



I Seminário Nacional

Sustentabilidade em Recursos Hídricos

Gestão e Segurança Hídrica: Abordagem local

Prof. Edson de Oliveira Vieira
Instituto de Ciências Agrárias/UFMG

é uma atividade analítica e criativa



formulação de princípios e diretrizes



- documentos orientadores e normativos,
- estruturação de sistemas gerenciais e
- tomada de decisões



promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos de forma sustentável

Gestão de Recursos Hídricos

ONU (2013)

existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento:

- às necessidades humanas,
- à prática das atividades econômicas, e;
- à conservação dos ecossistemas aquáticos,

Segurança Hídrica

ONU (2013)

acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país.

Segurança Hídrica

Dimensões da Segurança Hídrica





Plano Nacional de Segurança Hídrica

MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

 ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

 I Seminário Nacional
Sustentabilidade em Recursos Hídricos

Objetivo:

Estabelecer um planejamento integrado e consistente de infraestrutura hídrica com natureza estratégica e relevância regional, até o horizonte de 2035, para redução dos impactos de secas e cheias.

Plano Nacional de Segurança Hídrica

- aumento populacional principalmente nas áreas urbanas, e;
- o crescimento econômico, que geram ampliação da demanda de água,
- mudanças climáticas e os seus efeitos nos eventos hidrológicos extremos.

Desequilíbrio

Oferta x Demanda

Esses fatores de **desequilíbrio de balanço hídrico**, associados à **ausência de planejamento** e ações institucionais coordenadas e de **investimentos em infraestrutura hídrica** e saneamento, desencadeiam cenários de **Insegurança Hídrica** e, no limite, a instalação de crises, tais como as que afetaram o Brasil nos últimos sete anos.

Desequilíbrio

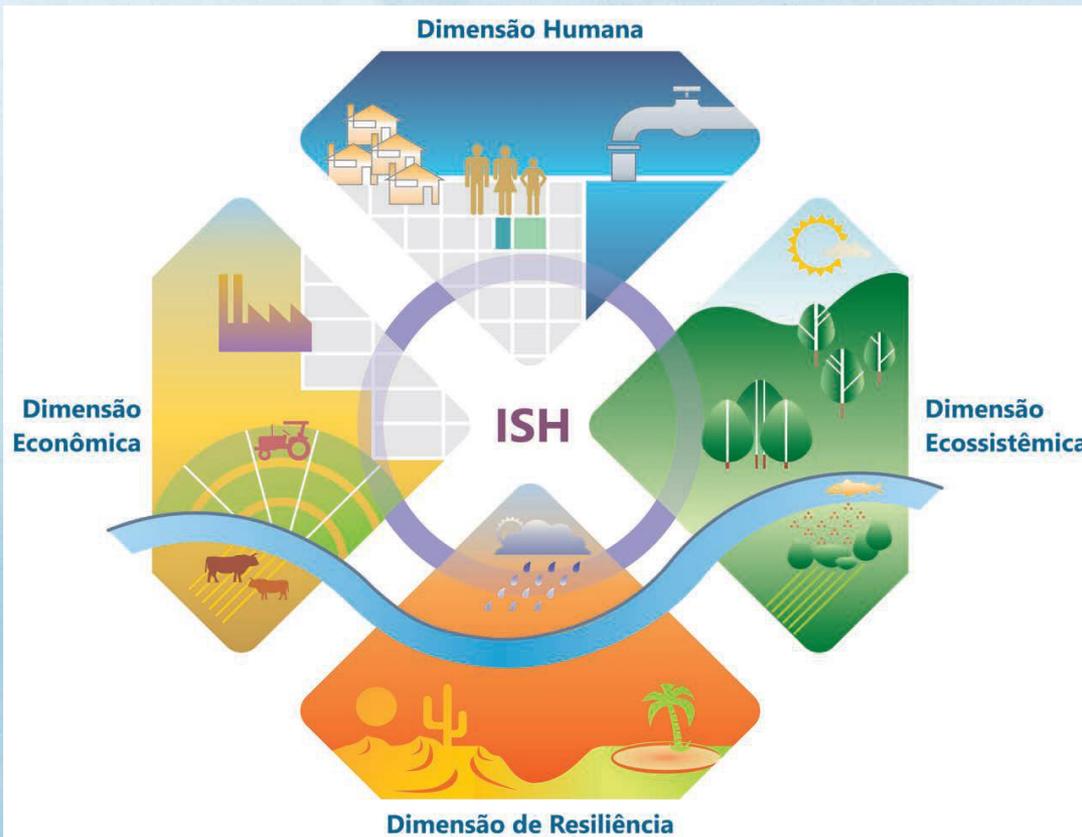
Oferta x Demanda

Retratar as diferentes dimensões da segurança hídrica, incorporando o conceito de risco aos usos da água.

Índice de Segurança Hídrica



Índice de Segurança Hídrica



Indicadores do ISH

DIMENSÃO

INDICADOR

Humana

Garantia de água para abastecimento humano

Econômica

Garantia de água para irrigação e pecuária
Garantia de água para atividade industrial

Ecossistêmica

Quantidade adequada de água para usos naturais
Qualidade adequada da água para usos naturais
Segurança das barragens de rejeito de mineração

Resiliência

Reservação artificial
Reservação natural
Potencial de armazenamento subterrâneo
Variabilidade pluviométrica

Índice de Segurança Hídrica

Abordagem local: Índice de Sustentabilidade Hídrica

UF *m* G



UC DAVIS
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

 I Seminário Nacional
Sustentabilidade em Recursos Hídricos

Sustentabilidade dos Recursos Hídricos

- São aqueles concebidos e geridos de forma a manter sua integridade ecológica, ambiental e hidrológica (Loucks, 1997)

LOUCKS, D. P. Quantifying trends in system sustainability. Hydrology Science Journal. vol . 42,n.4, 1997, p. 513-530.

Sustentabilidade dos Recursos Hídricos

UF *m* G



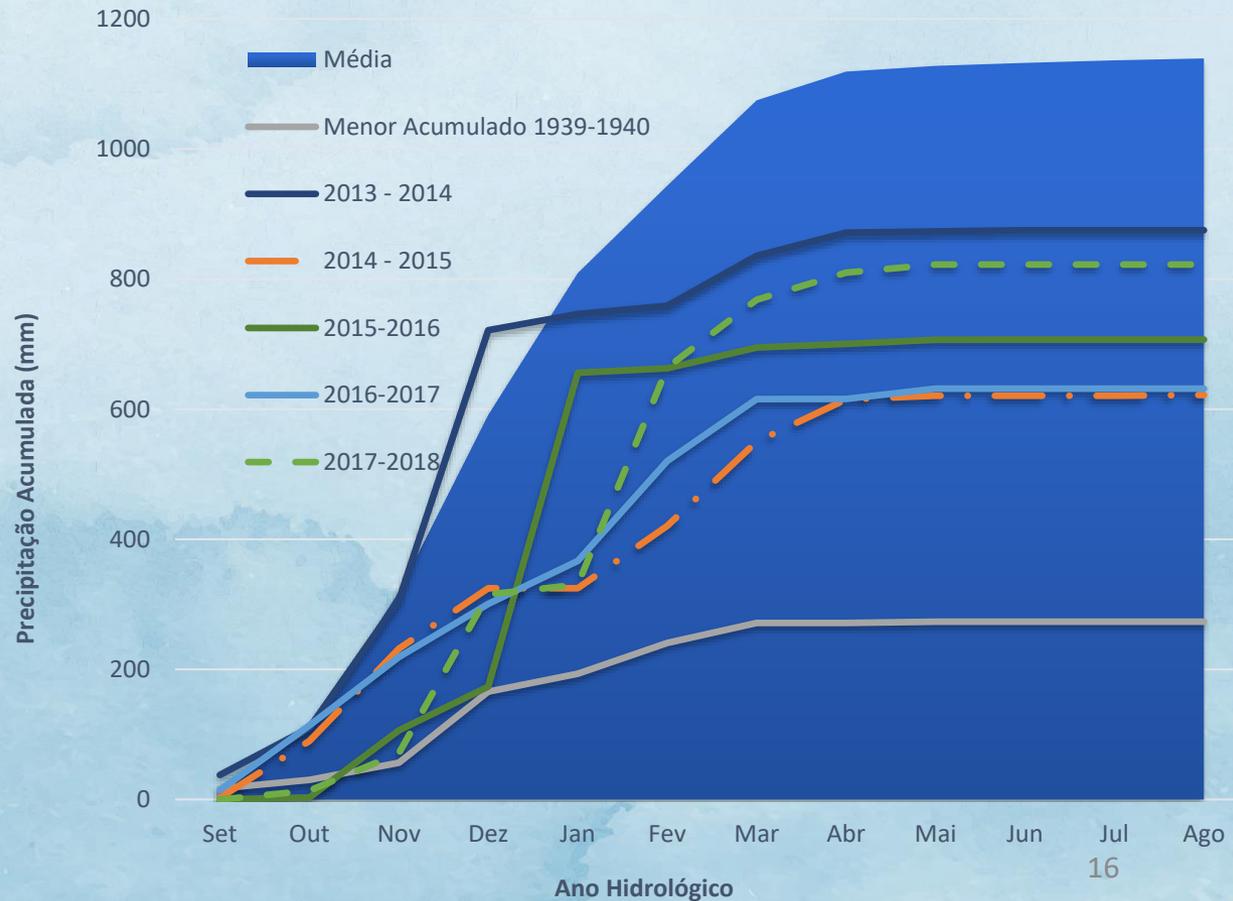
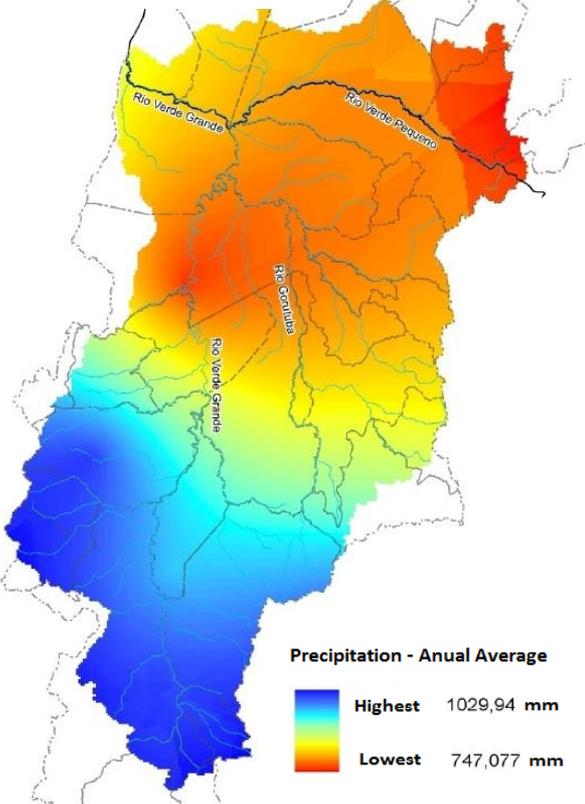
UCDAVIS
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

- O índice de sustentabilidade (Sustainability Index - SI) de recursos hídricos é um desses índices que possibilita avaliar e comparar diferentes métodos de gestão e usos de água
- SI leva em consideração medidas de Confiabilidade, Vulnerabilidade e Resiliência do sistema.

Bacia

- Seca
- $ET_p \approx 2000$ mm/ano
- Precip ≈ 830 mm/ano

Precipitação – Média Anual



Plano da Bacia

No Plano de Recursos Hídricos da bacia do Verde Grande foram previstos 3 cenários de implementação de ações:

- **Tendencial** – cenário considerado com as ações de incremento de água já em andamento
- **Normativo 1** – adução de água do rio São Francisco para a bacia do Rio Verde Grande em duas parte
- **Normativo 2** – aumento da oferta hídrica com a implementação da terceira adutora que deriva água do rio São Francisco e construção de barragens

Avaliar a gestão e a segurança hídrica na bacia do rio Verde Grande, Minas Gerais:

1. Avaliar e comparar a vulnerabilidade, confiabilidade e resiliência de ações de infraestrutura apresentadas no PRHVG considerando três cenários de disponibilidade hídrica;
2. Calcular o Índice de Sustentabilidade (SI) dos Recursos Hídricos na BHVG;

