



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA**  
**Grupo de Recursos Hídricos - GRH**

# **ANÁLISE DE CENÁRIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO HIDROGRAMA AMBIENTAL NO BAIXO TRECHO DO RIO SÃO FRANCISCO**

---

**Yvonilde Dantas Pinto Medeiros**  
**Micol Brambilla**  
**Cássia Juliana Fernandes Torres**  
**Andrea Fontes**



**Salvador/  
2016**

# OBJETIVOS

**OBJETIVO 1:** Analisar os conflitos entre a geração de energia, a pesca, a agricultura de subsistência e a manutenção do ecossistema aquático a partir de cenários de vazão mínima defluente no baixo trecho do rio São Francisco.



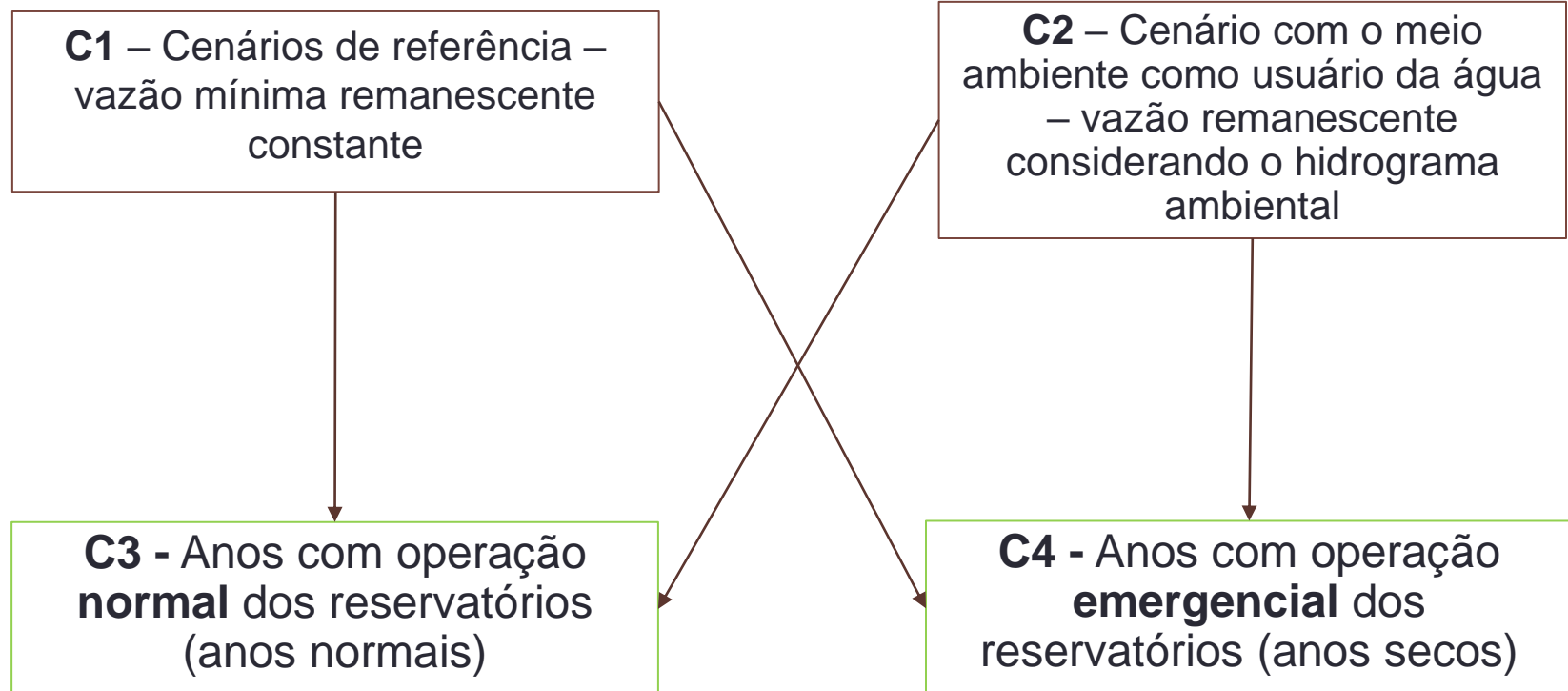
**OBJETIVO 2:** Avaliar os impactos econômicos na alocação de água para atendimento à geração de energia hidroelétrica, considerando a implementação do hidrograma ambiental, no baixo curso do rio São Francisco.



