



Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

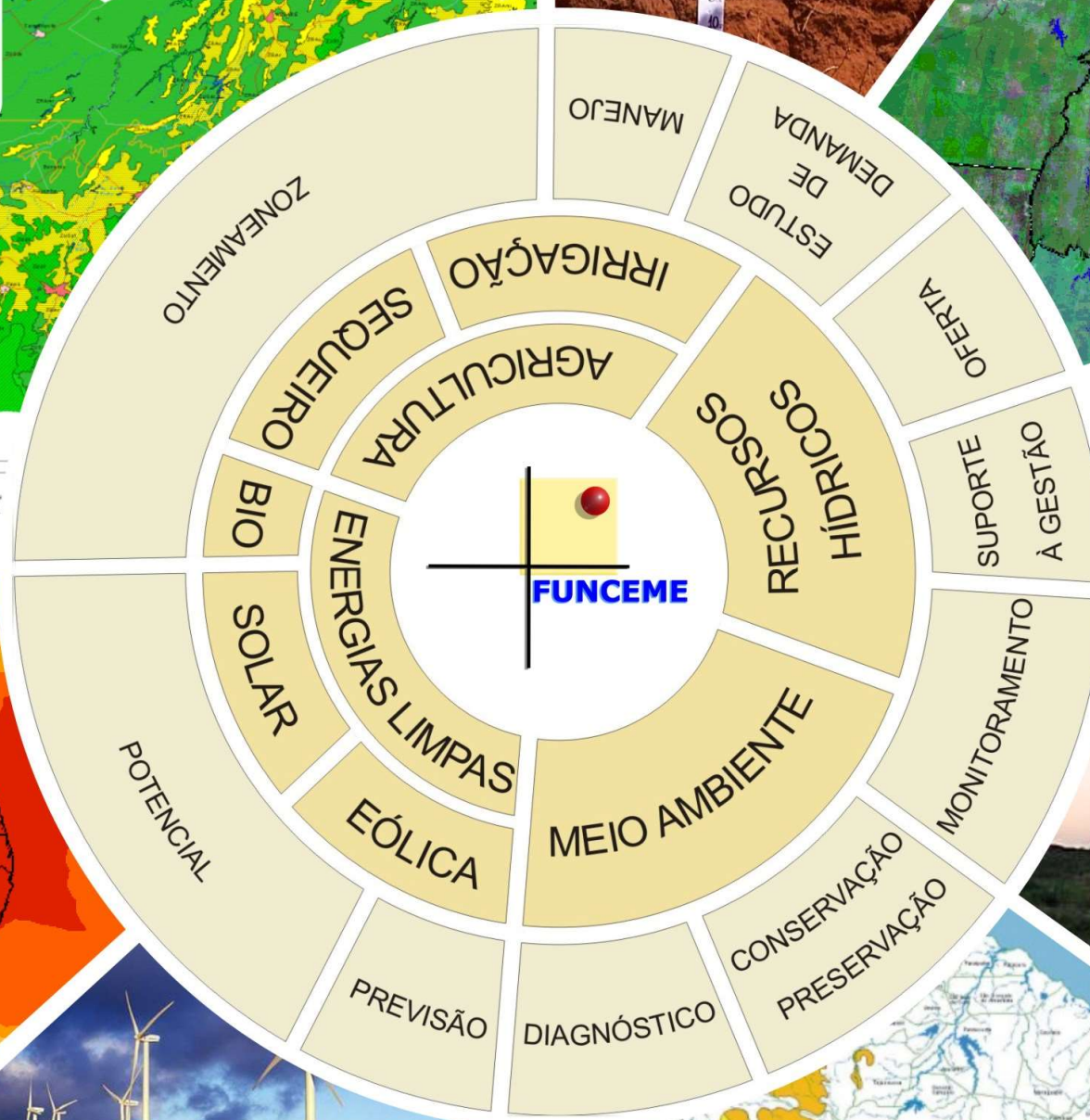
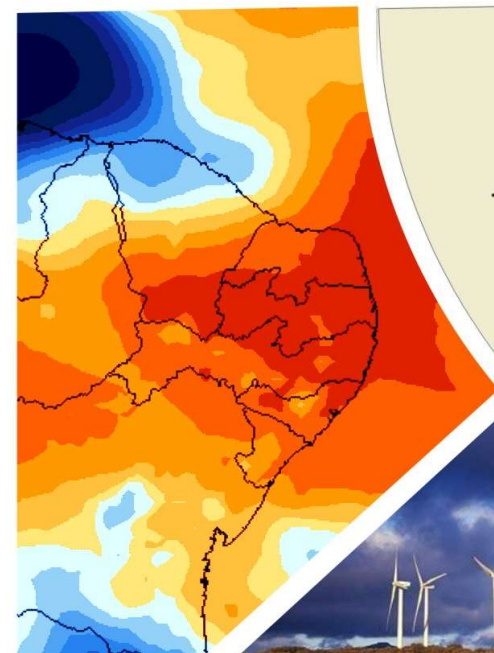
(FUNCEME)

**PESQUISA & INOVAÇÃO PARA INFORMAR
DECISÕES E POLÍTICAS PÚBLICAS EM
RECURSOS HÍDRICOS**

Eduardo Martins

CONERH - Fortaleza, 03 de Agosto de 2021





Pesquisa e Estudos

- Clima
 - (Paleo, Presente, Decenal, Mudanças Climáticas)
- Hidrologia & Recursos Hídricos
- Agricultura
- Meio Ambiente

... em diferentes escalas temporais e espaciais

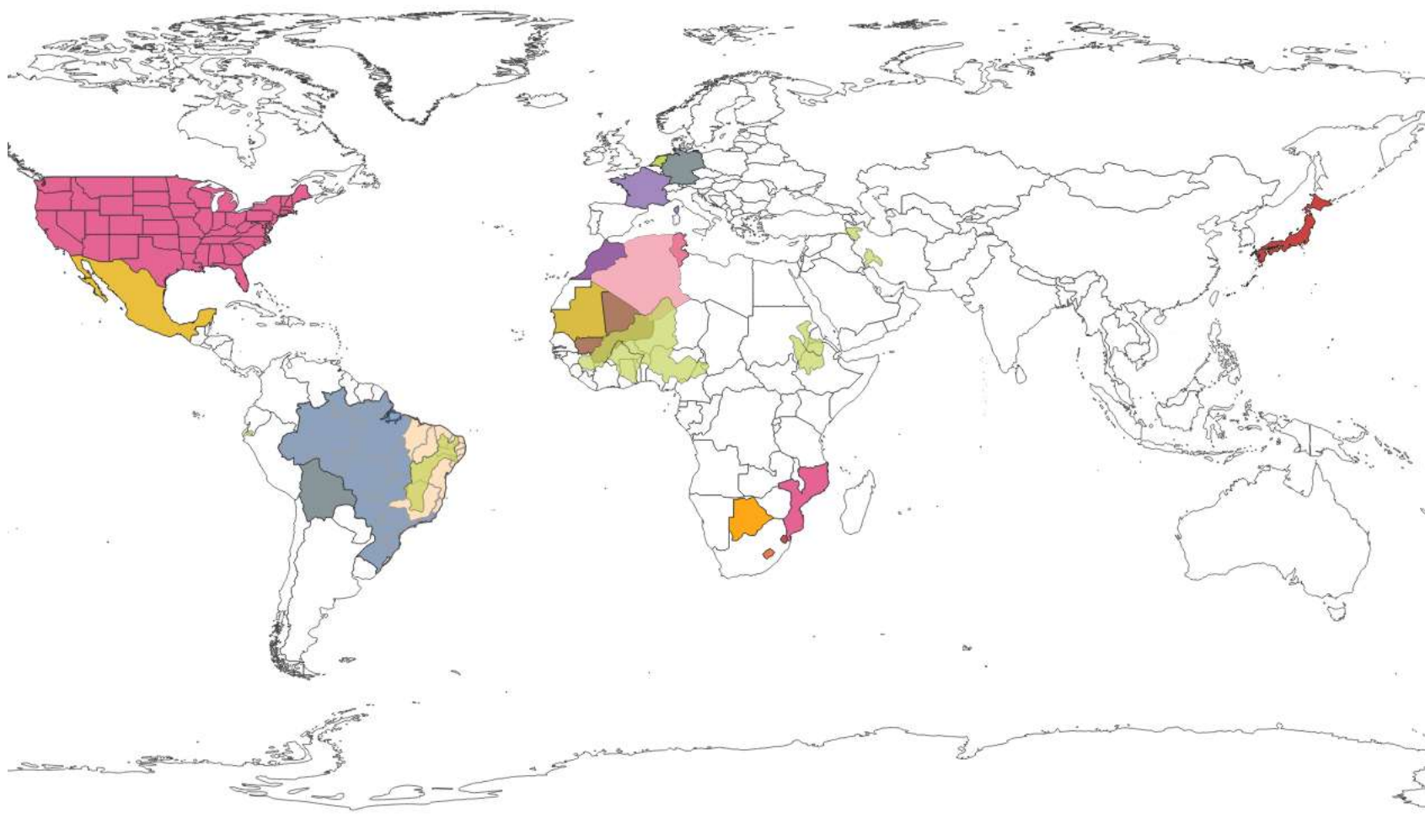
Colaboração Técnica e Científica



FOMENTO



Cooperação North-South/South-South/Tripartite



DIFICULDADES EM LIDAR COM CRISES HÍDRICAS NO BRASIL

MUITA ÊNFASE NA SOLUÇÃO DE INFRAESTRUTURA

A ênfase na infra-estrutura **ofusca a importância da preparação** (por exemplo, planos de contingência para setores específicos).

O foco está no aumento da oferta, mas e quanto a ...
... gestão da demanda?

Setor hídrico: levar água para onde, para quê e para quem?

O modelo de desenvolvimento deve estar no centro das atenções.

GERENCIAMENTO DE R.H. NA ESCALA LOCAL

Nesta escala, agricultores utilizam a **água enquanto esta estiver disponível**. Quando seca a fonte, eles procuram por novas fontes hídricas ...

Necessidade de repensar a governança de água nesse nível local: maior envolvimento da municipalidade/comunidades faz-se necessário!

DESAFIO INSTITUCIONAL

Necessidade de **maior coordenação entre as instituições**, em particular, quando pertencem a níveis diferentes de administração.

A maioria das instituições **opera da mesma maneira** quando foram criadas e têm que enfrentar **novos desafios** (meio ambiente, sociedade, ...).

DIFICULDADES EM LIDAR COM CRISES HÍDRICAS NO BRASIL

TRANSPARÊNCIA QUANTO AOS PROBLEMAS E DECISÕES

A **negativa da crise!** (BRA: Sudeste & Nordeste)

A **resistência em usar termos certos** para descrever a situação:

Racionamento de água	→	Uso consciente da água
Volume morto	→	Reserva estratégica (ou melhor, 3 r.e.)
Rodízios no fornecimento de água	→	Manutenção programada do sistema

USO DA INFORMAÇÃO CLIMÁTICA

A informação climática não é, em geral, incorporada no processo **decisório**. Existe um longo caminho a percorrer para fazer isso acontecer!

Fácil verificar: **ANÁLISE DE COMO OS RESERVATÓRIOS FORAM OPERADOS NA ÚLTIMA SECA MULTIANUAL!**

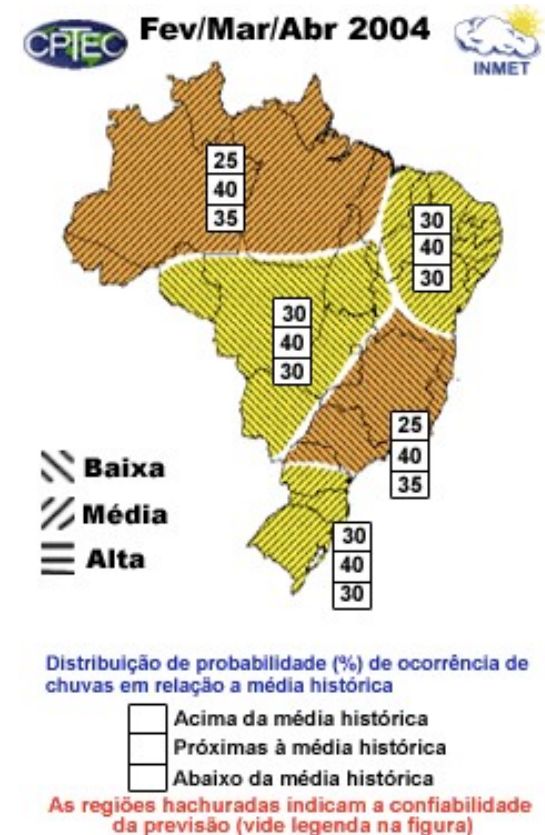
A causa principal disto são as fragilidades institucionais ao nível estadual e contar com o menos provável, quando este lhe é favorável (**a esperança**).

DIFICULDADES EM LIDAR COM CRISES HÍDRICAS NO BRASIL

USO DA INFORMAÇÃO CLIMÁTICA

Busca de identificar as razões...

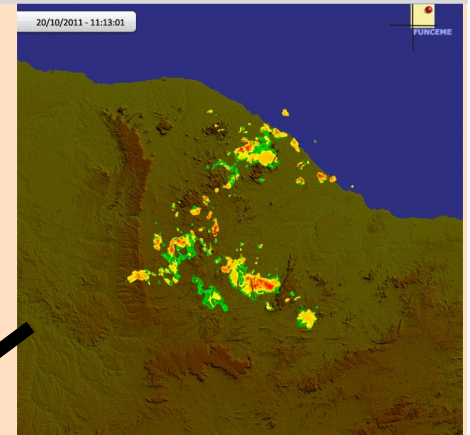
- **SISTEMA DE PREVISÃO SEM FOCO NOS IMPACTOS**
 - ✧ FORMATO EM TERCIS DE PROBABILIDADE E A ÁREA DA PREVISÃO NÃO ADEQUADOS PARA SETORES USUÁRIOS
 - ✧ MUDANÇAS SENDO IMPLEMENTADAS!
- **EXISTEM ALTERNATIVAS, MAS NÃO MUITO EXPLORADAS EM CARÁTER OPERACIONAL – AINDA PERCEBIDA COMO ÁREA DE PESQUISA.**



SALA DE SITUAÇÃO



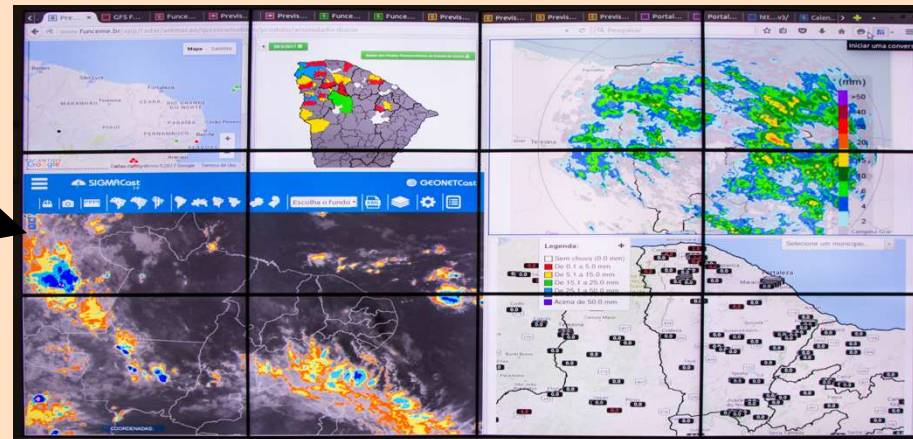
Pluviômetros



RADAR (X & S)



NOAA & METEOSAT



Sala de Situação

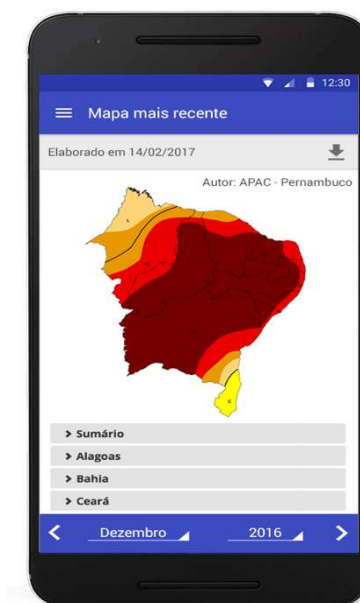
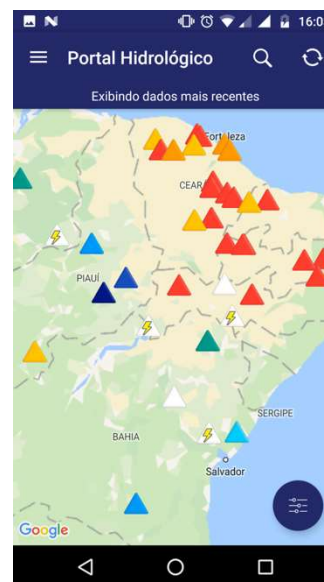
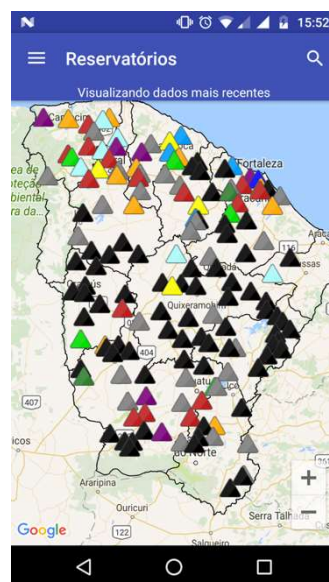
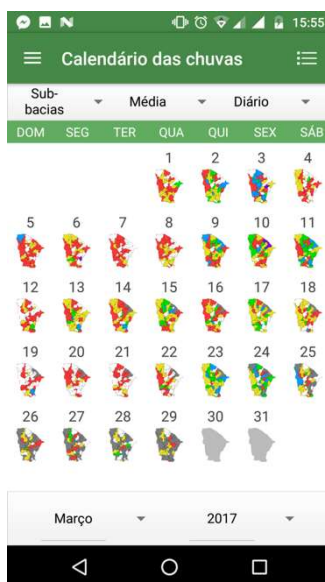
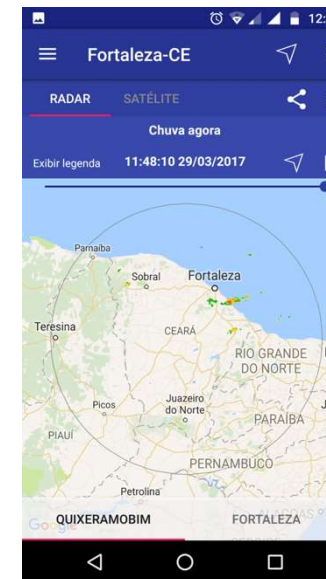
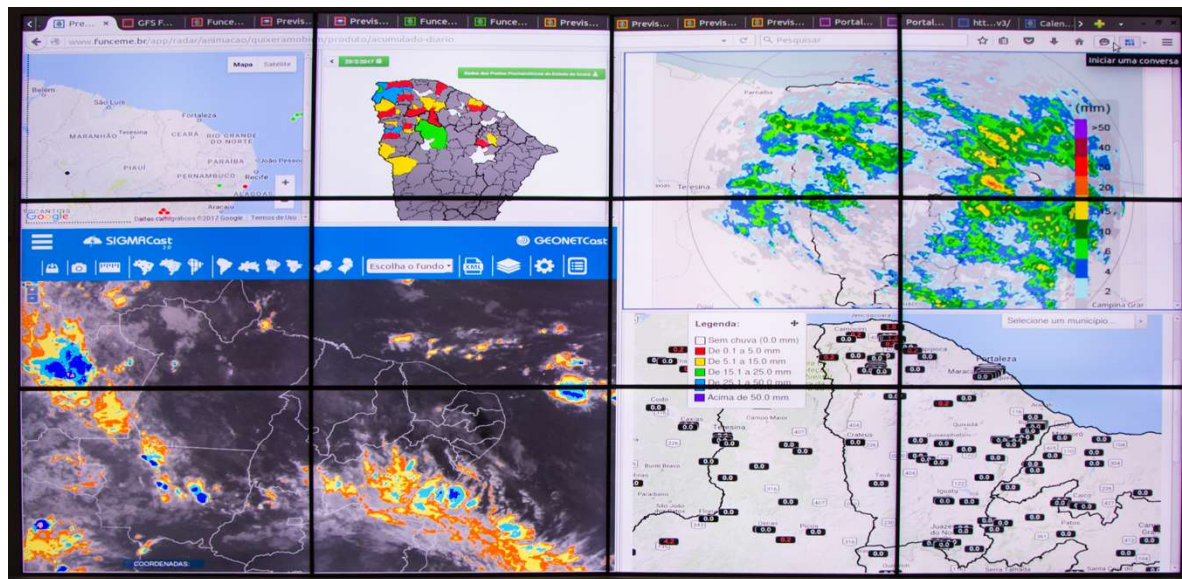