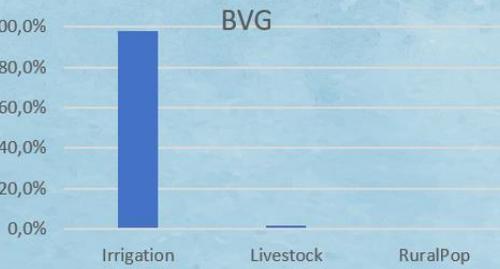
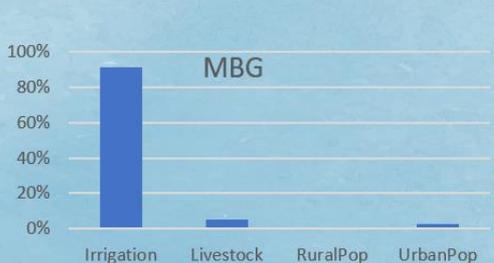
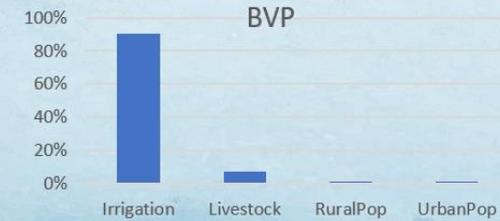
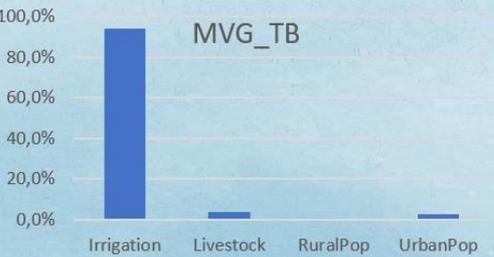
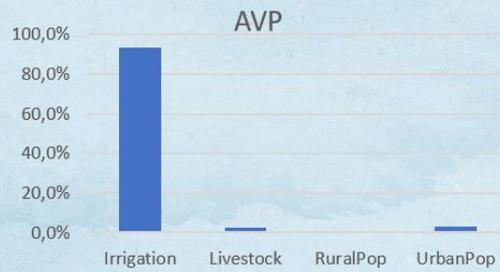
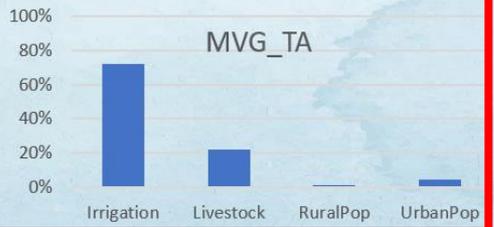
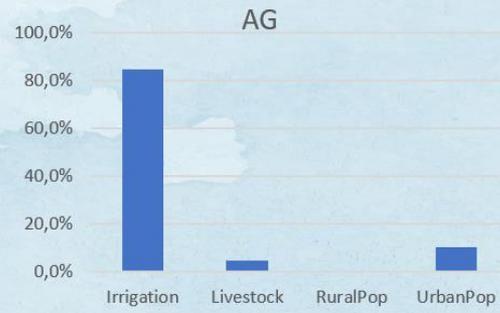
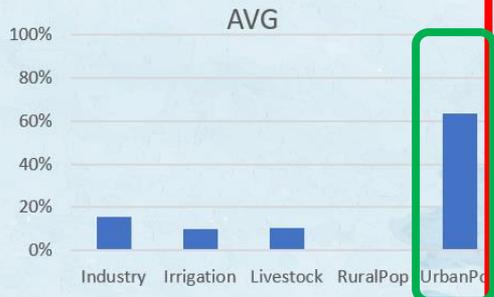
Objetivos

Metodologia

- **Caracterização da área de estudo**
 - VG é o maior tributário da margem direita do rio São Francisco
 - Parte de seu curso separa os estados da Bahia e Minas Gerais

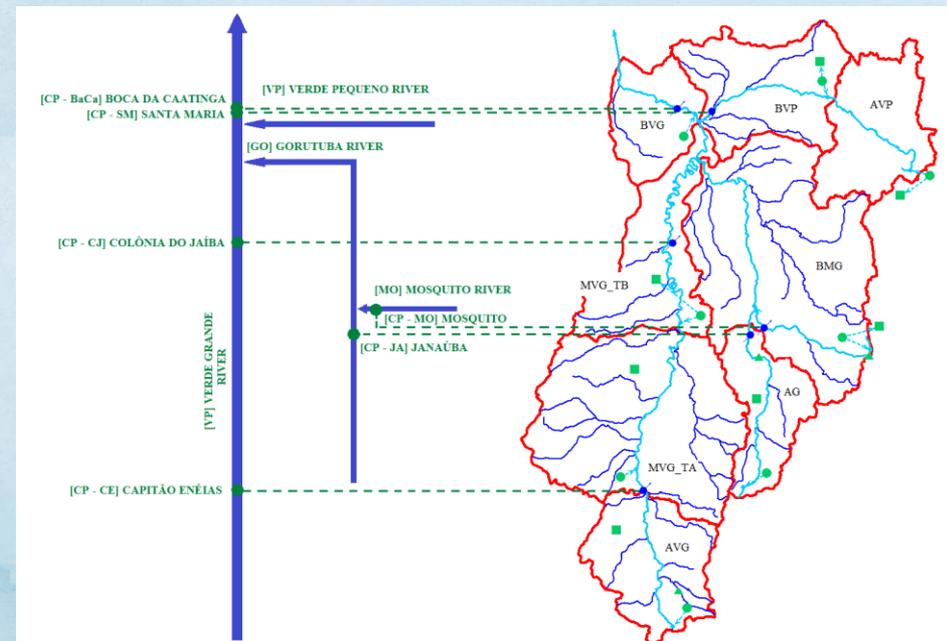


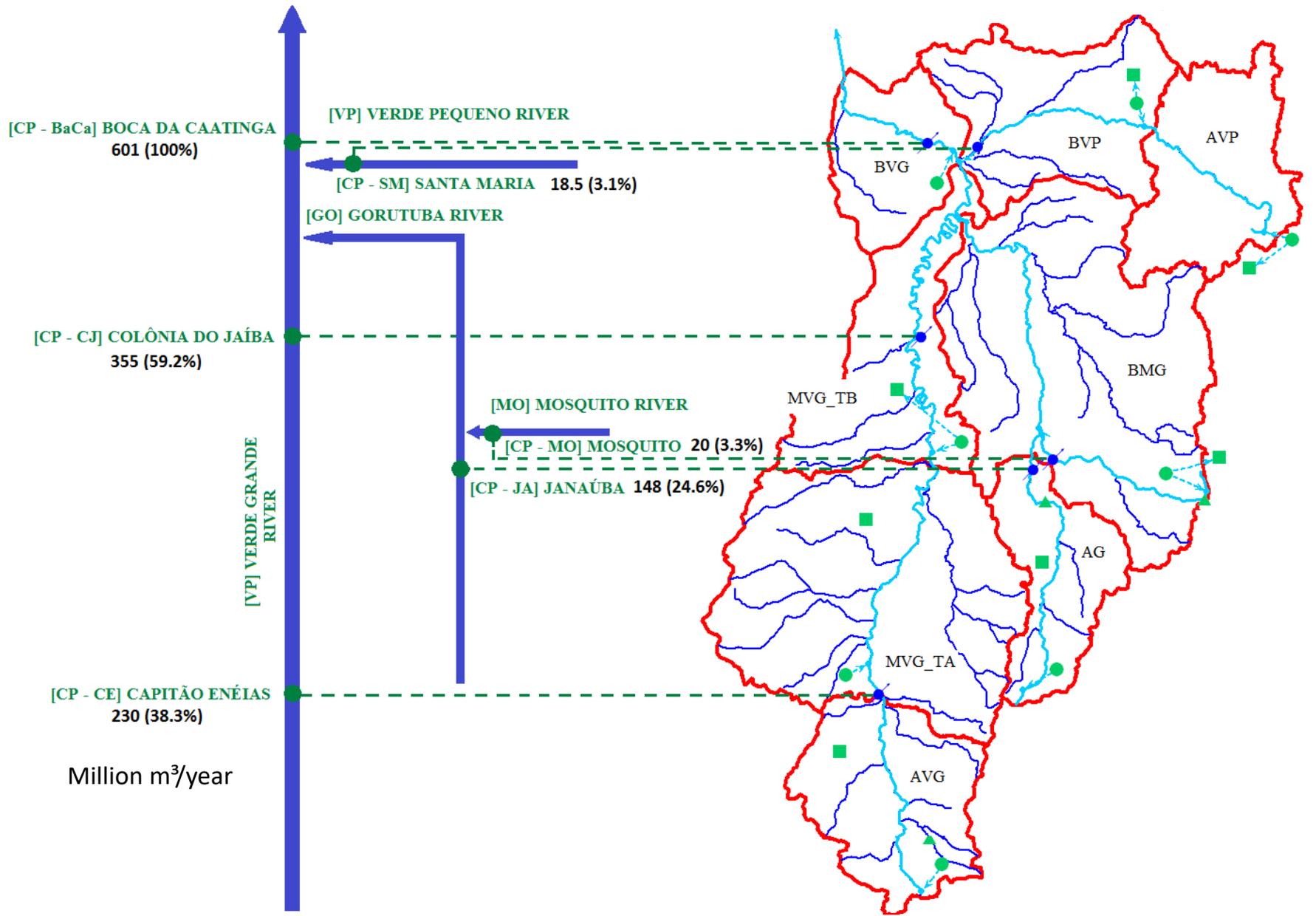
Demanda de água por Sub-bacia



Geografia do Modelo

- 6 Pontos de Controle
 - 3 no rio Verde Grande
 - 1 no rio Gorutuba
 - 1 no rio Mosquito
 - 1 no rio Verde Pequeno





Indicadores de Performance

Déficits

$$D_t^i = \begin{cases} X_{Demanda,t}^i - X_{Oferta,t}^i, & \text{If } X_{Demanda,t}^i > X_{Oferta,t}^i \\ 0, & \text{If } X_{Demanda,t}^i = X_{Oferta,t}^i \end{cases}$$

I. Confiabilidade (Frequência do sucesso)

é a probabilidade de que o suprimento de água disponível atenda à demanda de água durante o período de simulação

$$Conf^i = \frac{\text{No. de vezes } D_t^i = 0}{n}$$

$D_t^i =$ Déficits

$X_{Demanda}^i =$ água demandada

$X_{Oferta}^i =$ água ofertada

$t =$ período de tempo

$i =$ usuário de água

Indicadores de Performance

Déficits

$$D_t^i = \begin{cases} X_{Demanda,t}^i - X_{Oferta,t}^i, & \text{If } X_{Demanda,t}^i > X_{Oferta,t}^i \\ 0, & \text{If } X_{Demanda,t}^i = X_{Oferta,t}^i \end{cases}$$

1. Confiabilidade (Frequência do sucesso)

$$Conf^i = \frac{\text{No. de vezes } D_t^i = 0}{n}$$

2. Resiliência (Rapidez na recuperação)

$$Res^i = \frac{\text{No. vezes } D_t^i = 0 \text{ seguidos } D_t^i > 0}{\text{No. vezes } D_t^i > 0 \text{ ocorridos}}$$

é uma capacidade do sistema para se adaptar às condições variáveis ou é a probabilidade de um sistema se recuperar do período de falha

$D_t^i =$ Déficit

$X_{Demanda}^i =$ água demandada

$X_{Oferta}^i =$ água ofertada

$t =$ período de tempo

$i =$ usuário de água

Indicadores de Performance

3. Vulnerabilidade (Severidade do déficit)

$$Vul^i = \frac{\left(\frac{\sum_{t=0}^{t=n} D_t^i}{\text{No. de vezes } D_t^i > 0 \text{ ocorridos}} \right)}{X_{Demanda}^i}$$

4. Máximo Deficit

$$Max Def^i = \frac{\max(D_{anual}^i)}{Demanda^i}$$

D_t^i = Déficits

$X_{Demanda}^i$ = água demandada

X_{Oferta}^i = água ofertada

t = período de tempo

i = usuário de água

Índice de Sustentabilidade

- Sustainability Index (SI) proposto por Sandoval-Solis *et al.* (2011) variação de Loucks' SI (Loucks 1997)

$$SI^i = \left[\prod_{m=1}^M C_m^i \right]^{\frac{1}{M}}$$

$$SI^i = [Conf^i * Res^i * (1 - Vul^i) * (1 - Max Def^i)]^{1/4}$$

- Valores variam de 0 – 1
- Existe um peso implícito devido ao índice dado para o indicador de pior performance

C_m^i = Indicador de Performance

M = No. de indicadores de Performance

WEAP Software

- Dados de Entrada:
 - Uso de Solo
 - Informações de cobert. solo
 - Clima
 - Precipitação
 - Temperatura
 - Umidade Relativa
 - Velocidade do Vento
 - Escoamento
 - Dados de Reservatórios

Starting WEAP...

The logo for WEAP (Water Evaluation And Planning System) features the letters 'W', 'E', 'A', and 'P' in a large, bold, sans-serif font. Each letter is filled with a different image: 'W' shows a blue water droplet, 'E' shows a green field, 'A' shows a person in a pink shirt, and 'P' shows a group of people.

