

# Modelagem Baseada em Agentes para Análise de Recursos Hídricos

Giovani P. Farias<sup>1</sup>, Bruna S. Leitzke<sup>1</sup>, Míriam B. Born<sup>2</sup>,  
Marilton S. de Aguiar<sup>2</sup>, Diana F. Adamatti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional (PPGMC)  
Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – Rio Grande – RS – Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGC)  
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – Pelotas – RS – Brasil

Florianópolis/SC



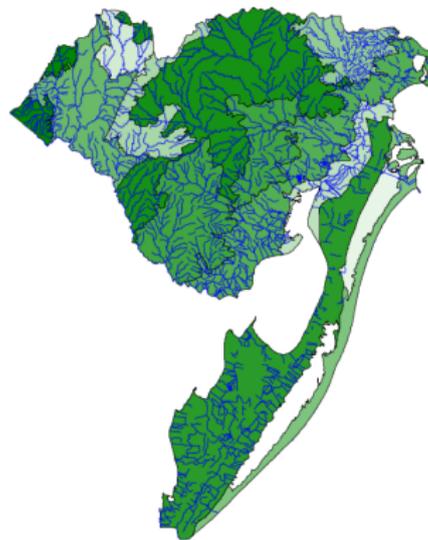
# Introdução

- Recursos naturais
  - necessários para sobrevivência
  - renováveis / não renováveis
  - crescente demanda da população mundial
  - escassos em algumas regiões
  - mau uso / falta de gerenciamento / conflitos
- Modelos baseados em agentes
  - sistemas complexos (ecológicos / sociais)
  - projetar políticas para problemas complexos
  - simula sistemas complexos
  - baseados em tomada de decisões e ações
  - atores (individuais / grupos)
  - interações entre agentes e com o ambiente



# Objetivo

- Estudo de caso
  - Bacia Hidrográfica (Mirim-São Gonçalo)
  - Modelagem na plataforma GAMA
  - Agentes (regiões hidrográficas e rios)
  
- Simulações (análises do ambiente)
  - consumo de água
  - taxa de produção
  - volume de água
  - fluxo de água



# Sistemas Multiagente

- Diversos agentes interagindo em um ambiente
- Gerenciamento de ecossistemas
- Agente (comportamento individual/coletivo)
  - cooperação
  - coordenação
  - competição
  - negociação
- Benefícios
  - rapidez na resolução (processamento concorrente)
  - flexibilidade e escalabilidade
  - aumento da capacidade de resposta
- Arquitetura BDI
  - *beliefs*
  - *desires*
  - *intentions*



# Plataforma GAMA

- *GIS Agent-based Modeling Architecture*
- Ambiente de desenvolvimento integrado completo
  - alterna de forma rápida e prática entre perspectivas
  - modelagem / simulação
  - baseada na IDE do Eclipse
- Desenvolvido por
  - UMMISCO (*Unité de Modélisation Mathématique et Informatique des Systèmes Complexes*)
  - IRD (*Institut de Recherche pour le Développement*)
  - UPMC (*Université Pierre et Marie Curie*)
- Projeto *open source* (2007)



# Interface de Modelagem

The screenshot displays the GAMA Platform interface. The main window shows a workspace titled 'workspace - WESAAC/models/wesaac19.gaml - Gama'. The 'Models' tree on the left lists various models, with 'wesaac19.gaml (1 experiment)' selected. The 'Validation' panel at the bottom left shows 1376 items. The main code editor displays the following GAMA script:

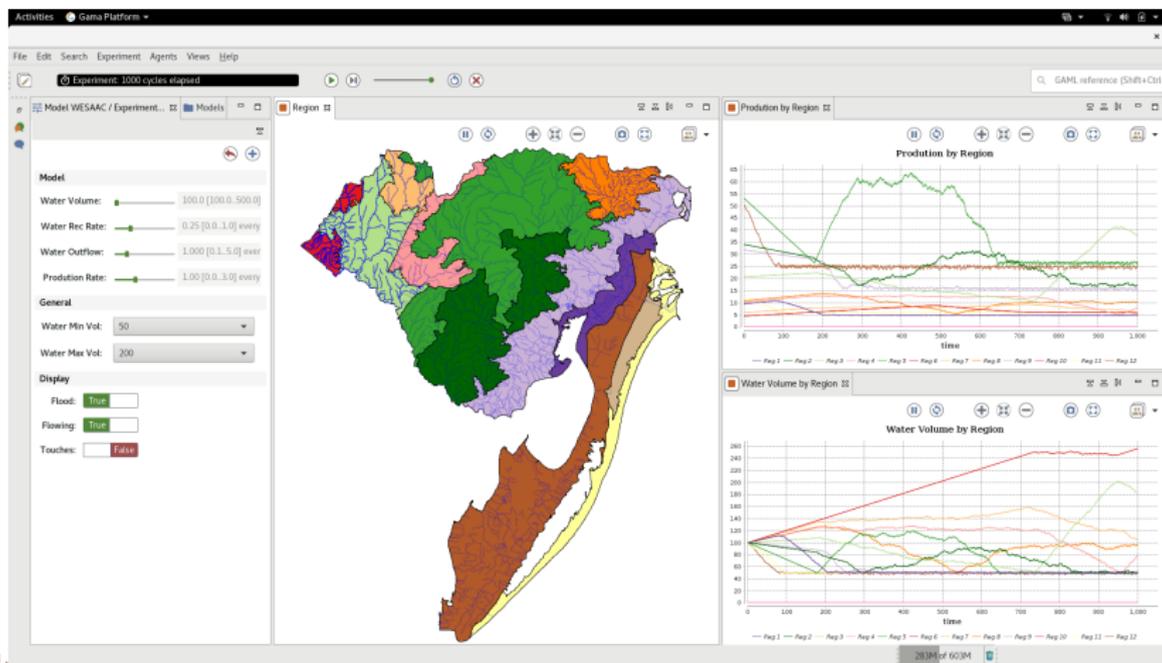
```

1 // FURG RS
2 model WESAAC
3
4 global {
5   file region_shape_file <- shape_file['./includes/bacia_nirjm_sao_goncalo.shp'];
6   file river_shape_file <- shape_file['./includes/ribeira_nirjm_sao_goncalo.shp'];
7
8 // list color list <- ['#6a3d9a', '#3f78b4', '#026f8c', '#f09e99', '#33a02c', '#e31a1c', '#f080f0', '#ffff00', '#cab2d6', '#9933cc', '#ffffff', '#b15928'];
9 // list color list <- ['#6a3d9a', '#006699', '#026f8c', '#f09e99', '#33a02c', '#e31a1c', '#f080f0', '#ffff00', '#cab2d6', '#9933cc', '#ffffff', '#b15928'];
10
11 geometry shape <- envelope(region_shape_file);
12
13 float water_volume <- 100.0 min:0.0 max: 500.0;
14 float water_recovery_rate <- 0.0 min:0.0 max: 1.0;
15 float water_outflow <- 1.5 min:0.1 max: 5.0;
16
17 int water_min_vol <- 25 among: {10,25,50,75,100};
18 int water_max_vol <- 200 among: {100,125,150,175,200};
19
20 float prod_rate <- 2.0 min:0.0 max: 3.0;
21
22 bool flood <- true;
23 bool flowing <- true;
24 bool touches <- true;
25
26
27 init {
28   create region from: region_shape_file with: [reg_number::int(read('SIGLAD')), reg_area::int(read('Area'))];
29   create river from: river_shape_file {
30     r_reg <- first(region overlapping self);
31
32     ask region {
33       do init_region;
34     }
35   }
36 }
37
38 // # region #####
39 species region schedules: reverse(region sort_by(each_reg_number)) {
40
41   bool recovery_water;
42
43   rgb color;
44   rgb color chart;
45
46   int reg_area;
47   int reg_number;
48