PROJETO
PIRATA



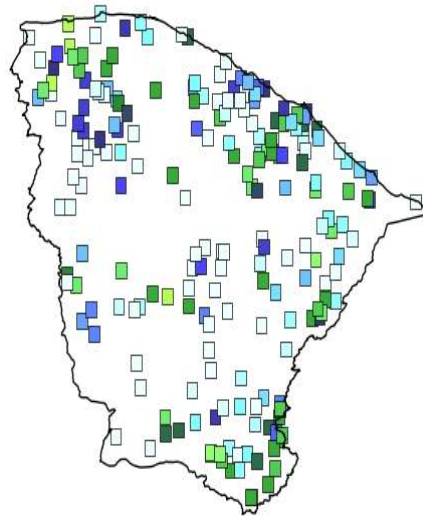
Estações Automáticas

Sala de Situação

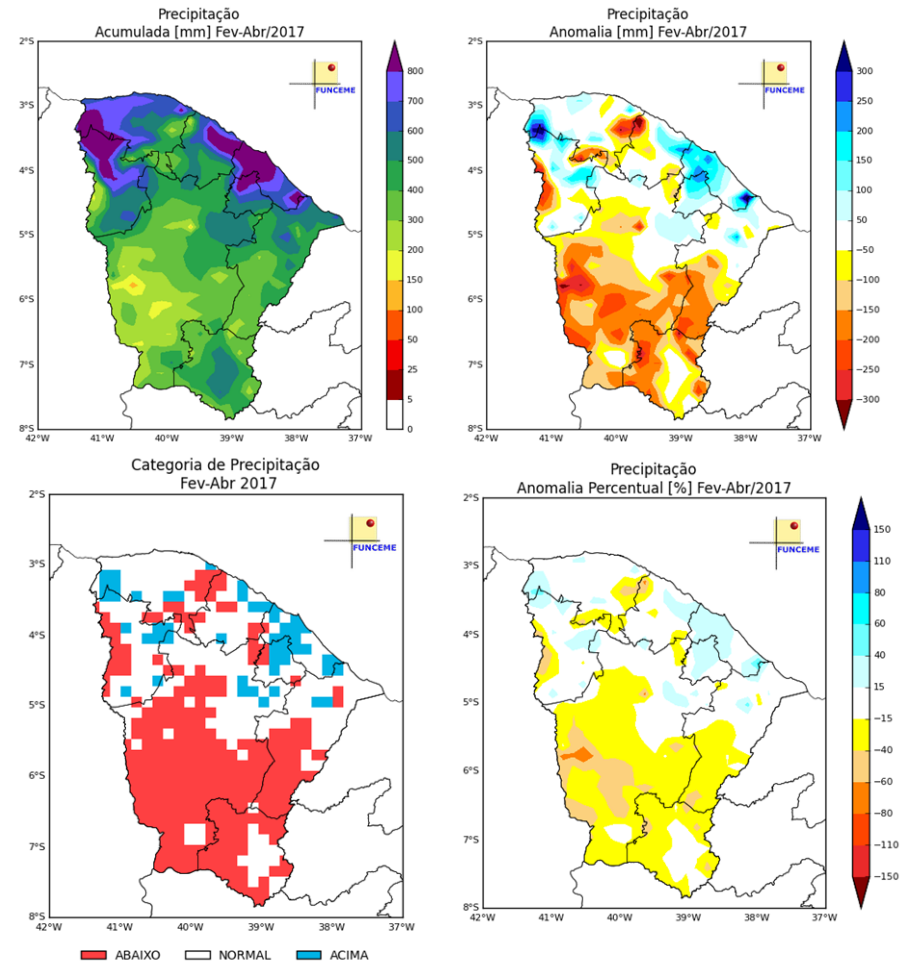


PRECIPITAÇÃO – DADOS EM GRID: FUNCEME

INTERPOLAÇÃO KRIGING

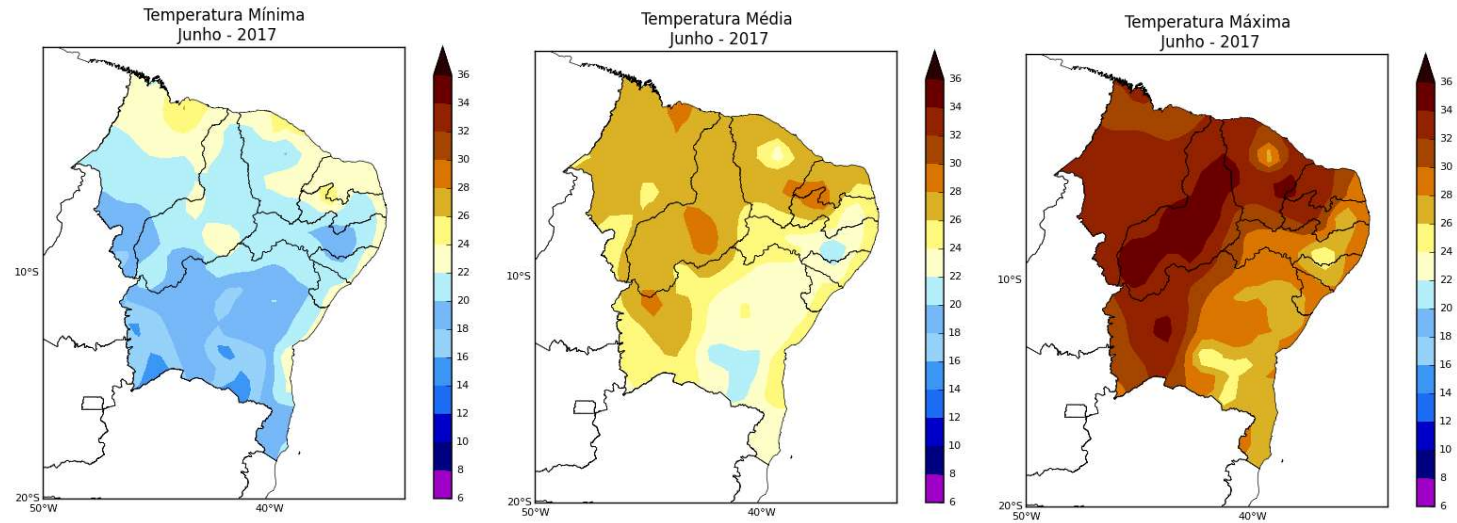


PRODUCT
S



DADOS DE TEMPERATURA GRID

INTERPOLAÇÃO KRIGING



SATÉLITES E SUAS APLICAÇÕES NAS ÁREAS DE METEOROLOGIA, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

A
M
B
I
E
N
T
A
I
S

CBERS



26 dias



LANDSAT



16 dias



ASTER



16 dias



SPOT 5



26 dias



APLICAÇÕES

Monitoramento

Infraestrutura

Uso do solo

Tempo

Queimadas

NDVI

Assimilação de Dados

Modelos
hidrológicos

Modelos
numérico de
tempo

Estudos Experimentais

Bacia
Experimental
(*SMOS*)

Interação Terra-
Atmosfera

Zoneamentos

Geoambiental

Agro-ecológico

Econômico-Ecológico

Mapas temáticos

Geologia

Vegetação

Solos

Bacias

Hidrografia

Desertificação

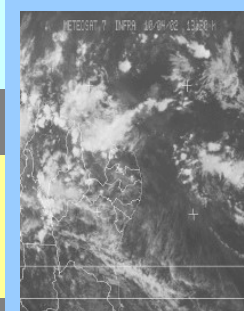
NOAA



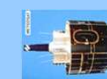
1 hora



METEOSAT



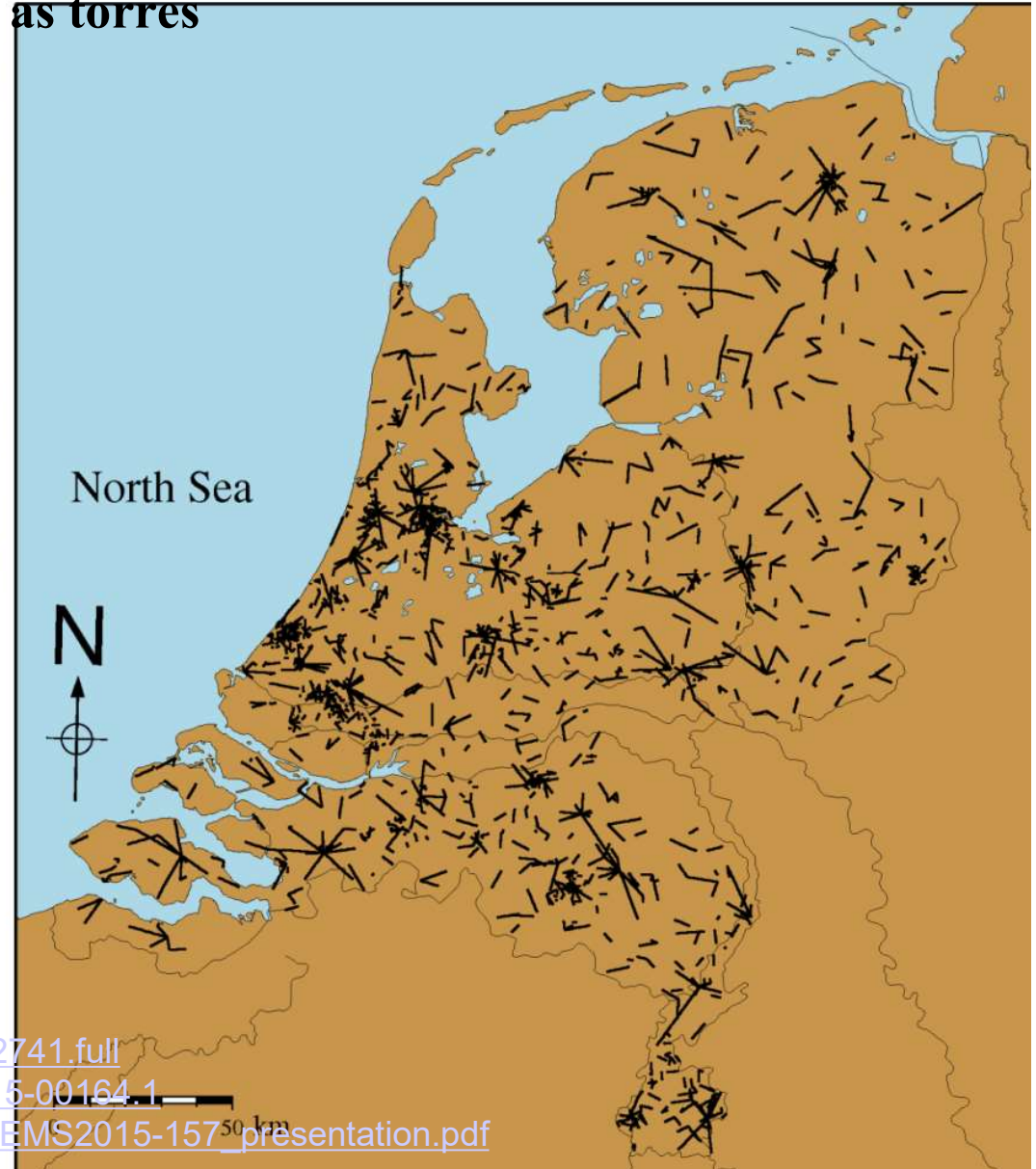
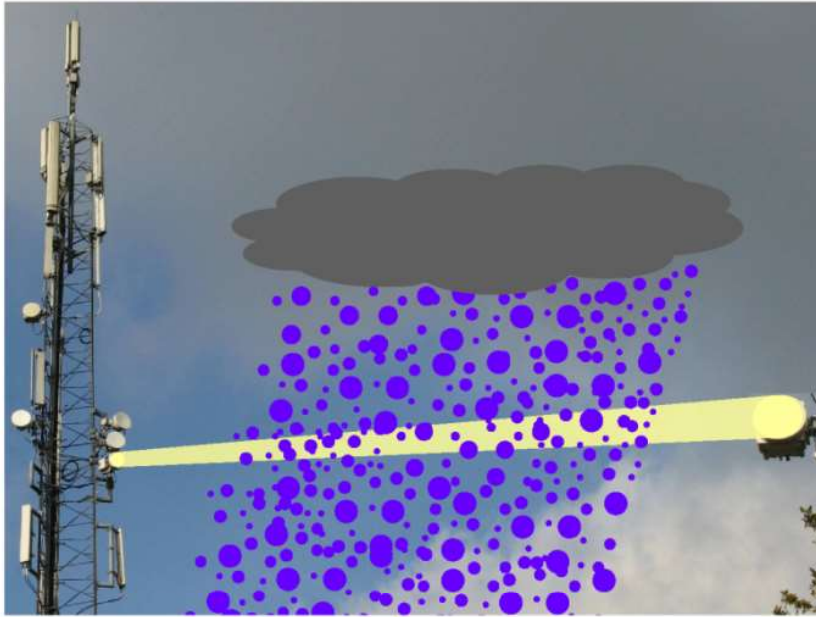
15 min



M
E
T
E
O
R
O
L
Ó
G
I
C
O
S

Monitoramento de precipitação a partir de redes de telefonia móvel

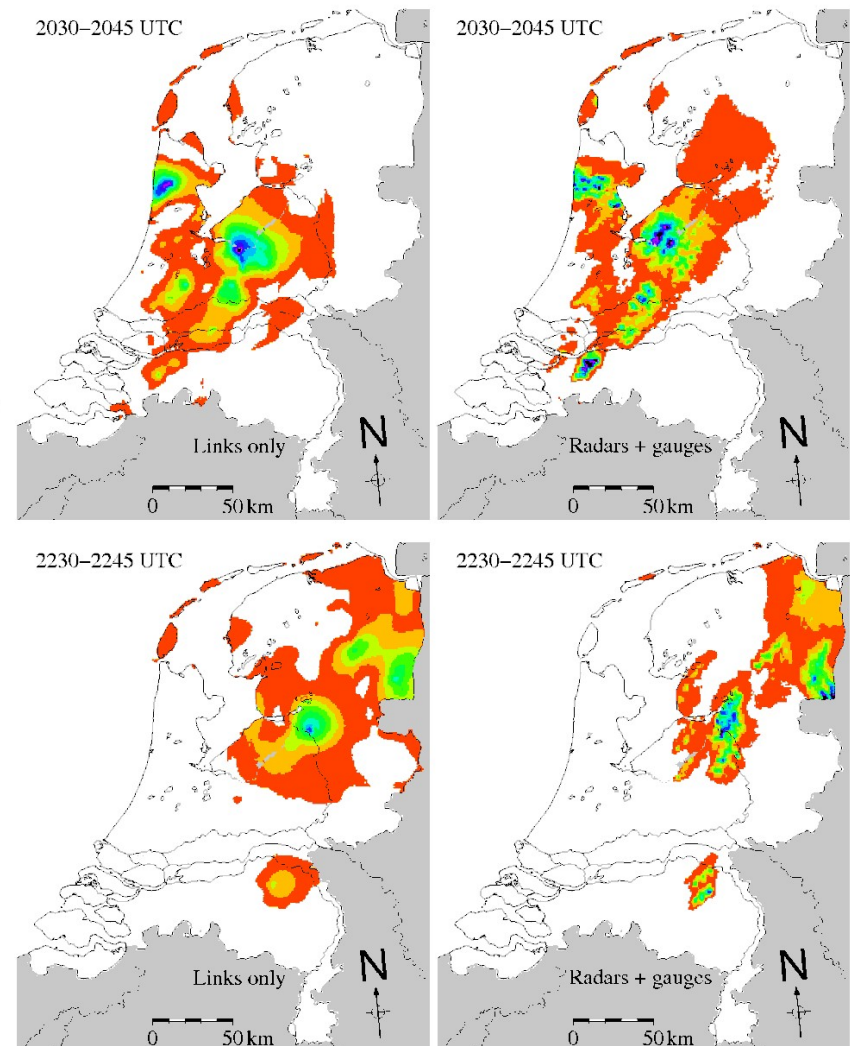
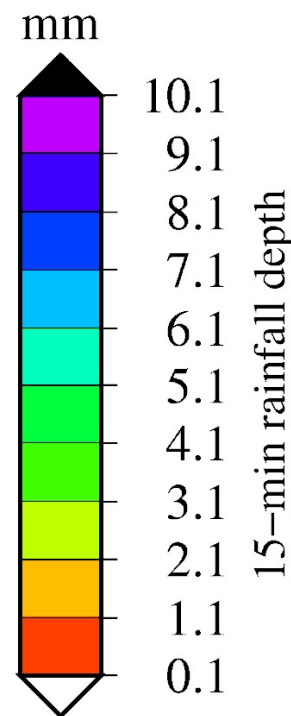
Uso dos dados da rede existente de telefonia móvel para avaliar precipitações entre as torres



Objetivo: Melhoria do sistema de monitoramento, em particular, nas sedes urbanas..

Relevante para:

- ❖ **Serviços Climáticos**
- ❖ **Agricultura**
- ❖ **Monitoramento de Secas**
- ❖ **Avisos de Desastres meteorológicos**
- ❖ **Previsão de cheias**
- ❖ **Avaliação de eventos de Tempo extremo e impactos (ex., deslizamento de terras, inundações, ...)**
- ❖ **Validação terrestre de outros produtos**

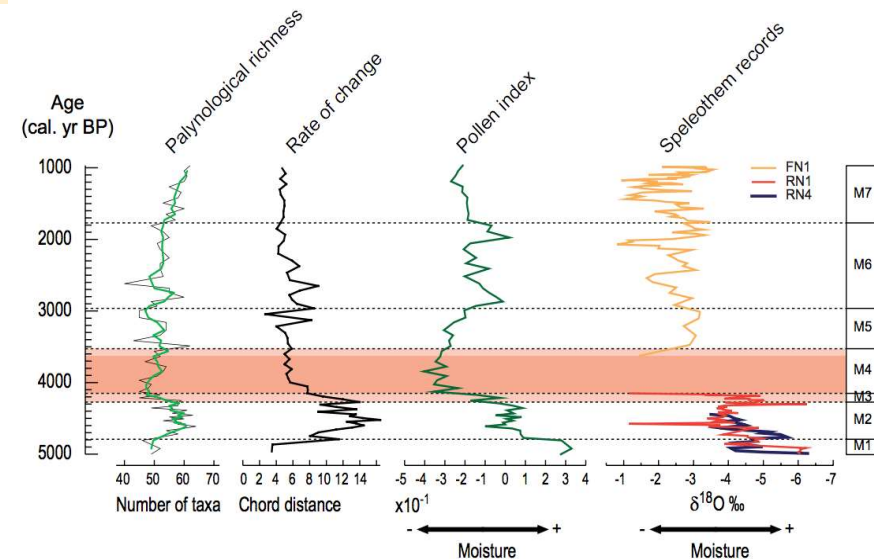
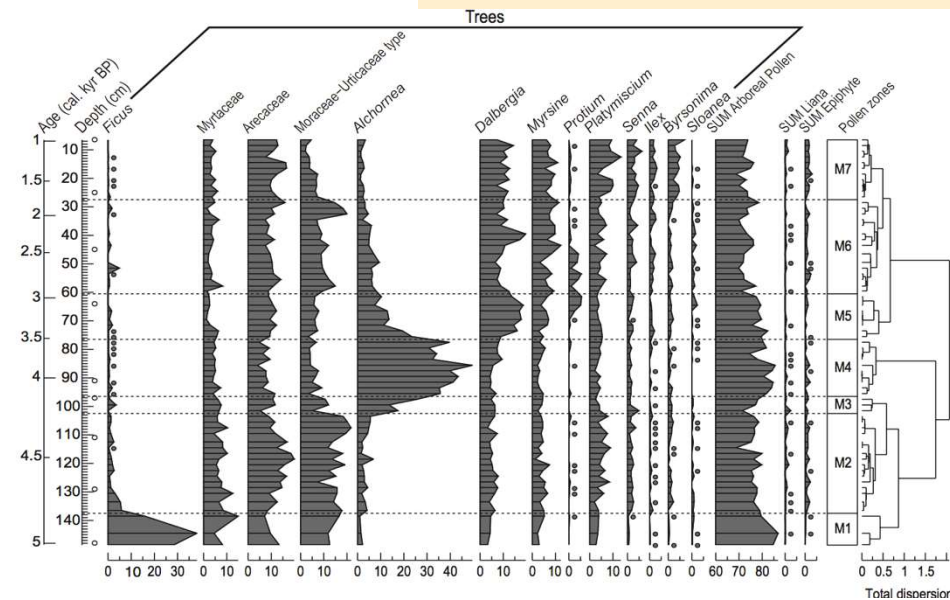


PESQUISA SOBRE CLIMA PASSADO

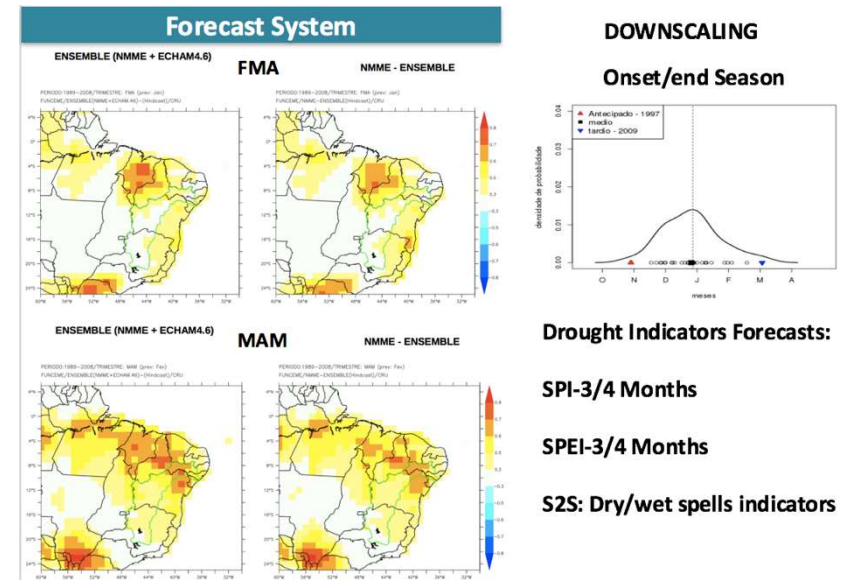
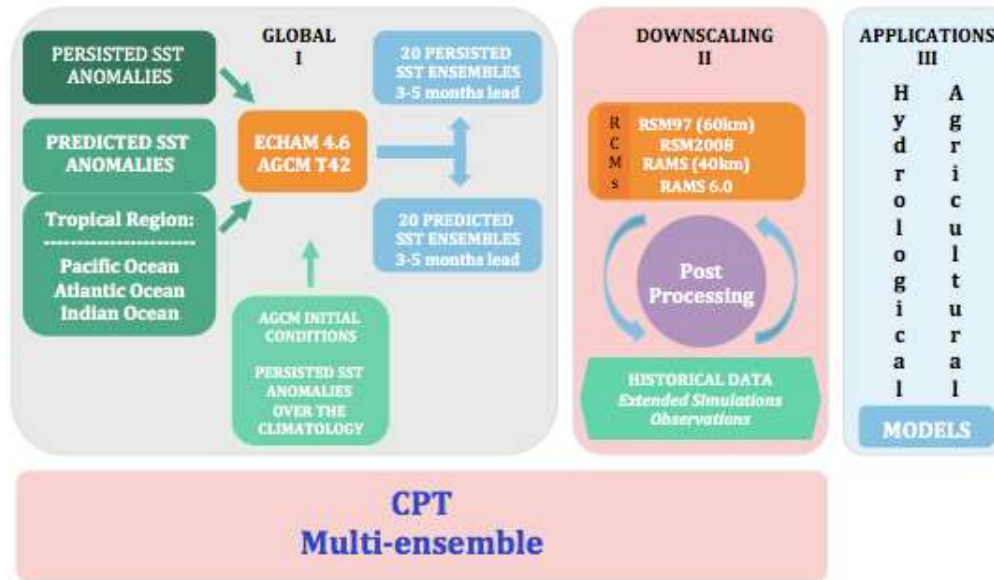
ESTUDOS PALEOCLIMÁTICOS (FUNCEME/UECE+others)

Os objetivos principais de pesquisa neste tópico são:

- (1) avaliar, a luz da reconstrução paleoclimática, a hipótese de estabilidade paleoclimática usada por biólogos evolucionários para explicar a alta diversidade em áreas estáveis historicamente;
- (2) Identificar mecanismos de resposta de um microrefúgio de uma floresta úmida tropical à variabilidade climática e
- (3) Analisar rodadas de modelos atmosféricos forçados por séries temporais de TSMs paleos para a última porção do Quaternário, com ênfase no Holoceno.