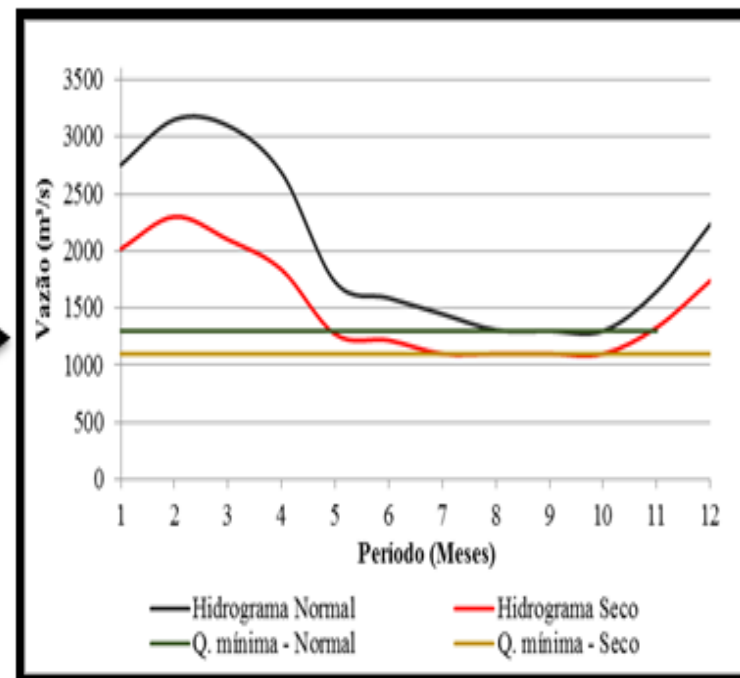
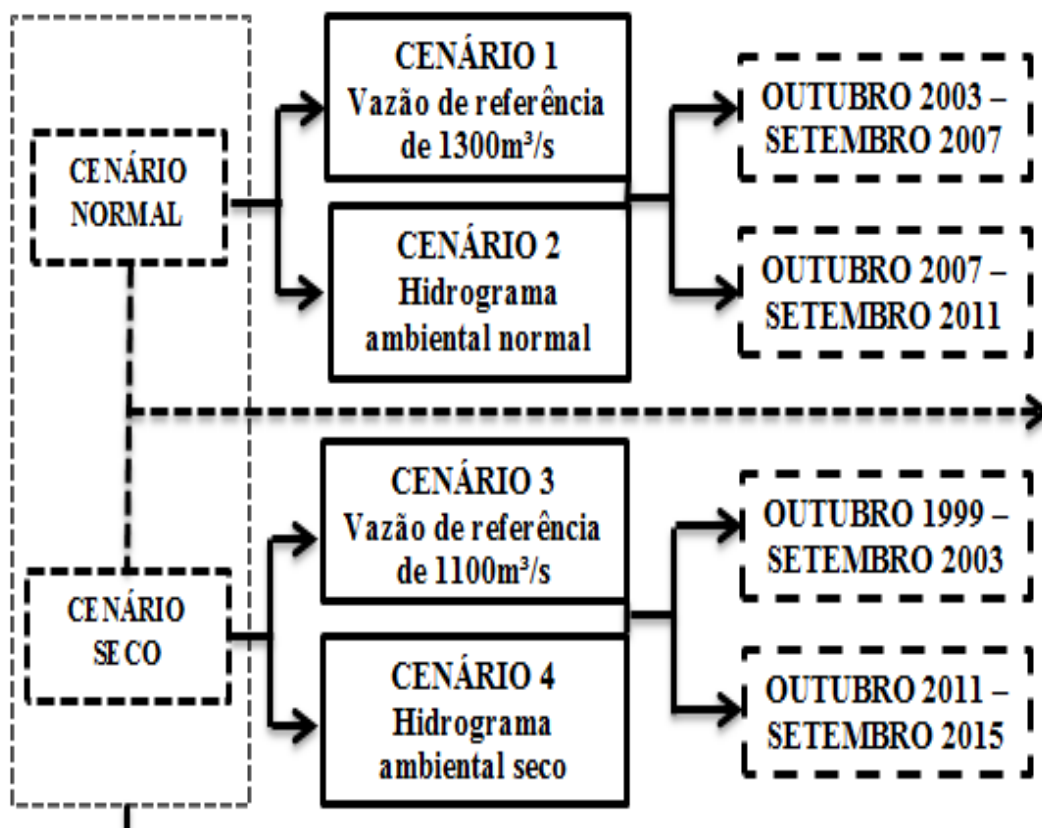
**OBJETIVO 3:** Avaliar o atendimento aos usos consuntivos de água no rio São Francisco, a partir de alternativas de operação de reservatórios e identificar os nexos existentes entre os usos para o ecossistema aquático e a irrigação.



## Construção de Cenários



# PROCEDIMENTO METODOLÓGICO



## Simulação de cenários

Modelo matemático - **Water Evolution and Planning System (WEAP)**

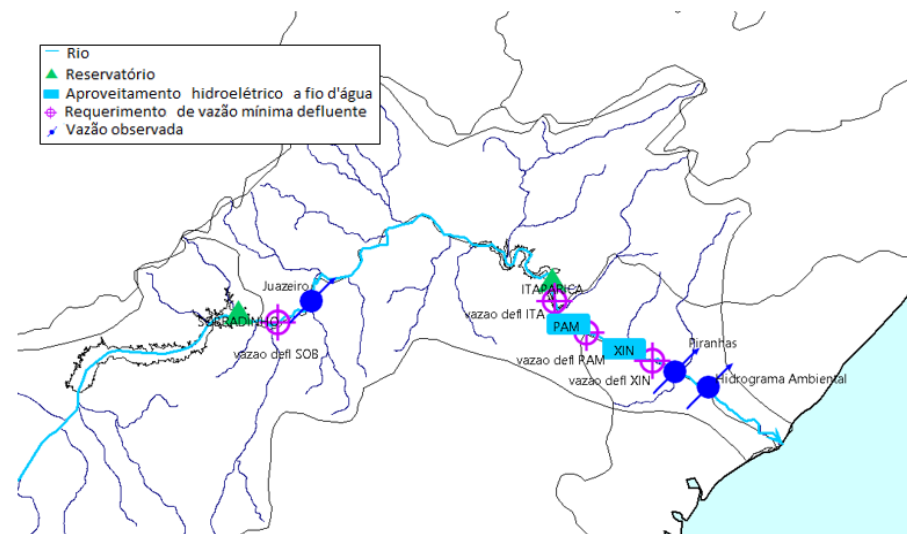
- ▶ Modelo de suporte ao planejamento e gestão dos recursos hídricos;

Foi escolhido porque permite:

- ▶ Inserir a demanda energética por cada reservatório ou para um conjunto de reservatórios;
- ▶ Inserir a demanda ambiental através do requerimento de vazão;
- ▶ Permite desenvolver cenários com facilidade.