```

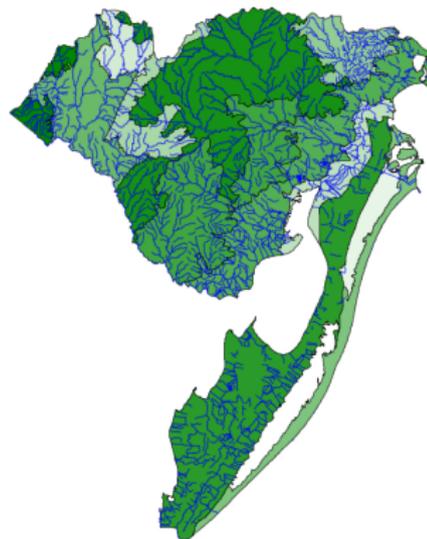


# Interface de Simulação (bacia Mirim-São Gonçalo)



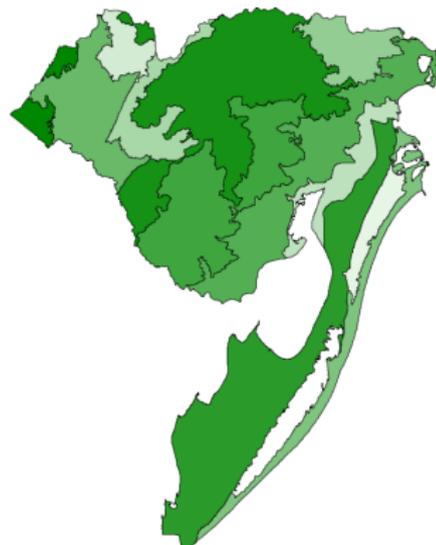
# Modelagem do Problema

- Bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo
  - parte territorial importante (hidrologia urbana)
  - geografia natural da região
  - água
  - população
- Necessidade de gerir as bacias hidrográficas
  - questões sociais
  - econômicas
  - ambientais
- Modelo de dados GIS



## Modelagem do Problema (Regiões)

- Plataforma GAMA
  - separa itens em diferentes camadas
  - representação independente
- Modelo hidrográfico
  - composto por 12 regiões
- Região
  - agente específico
  - características e atributos próprios
  - taxa de produção (*prd*)
  - consumo de água (*cons*)
  - área (*area*)
- Regiões com área maior apresentam taxa de produção e consumo de água maiores.



# Modelagem do Problema (Rios)

- GAMA permite
  - relacionar informações existentes
  - posição / topologia dos objetos
  - extrair novas informações e atributos
  - associar um rio a uma determinada região
- Modelo hidrográfico
  - composto por 2294 rios
  - distribuídos entre as diversas regiões
  - de acordo com sua posição geoespacial
- Rios
  - valores comuns
  - volume de água (*vol*) inicial
  - taxa de recuperação de água (*rec*)
  - fluxo de água (*fluxo*)



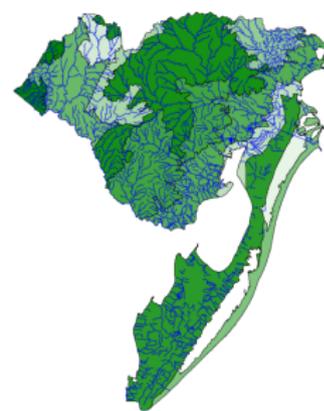
## Regiões e Rios (junção)



regiões



rios



regiões e rios



## Cenários (Alagamento)

- Volume de água diminui com o tempo
  - taxa de consumo de água (região)
- Rios recuperam parte do volume de água
  - taxa de recuperação de água
  - valor global igual para todos os rios
- Cada rio pertence a uma única região
  - rios da mesma região (mesmo volume d'água)
- Alagamento
  - consumo de água menor que a recuperação
  - ambiente estabelece o volume máximo de água
  - ultrapassar o volume máximo (alagamento)
  - diminui a produção



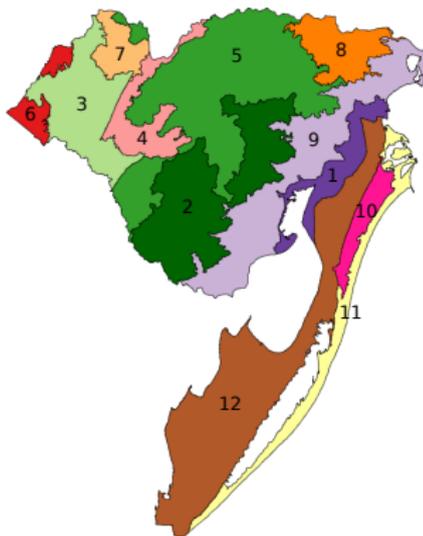
## Cenários (Seca)