PESQUISA – PREVISÃO SAZONAL & S2S



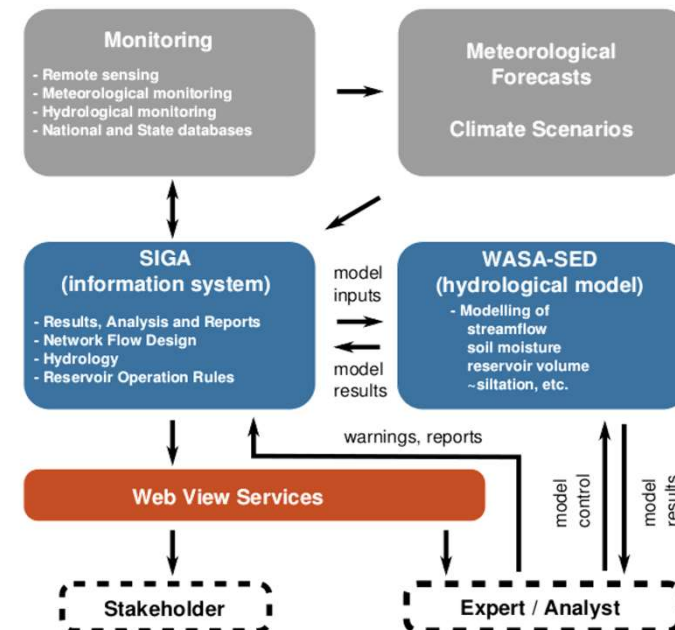
❖ Rodadas MCGs de outros centros (met., hid., ...)

❖ Produtos de *Downscaling*:

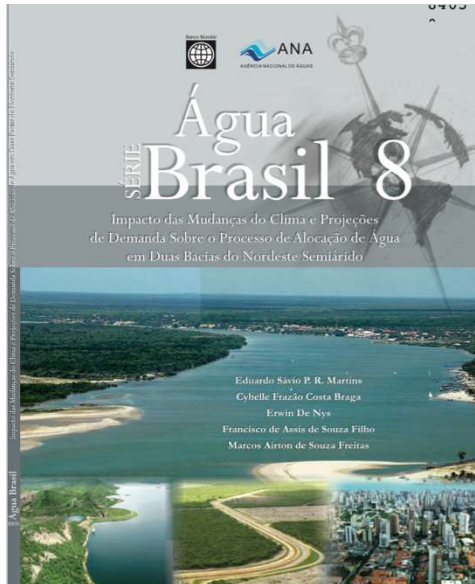
- ✓ Vazões
- ✓ Características de secas (início/fim)
- ✓ Produção agrícola

❖ Cenários TSMs

Framework de Modelagem e Previsão:



PESQUISA EM MUDANÇAS CLIMÁTICAS



ESTUDOS EM MUDANÇAS CLIMÁTICAS:

- ✧ Impactos das Projeções de Clima e Demandas na Alocação de Água e Geração Hidroelétrica
- . Jaguaribe & Piranhas-Açu Basins (World Bank, 2013)
- . Brazil 2040: Impactos das MC em Múltiplos Setores (SAE; 2015)
- . ANA/CGEE: Bases Conceituais, Cenários e C&T - MC em RH
- . Bacia Estendida do Rio São Francisco (ANA, 2016)
- . Projetos dos Editais CNPq/ANA & CAPES/ANA

Table. Climate & Demand Scenarios used for the Impact Studies in the Water Sector.

Demand	CLIMATE				
	Present (○)	Future (⊙)			
	(1971-2000) C ₀	RCP 3,0 C ₁	RCP 4,5 C ₂	RCP 6,0 C ₃	RCP 8,5 C ₄
D ₀ (✧)	○✧	⊙✧	⊙✧	⊙✧	⊙✧
D ₁ (◆)	○◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆
D ₂ (◆)	○◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆

Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., doi:10.5194/hess-2016-135, 2016

Manuscript under review for journal Hydrol. Earth Syst. Sci.

Published: 19 April 2016

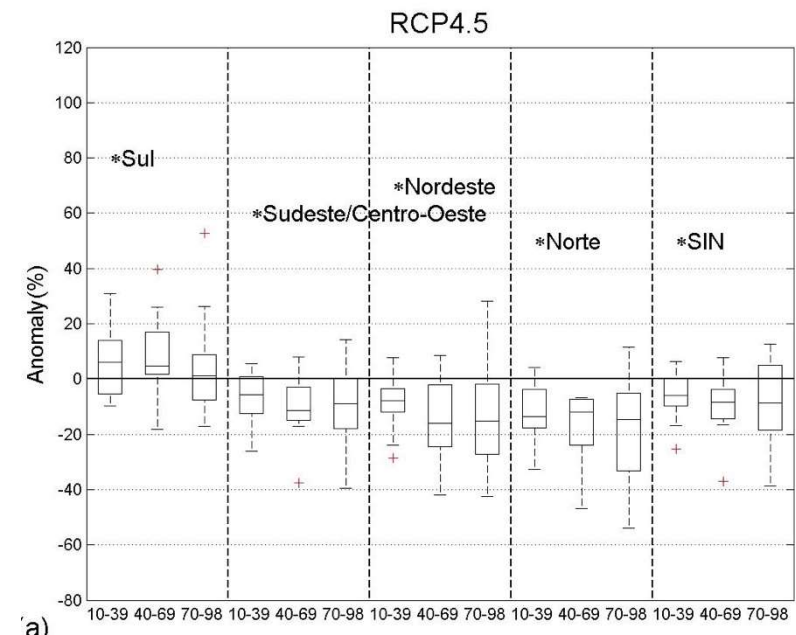
© Author(s) 2016. CC-BY 3.0 License.



Hydrology and
Earth System
Sciences
Discussions
Open Access
EGU

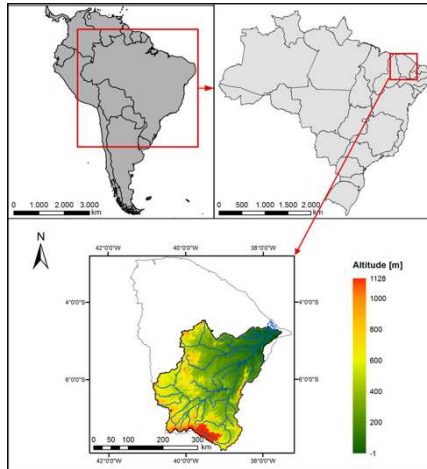
- 1 Projections of the Affluent Natural Energy (ANE) for the
- 2 Brazilian electricity sector based on RCP 4.5 and RCP 8.5
- 3 scenarios of IPCC-AR5

- 4 Cleiton da Silva Silveira¹, Francisco de Assis de Souza Filho², Francisco das Chagas Vasconcelos
- 5 Junior^{2,3}, Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins³



Uso da Informação de Tempo em Recursos Hídricos

Previsão de Cheias

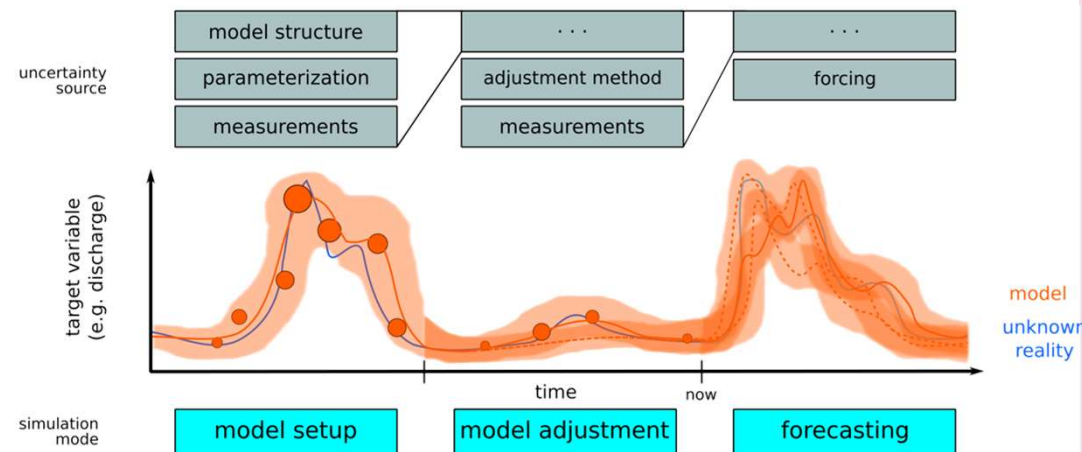


Bacia do Jaguaribe

- ❖ 70 000 km²
- ❖ Semiárido
- ❖ Alta variabilidade de escoamento
- ❖ Secas e cheias recorrentes
- ❖ Ausência de sistema de previsão de cheias

OBJETIVOS:

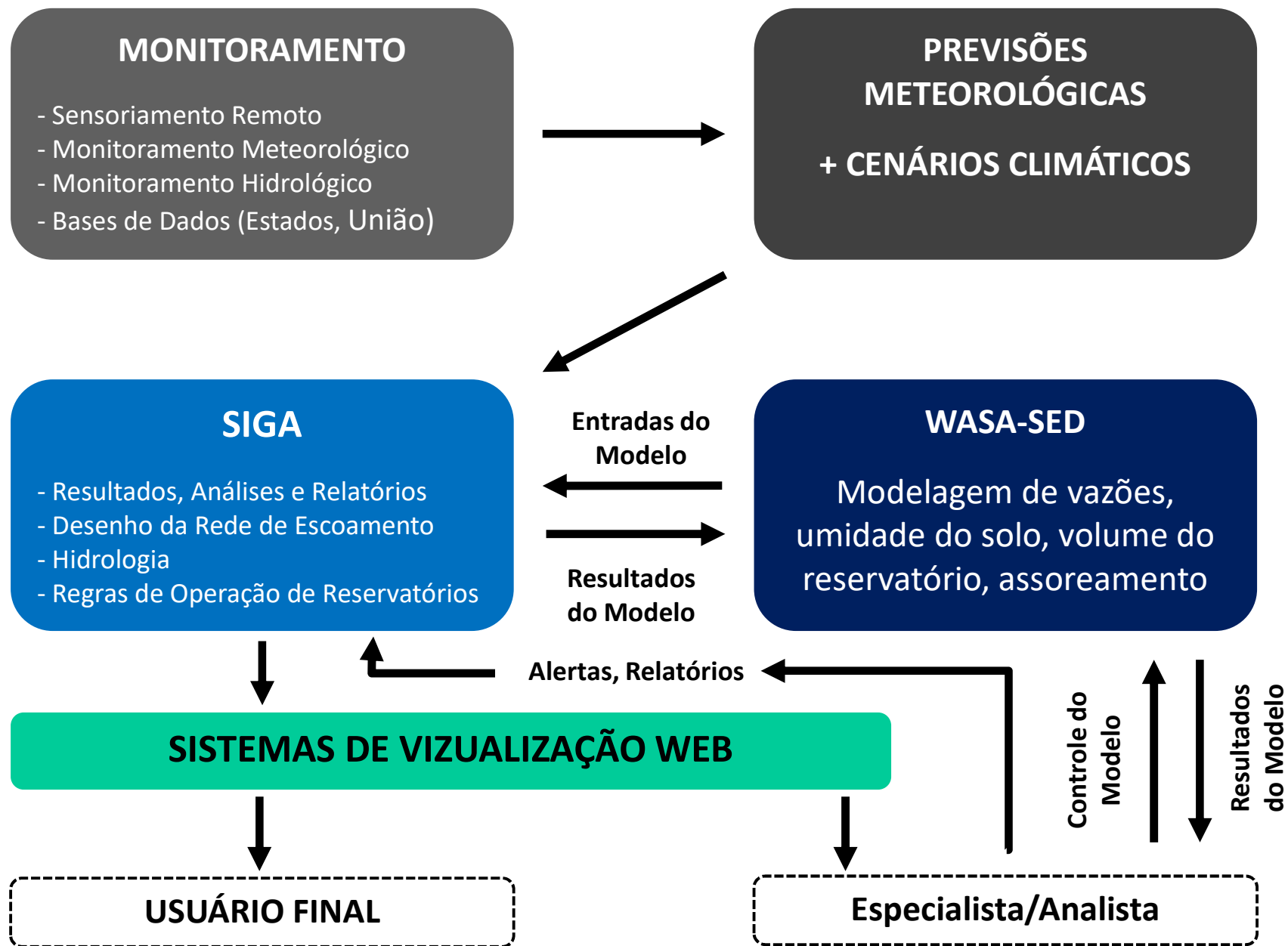
- Subsidiar gerenciadores de r.h. no processo de tomada de decisão
- Reduzir ameaças a pessoas e bens
- Compreender, quantificar e minimizar incertezas



ABORDAGEM:

- Construção de modelos
- Avaliação de incertezas
- Assimilação de dados

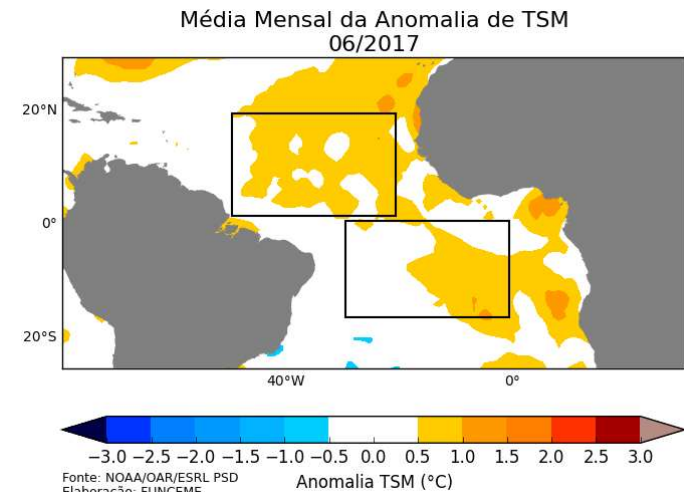
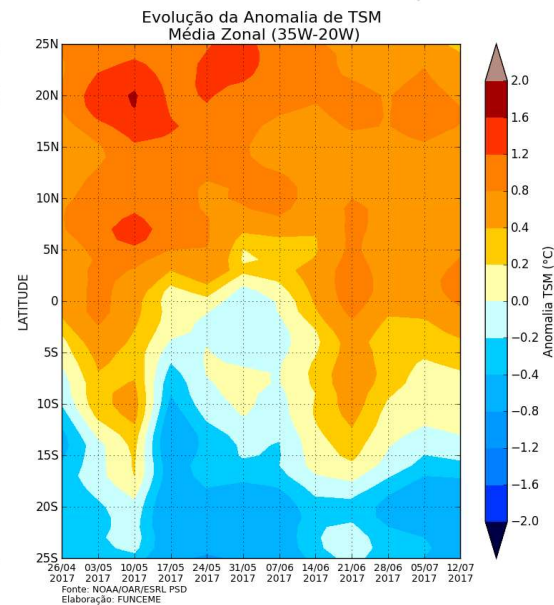
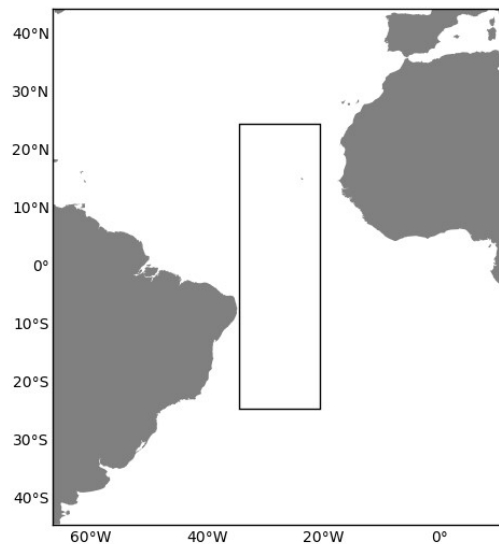
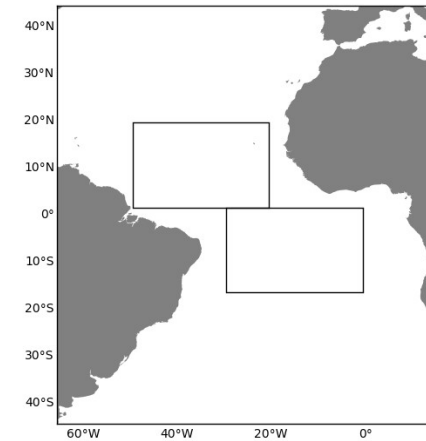
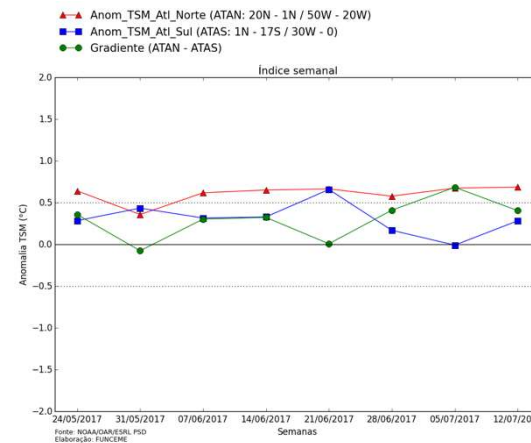
Uso da Informação de Clima em Recursos Hídricos



MONITORAMENTO DO OCEANO ATLÂNTICO

➤ SEMANAL
➤ MENSAL

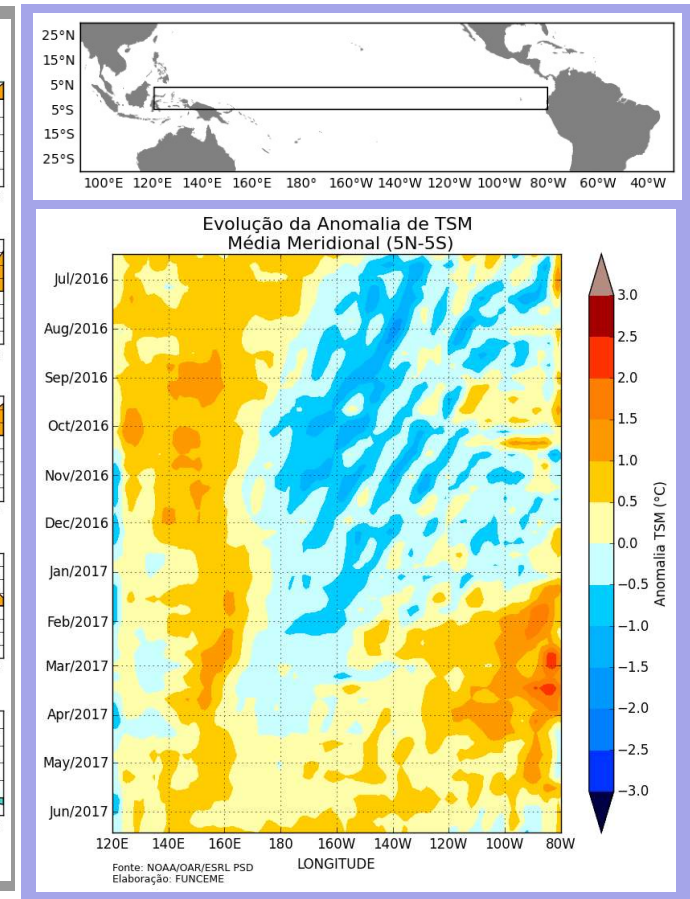
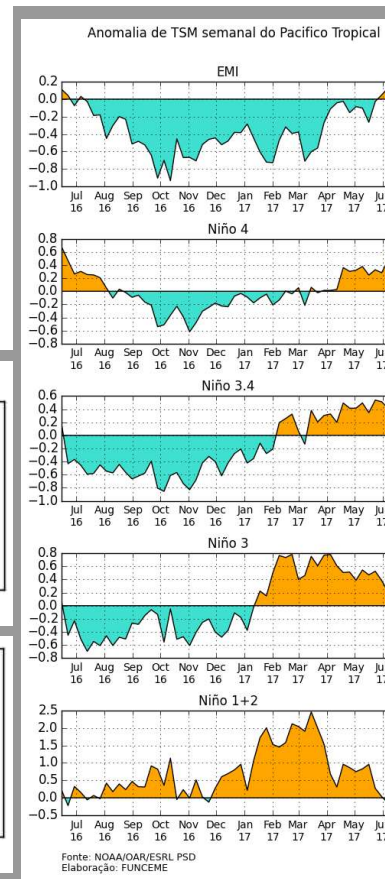
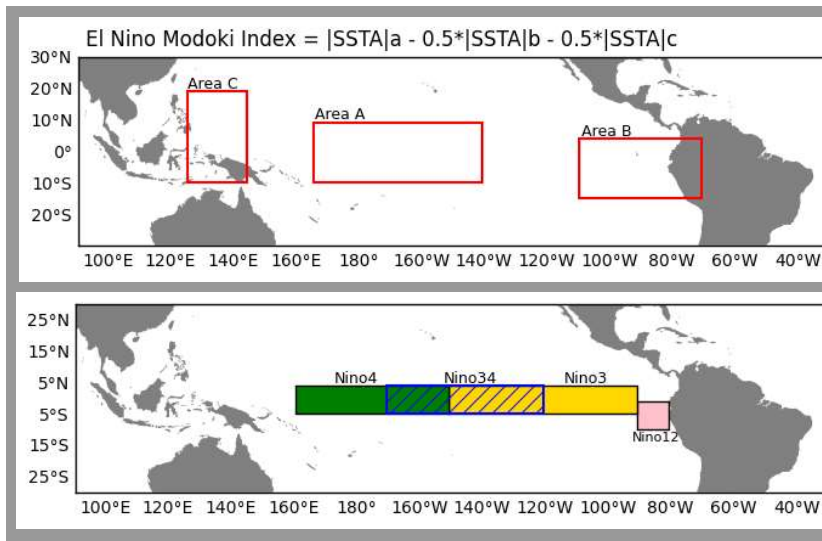
➤ NOAA
➤ OISSTv2



