parameter	Effect
rb	0.010521
ca_{sm}	0.007525
N_{sm}	-0.006857
μ_{sm2}	0.004468
λ_{sm}	-0.004225

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 do servidor secundário no **Storage Manager**
- N_{sm} ● **Número** necessário de **Storage Managers** ativos
- ● Taxa de **substituição da bateria** do dispositivo móvel

Implementação no Mercury





Validando com o Mathematica

```
ClearAll["Global`*"];
S0 = 1; S1 = 2; S2 = 3; S3 = 4;
p0 = {1, 0, 0, 0};
mat = SparseArray[{{S0, S1} → λ, {S1, S2} → λ, {S2, S3} → λ, {S3, S2} → μ, {S2, S1} → μ, {S1, S0} → μ}];
(matQ = Transpose[SetDiagonal[Transpose[mat]]]) // MatrixForm
(prob = ProbStationary[Transpose[matQ]]) // FullSimplify
probS0 := prob[[S0]]; probS1 := prob[[S1]]; probS2 := prob[[S2]]; probS3 := prob[[S3]];
sensS0mu = D[probS0, μ] * (μ / probS0);
sensS1mu = D[probS1, μ] * (μ / probS1);
sensS2mu = D[probS2, μ] * (μ / probS2);
sensS3mu = D[probS3, μ] * (μ / probS3);
sensS0lambda = D[probS0, λ] * (λ / probS0);
sensS1lambda = D[probS1, λ] * (λ / probS1);
sensS2lambda = D[probS2, λ] * (λ / probS2);
sensS3lambda = D[probS3, λ] * (λ / probS3);
μ := 5;
λ := 6;
Print["Sensitivity with respect to lambda"]
N[sensS0lambda, 6]
N[sensS1lambda, 6]
N[sensS2lambda, 6]
N[sensS3lambda, 6]
Print["Sensitivity with respect to mu"]
N[sensS0mu, 6]
N[sensS1mu, 6]
N[sensS2mu, 6]
N[sensS3mu, 6]
```

Derivadas parciais das equações fechadas

Validando com o Mathematica

Wolfram Mathematica | STUDENT EDITION

Out[376]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} -\lambda & \lambda & 0 & 0 \\ \mu & -\lambda-\mu & \lambda & 0 \\ 0 & \mu & -\lambda-\mu & \lambda \\ 0 & 0 & \mu & -\mu \end{pmatrix}$$

Out[377]= $\left\{\frac{\mu^3}{(\lambda+\mu)\left(\lambda^2+\mu^2\right)}, \frac{\lambda\,\mu^2}{(\lambda+\mu)\left(\lambda^2+\mu^2\right)}, \frac{\lambda^2\,\mu}{(\lambda+\mu)\left(\lambda^2+\mu^2\right)}, \frac{\lambda^3}{(\lambda+\mu)\left(\lambda^2+\mu^2\right)}\right\}$

```
Sensitivity with respect to lambda
```