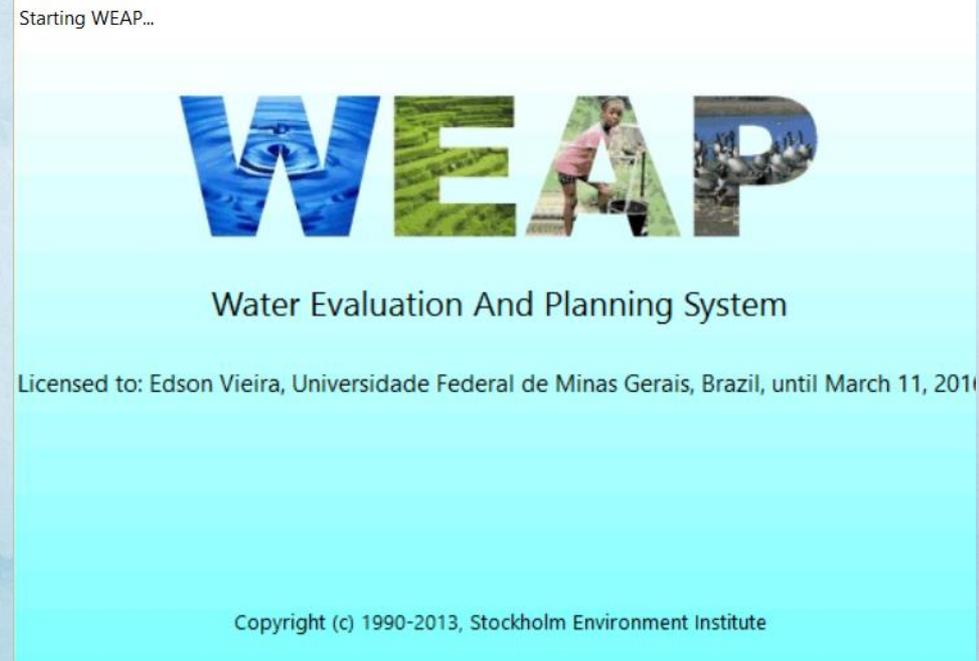
Water Evaluation And Planning System

Licensed to: Edson Vieira, Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil, until March 11, 2011

Copyright (c) 1990-2013, Stockholm Environment Institute

WEAP Software

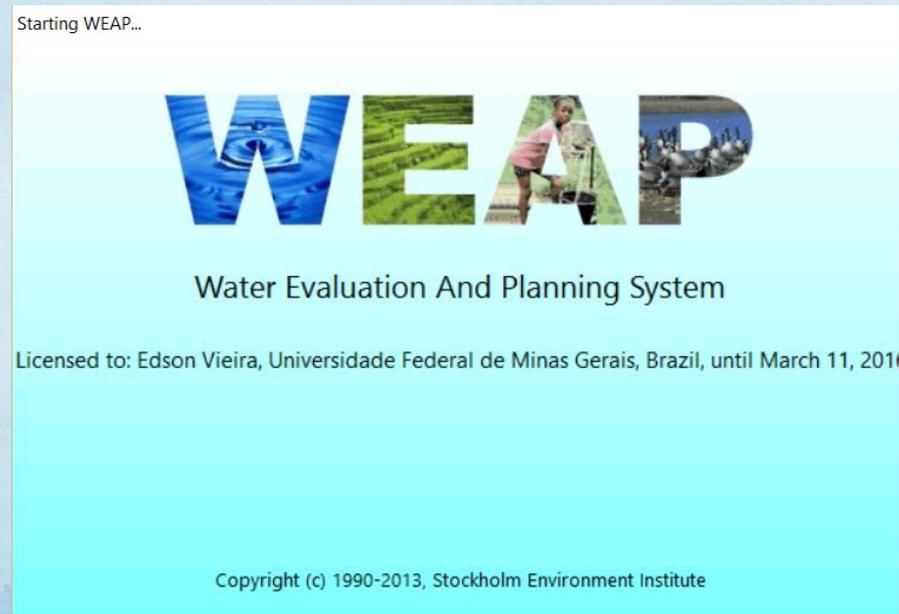
- Dados de demanda:
(Usuários de água)
 - População Urbana
 - População Rural
 - Pecuária
 - Irrigação
 - Indústria (AVG)



WEAP Software

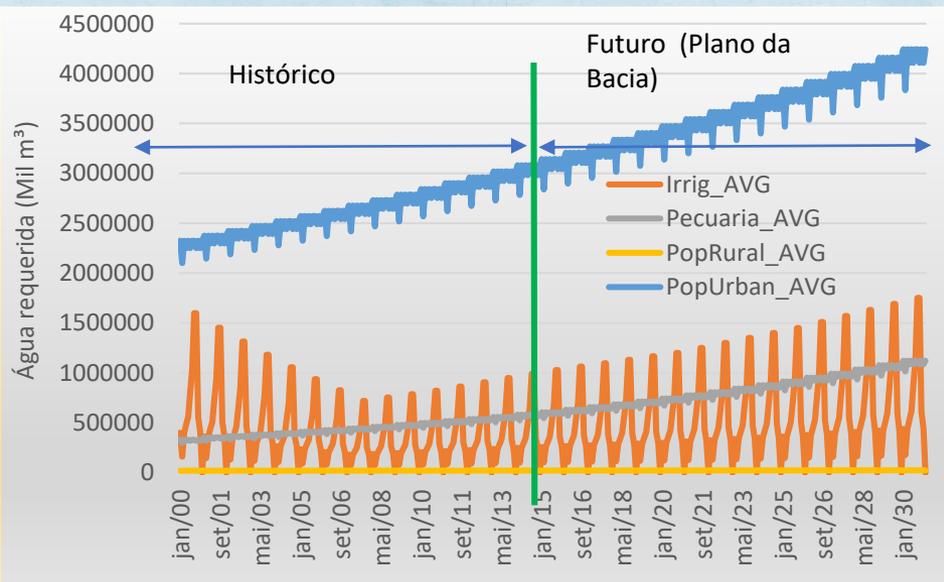


- Período de análise:
 - Time step - Mensal
 - 2000 – 2014 – Histórico (Calibração e Validação)
 - 2015 – 2030 – Cenários futuros

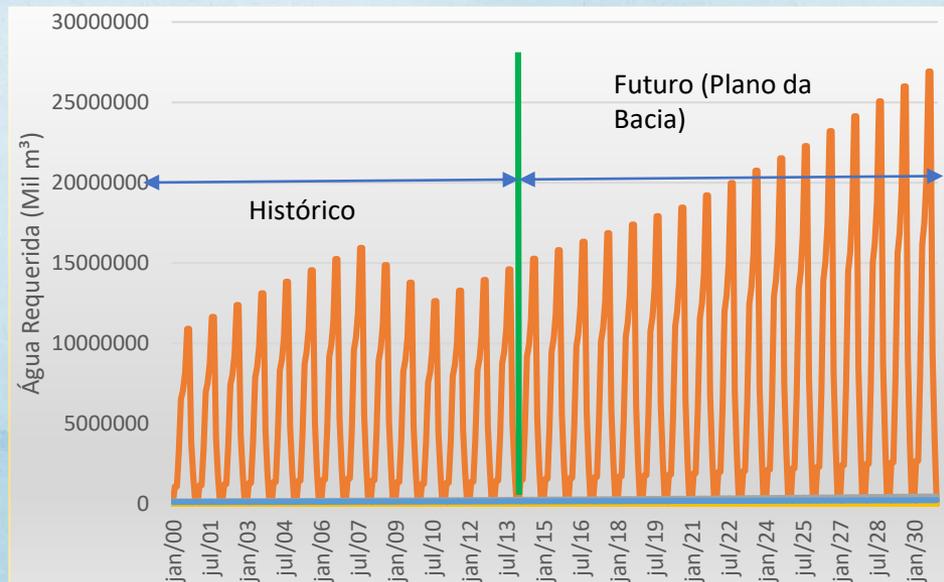


Demanda de água previsto no Plano da bacia do Verde Grande

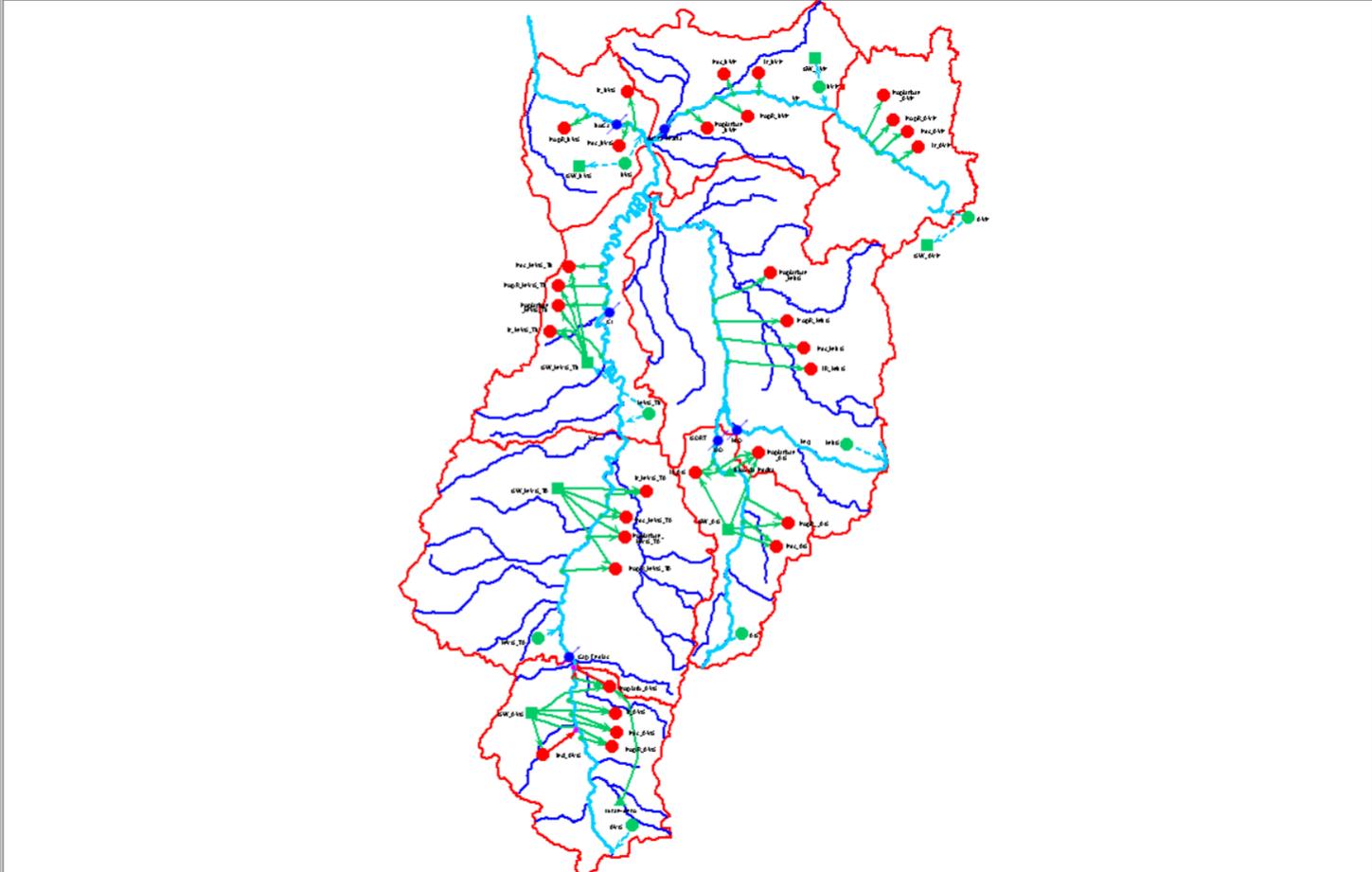
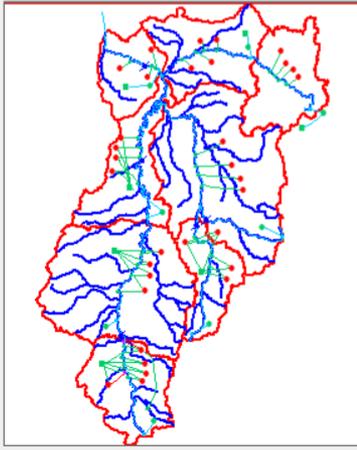
Água Demandada - AVG



Água Demandada – MVG_TA



- River (4)
 - Diversion
 - Reservoir (2)
 - Groundwater (7)
 - Other Supply
 - Demand Site (32)
 - Catchment (8)
 - Runoff/Infiltration (12)
 - Transmission Link (51)
 - Wastewater Treatment Plant
 - Return Flow (2)
 - Run of River Hydro
 - Flow Requirement
 - Streamflow Gauge (6)
-
- Hidrografia
 - limiteBacia
 - Major Rivers
 - Cities
 - States
 - Country