Necessário ajuste do modelo ao sistema

Representação do rio São Francisco no WEAP

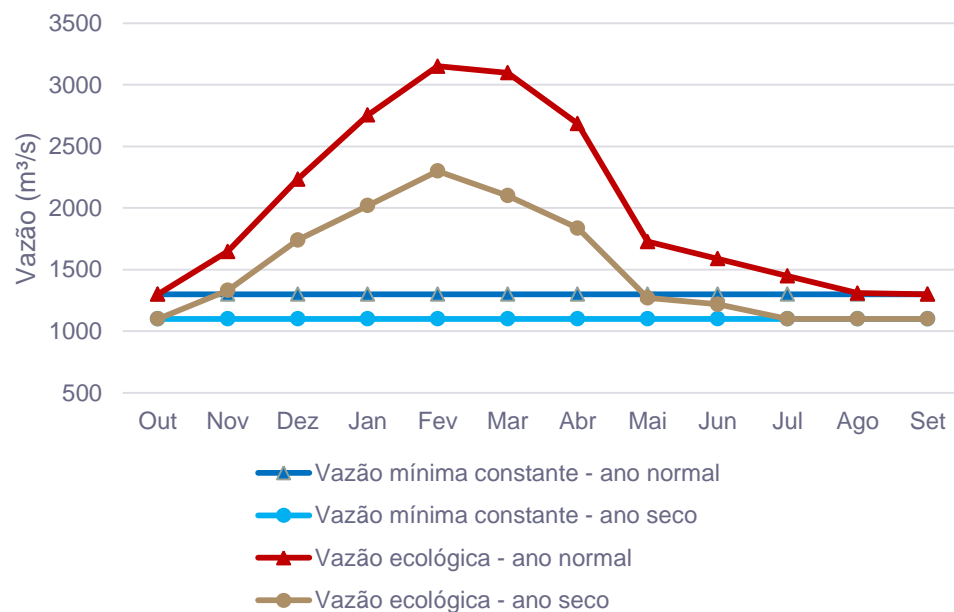


Fonte: Proprio Autor

## Coleta e tratamento de dados

- ▶ Dados genéricos;
- ▶ Vazões de entrada;
- ▶ Vazões remanescentes para anos normais e anos secos;
- ▶ Dados físicos e operacionais dos reservatórios;
- ▶ Demandas consuntivas (CNARH - ANA);
- ▶ Demandas não consuntivas (Geração de energia hidroelétrica - ONS; Manutenção do ecossistema aquático – Medeiros *et al.*; Navegação - ONS).

Vazões remanescentes para anos secos e normais para o baixo curso do RSF



Fonte: ONS (2014c), CHESF (2015a), Medeiros *et al.* (2010),

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Conflitos pelo uso da água

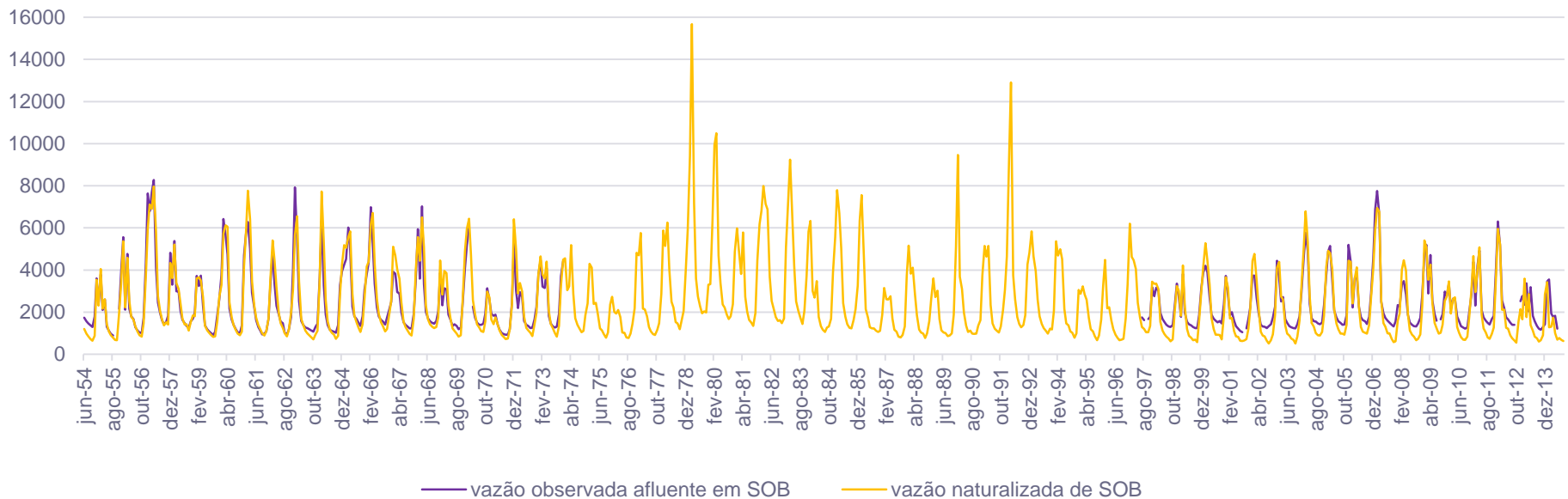


# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Comparação das vazões observadas com vazões naturalizadas

Inicialmente foi comparada a vazão naturalizada afluente a Sobradinho (ONS, 2014) com a vazão efetiva afluente (soma dos valores das estações fluviométricas de Boqueirão (46902000) e Morpará (46360000)).

Comparação entre as vazões reais afluentes em Sobradinho (vazões medidas) e as vazões naturalizadas





# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Identificação e quantificação das demandas

Reservatório	Indústria	Abasteci- mento Público	Termo- elétrica	<b>Irrigação</b>	Aqui- cultura	Outro	Criação de Animal	Mineração
Três Marias	0,666	0,119	-	2,292	0,001	-	0,001	-
Sobradinho	1,278	2,153	0,144	96,013	0,004	0,057	0,008	1,606
Itaparica	0,087	3,851	-	42,498	0,076	26,411	-	0,022
Paulo Afonso	0,004	0,417	-	40,584	1,633	0,013	-	-
Xingó	0,008	0,392	-	-	-	-	-	-
Jusante Xingó	0,010	6,733	0,660	2,685	0,008	0,013	-	-
$\Sigma$	2,054	13,665	0,804	<b>184,071</b>	1,722	26,494	0,008	1,628

**Energia elétrica:** A geração média mensal é aprox. 5740 MWmed para o período com operação normal e 4839 MWmed para o período com operação emergencial (ONS, 2015c) resultando em respectivamente vazões de 2050 m<sup>3</sup>/s e 1730 m<sup>3</sup>/s (ONS, 2011).