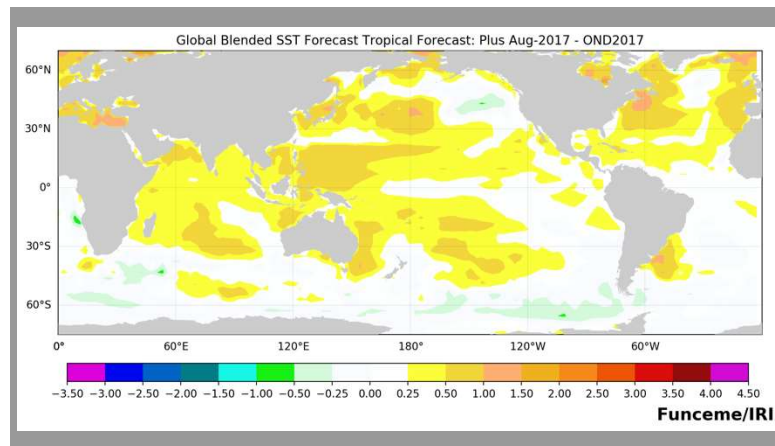
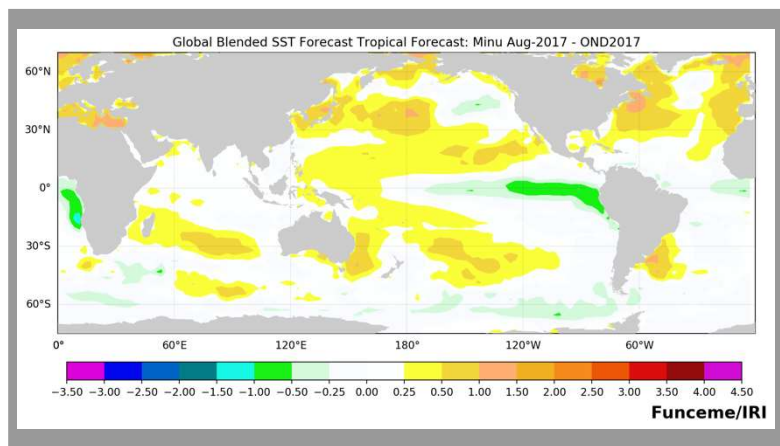
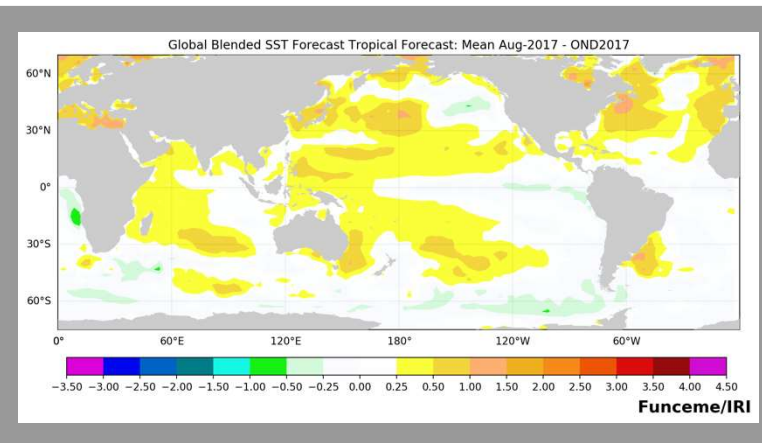
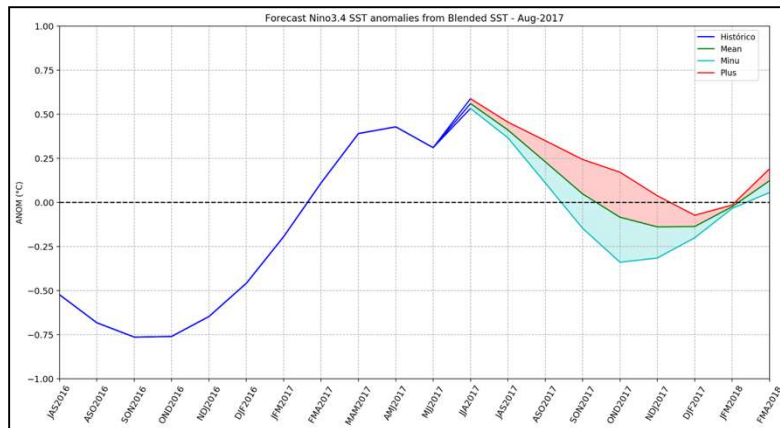
MONITORAMENTO DO OCEANO PACÍFICO

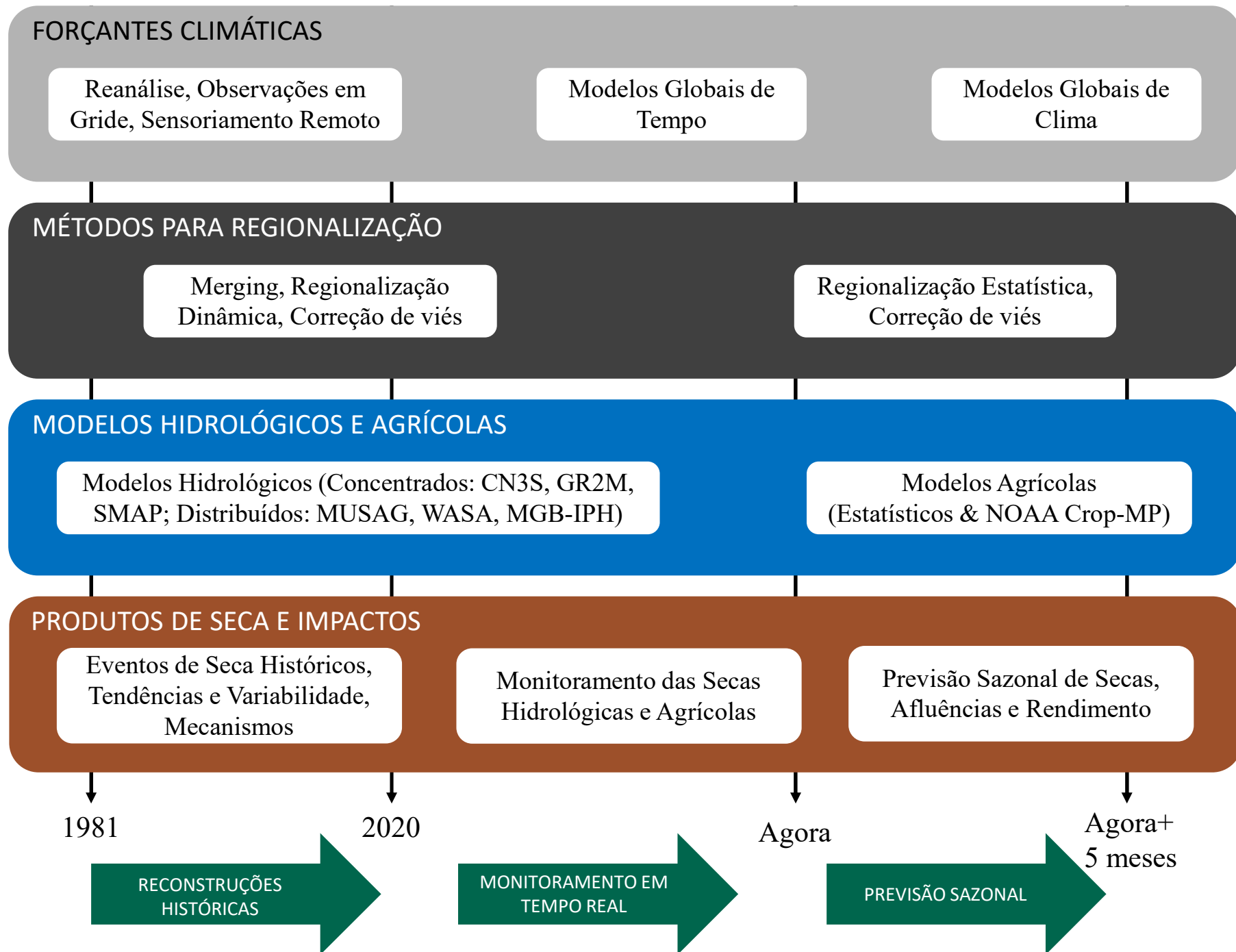
➤ SEMANAL
➤ MENSAL

➤ NOAA
➤ OISSTv2

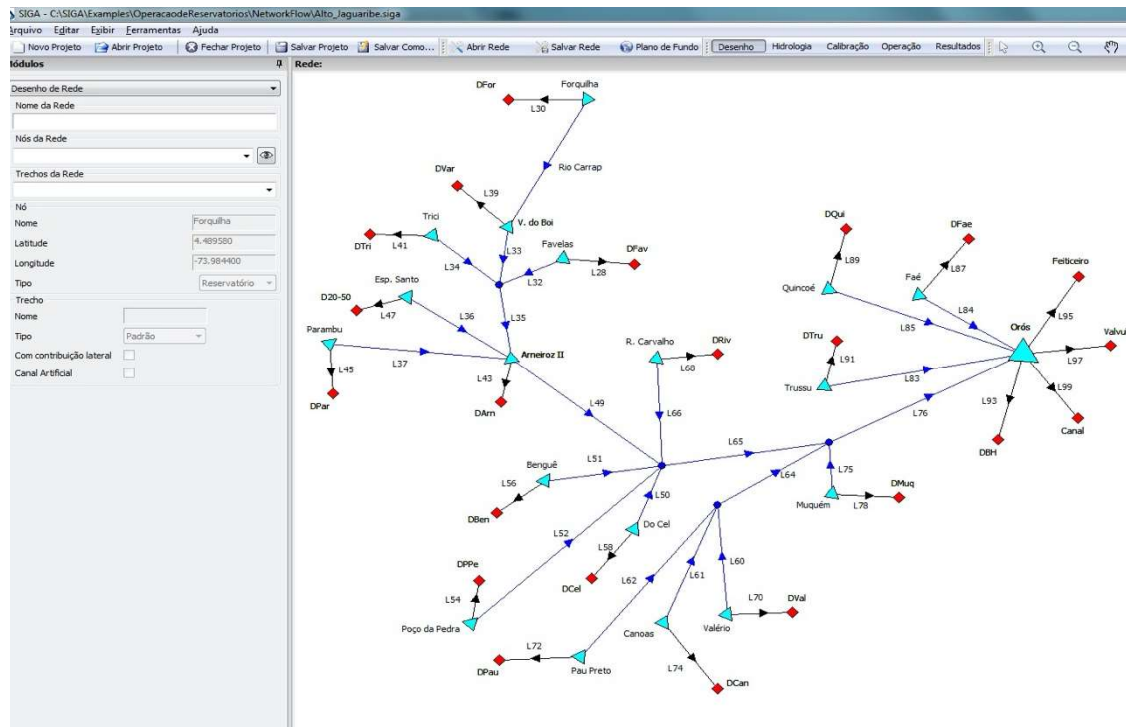


PREVISÃO/CENÁRIOS DE TSMs – FUNCEME/IRI



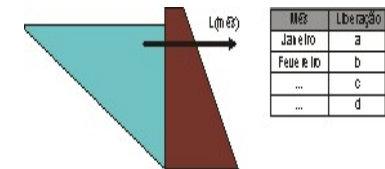


SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO (SIGA)

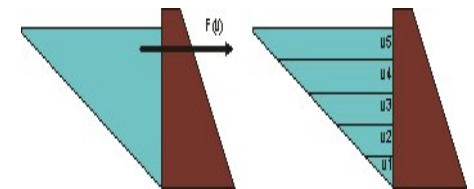


Operação de Sistemas de Reservatórios:

Liberações periódicas

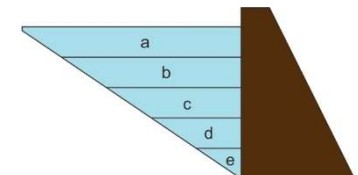


Zonas de liberação por % armazenamento



Zonas de prioridade de demanda:

	Limite Inferior (hm³)	Limite Superior (hm³)	Prioridade
1	100	300	1
2	300	1000	5
3	1000	3000	15



ANÁLISES COM O SIGA

Tabela 3.5. Cenarização de Clima e Demanda (ou socioeconômica) em Estudos de Impactos das Mudanças de Clima sobre o Setor de Recursos Hídricos (Martins, 2014).

CONFIGURAÇÃO ATUAL					
Demanda	CLIMA				
	Presente (○) (1981-2010) C ₀	Futuro (⊙)			
		Cenários de Clima (CMIP6)			
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
D ₀ (❖)	○❖	⊙❖	⊙❖	⊙❖	⊙❖
D ₁ (◆)	○◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆
D ₂ (◆)	○◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆
CONFIGURAÇÃO MALHAD'ÁGUA					
Demanda	CLIMA				
	Presente (○) (1981-2010) C ₀	Futuro (⊙)			
		Cenários de Clima (CMIP6)			
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
D ₀ (❖)	○❖	⊙❖	⊙❖	⊙❖	⊙❖
D ₁ (◆)	○◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆
D ₂ (◆)	○◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆	⊙◆

ANÁLISES COM O SIGA

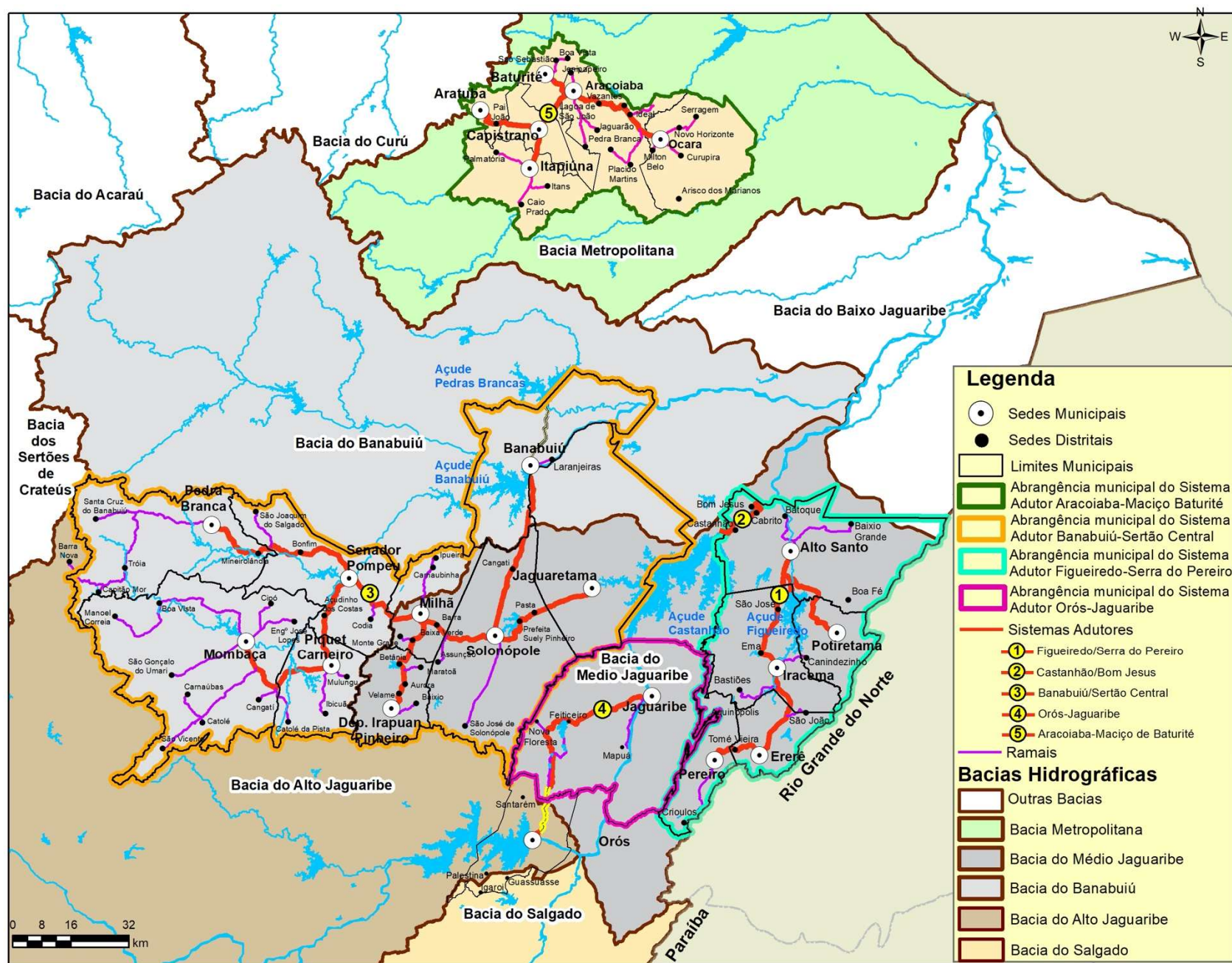
Tabela 3.3. Atendimento da Demanda para Abastecimento Humano.

CENÁRIO	Demanda (m³/s)	# PERÍODOS DE 5 ANOS SEM ATENDIMENTO 100%	Demanda Média Atendida (m³/s)
Vi = 10%			
ATUAL	0,595	0	0,595
MD	1,490	1	1,490*
MD+IRR	1,490	1	1,490*
Vi = 20%			
ATUAL	0,595	0	0,595
MD	1,490	0	1,490
MD+IRR	1,490	0	1,490

* Valor inferior, mas muito próximo à meta estabelecida. Ao todo foram 38 períodos de 5 anos.