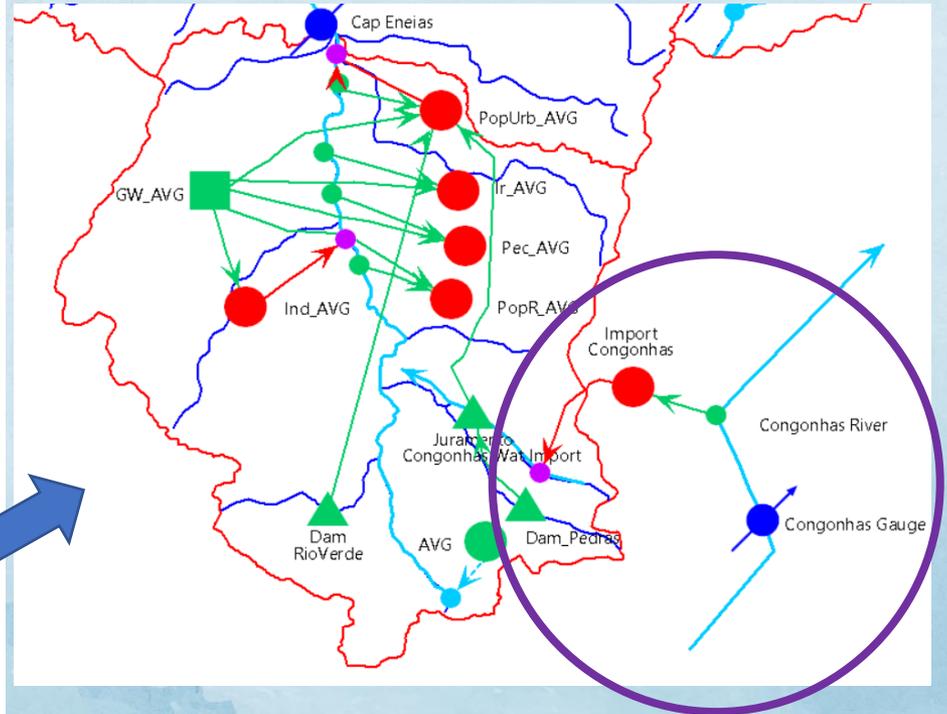
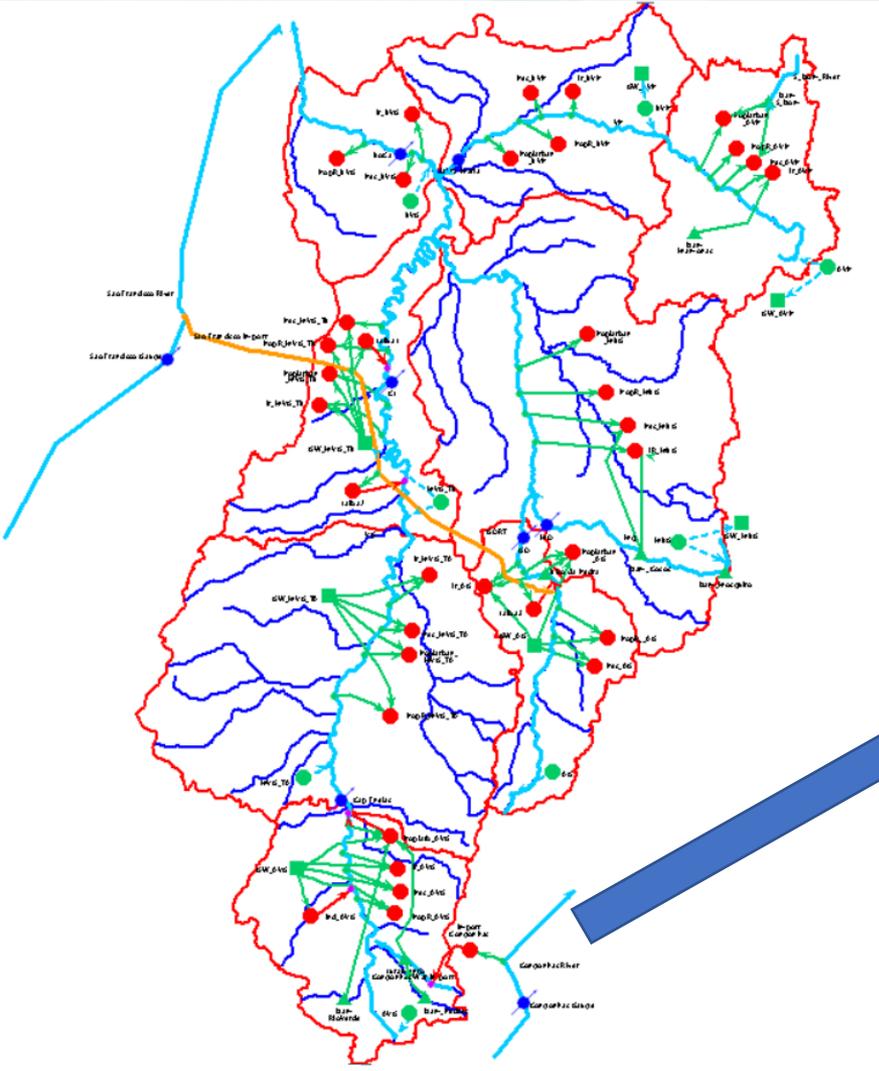
Análises dos Cenários

- Referência (sem Ações)
- Tendencial
- Normativo 1
- Normativo 2

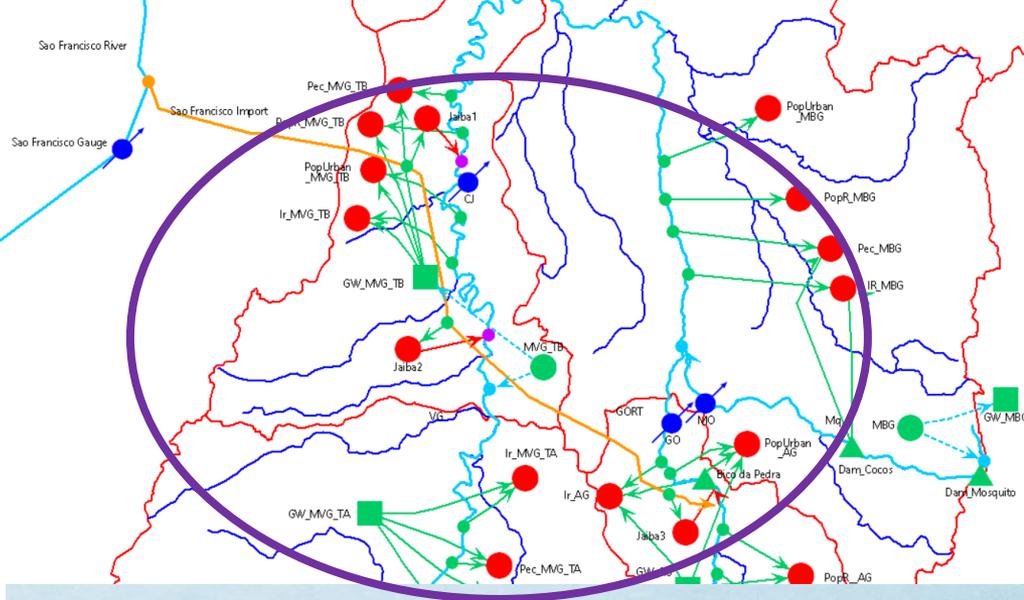
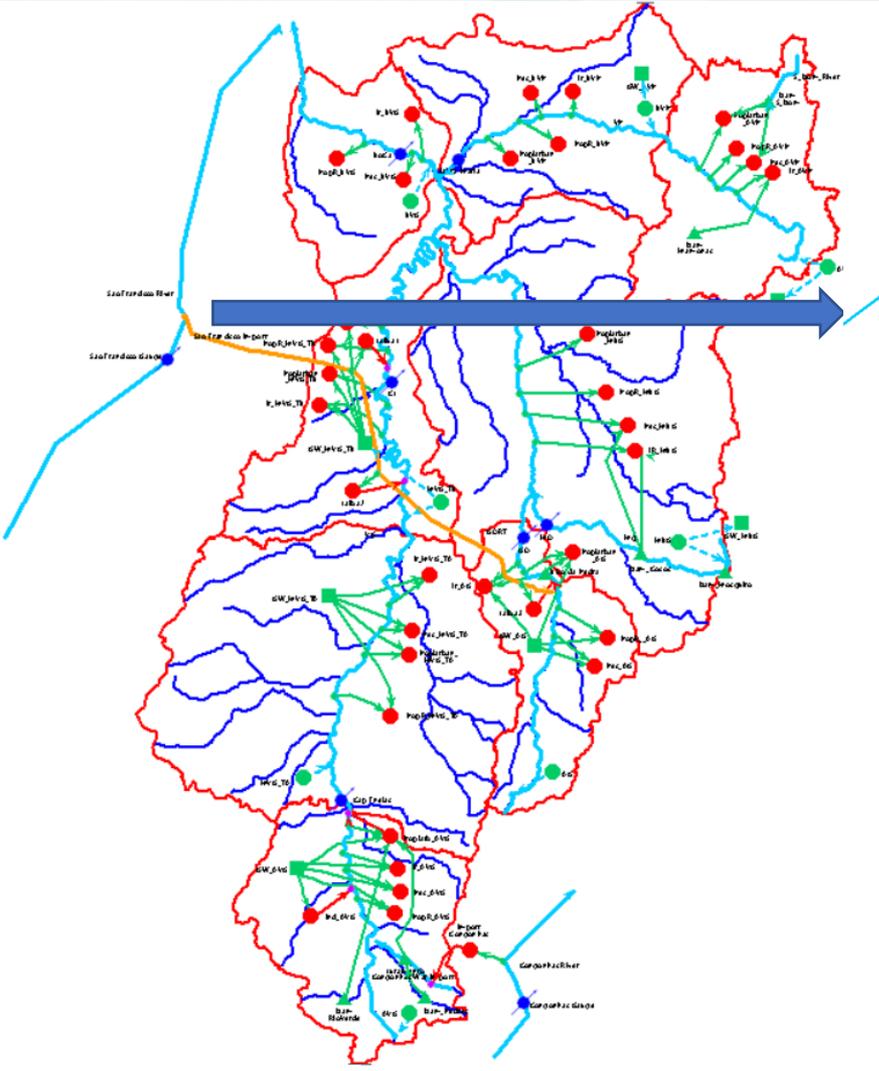
AÇÕES	Nº	Ano Início
Transposição do rio Congonhas 2m ³ /s	1	2018
Derivação de água do rio São Francisco 1.5m ³ /s	2	2020
Derivação de água do rio São Francisco 1.5 (3m ³ /s)	3	2025
Derivação de água do rio São Francisco 1.5 (4.5m ³ /s)	4	2028
Barragem Rio Verde 0.15m ³ /s	5	2025
Barragem Cocos 0.05m ³ /s	6	2025
Barragem Pedras 0.04m ³ /s	7	2028
Barragem Mamonas 0.05m ³ /s	8	2028
Barragem São Domingos 0.42m ³ /s	9	2028

CENÁRIOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Tendencial				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normativo 1				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Normativo 2				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1 - 6	1 - 6	1 - 6	1 - 9	1 - 9	1 - 9

Derivação de água do Rio São Francisco



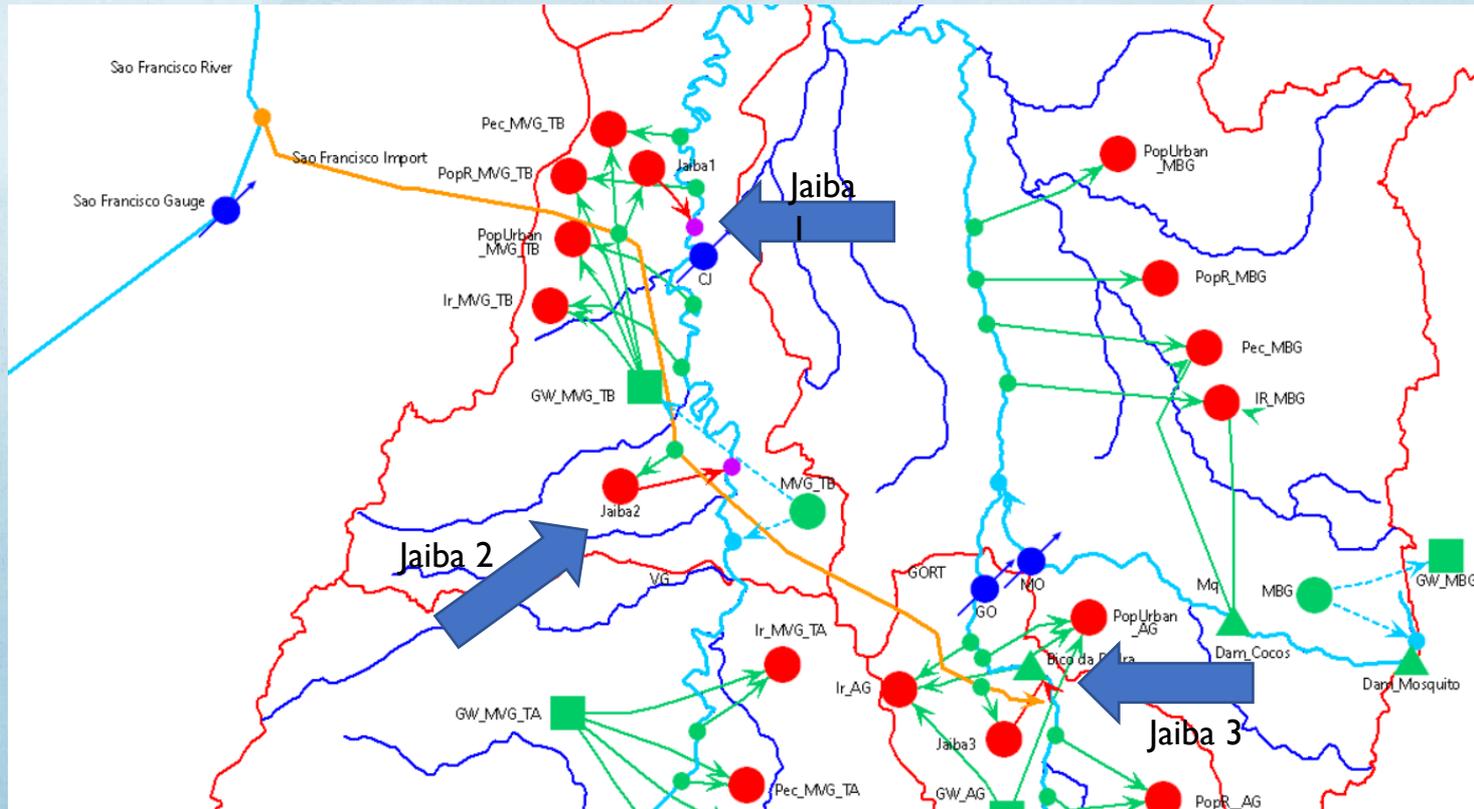
CENÁRIOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Tendencial				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normativo 1				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Normativo 2				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1-6	1-6	1-6	1-9	1-9	1-9