- Seca
  - consumo de água maior que a recuperação
  - torna a região totalmente improdutivo
  - região não se recupera
- Regiões vizinhas podem compartilhar água
  - fluxo de água maior que zero
  - obter água (atingir um volume mínimo)
  - ceder água (volume maior que o mínimo)



## Atributos Básicos de cada Região

região	area km <sup>2</sup>	cons	prá	n <sup>o</sup> rios	vizinhos
1	956,55	0.09	9.5	161	[9, 12]
2	3.402,83	0.34	34.0	358	[5, 9]
3	2.069,33	0.20	20.6	255	[4, 5, 6, 7]
4	1.016,72	0.10	10.1	24	[3, 5, 7]
5	5.306,11	0.53	53.0	216	[2, 3, 4, 7, 8, 9]
6	448,17	0.04	4.4	66	[3]
7	590,02	0.05	5.9	22	[3, 4, 5]
8	1.081,65	0.10	10.8	213	[5, 9]
9	3.178,26	0.31	31.7	503	[1, 2, 5, 8]
10	564,70	0.05	0.0	0	[11, 12]
11	1.199,01	0.11	11.9	24	[10, 12]
12	5.047,57	0.50	50.4	452	[1, 10, 11]



# Simulação

## Valores globais

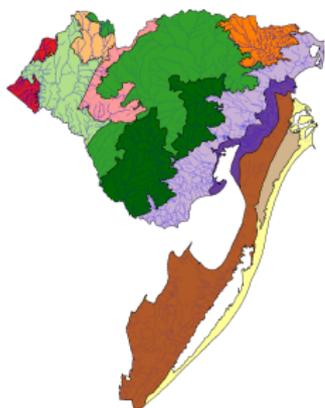
- volume de água inicial  $vol = 100$
- taxa de recuperação da água  $rec = 0.15$
- volume mínimo de água  $min\_vol = 25$
- volume máximo de água  $max\_vol = 200$

## Diferença entre simulações

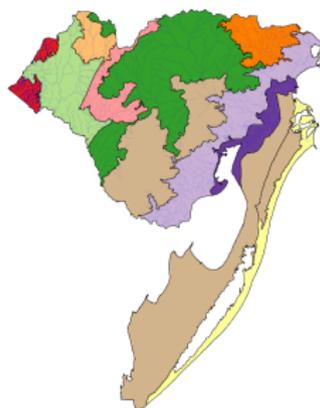
- Valor do fluxo de água (única diferença)
- Primeira simulação
  - fluxo de água é 1.5 ( $fluxo > 0$ )
  - permitido o compartilhamento de água entre regiões vizinhas
- Segunda simulação
  - o valor do fluxo de água é zero ( $fluxo = 0$ )
  - não há compartilhamento de água entre as regiões



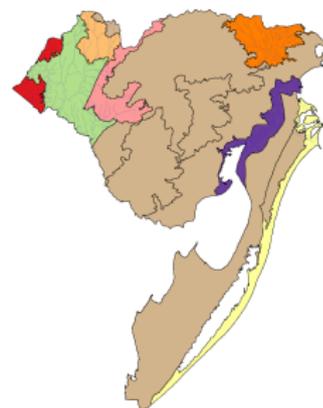
## Alterações no Ambiente (COM partilha de água)