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Demanda média mensal dos usos consuntivos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

<b>Demanda média mensal (m³/s)</b>	<b>Alto SF</b>	<b>Médio SF</b>	<b>Submédio SF</b>	<b>Baixo SF</b>	<b>Total</b>
Abastecimento Público	0,366	1,906	3,409	<b>6,205</b>	11,885
Aquicultura	0,001	0,004	0,076	<b>15,188</b>	15,269
Criação de Animal	0,006	0,002	-	-	0,008
Indústria	0,907	0,003	0,087	<b>0,022</b>	1,019
Irrigação	5,565	93,698	38,084	<b>46,146</b>	183,493
Mineração	0,001	1,605	0,022	-	1,628
Outros*	0,029	0,028	18,457	<b>7,979</b>	26,493

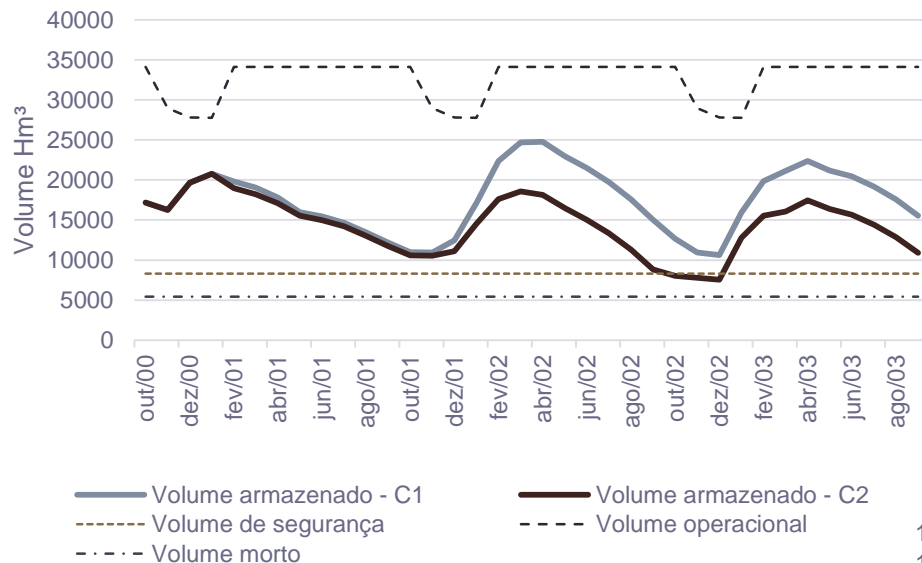
### Identificação dos conflitos nos cenários

<b>CENÁRIOS</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>USOS MÚLTIPLOS</b>	Vazão 1300 m³/s	Vazão 1100 m³/s	Vazão Ambiental
Abastecimento público		x	
Irrigação		x	x
Geração de energia			x
Navegação		x	x
Meio ambiente	x	x	
Pesca	x	x	
Agricultura de subsistência	x	x	
Diluição de efluentes		x	

## ► Simulação e análise dos cenários de operação de reservatórios

Ano com operação **emergencial** (2000 – 2003):

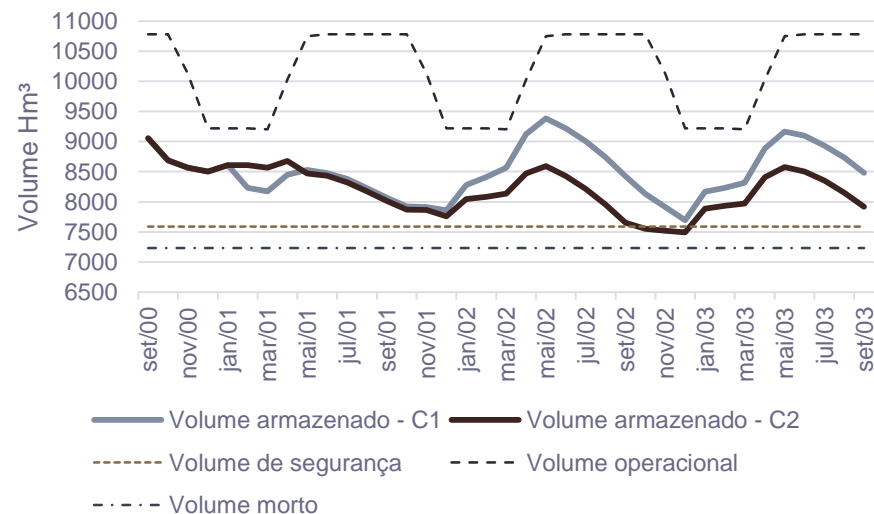
Volume útil de Sobradinho para C1 e C2



Fonte: Própria autoria

Fonte: Própria autoria

Volume útil de Itaparica para C1 e C2

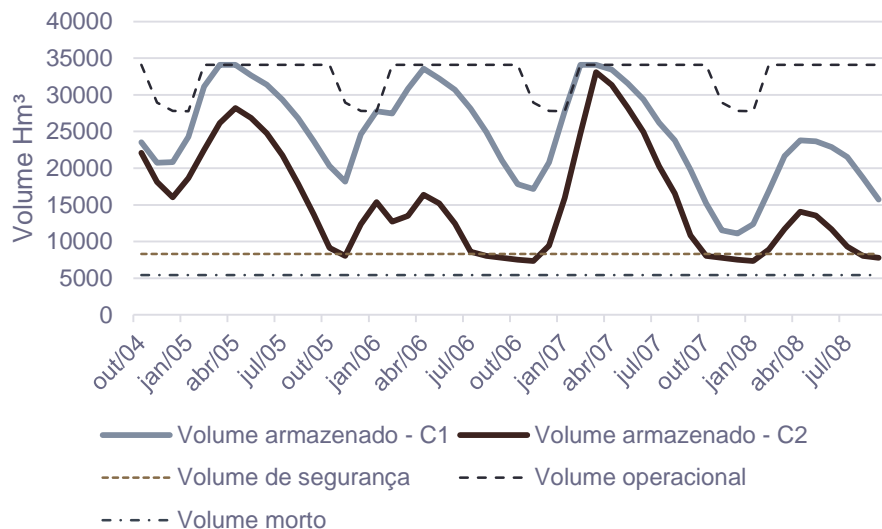


— Volume armazenado - C1    — Volume armazenado - C2  
 - - - Volume de segurança    - - - Volume operacional  
 · · · · Volume morto