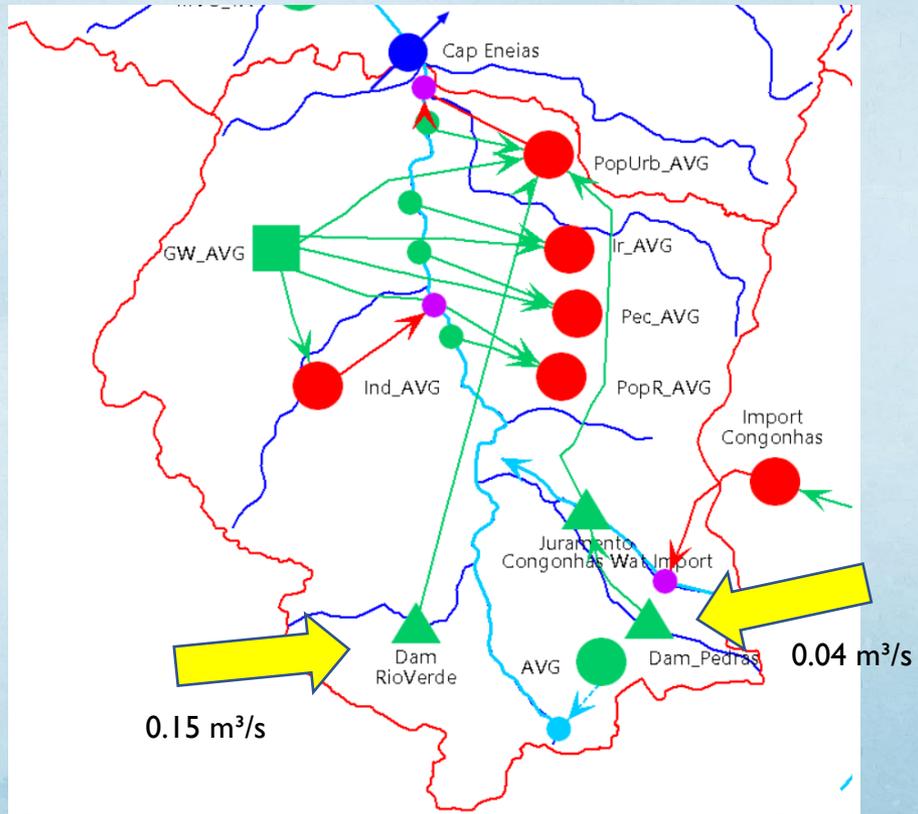
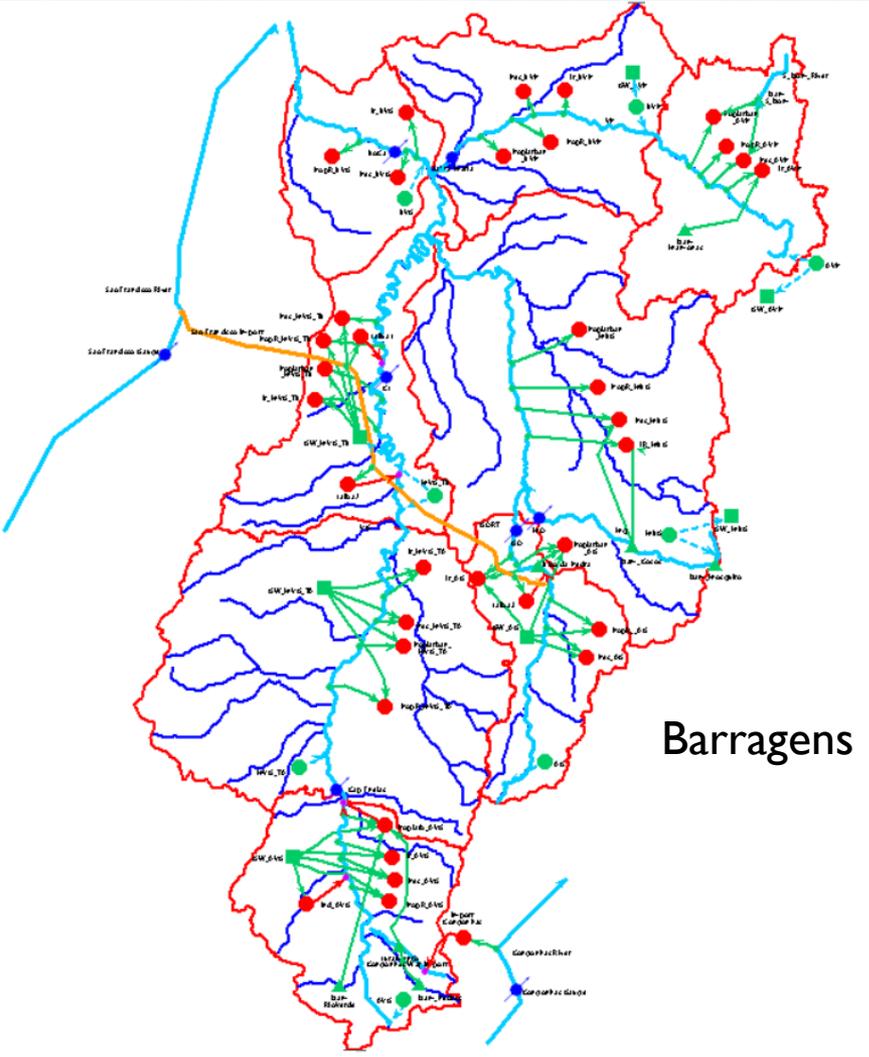
Derivação de água do Rio São Francisco

CENÁRIOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Tendencial				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normativo 1				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Normativo 2				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1-6	1-6	1-6	1-9	1-9	1-9

Derivação de água do Rio São Francisco



CENÁRIOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Tendencial				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normativo 1				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Normativo 2				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1-6	1-6	1-6	1-9	1-9	1-9

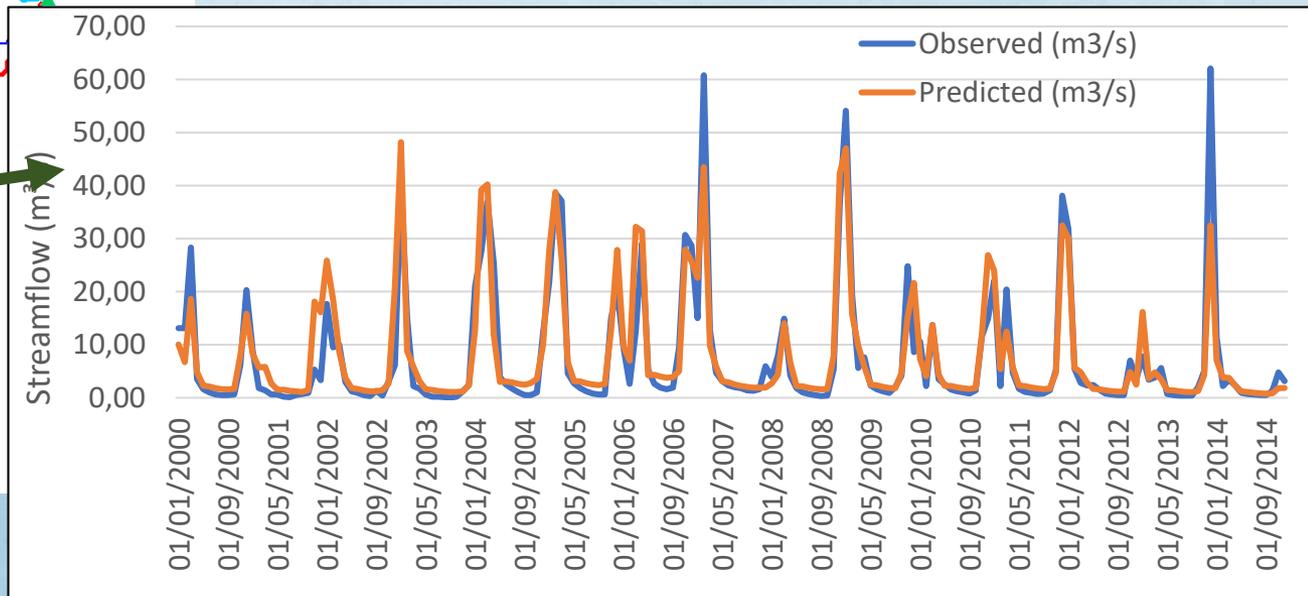
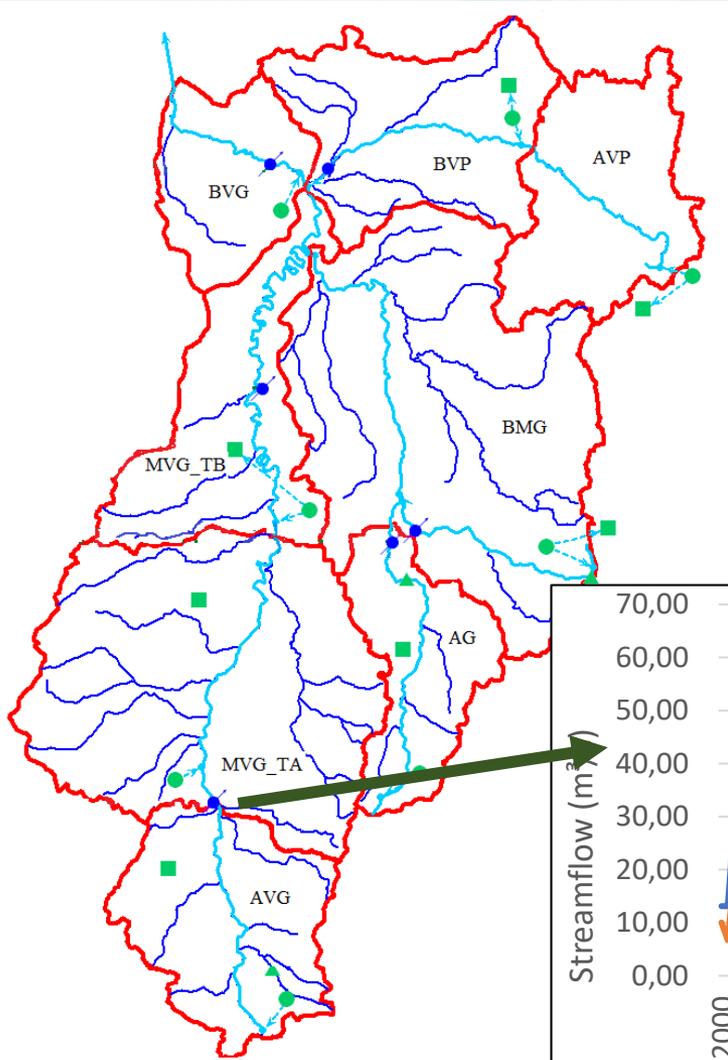


CENÁRIOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Tendencial				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normativo 1				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Normativo 2				1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1-6	1-6	1-6	1-9	1-9	1-9