100 passos



500 passos

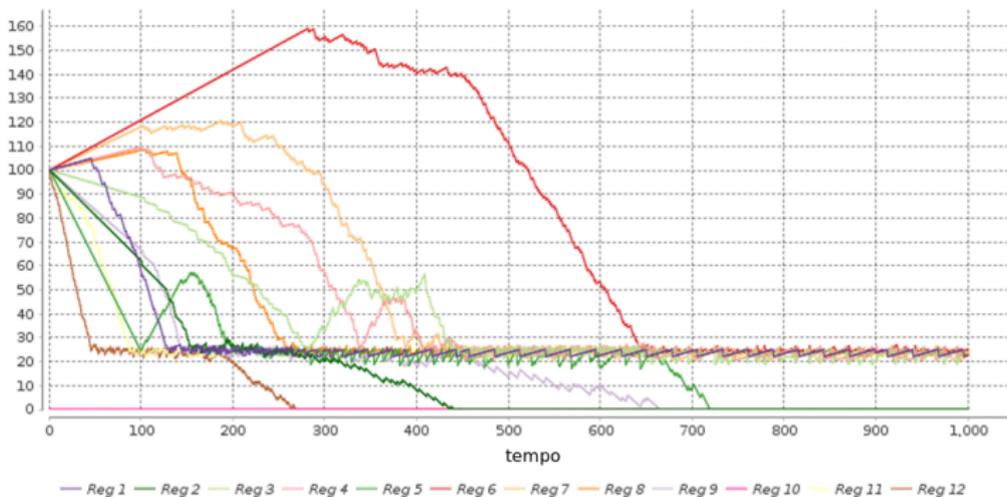


1000 passos

Alterações no ambiente no decorrer do tempo



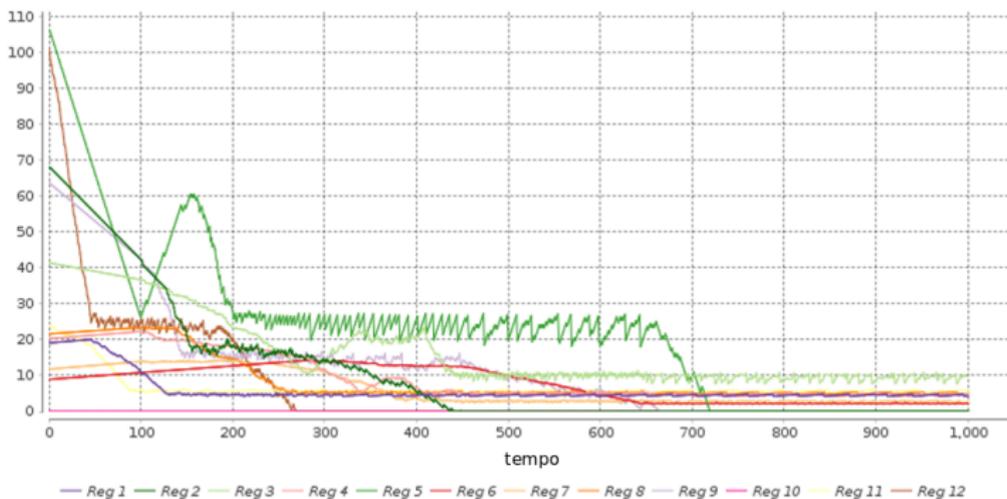
# Variação do Volume de Água (COM partilha de água)



volume de água por região



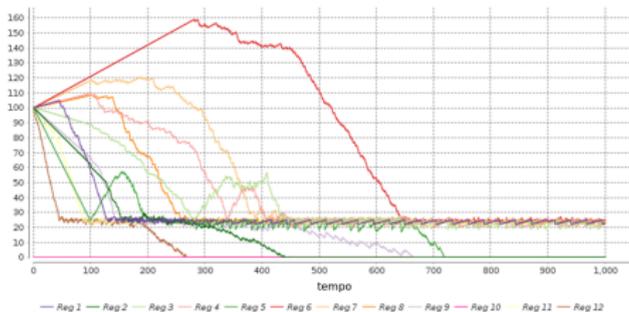
## Variação da Produção (COM partilha de água)