## ► Simulação e análise dos cenários de operação de reservatórios

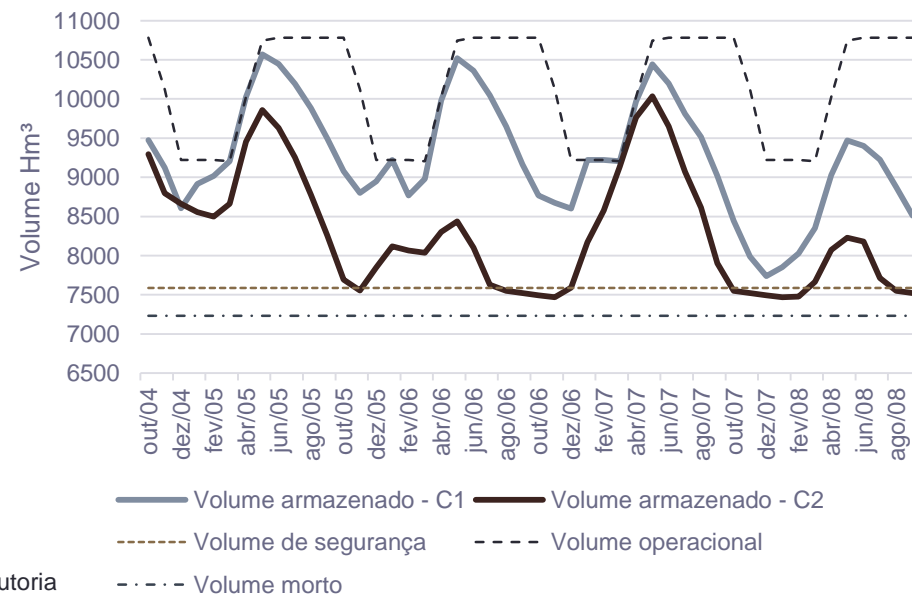
Ano com operação **normal** (2004 – 2008):

Volume útil de Sobradinho para C1 e C2



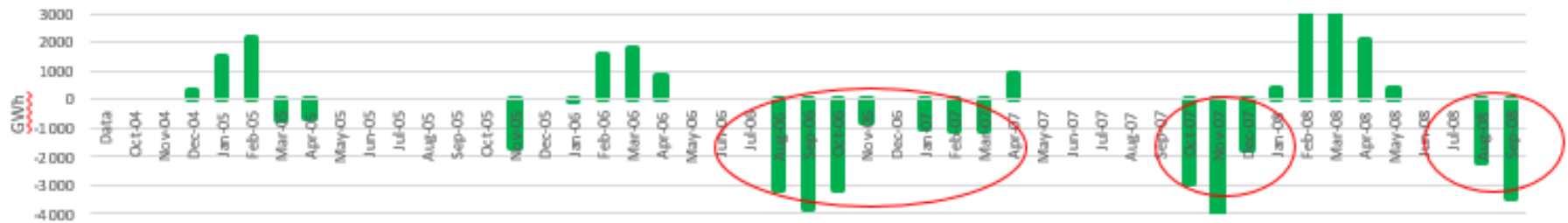
Fonte: Própria autoria

Volume útil de Itaparica para C1 e C2

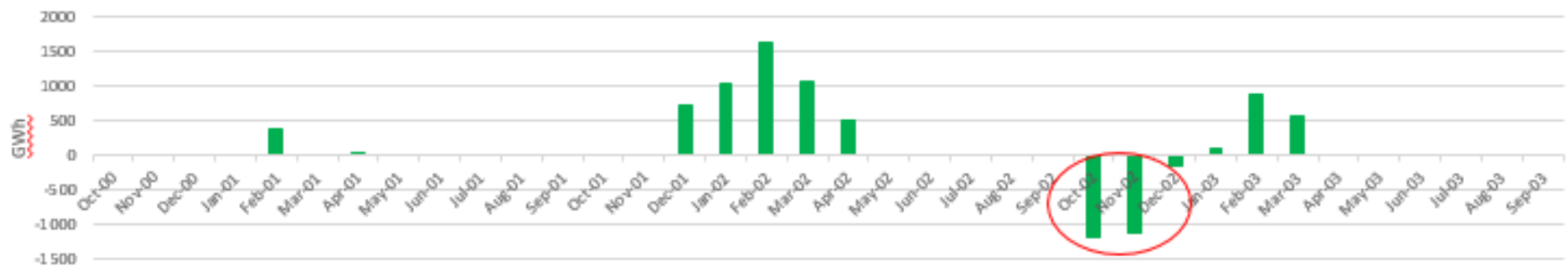


Fonte: Própria autoria

Comparação da geração energética do Cenário 2 com o Cenário 1 em GWh



Período com operação normal



Período com operação emergencial

## Implicações para o setor elétrico e para o ecossistema aquático

### Reduções de Carga (perda direta):

- 94,33 MWmed (anos secos 2000-2003) e 924,89 MWmed (anos normais 2004-2008);
- Equivalente a: 0,21 % e 2,12 % da energia produzida em MWmed na totalidade do SIN em 2015;
- Perda monetária: R\$ 10,39 mi e R\$ 1,3 bi.
- Ferreira (2014): de 762,7 MWmed (cenário com HA para anos secos) e 1937,7 MWmed (cenário com HA para anos normais).