Calibração

ESTATÍSTICAS

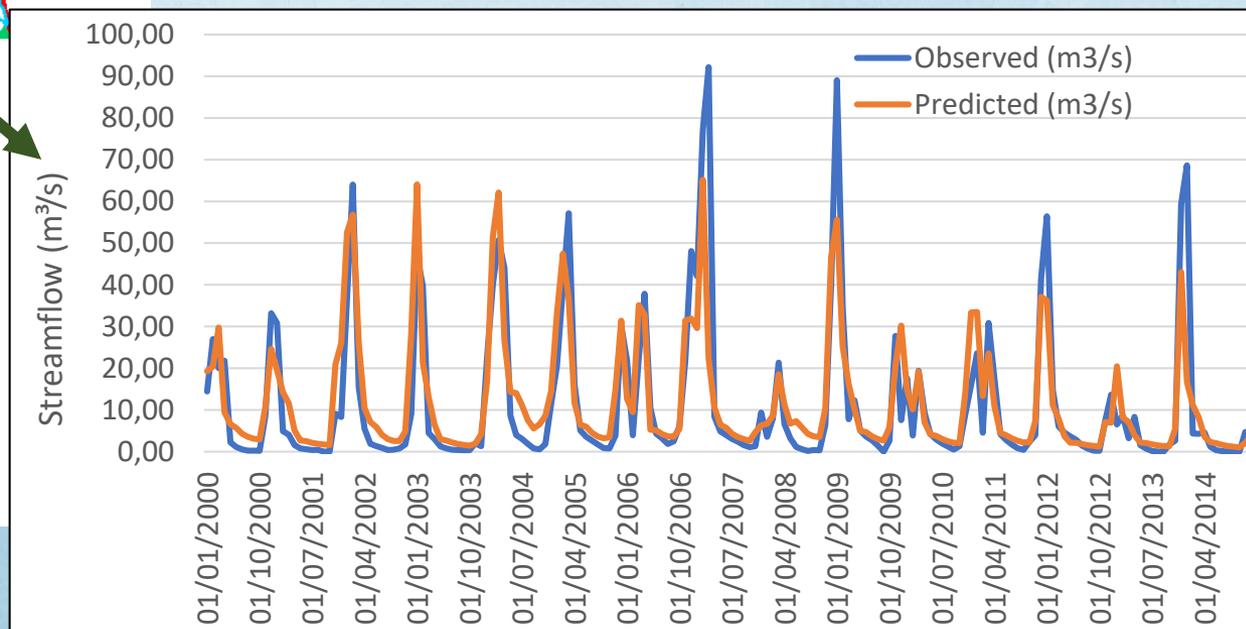
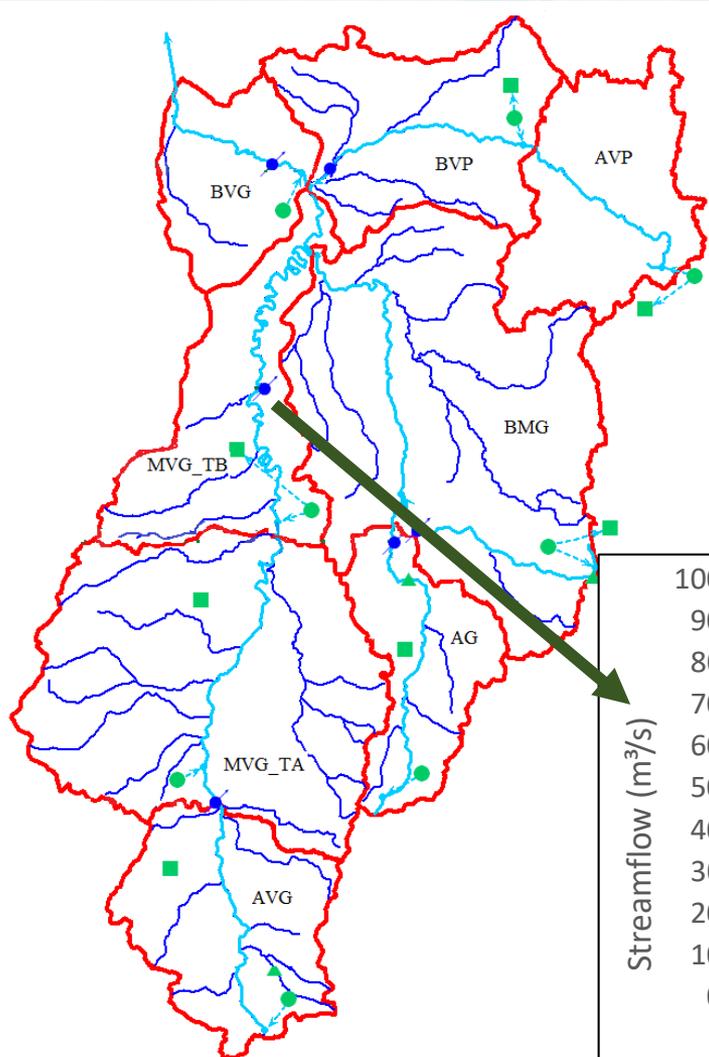
MÉDIA, m ³ /s	7.83
MedianA, m ³ /s	2.95
Desvio Padrão, m ³ /s	10.44
Correlação de Pearson	0.91
Coefficiente de Determinação	0.82
Índice de concordância (Willmott)	0.95
Coefficiente Eficiência (Nash)	0.82



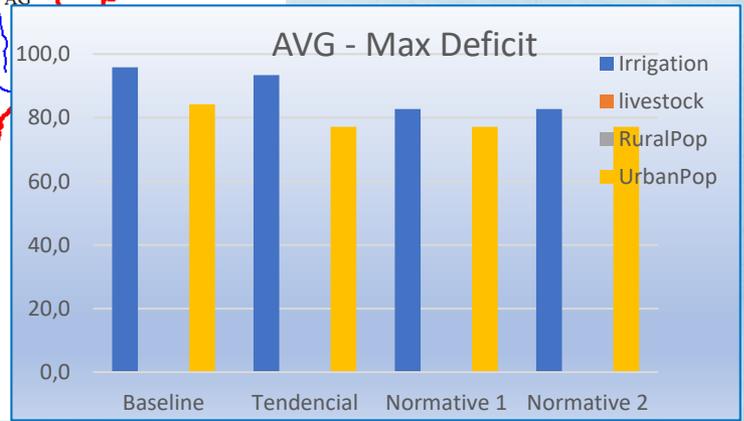
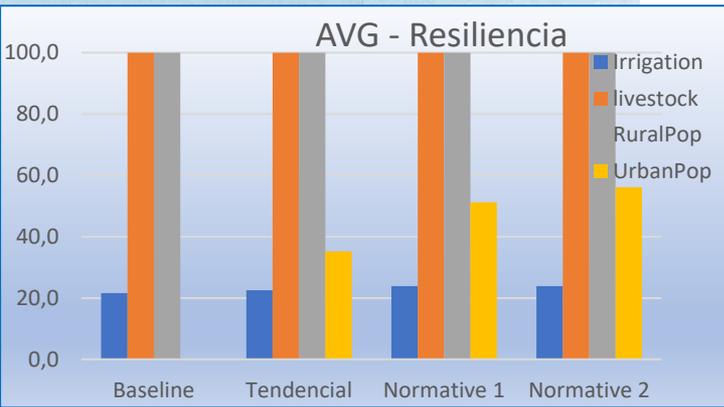
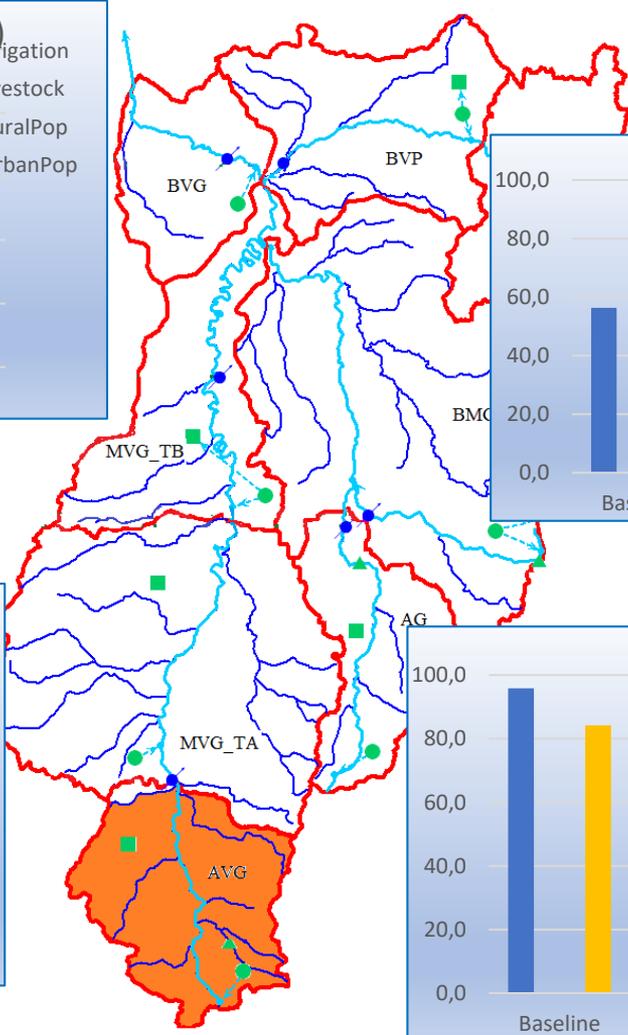
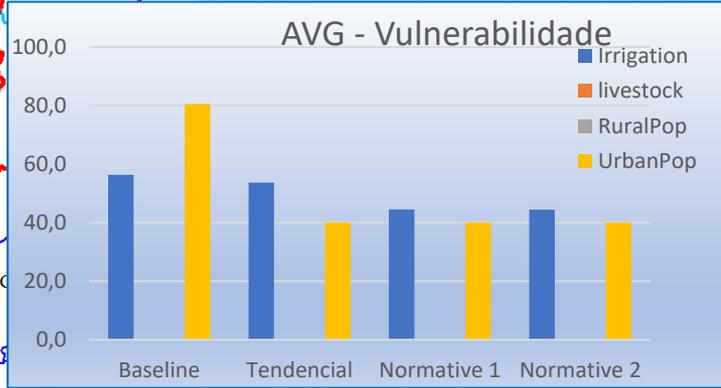
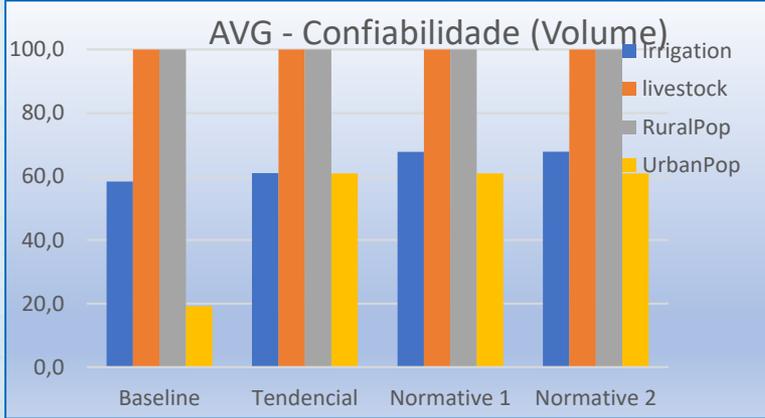
Calibração

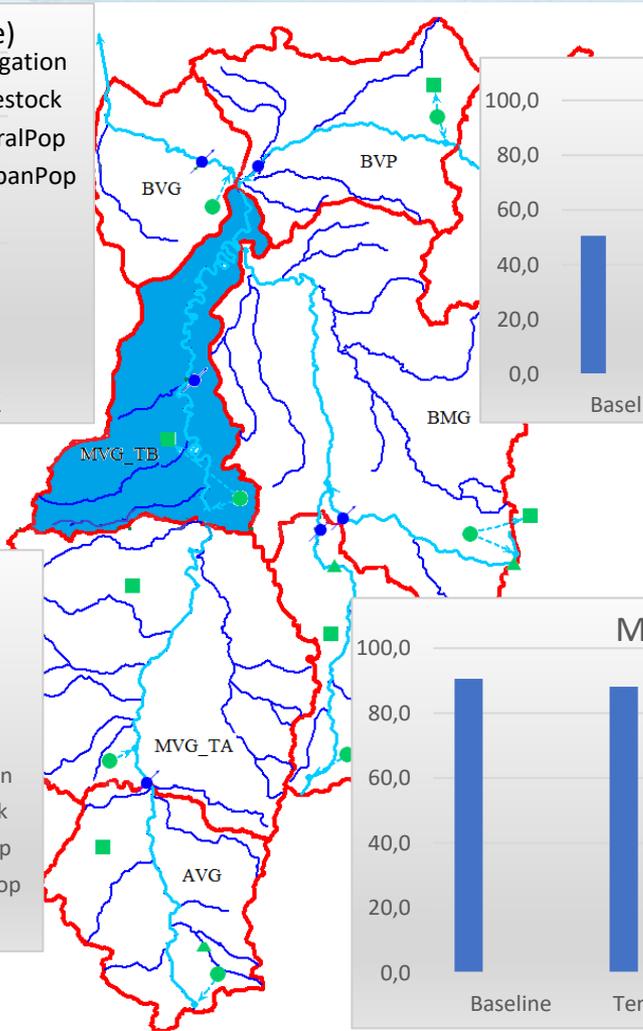
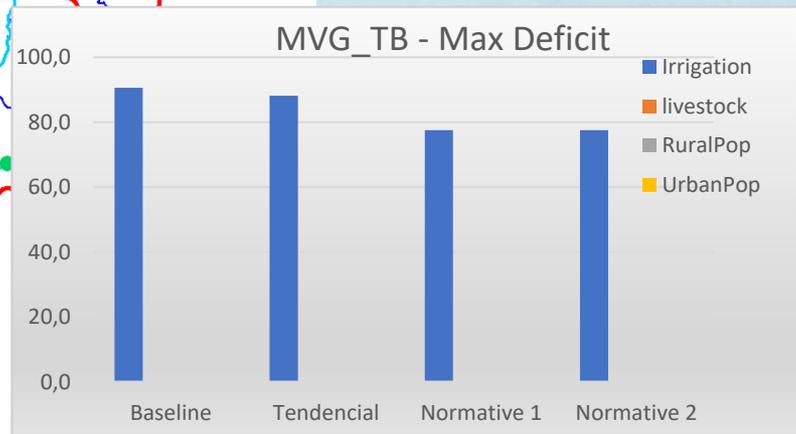
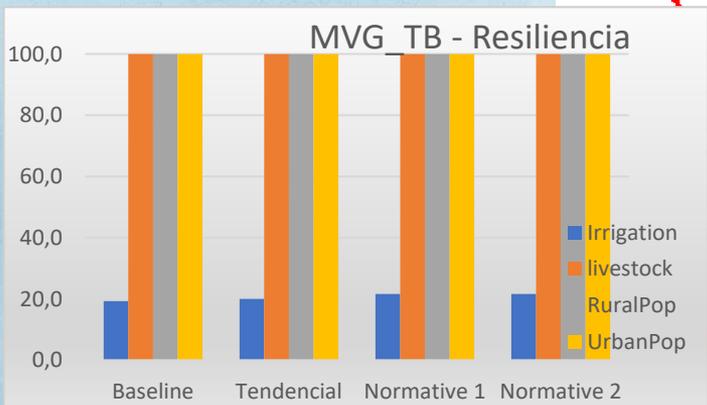
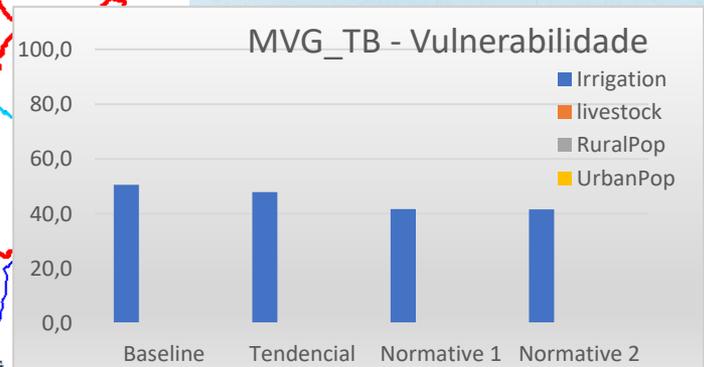
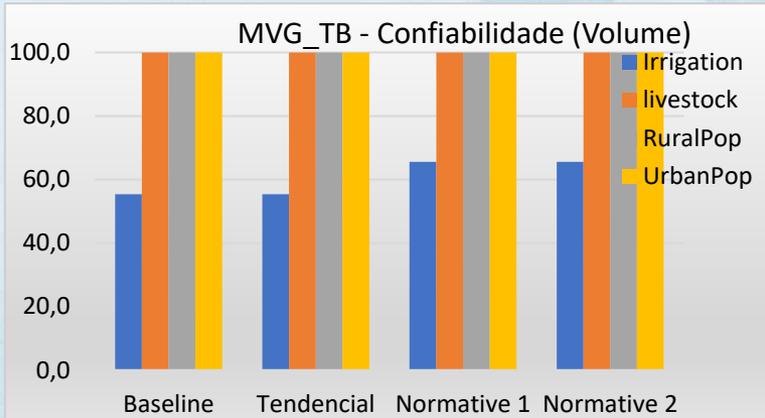
ESTATÍSTICA