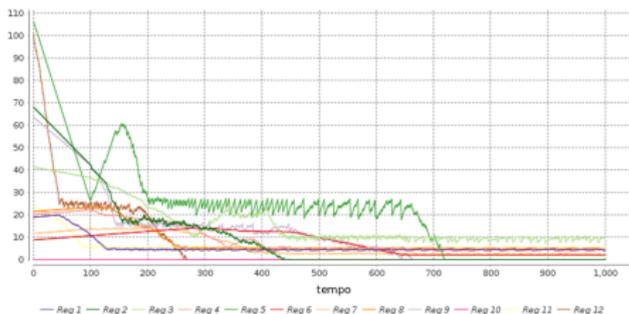
produção por região



# Variação do Volume de Água e Produção (COM partilha de água)



volume de água por região



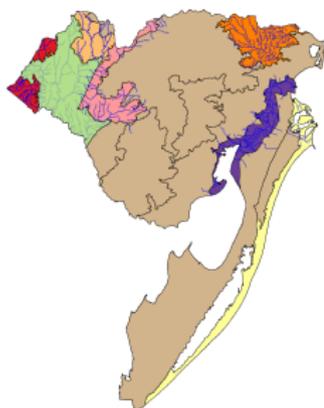
produção por região



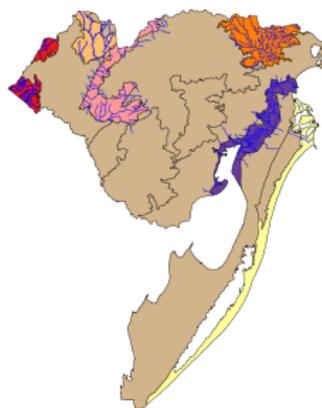
1000 passos



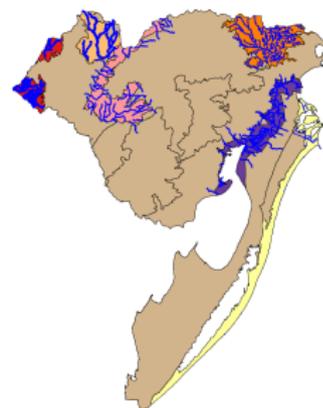
## Alterações no Ambiente (SEM partilha de água)