### Alteração na geração:

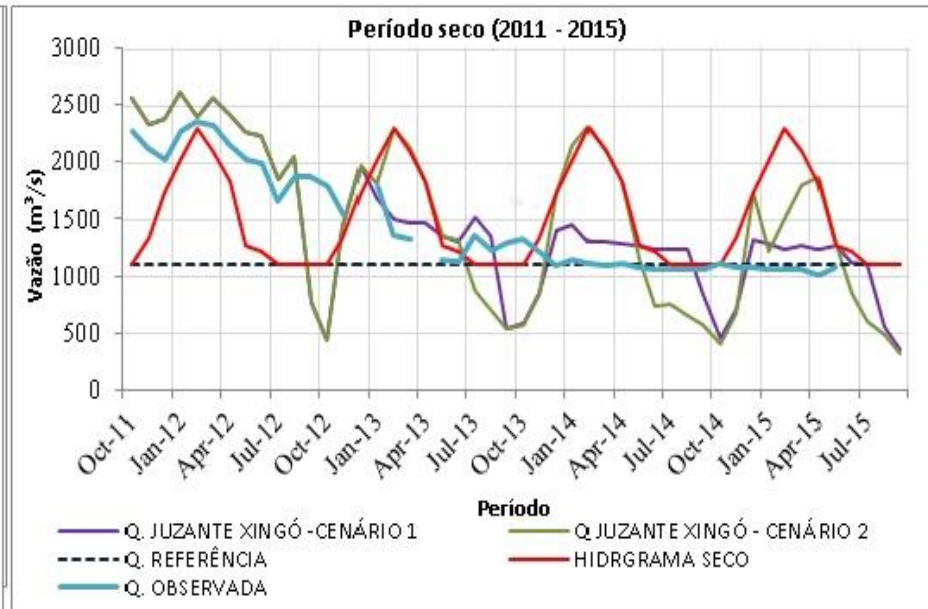
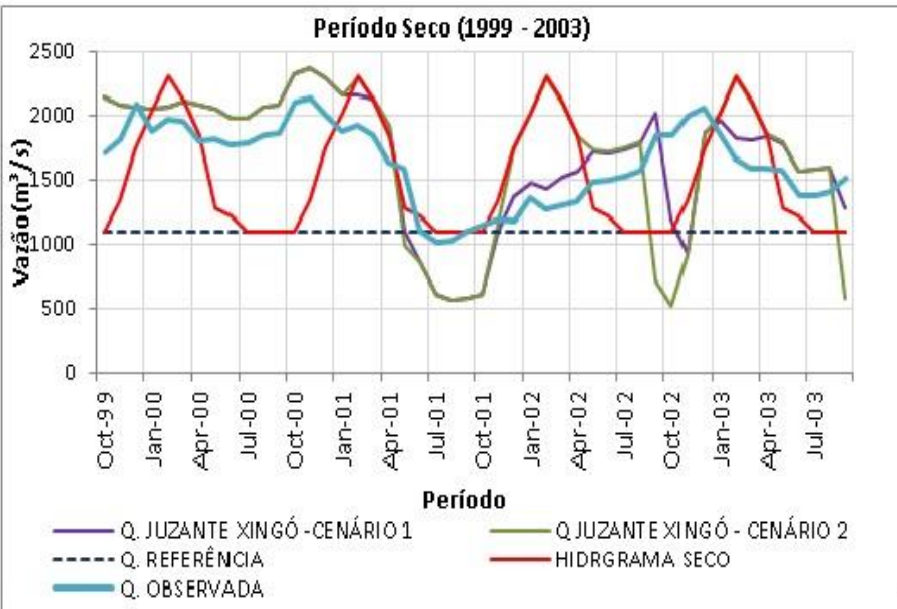
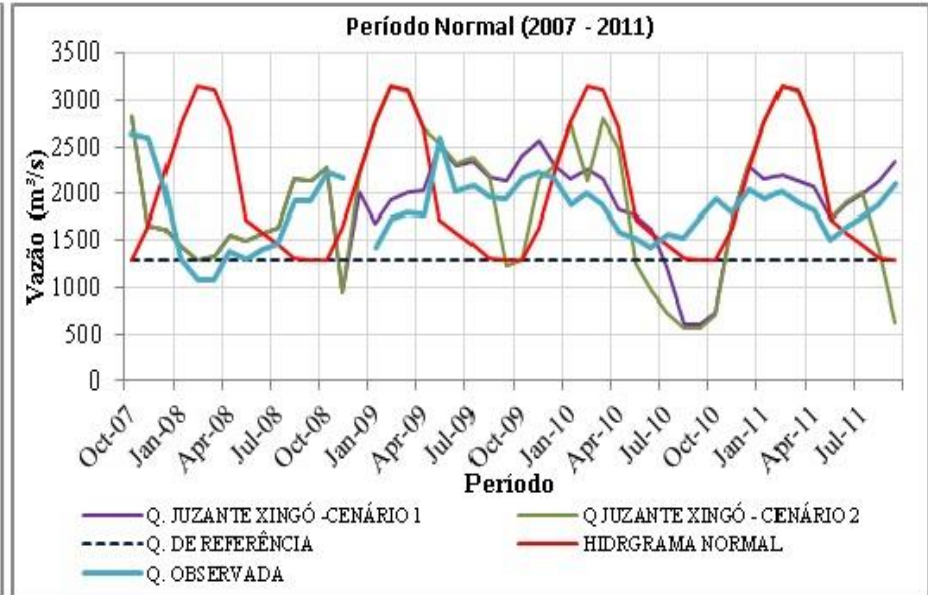
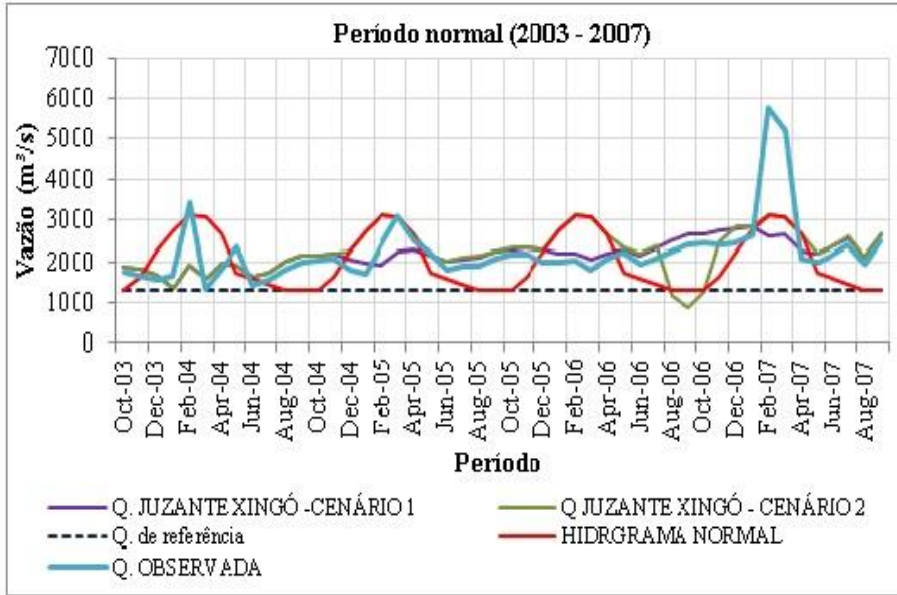
- Déficit – final do período seco e começo do período úmido (agosto – dezembro);
- Superávit – final do período úmido e começo do período seco (janeiro – maio);
- Diminuição da Garantia Física, não da soma da energia gerada.