Out[393]= -1.72578

Out[394]= -0.725782

Out[395]= 0.274218

Out[396]= 1.27422

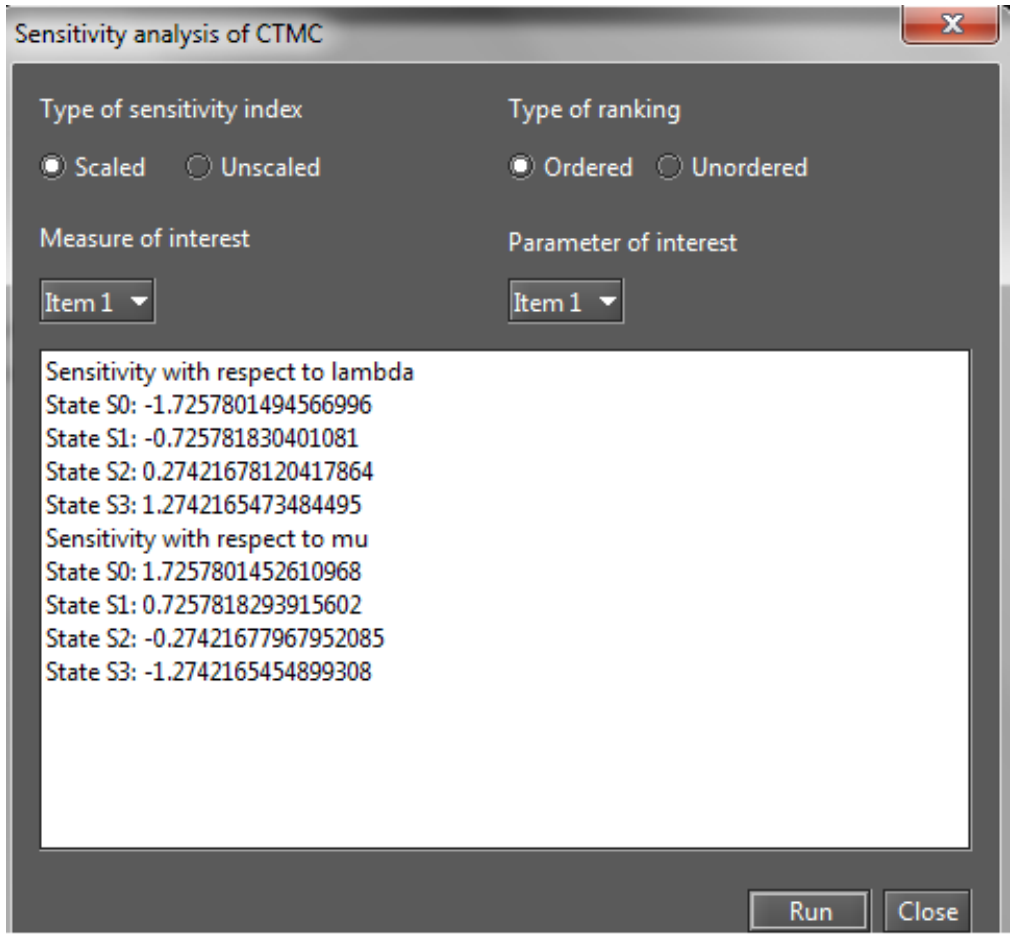
```
Sensitivity with respect to mu
```

Out[398]= 1.72578