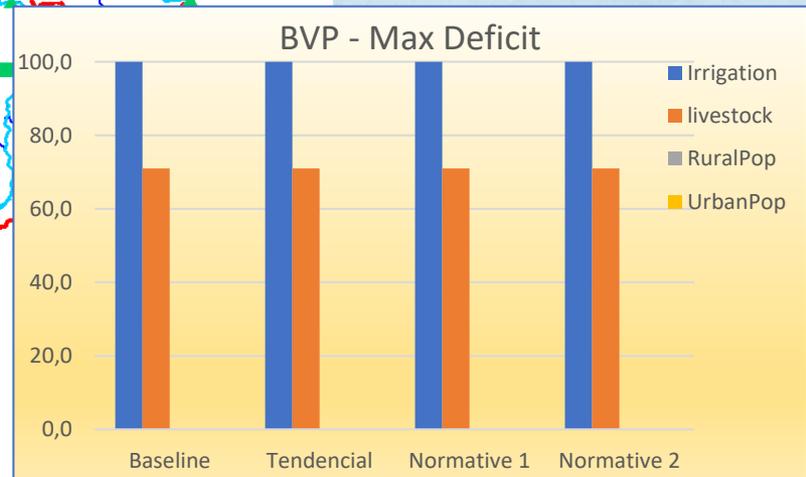
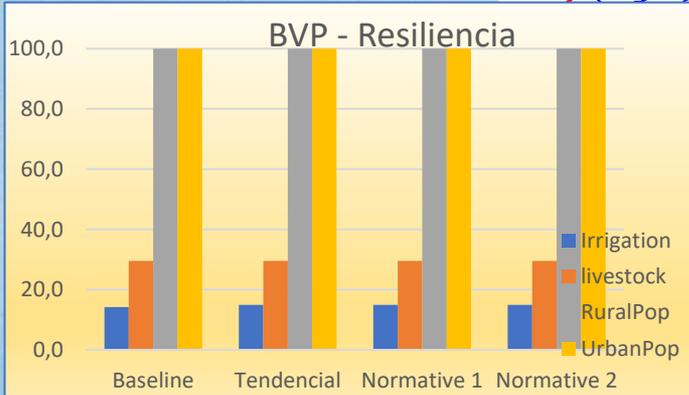
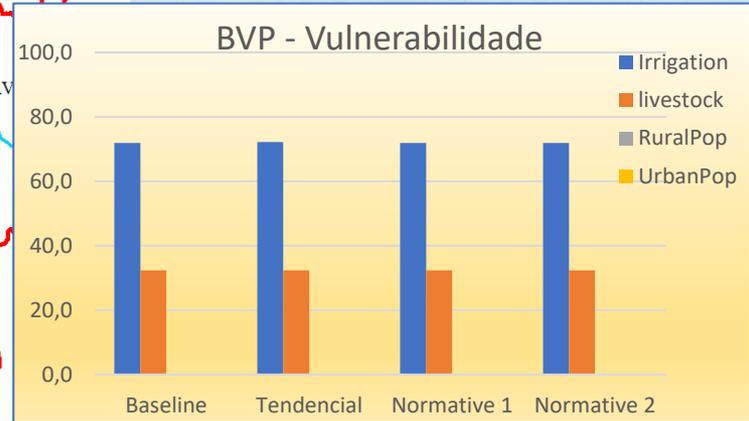
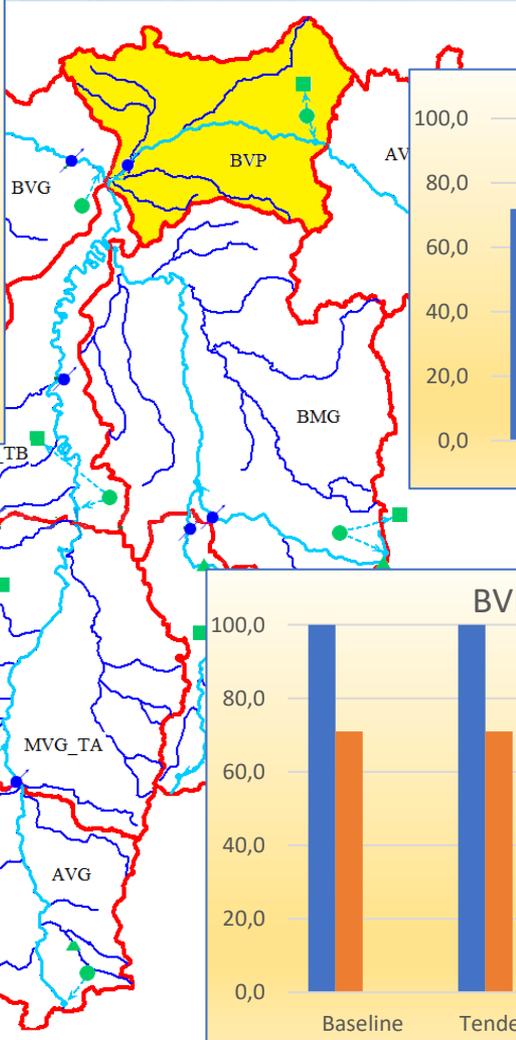
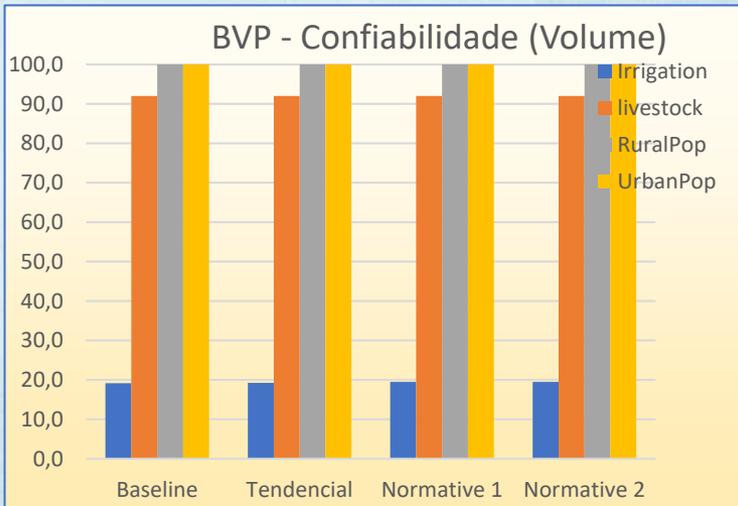
Média, m ³ /s	12.10
Mediana, m ³ /s	6.15
Desvio Padrão, m ³ /s	13.92
Correlação de Pears	0.83
Coefficiente de Determinação	0.70
Índice of Concordância (Willmott)	0.90
Coefficiente de Eficiência (Nash)	0.69



RESULTADOS







Referência vs Tendencial

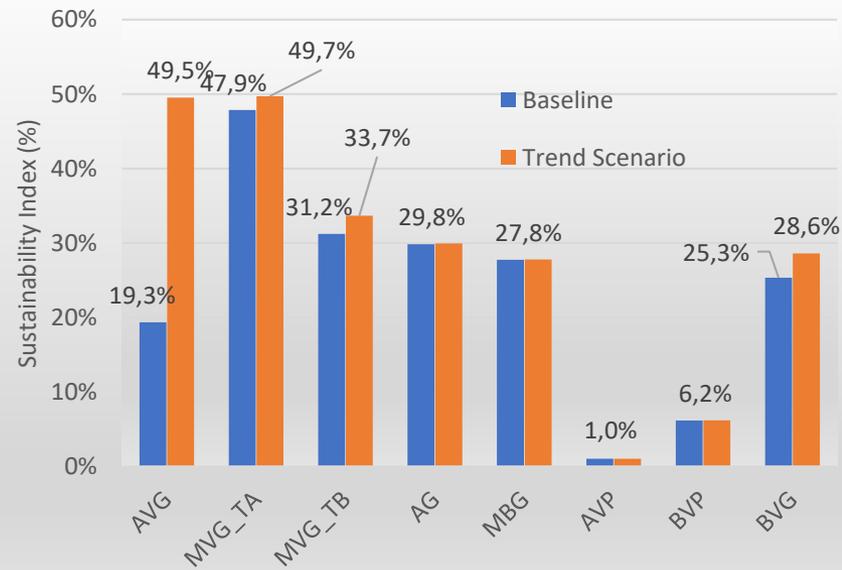
Índice de Sustentabilidade

Sustainability Index by Subbasin

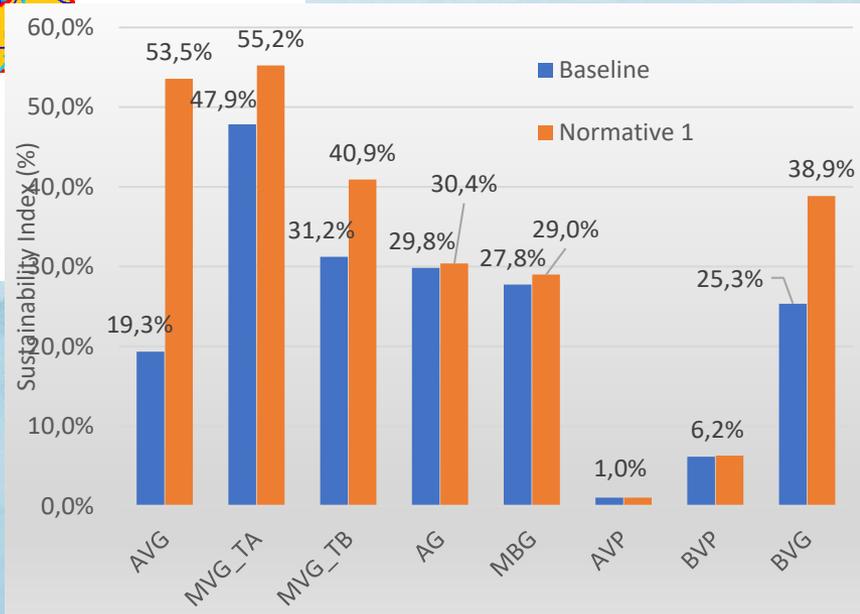
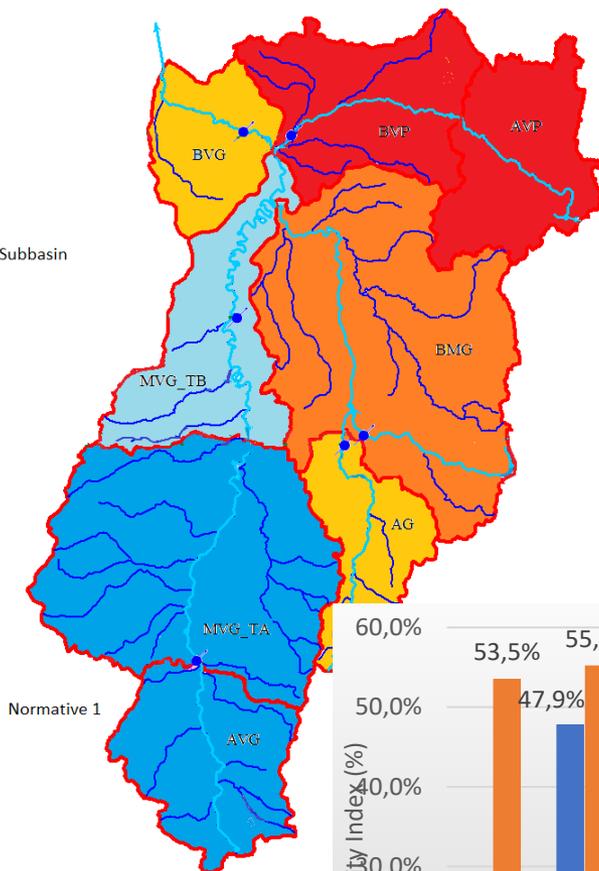
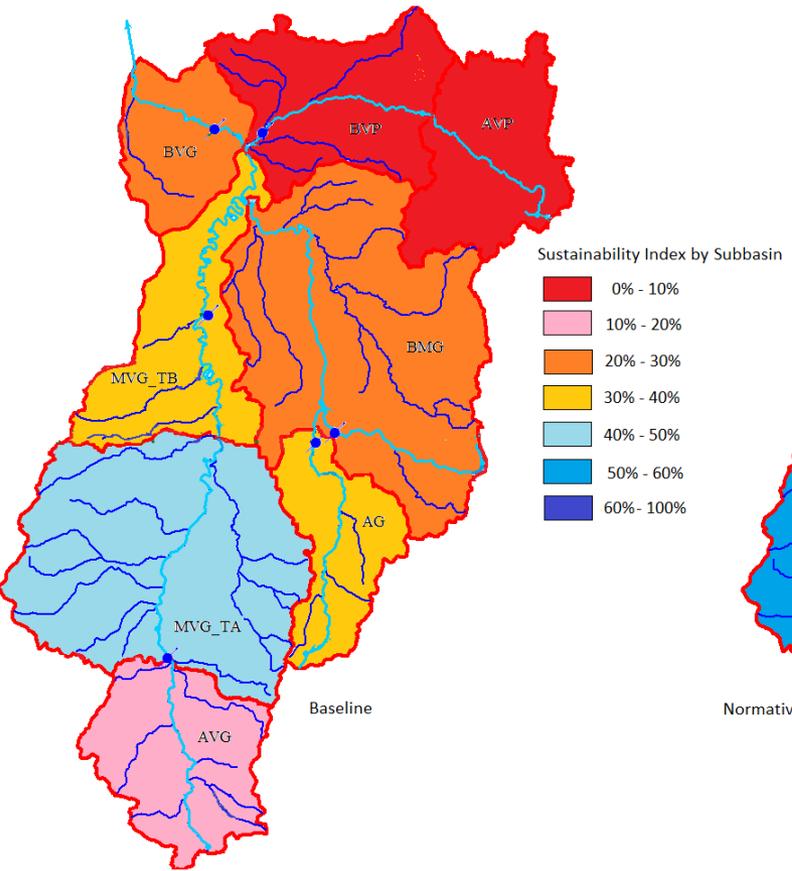