### SIN – Interligação:

- Alteração dos 4 subsistemas;
- Outros subsistemas podem ser utilizados para repor a energia;
- Repor através de sistemas de geração que permitem armazenar energia ou com fontes energéticas com sazonalidades complementares.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Implicações para a irrigação



## Implicações para a irrigação

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

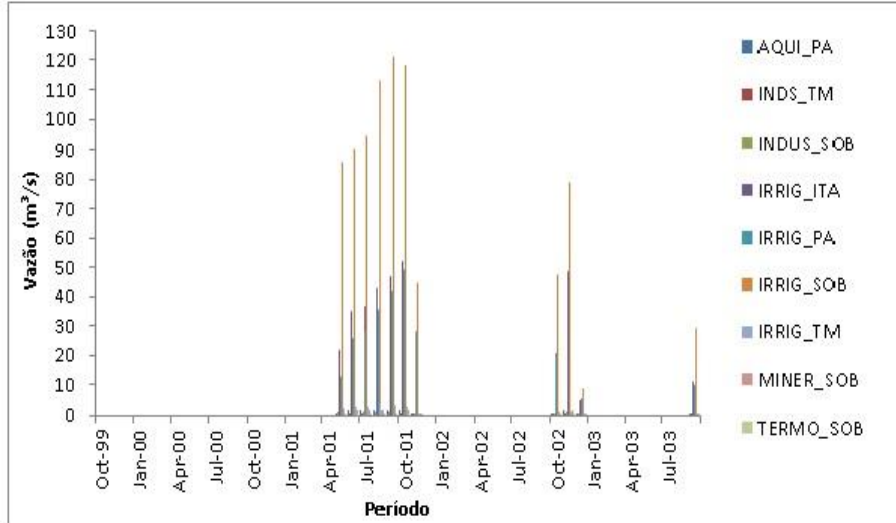
Resultados da demanda não atendida na Simulação 1 (Alocação de água para irrigação)

RESERVATÓRIOS	PERÍODOS SIMULADOS	PERÍODO NORMAL				PERÍODO SECO			
		2003 - 2007		2007 - 2011		1999 - 2003		2011 - 2015	
CENÁRIOS		C1	C2	C1	C2	C3	C4	C3	C4
SOMA TOTAL DA DEMANDA NÃO ATENDIDA MENSAL (m <sup>3</sup> /s)	TRES MARIAS	0	0	0	0	6.9	13.4	44.59	50.81
	SOBRADINHO	7.458	369.36	595.96	1405	282.5	570.7	594	1960.82
	ITAPARICA	4.35	150.72	267.7	602.7	125.3	270.2	272.6	792.9
	PAULO AFONSO	4.39	135.15	246.25	557.2	118.3	259.7	263.8	733.4
	JUSANTE XINGO	0.1119	10.437	15.7	36.9	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		16.3	665.7	1126	2601	533	1114	1175	3537.93

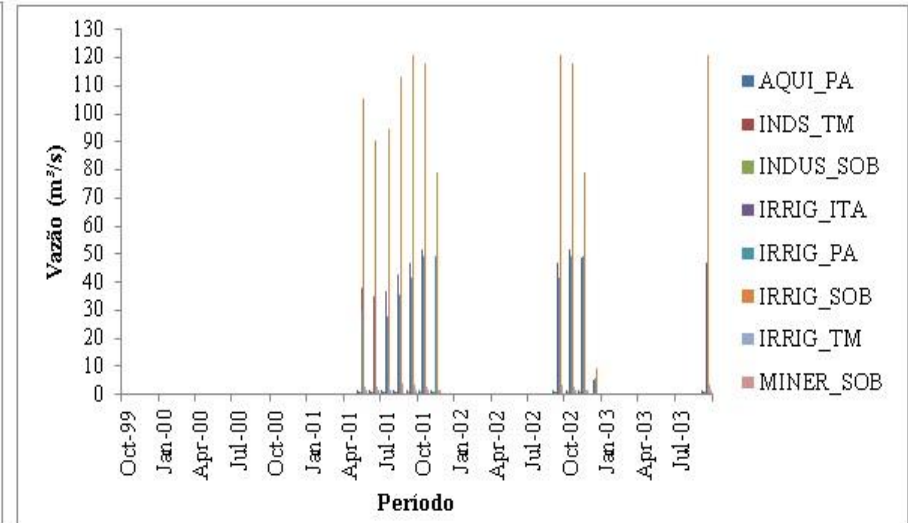


## Implicações para os múltiplos usos

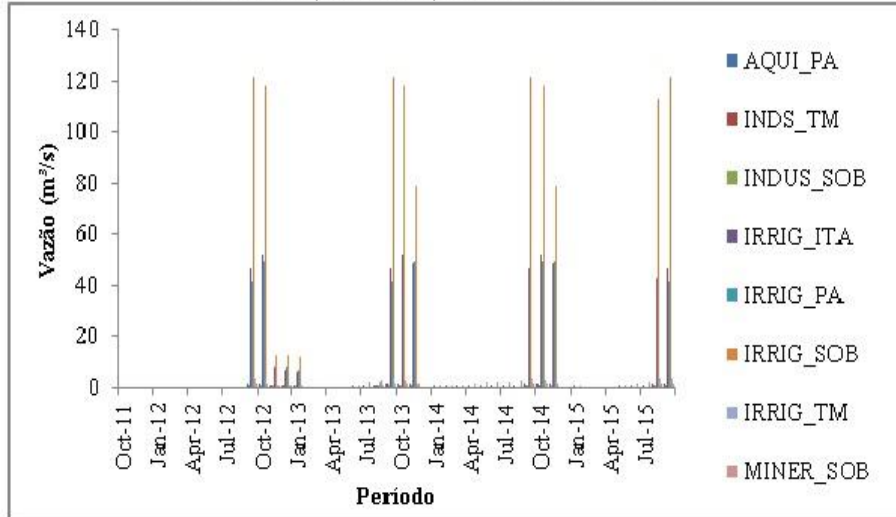
Período Seco (1999 - 2003) - Cenário de Vazão Mínima