500 passos



1000 passos

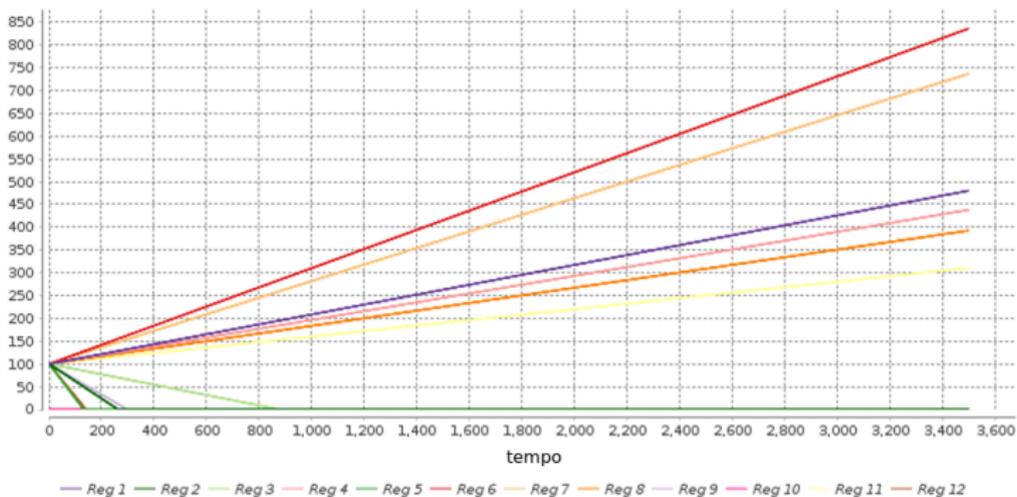


3500 passos

Alterações no ambiente no decorrer do tempo



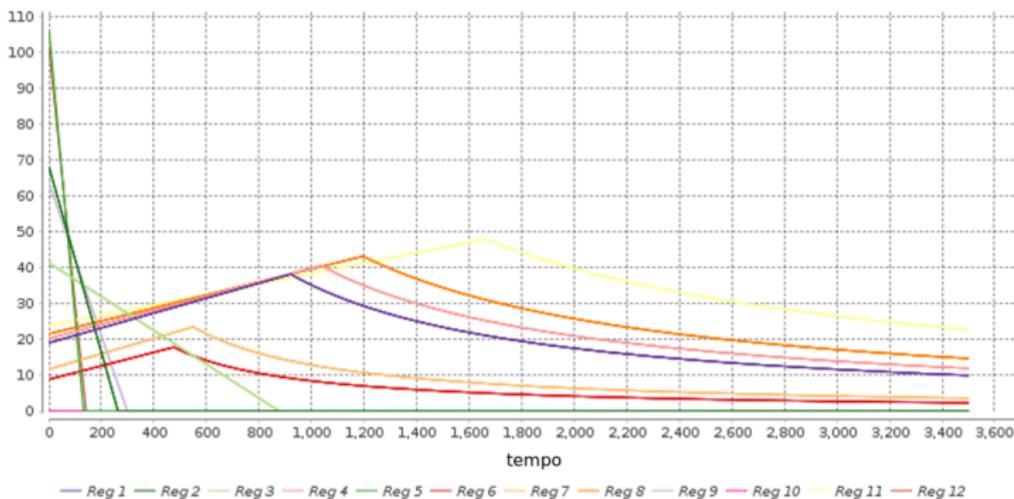
# Variação do Volume de Água (SEM partilha de água)



volume de água por região



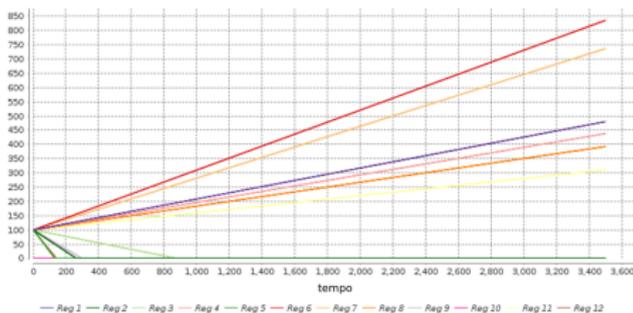
## Variação da Produção (SEM partilha de água)



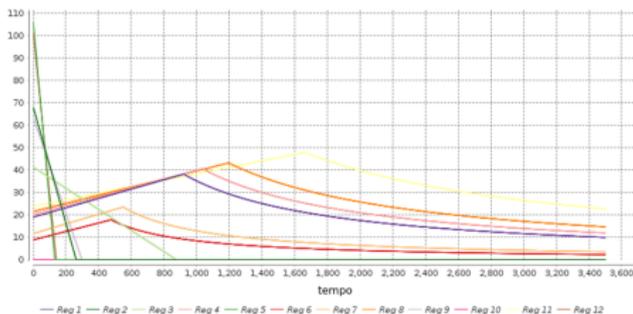
produção por região



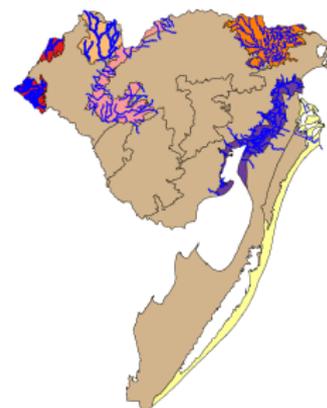
# Variação do Volume de Água e Produção (SEM partilha de água)



volume de água por região



produção por região



3500 passos



# Conclusão

- **Uso da ferramenta GAMA**
  - simular gestão participativa
  - representar regiões hidrográficas
  - agentes interferem no ambiente
- **Compartilhamento e comunicação**
  - partes envolvidas melhoram suas condições
  - permanecem estáveis diante
- **Sem compartilhamento e comunicação**
  - situações preocupantes
  - grandes perdas (total / gradativa) de produção
- **Abordagem inicial**
  - representação / simulação de uma bacia hidrográfica
  - sem fluxo de rios entre as regiões
- **Trabalhos futuros**
  - modelagem matemática
  - distribuição real de água entre regiões
  - análise da poluição e impacto ambiental



# Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos – Pró-Recursos Hídricos Chamada N° 16/2017, pelo auxílio financeiro no desenvolvimento desta pesquisa.