Baseline

Trend Scenario

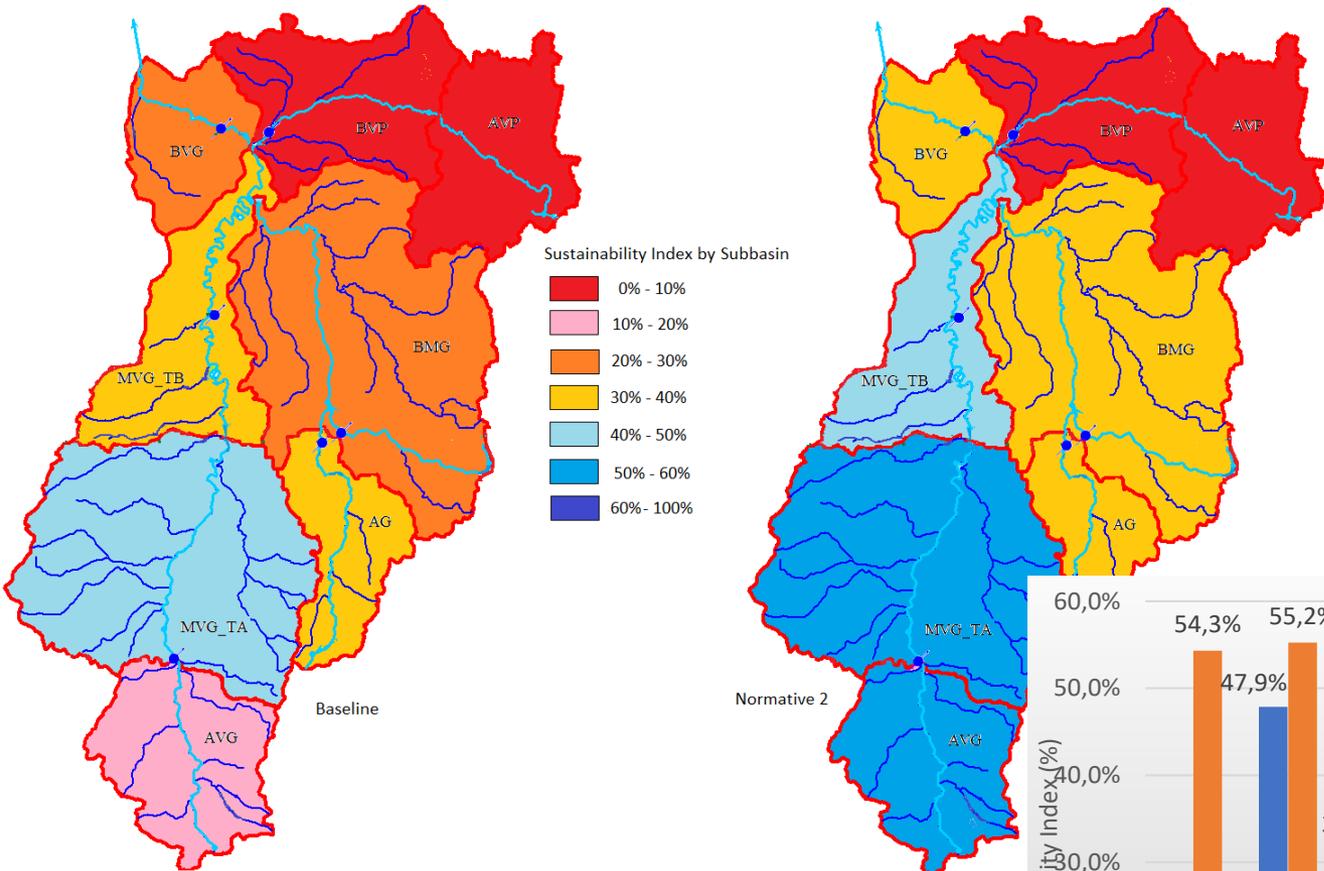


Referência vs Normativo I

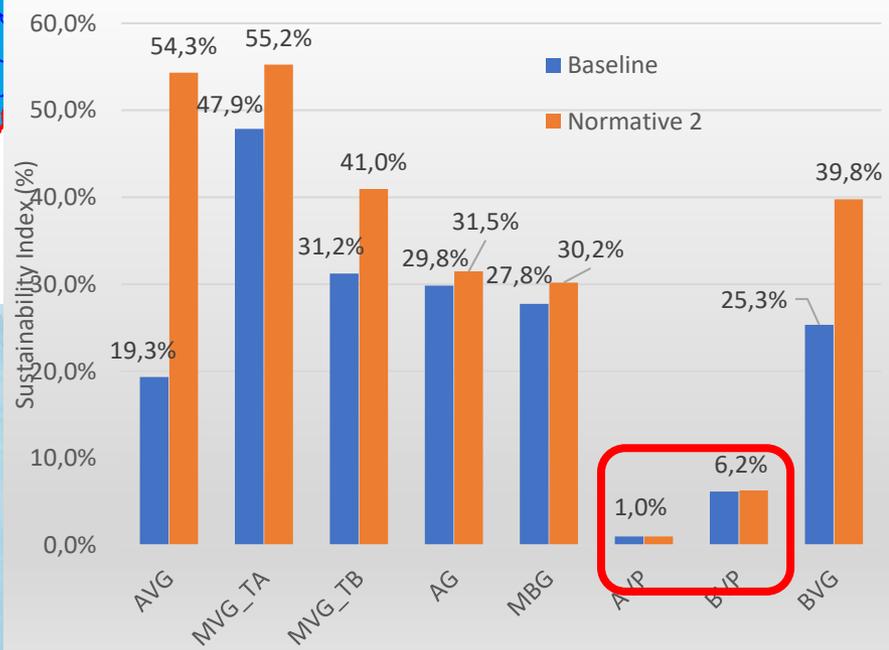


Índice de Sustentabilidade

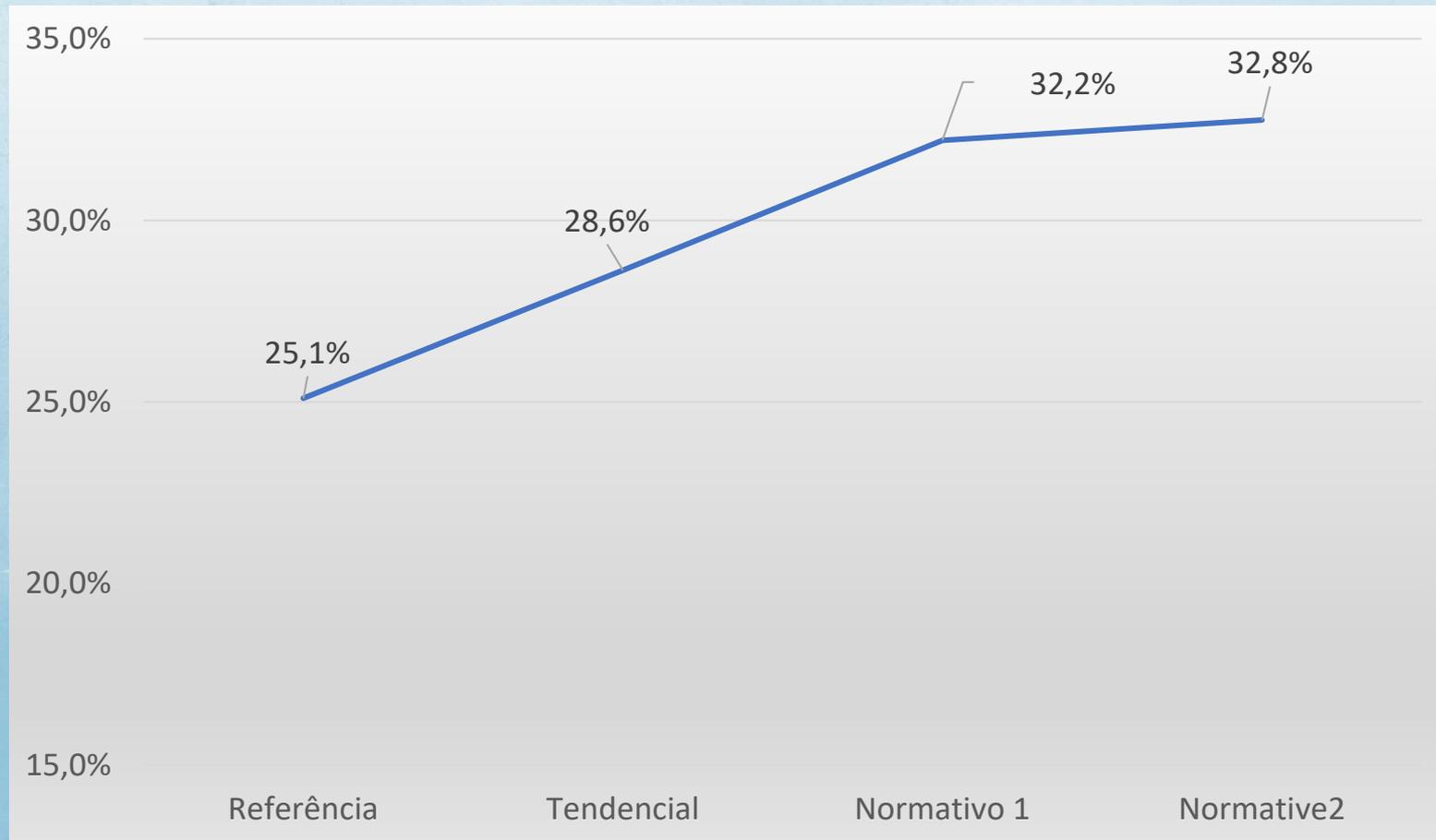
Referência vs Normativo 2



Índice de Sustentabilidade



Índice de Sustentabilidade da bacia do rio Verde Grande



Conclusões

- O Índice de Sustentabilidade (SI) identificou as ações do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Verde Grande (PRHVG) que podem contribuir com a segurança hídrica com previsão até 2030.
- O SI mostrou que a água disponível, apesar de apresentar algumas melhorias para algumas atividades após a análise dos cenários, se mantém insustentável apresentando o parâmetro de Máxima Deficiência ainda alto.

Conclusões

- Considerando toda a bacia, não houve melhorias significativas no incremento de água com a implementação das ações propostas no PRHVG (Insegurança hídrica alta)

Obrigado

Edson de Oliveira Vieira
Instituto de Ciências Agrárias
Universidade Federal de Minas Gerais
eovieira@ica.ufmg.br

UF *m* G



UC DAVIS
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

 **Seminário Nacional**
Sustentabilidade em Recursos Hídricos