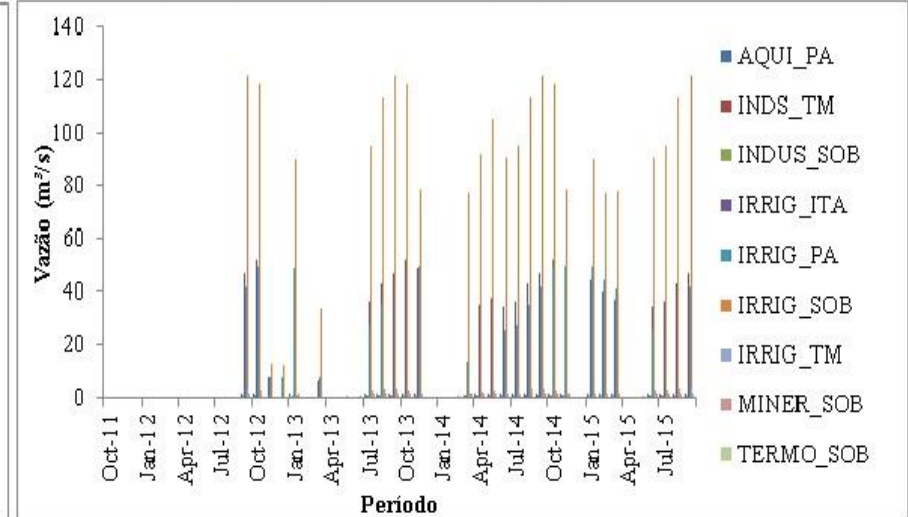
Período Seco (1999 - 2003) - Cenário de Hidrograma Seco



Período Seco (2011 - 2015) - Cenário de Vazão Mínima



Período Seco (2011 - 2015) - Cenário de Hidrograma Seco



Resultados da Demanda não atendida na Simulação 2 para o período seco

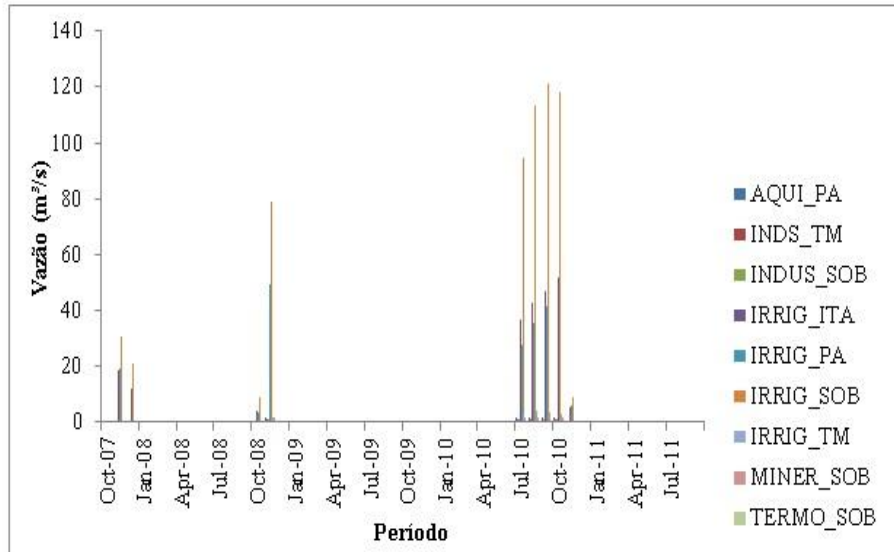
# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Implicações para os múltiplos usos

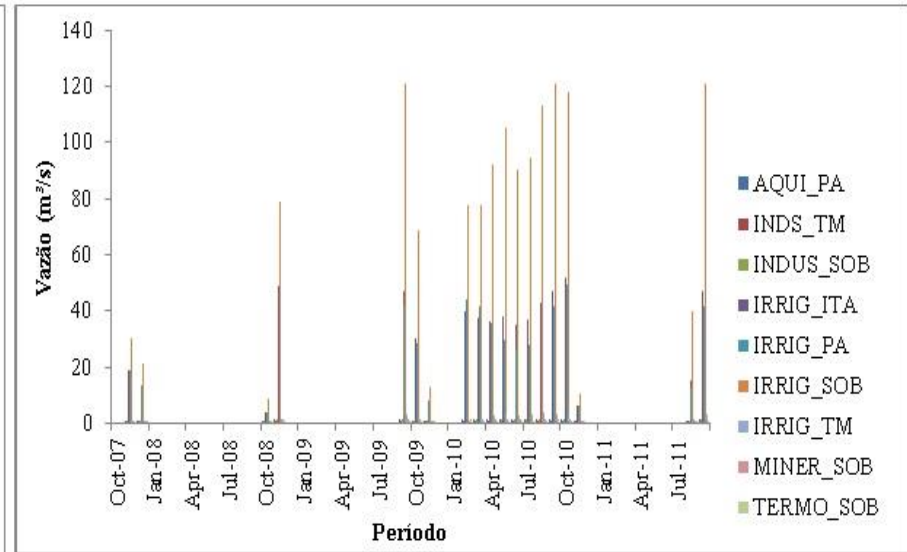
Ao implementar o hidrograma ambiental nos períodos mais críticos, **há uma perda de 13% na produção agrícola para o período de 1999 - 2003 e 38,9% no período de 2011 - 2015**, considerando os resultados das simulações para o reservatório de Sobradinho.

## Resultados da demanda não atendida na Simulação 2 para o período normal

Período Normal (2007 - 2011) - Cenário de Vazão Mínima



Período Normal (2007 - 2011) - Cenário Hidrograma Normal



**Obrigada!**

Torres\_cjf@yahoo.com.br