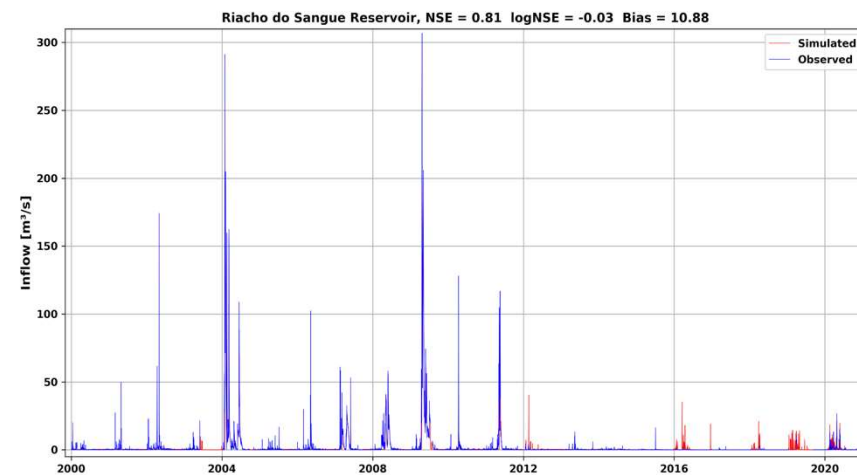
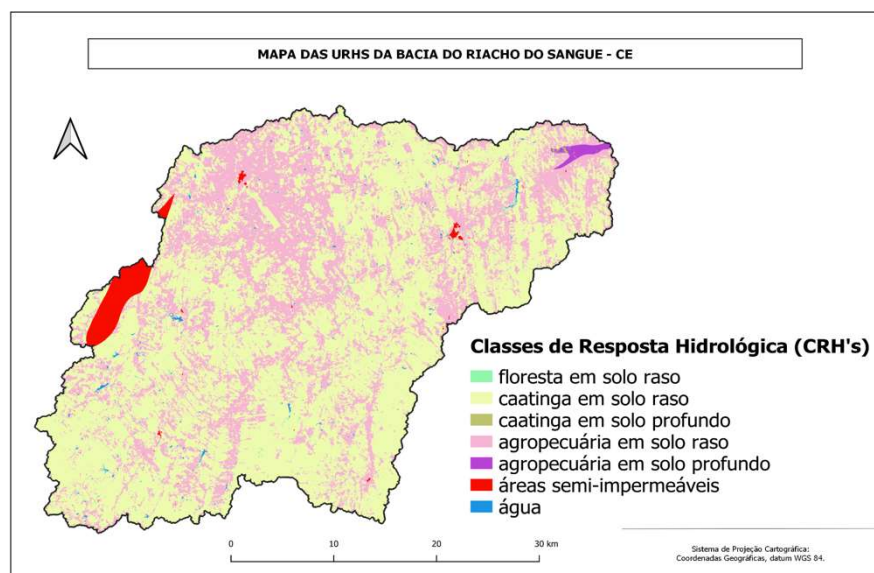
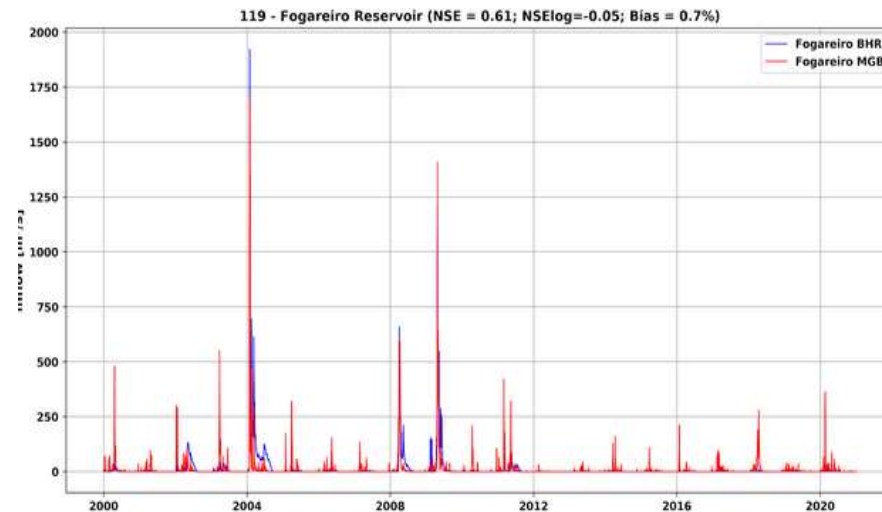
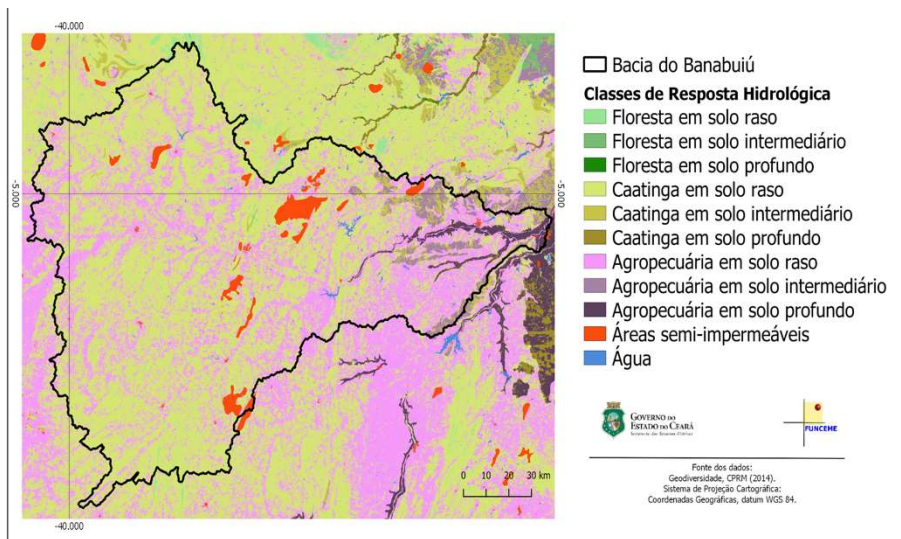
Tabela 3.4. Atendimento da Demanda para Agricultura Irrigada.

CENÁRIO	Demanda (m³/s)	# PERÍODOS DE 5 ANOS SEM ATENDIMENTO 100%	Demanda Média Atendida (m³/s)
Vi = 10%			
ATUAL	8,850	38	5,834
MD+IRR		38	5,524
Vi = 20%			
ATUAL	8,850	35	6,832
MD+IRR		35	6,522

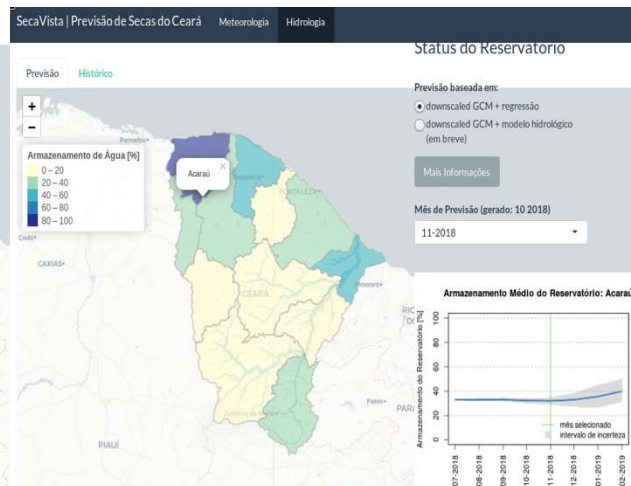
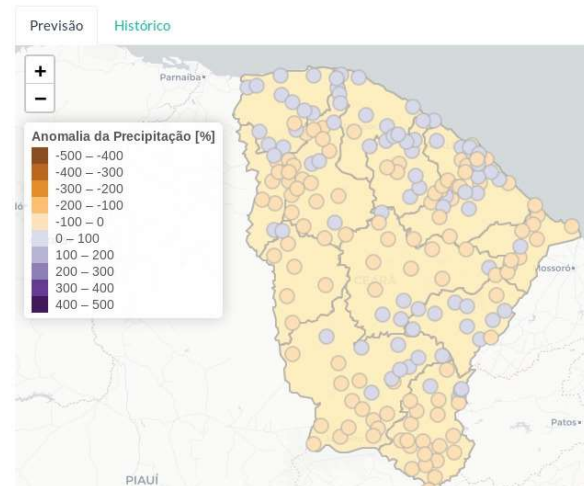
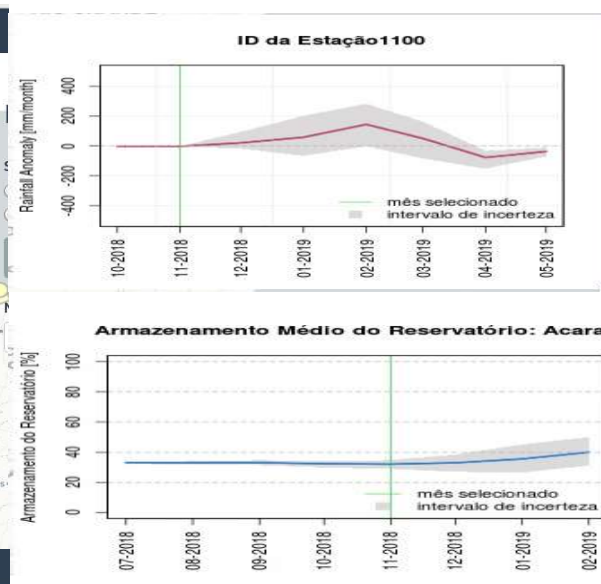
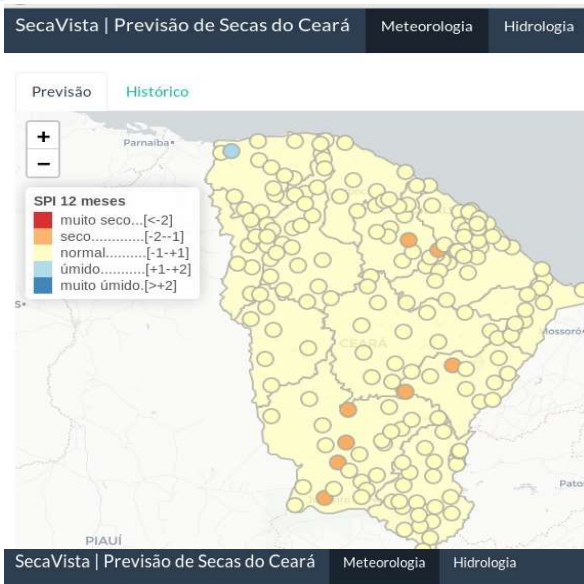


Modelagem Hidrológica

Modelos Hidrológicos (Concentrados: CN3S, GR2M, SMAP; Distribuídos: MUSAG, WASA, MGB-IPH)



"Seca a Vista!"



Mapeamento dos Barramentos e Espelhos D'água

Mapeamento dos Barramentos e Espelhos D'água

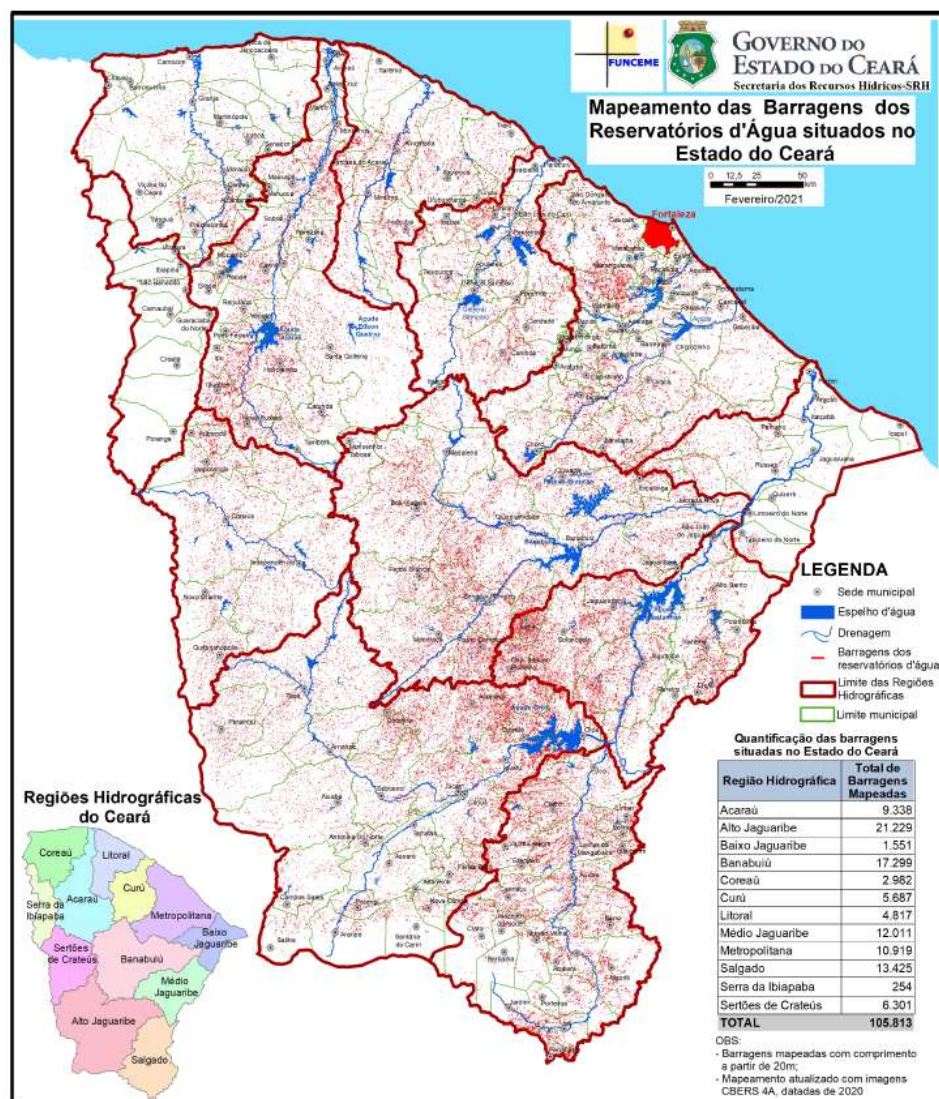


Figura A3.5 – Distribuição espacial das barragens situadas no território cearense

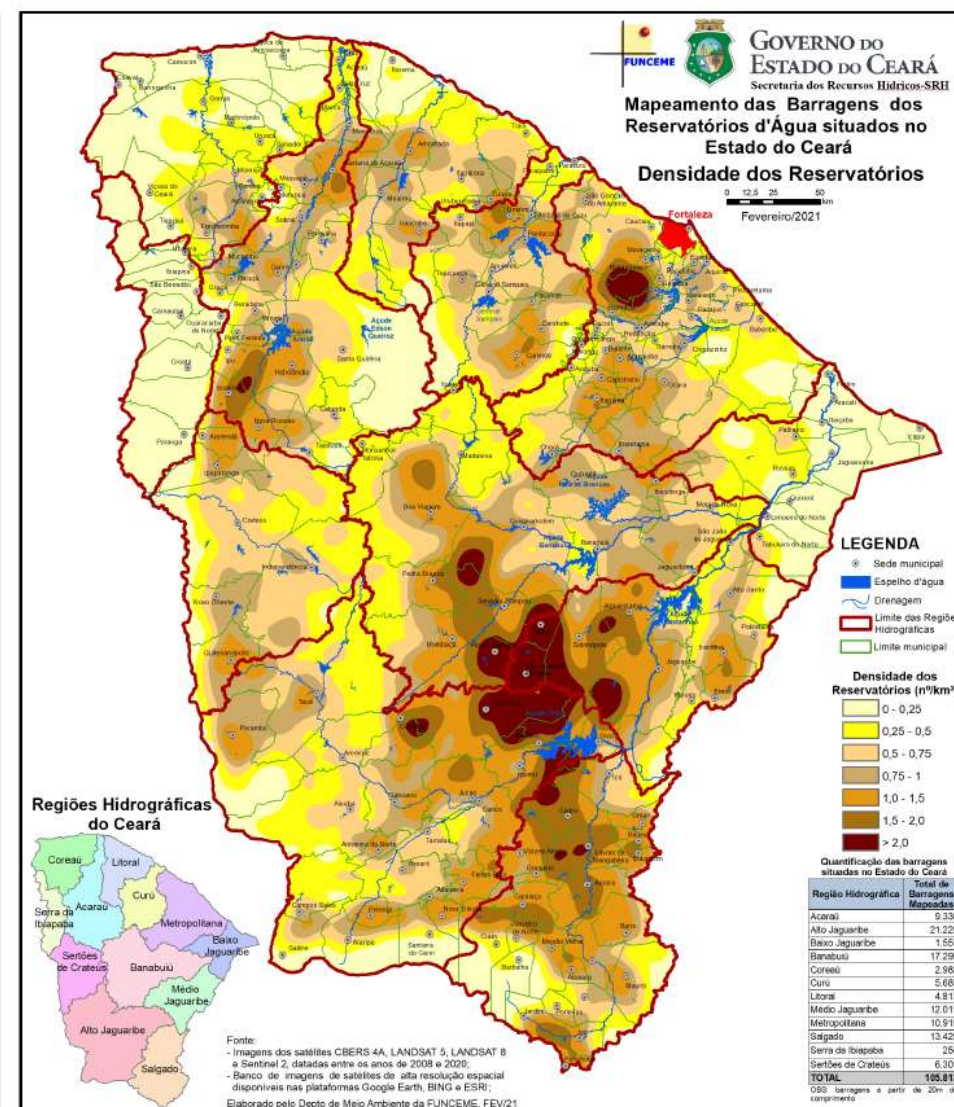
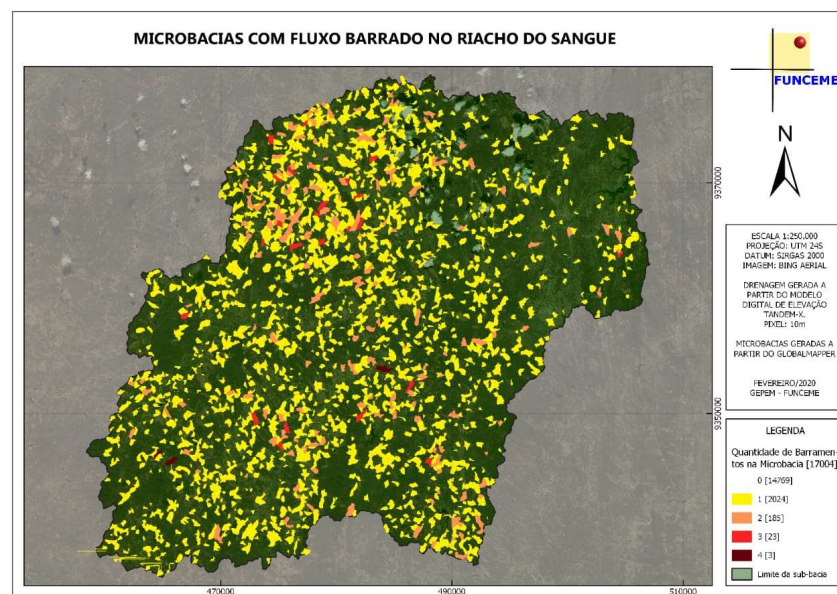
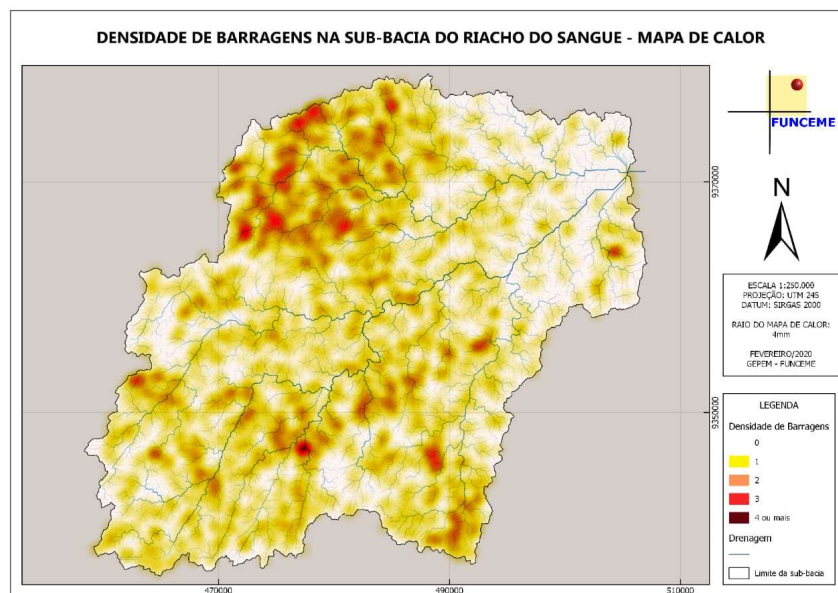
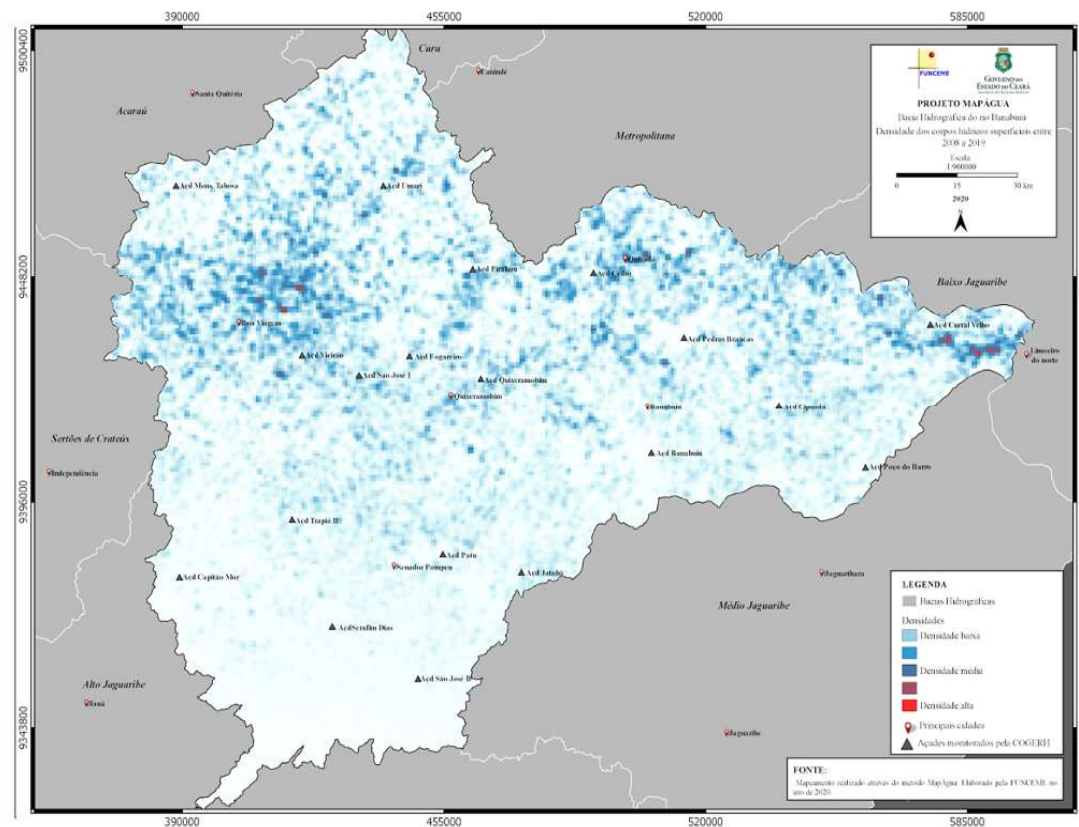
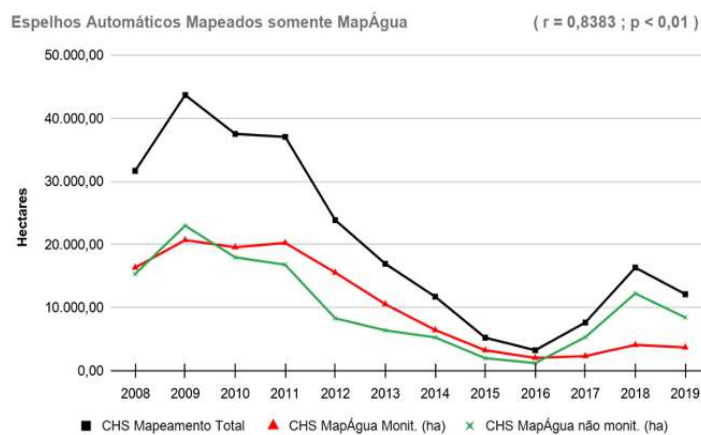
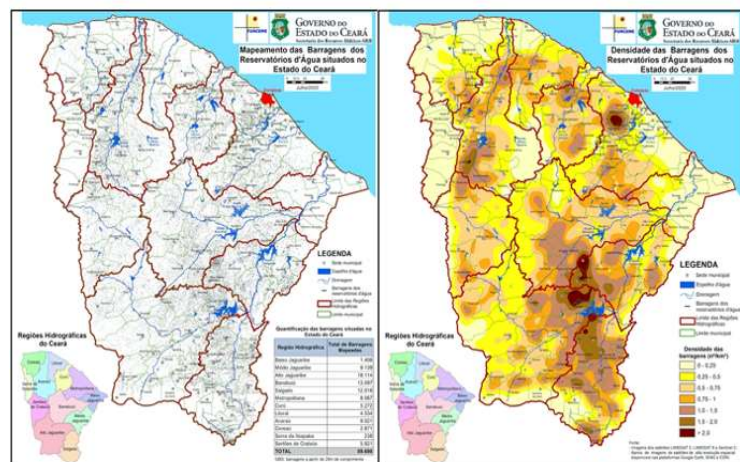