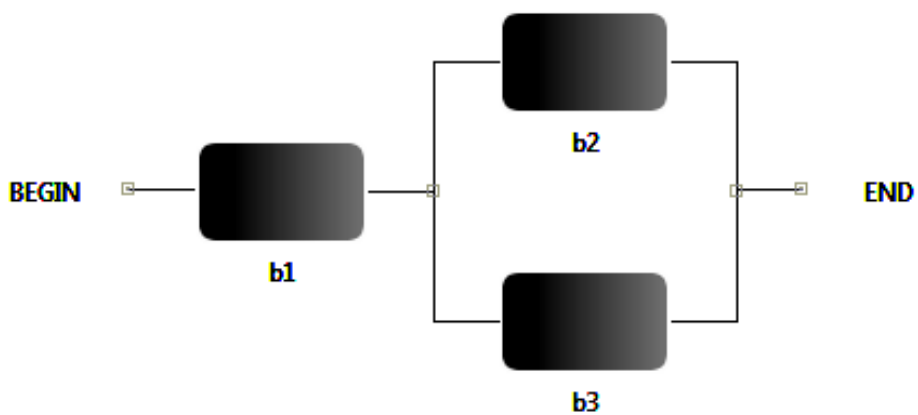
Out[399]= 0.725782

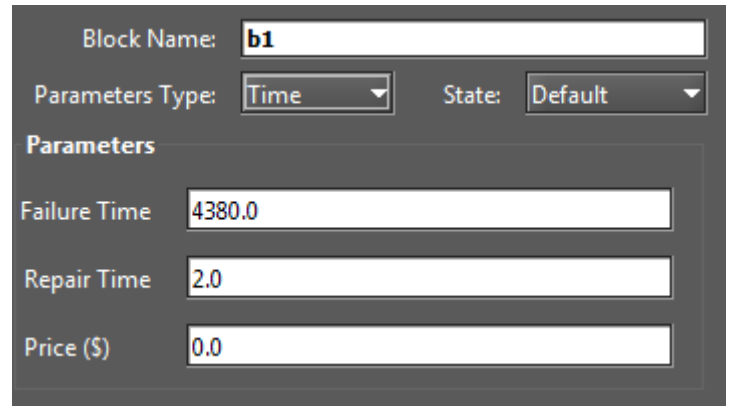
Out[400]= -0.274218

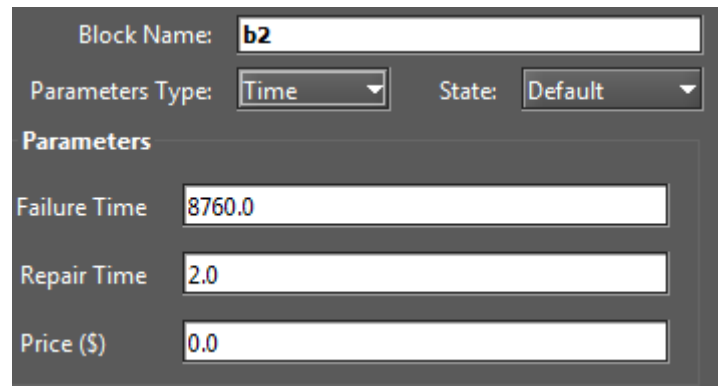
Out[401]= -1.27422



Implementação para RBD