Figura A3.6 – Densidade das barragens situadas no território cearense

Mapeamento dos Barramentos e Espelhos D'água





Mapeamento das Áreas Irrigadas

Mapeamento das áreas irrigadas com apoio das imagens



ÁREAS IRRIGADAS Ano base: 2019

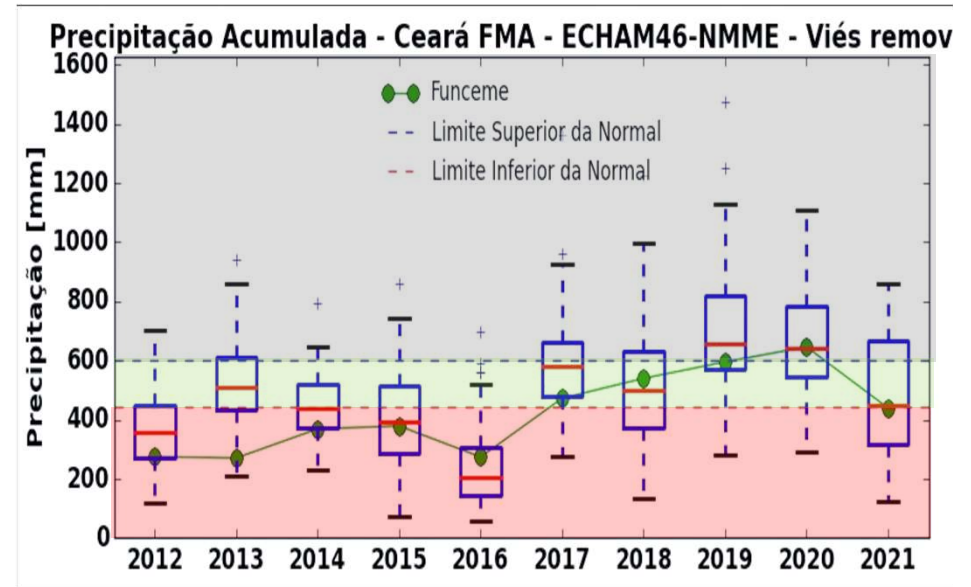
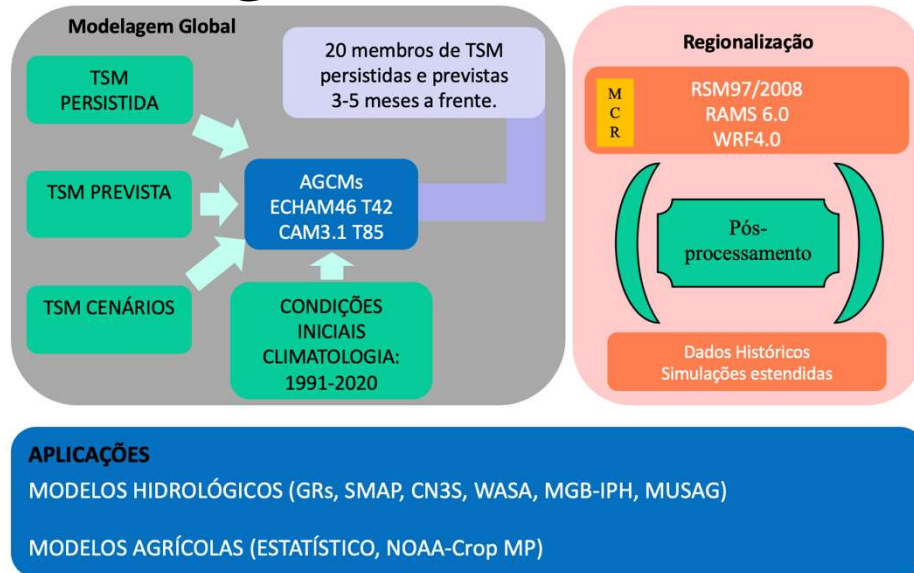
-  Cultivos temporários
-  Cultivos permanentes

Local da área no Ceará



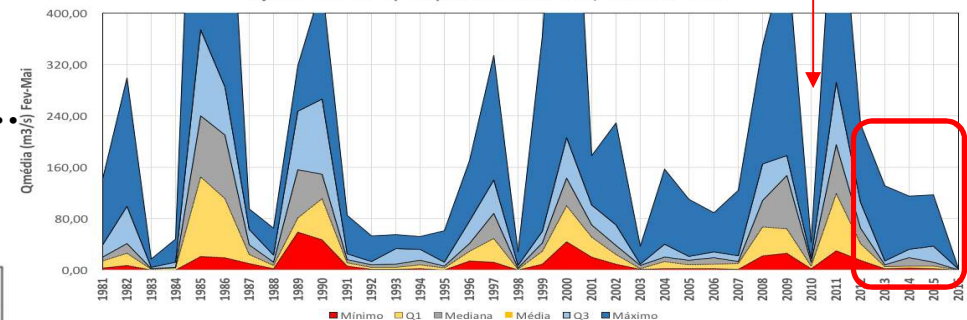
Monitoramento e Modelagem da Qualidade de Água

PESQUISA EM CLIMA

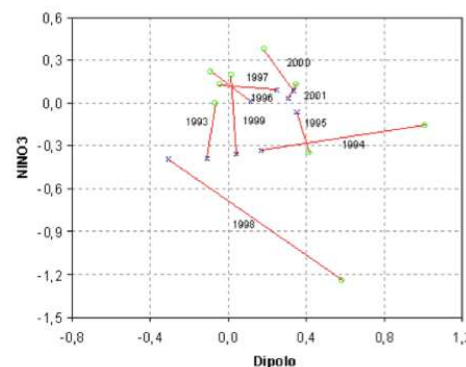
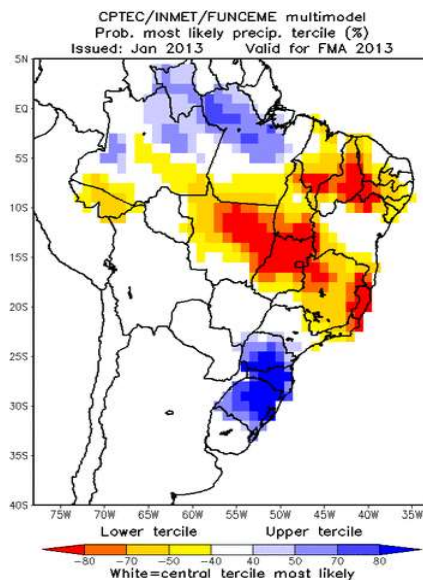


Previsão de Afluências (desde

Açude Castanhão - Aporte previsto ao Castanhão / Bacia Incremental



Superconjunto Nacional CPTEC/INMET/FUNCEME & NMME+ ...



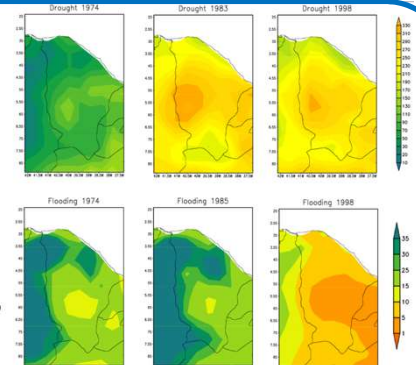
Características de Secas

- Início
- Término
- NDD/NRD

ÍNDICE DE SECA

S2S

ÍNDICE DE ESCOAMENTO



**Mapeamento das áreas verdes situadas no interior e entorno da bacia hidráulica dos reservatórios cearenses:
o caso da bacia hidrográfica do açude Riacho do Sangue no ano de 2019**

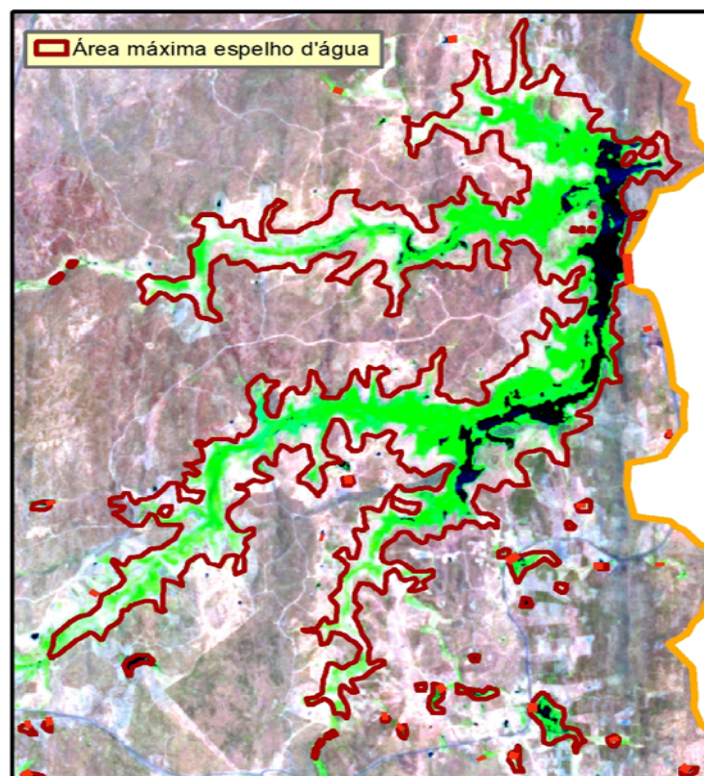
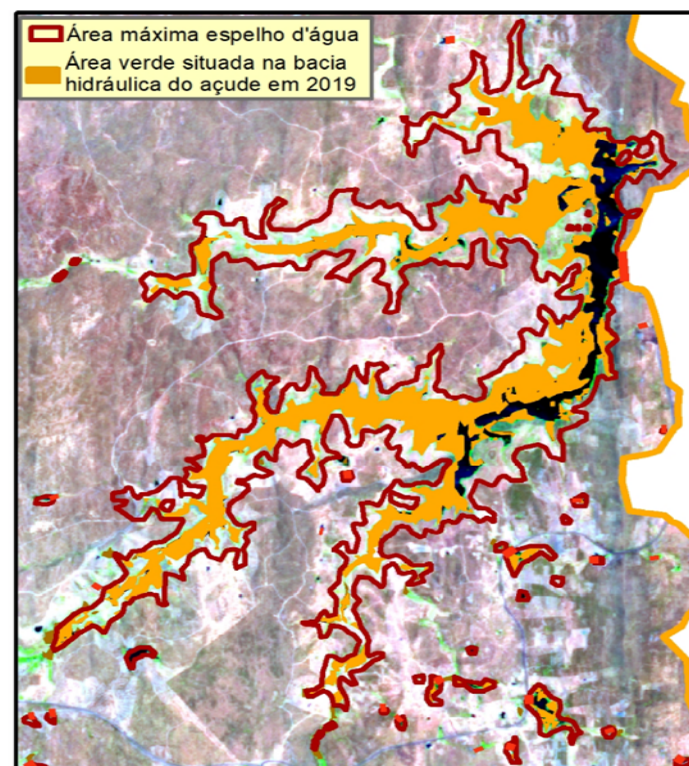
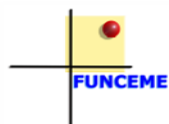


Imagem do satélite Sentinel 2, datada de SET/2019



Mapeamento através de classificação automática



Mapeamento das áreas verdes situadas no interior e entorno da bacia hidráulica dos reservatórios cearenses:
o caso da bacia hidrográfica do açude Riacho do Sangue no ano de 2019

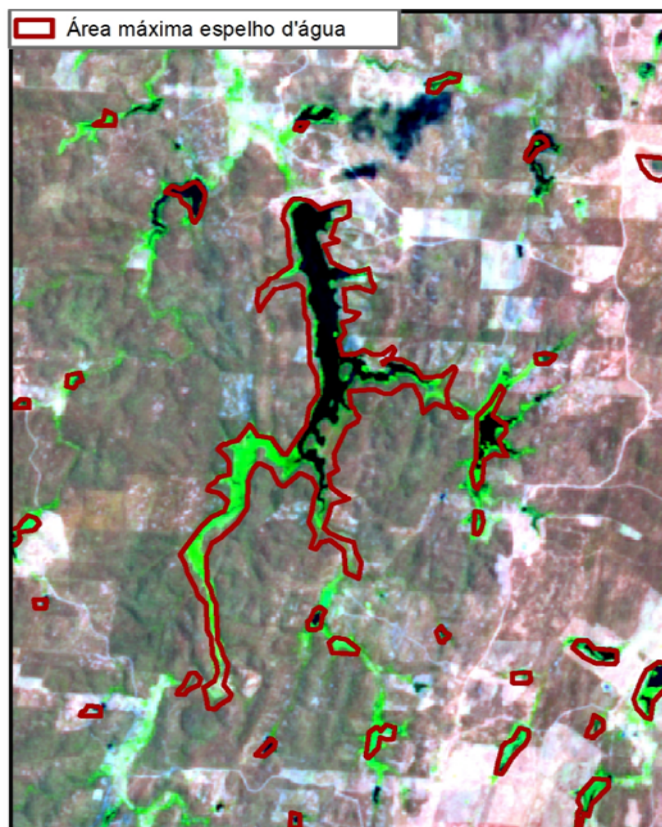
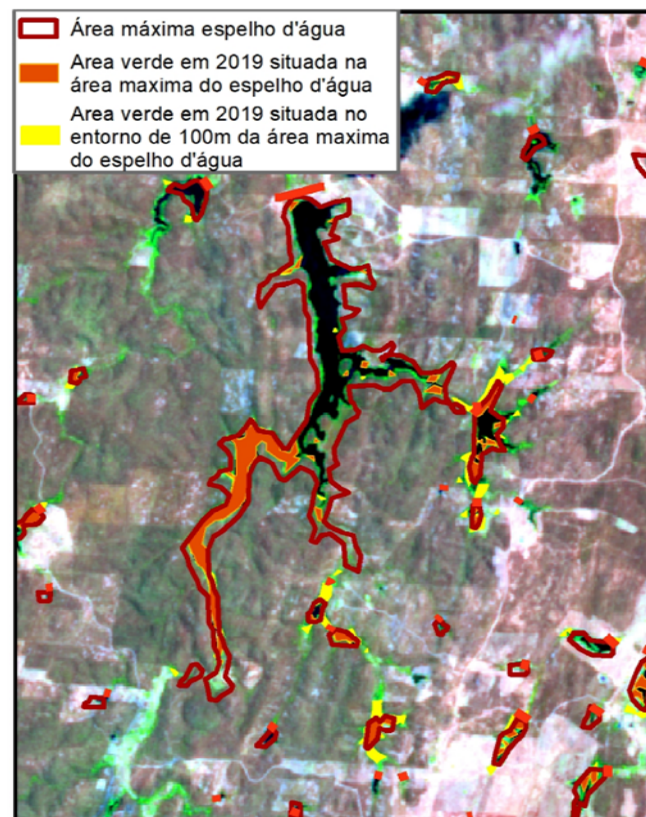


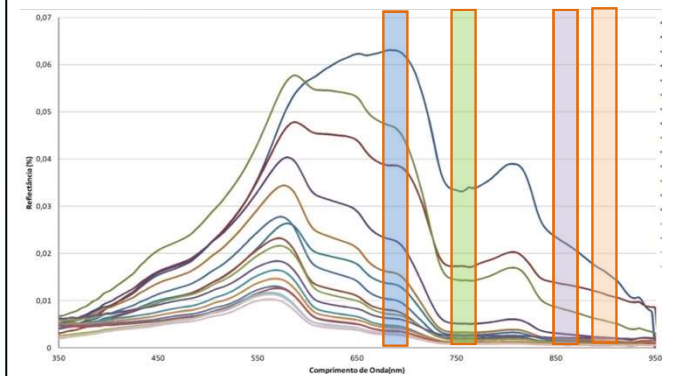
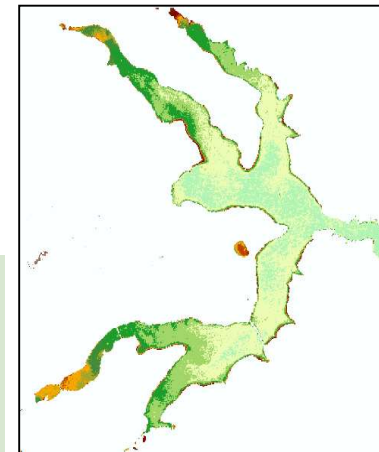
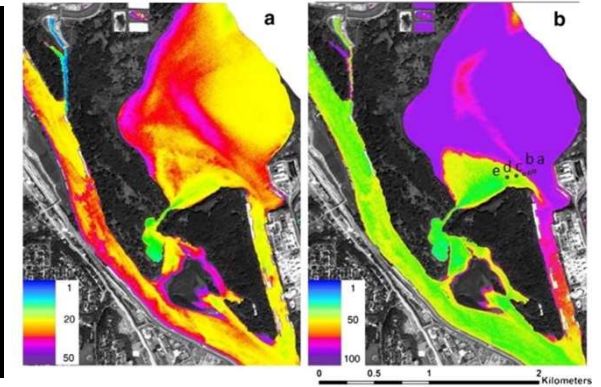
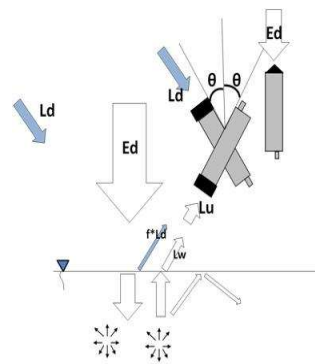
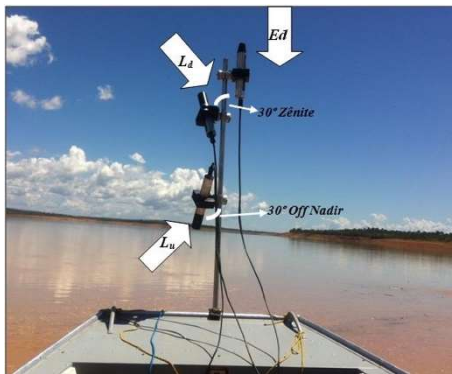
Imagem do satélite Sentinel 2, datada de SET/2019



Mapeamento através de classificação automática

Pesquisa em QUALIDADE ÁGUA

Estado trófico dos reservatórios



Pesquisa Inicial:
(ANA/IRD/FUNCEME)
. MODIS

Pesquisa Atual:
(FUNCEME/IRD/UnB/UFAM)
. Landsat & Sentinel 2
. Vant



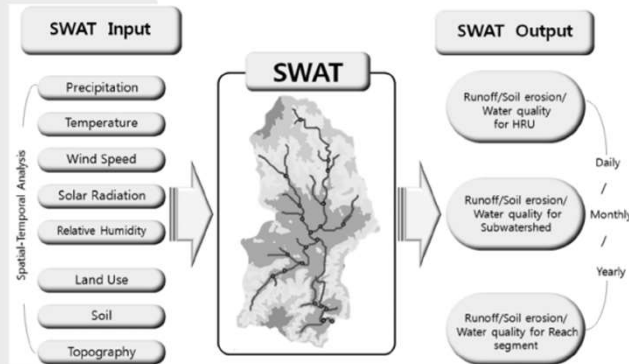
Modelagem de QUALIDADE ÁGUA

4 MODELO DE BACIA (SWAT)

ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DO MODELO

Os dados de entrada para o modelo de bacia SWAT são:

- ☐ Dados topográficos
- ☐ Dados do uso do solo
- ☐ Características de solo
- ☐ Dados meteorológicos.