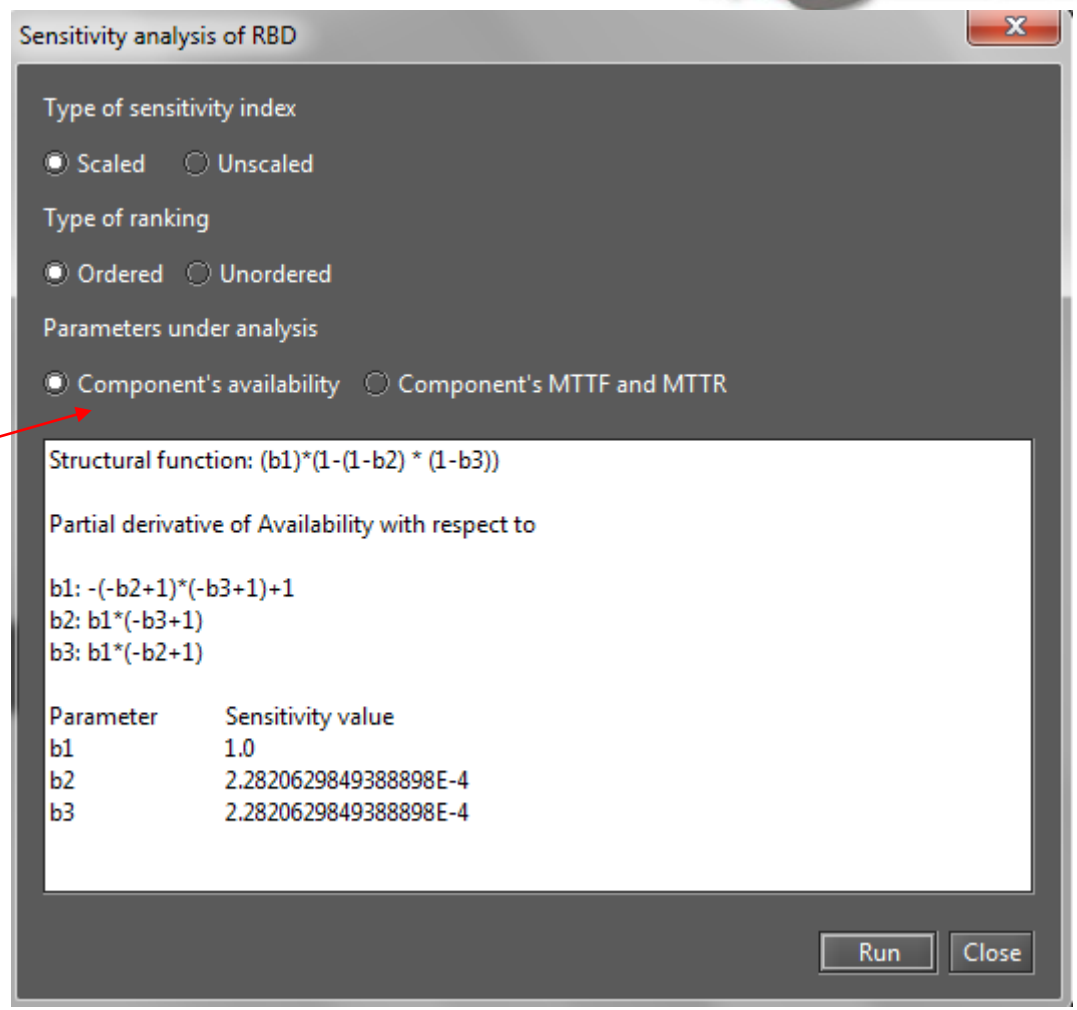






Implementação para RBD

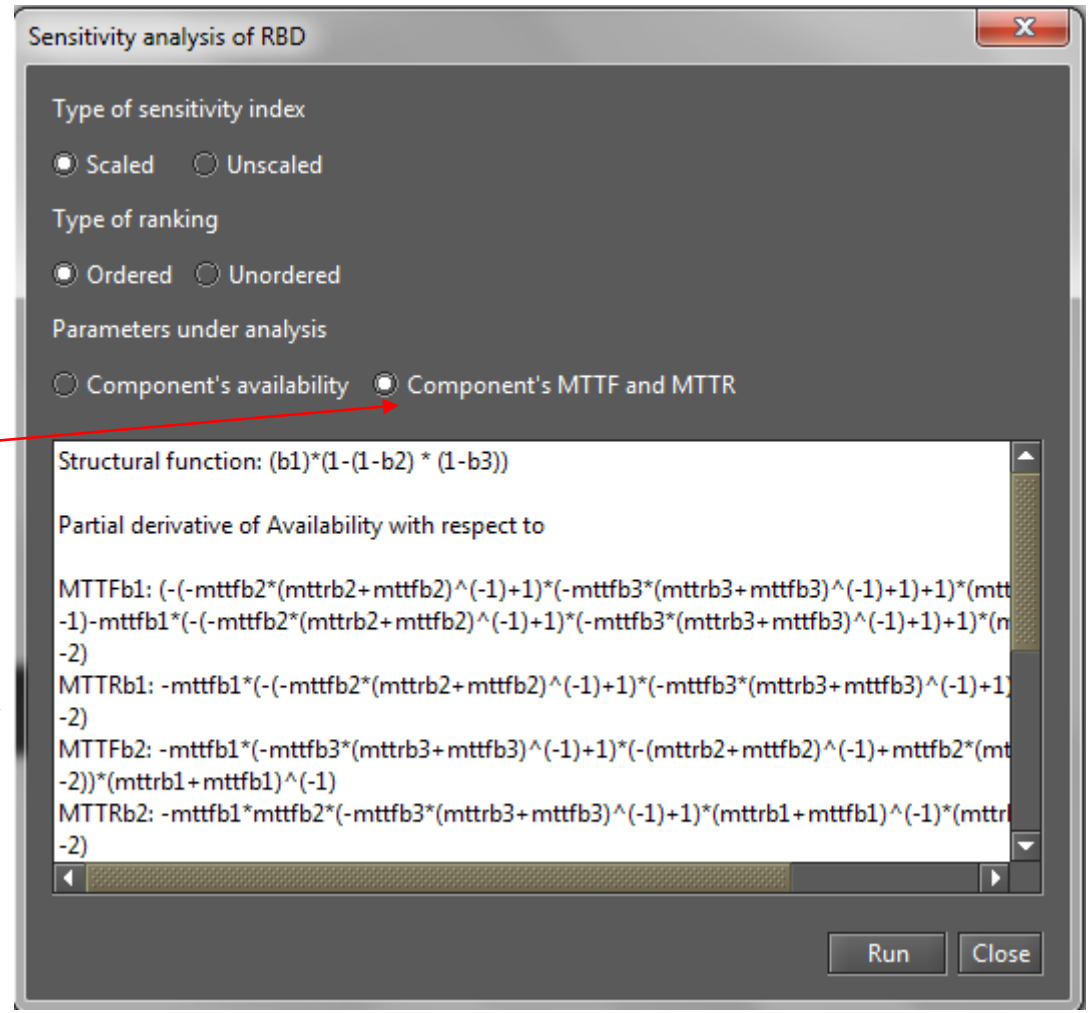
A análise pode ser feita em relação a:
- Disponibilidade de cada bloco
- MTTFs e MTTRs