4 MODELO DE RESERVATÓRIO (CE-QUAL-W2)

ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS DO MODELO

- ☐ Simula processos que ocorrem tanto na coluna d'água quanto no sedimento e fluxos de matéria entre eles
- ☐ O CE-QUAL-W2 possui parametrização bastante detalhada dos processos químicos em sistemas aquáticos, assim como elaborada parametrização dos principais processos biológicos e componentes ecológicos
- ☐ Na sua mais recente versão (versão 4.0) o algoritmo de qualidade da água incorpora até 39 parâmetros de qualidade da água

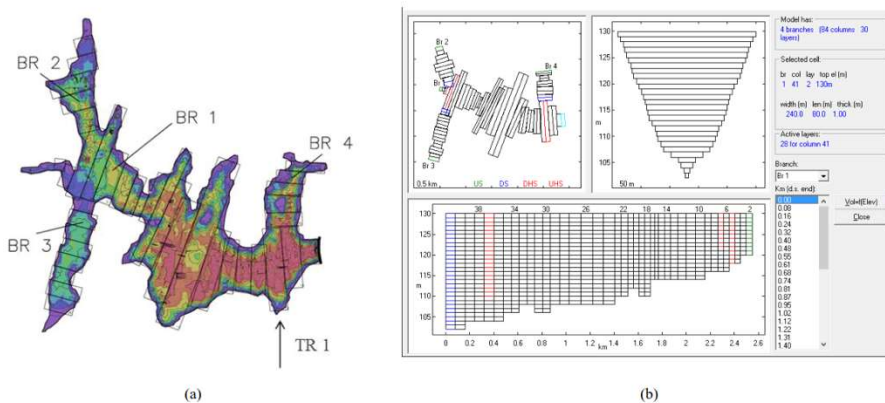
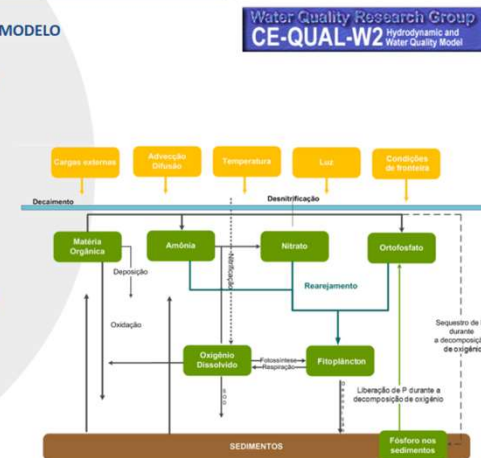


Figura 7.3 – Definição dos segmentos do Açude Acarape do Meio (a) e geometria do açude no modelo CE-QUAL-W2 (b), onde se pode visualizar a representação da área superficial, um exemplo de seção do braço principal e perfil longitudinal.

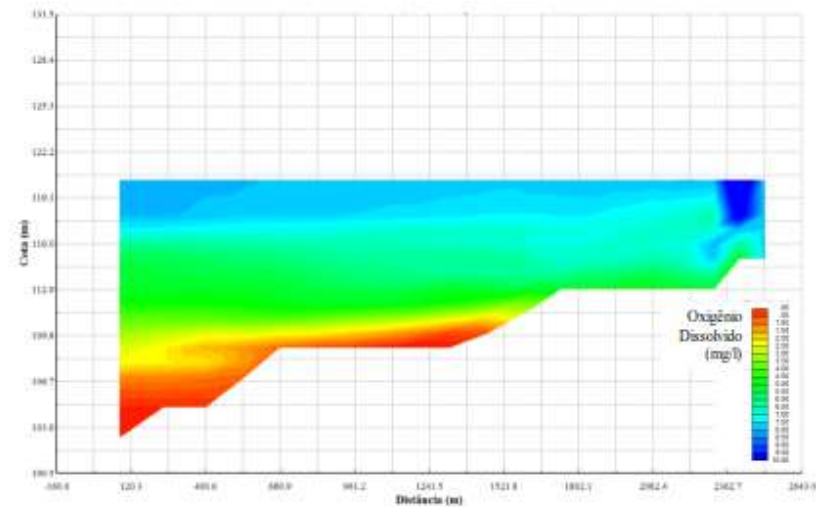
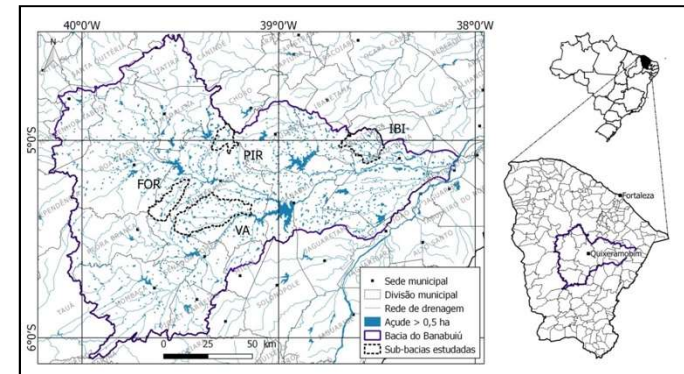


Figura 2.33 – Perfil longitudinal da concentração de oxigênio dissolvido no Açude Acarape do Meio (período úmido).

Águas Subterrâneas

Origin and dynamics of the salinity in crystalline fractured aquifers of the semi-arid region of Ceará (Brazil)

PhD thesis defense presented by **Marjorie Kreis**



6) Conclusion and perspectives

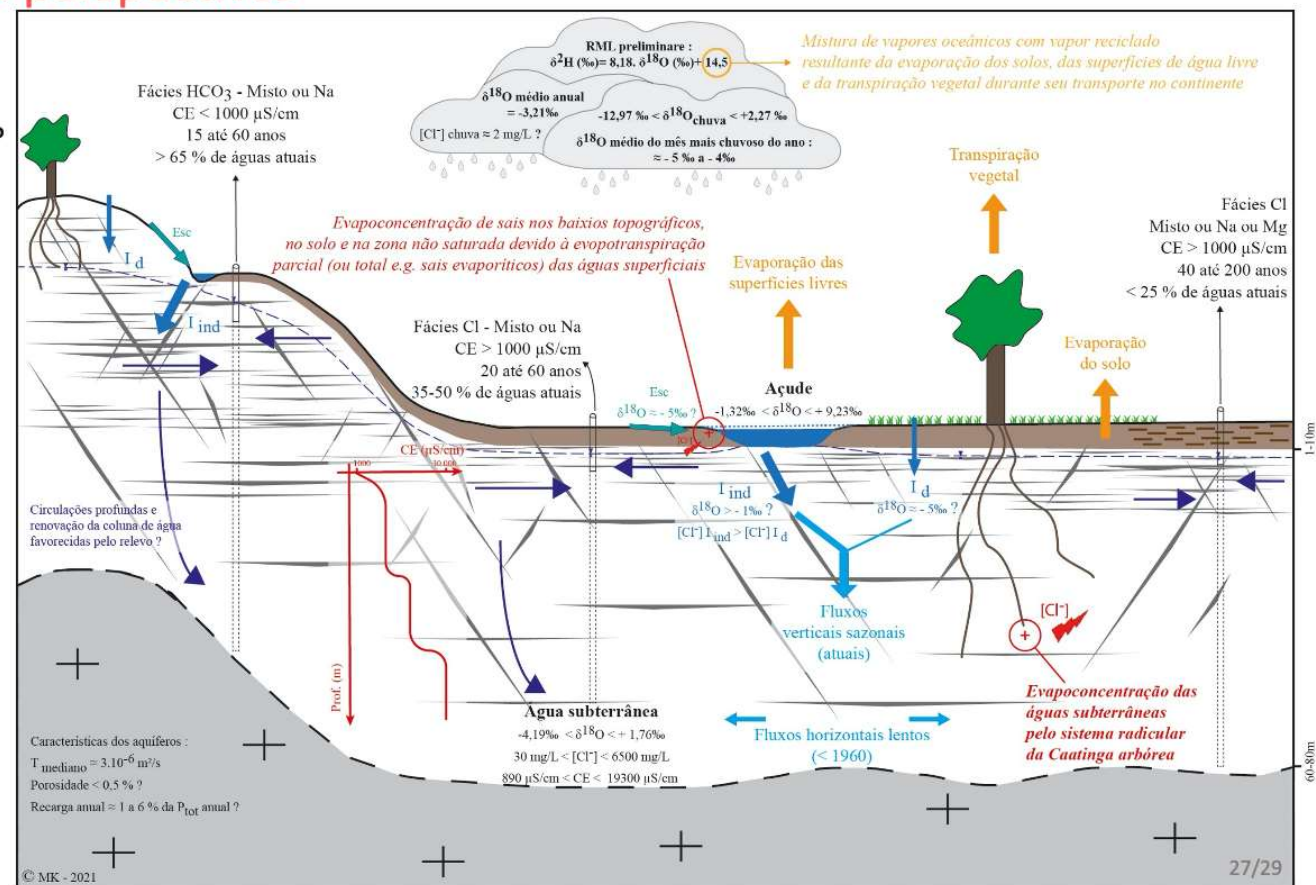
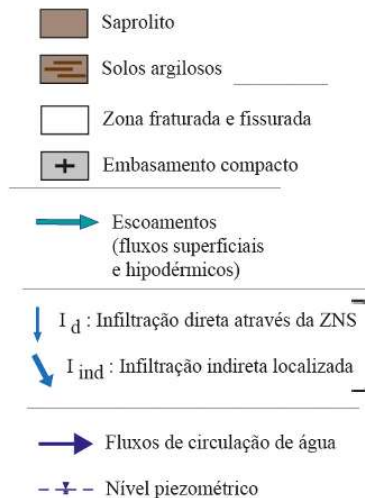
How to explain the salinity differences ?

Hydrodynamic variability (Φ , T , K) ?

Rates and processes of recharge ?

Types of soil? Type of vegetation ?

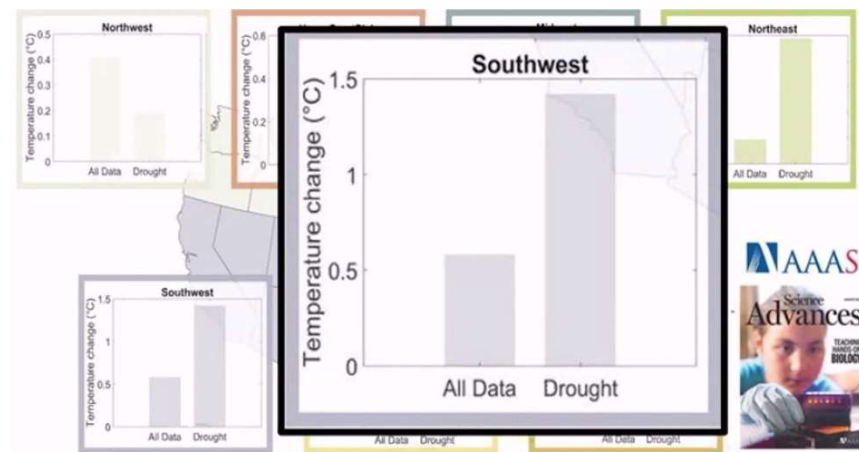
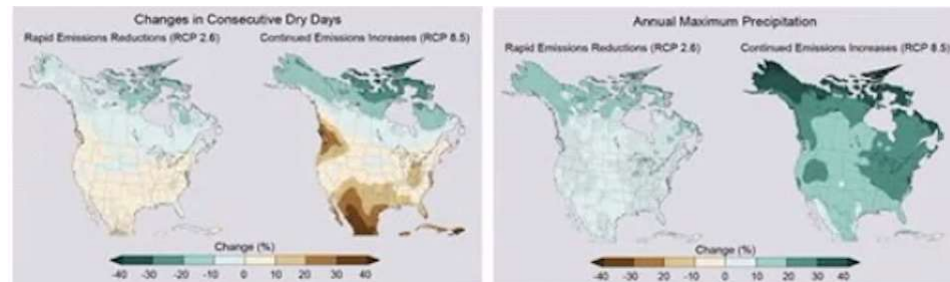
Relief ? $\neq$ altitude vs $\neq$ hydraulic heads. necessary for creating an subterranean water flow?



Secas

SECAS MAIS QUENTES

NO SUDOESTE DOS EUA E NOROESTE DO MÉXICO AS SECAS TÊM PROVOCADO MUDANÇAS DE TEMPERATURA MAIORES DO QUE O CLIMA MÉDIO



MUDANÇAS DE TEMPERATURA CORRESPONDENTES AO CLIMÁ MÉDIO E CONDIÇÕES DE SECA BASEADAS EM OBSERVAÇÕES LOCAIS (1965-2014) RELATIVO A 1902-1951.

Chiang et al., 2018.

Desafio: Redes colaborativas sustentáveis no contexto de Secas
(Pesquisa, Observações, Serviços e Tomada de Decisões)

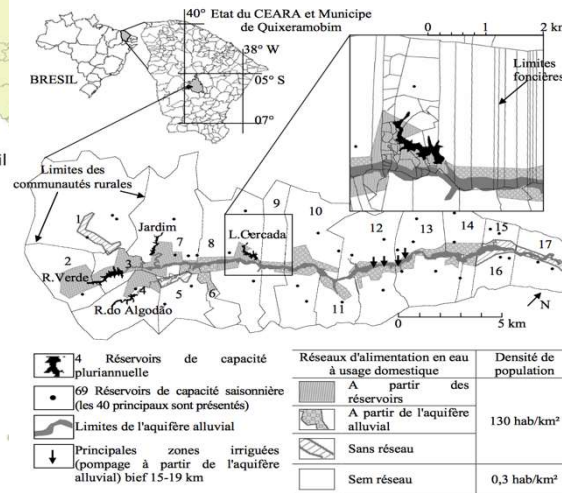
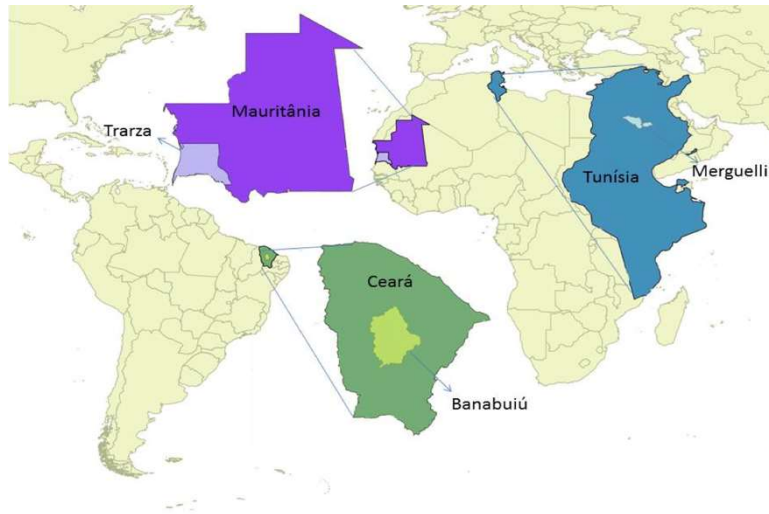
ONDE ESTAMOS



ONDE DEVERÍAMOS ESTAR

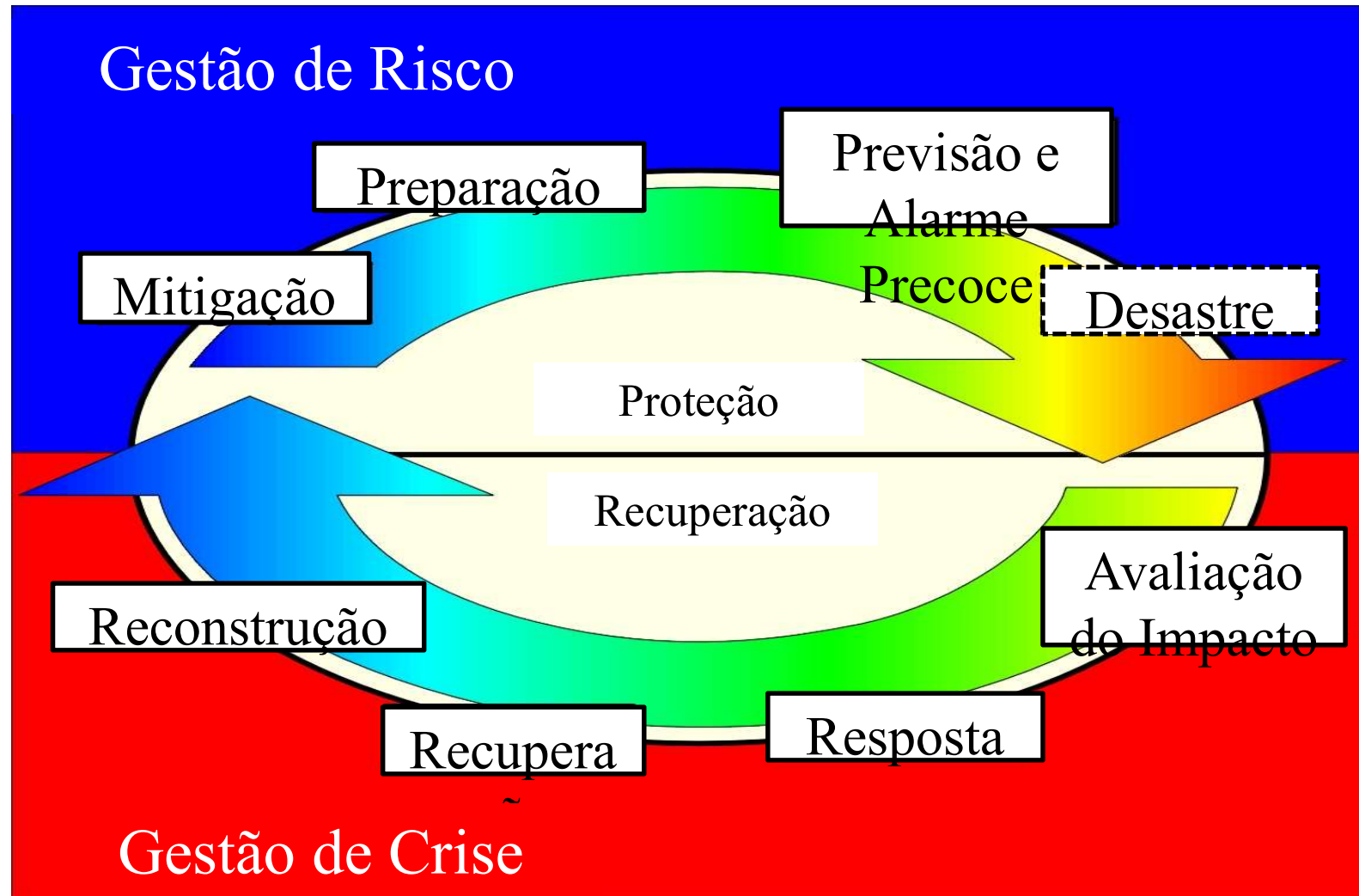
Abordagens e Decisões baseadas em Sistemas de Informação de Risco

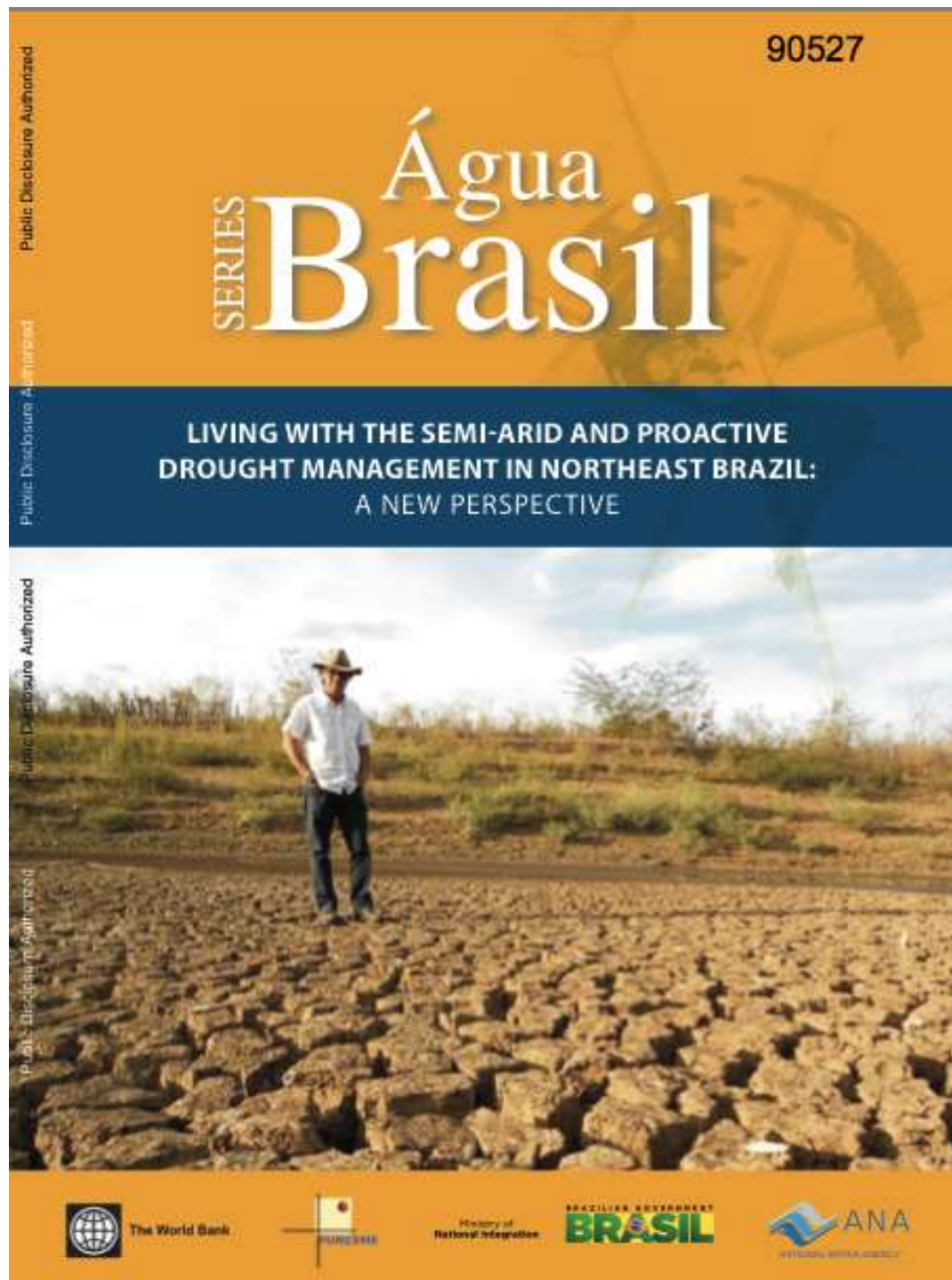
Estudos e Pesquisas em SECAS



- ✧ Estudos comparativos de secas/impactos/respostas em diferentes países
- ✧ Sensoriamento remoto como uma estratégia de monitoramento para o gerenciamento dos r.h.
- ✧ Planos de contingência para sistemas de reservatórios e de abastecimento urbano.

Ciclo da Gestão de Desastres



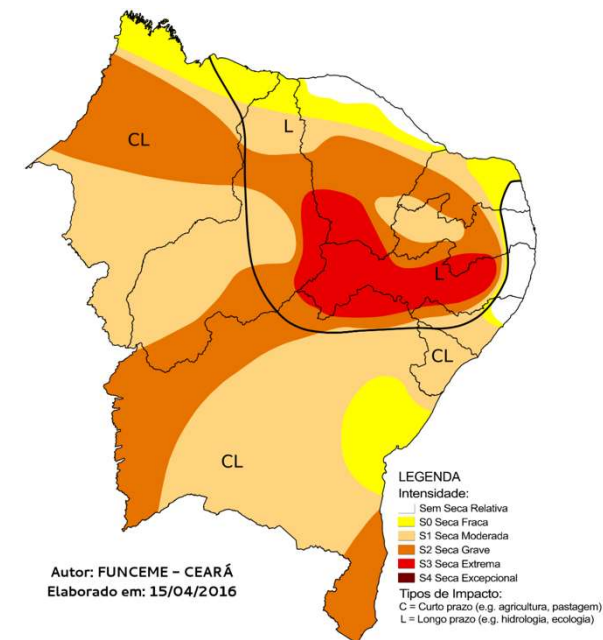


Drought Monitor

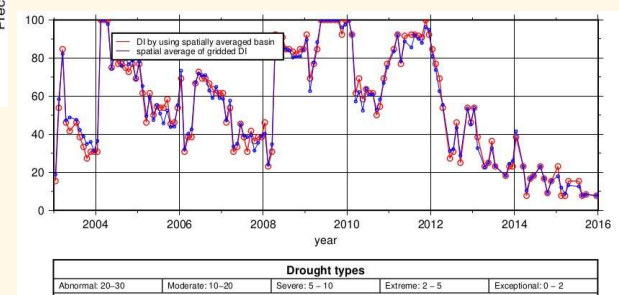
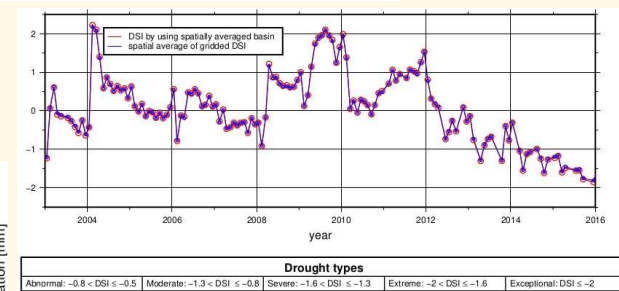
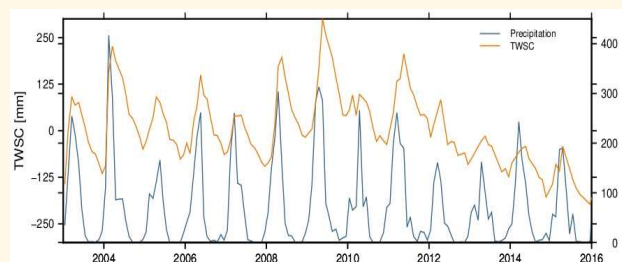
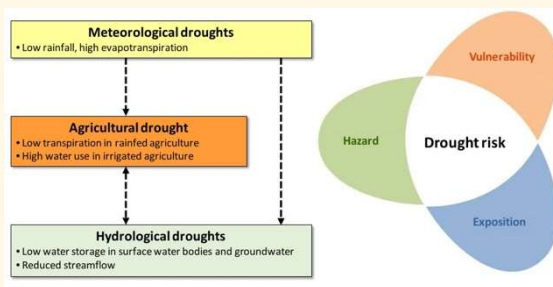
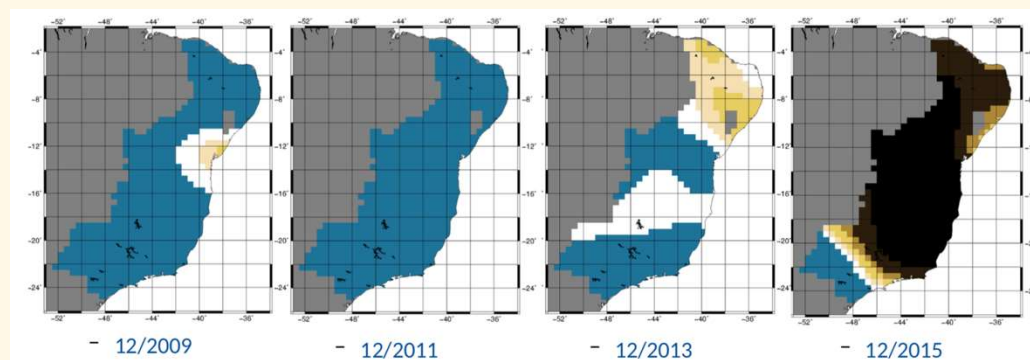
Monitoramento e
previsão/alerta precoce

Vulnerabilidade/resiliência e
avaliação de impactos

Mitigação e planejamento da
resposta e medidas



GRACE-based Drought Indicators



**Condição
normal ou
úmida**

- Monitoramento e previsão constante
- Implementar ações de mitigação de longo prazo delineadas no plano de seca (p.ex. Infraestrutura e pesquisa)

**Entrando
em Seca**

- Implementar ações de mitigação de curto prazo; indicadores têm gatilhos associados que ligam as categorias de secas do Monitor e ações nos setores vulneráveis pré-definidas no plano de seca.

**Imerso
em Seca
Extrema**

- Implementar ações de resposta emergencial; indicadores têm gatilhos associados que ligam as categorias do Monitor a ações nos setores vulneráveis pré-definidas no plano de seca.

**Condição
normal ou
úmida**

- Voltar a enfatizar o monitoramento e previsão e implementar atividades estruturais de longo prazo no plano de seca.

Planos de Contingência

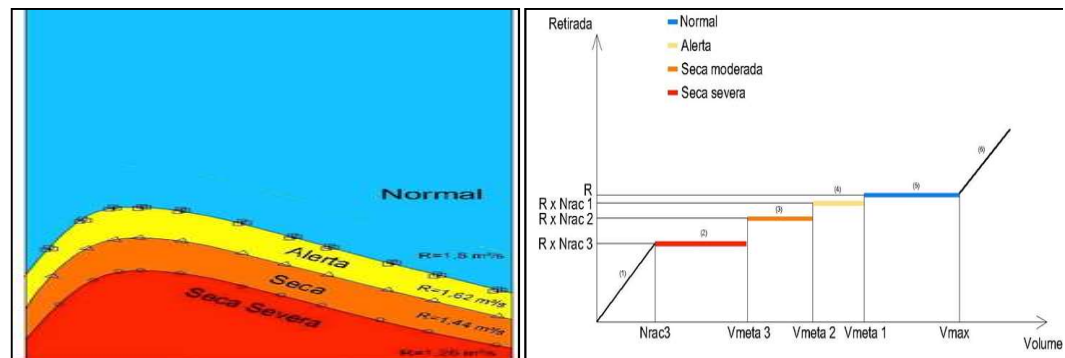
Mitigação, planejamento da resposta e medidas

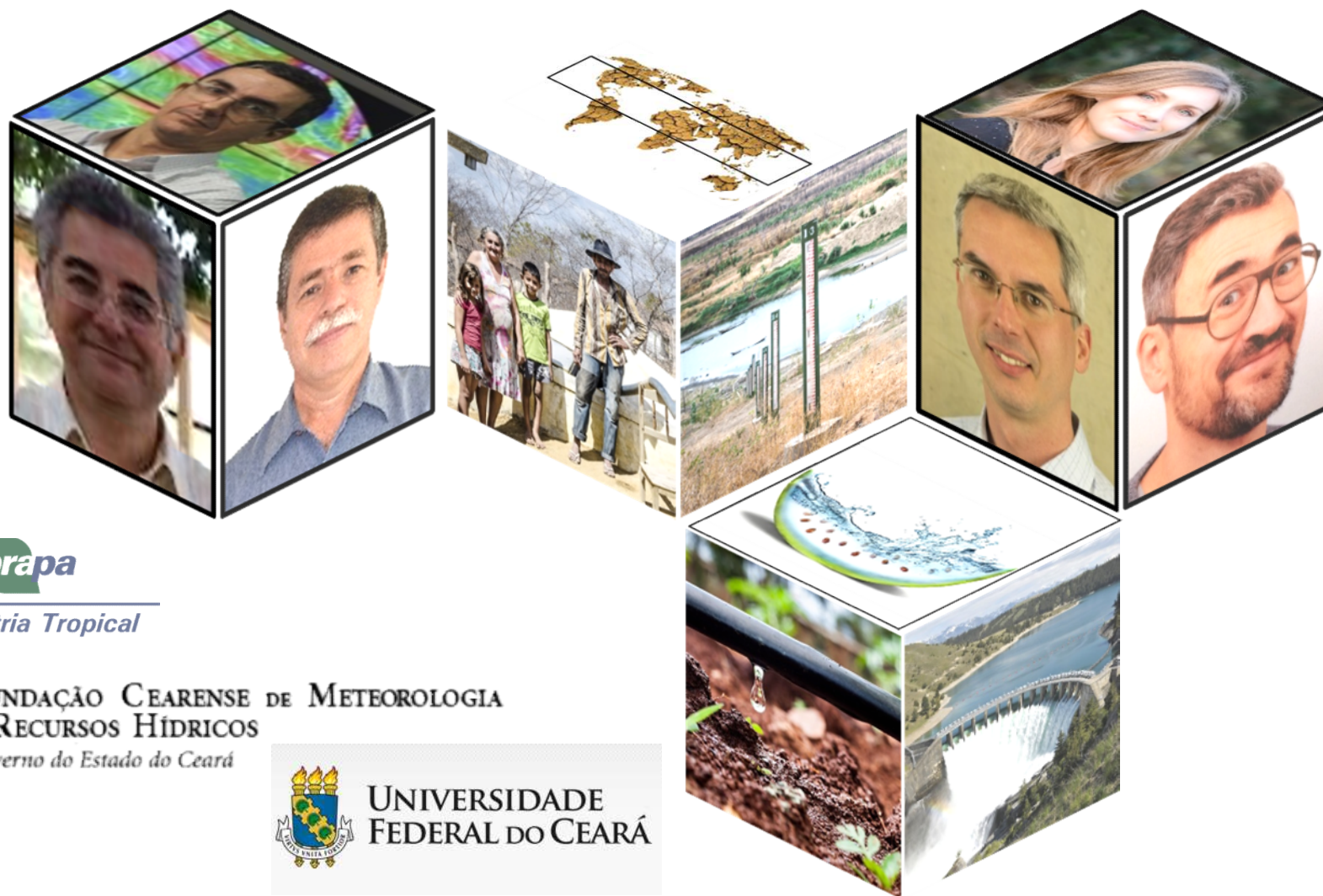
Respostas operacionais quando a seca atinge:

1. Agricultura de sequeiro
2. Gerenciamento Hídrico
3. Sist. Abastecimento de Água ←

PERNAMBUCO:
Sistema de Suprimento Hídrico
Jucazinho

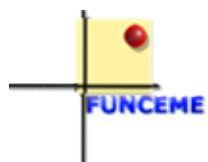
- #Municípios: 15
- População: 820.000 habitantes
- Capacidade atual: 1.250 l/s
- Sistema de adutoras: 206 km
- Capacidade futura: 1.800 l/s





Embrapa

Agroindústria Tropical



FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA
E RECURSOS HÍDRICOS
Governo do Estado do Ceará



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

Inovações Tecnológicas



VILLAGEPUMP

Tratamento de Água



Villagepump 500 Standard | 500 L/h



AR-ÁGUA

Dutch Rainmaker



Tratamento de Água

7 tecnologias

PAÍSES-BAIXOS

- Villagepump
- Water for Everyone

PORTUGAL

- Cubo

SUÉCIA

- Pure Bio Sinergy

ALEMANHA

- Mena Water
- Autarcon
- Solar Spring

Ar-Água

5 tecnologias

REINO UNIDO

- Hogen Systems

SUÉCIA

- Drupps

PAÍSES-BAIXOS

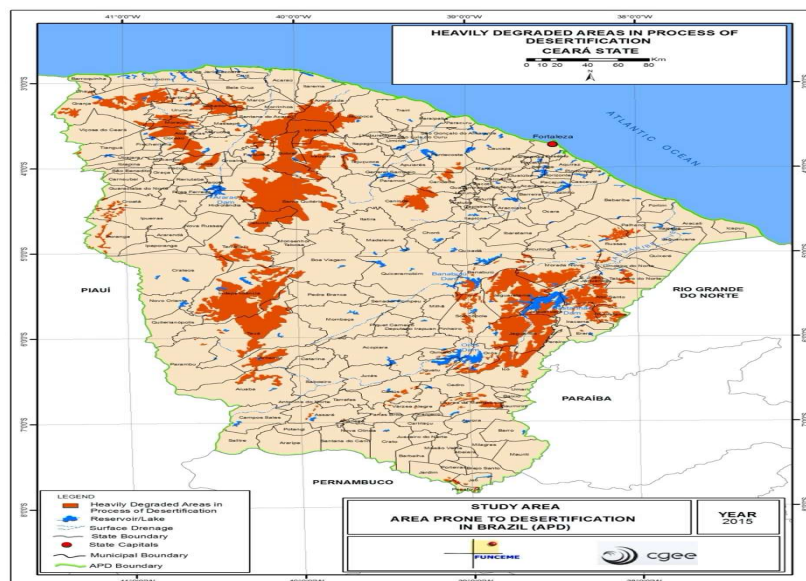
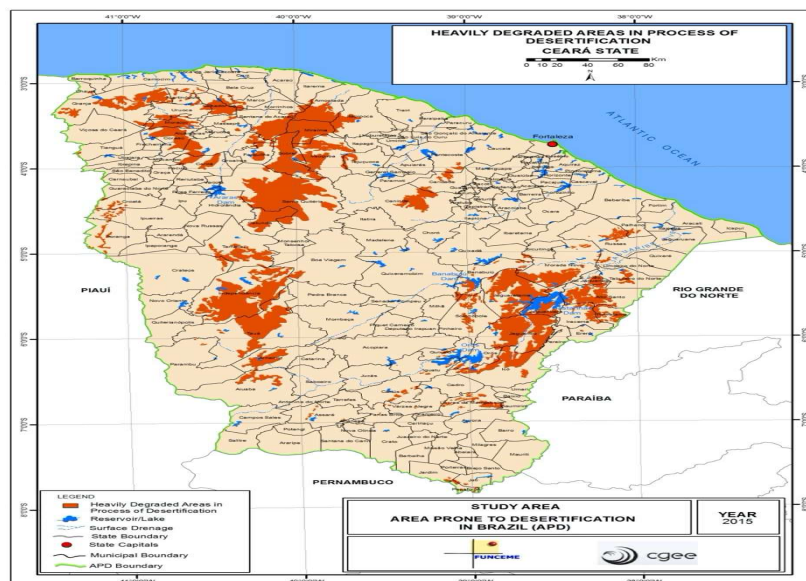
- Dutch Rainmaker
- Solaq
- Sponsh



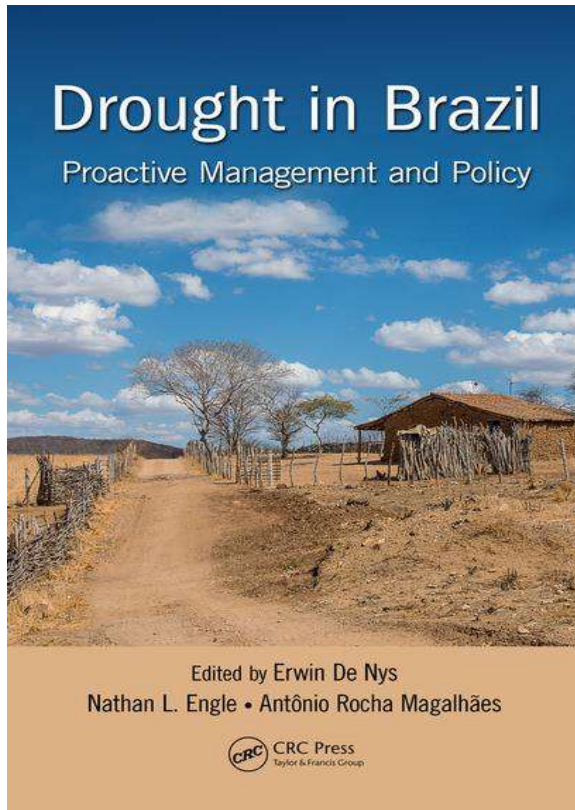
Brasil
1º Porte
Carta Comercial



50 ANOS EM 2022!



:: Publicações ::



Weather and Climate Extremes 3 (2014) 95–106

Contents lists available at ScienceDirect

Weather and Climate Extremes

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/wace

Drought preparedness in Brazil

Ana Paula A. Gutiérrez^{a,*}, Nathan L. Engle^{a,*}, Erwin De Nys^a, Carmen Molejón^a, Eduardo Sávio Martins^b

^a The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington DC 20433, United States
^b Fundação Brasileira de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Avenida Raul Barbosa, 1246-Altos, Fortaleza/CE CEP: 60115-221, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:
Received 12 September 2013
Received in revised form 18 December 2013
Accepted 22 December 2013
Available online 9 January 2014

Keywords:
Drought policy
Water resources
Climate change
Resilience
Adaptation

ABSTRACT

Large portions of Brazil's Northeast have experienced an intense and prolonged drought for the majority of 2010–2013. This drought, along with other droughts that have hit the South in recent years, has sparked a new round of discussions to improve drought policy and management at the federal and state levels. To assist with these efforts, the World Bank recently conducted a series of evaluations on national and sub-national drought preparedness measures and approaches across five country case studies. This particular article presents the Brazilian case study. The work draws from interviews with key experts and stakeholders, as well as document analyses, and focuses on preparedness measures and approaches at the national and one sub-national case: the state of Ceará. The analysis shows that although there is a rich history of drought management throughout Brazil, there are short-term and long-term gaps and opportunities on which decision makers might consider focusing to improve monitoring, forecasting, and early warning systems, vulnerability/resilience and impact assessments, and mitigation and response planning measures.

© 2014 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).

1. Introduction

Climate variability and extreme weather events threaten many populations throughout the world, and evidence indicates that in many of these regions, the variability and extreme events are increasing (Blunden and Arndt, 2012). Perhaps nowhere else is the change in weather and climate regimes more noticeable than in the water sector (Sunderlin *et al.*, 2007). The World Bank's recent "4 degree report" indicates that droughts, for example, will likely increase in severity in southern Africa, the United States (US), southern Europe, Brazil, and Southeast Asia, amongst other areas, translating to increasing evapotranspiration and dry periods, reductions in arable land, and ultimately greater food insecurity (World Bank, 2012a). The likely intensification of extreme droughts from climate change in Brazil and many regions across the planet has magnified the importance of proactive measures to increase resilience to the expected impacts.

In the case of drought, drought preparedness, and the policies which facilitate its implementation, can increase adaptive capacity and resilience of water resources management (Engle, 2012). Proactive drought preparedness and risk management measures can also purportedly help reduce economic losses and costs associated with more reactive disaster response and recovery.

Moreover, because a society's approach to drought management is instructive for how it might manage climate change, recent drought events around the world provide windows of opportunity to evaluate and subsequently begin to lay the building blocks for improving climate change management and preparedness.

Within some regions of Brazil, particularly the semi-arid Northeast, an ongoing drought (i.e., for the most of 2010–2013, with little relief in between) is the worst in recent decades, if not the past 100 years; proving devastation to some agricultural, livestock, and industrial producers. As with many nations, Brazil has historically addressed water scarcity during times of shortage and droughts through emergency response and large water infrastructure works projects (Malgahães and Martins, 2011). Despite decades of infrastructure and technical fixes to water management (which have certainly helped to buffer against water shortages and have facilitated considerable economic growth throughout Brazil), significant impacts from water shortages have persisted. There have been recent efforts to shift Brazil away from reactionary drought response and sole dependence in the long-term on infrastructure solutions to mitigate drought impacts (e.g., through improved monitoring, decentralization and democratization of water resources management, etc.), and there is a growing interest in improving coordination and institutionalizing these elements into a coherent drought policy, both at the national and sub-national levels (Malgahães and Martins, 2011).

As an example at the federal level, during the recent drought, the Civil House of the Presidency created the Integrated

* Corresponding author. Tel.: +1 202 473 8809.
E-mail address: engle@worldbank.org (N.L. Engle).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2013.12.001>
2212-0947 © 2014 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).

:: Publicações ::