Implementação para RBD

A análise pode ser feita em relação a:
- Disponibilidade de cada bloco
- MTTFs e MTTRs

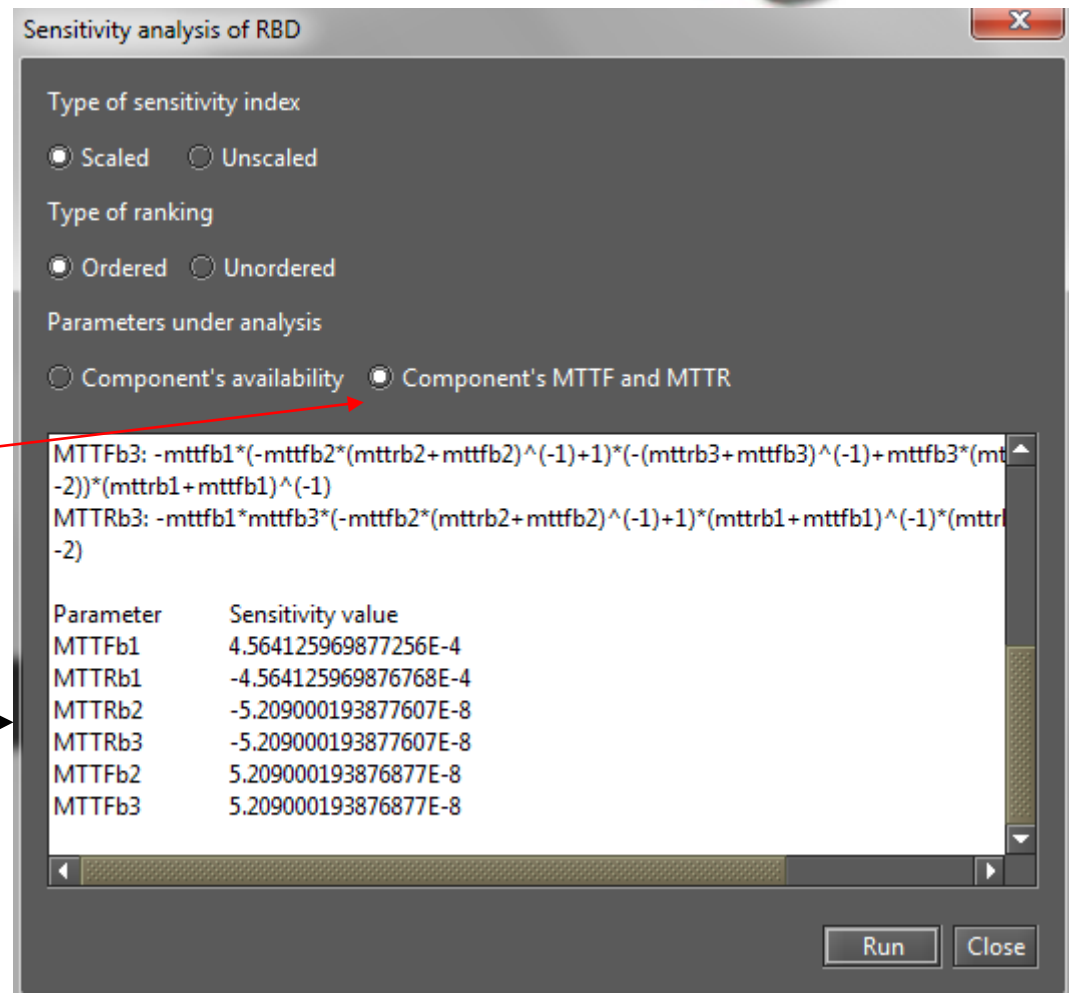
Nomenclatura temporária:
- MTTFb1
- MTTRb1
- ...



Implementação para RBD

A análise pode ser feita em relação a:
- Disponibilidade de cada bloco
- MTTFs e MTTRs

Nomenclatura temporária:
- MTTFb1
- MTTRb1
- ...



Próximos passos

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