

**IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS
E SUBTERRÂNEAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO
FRANCISCO: SUB-BACIAS DOS RIOS VERDE GRANDE E CARINHANHA**



**JOÃO ALBERTO OLIVEIRA DINIZ
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO**

DIHEXP

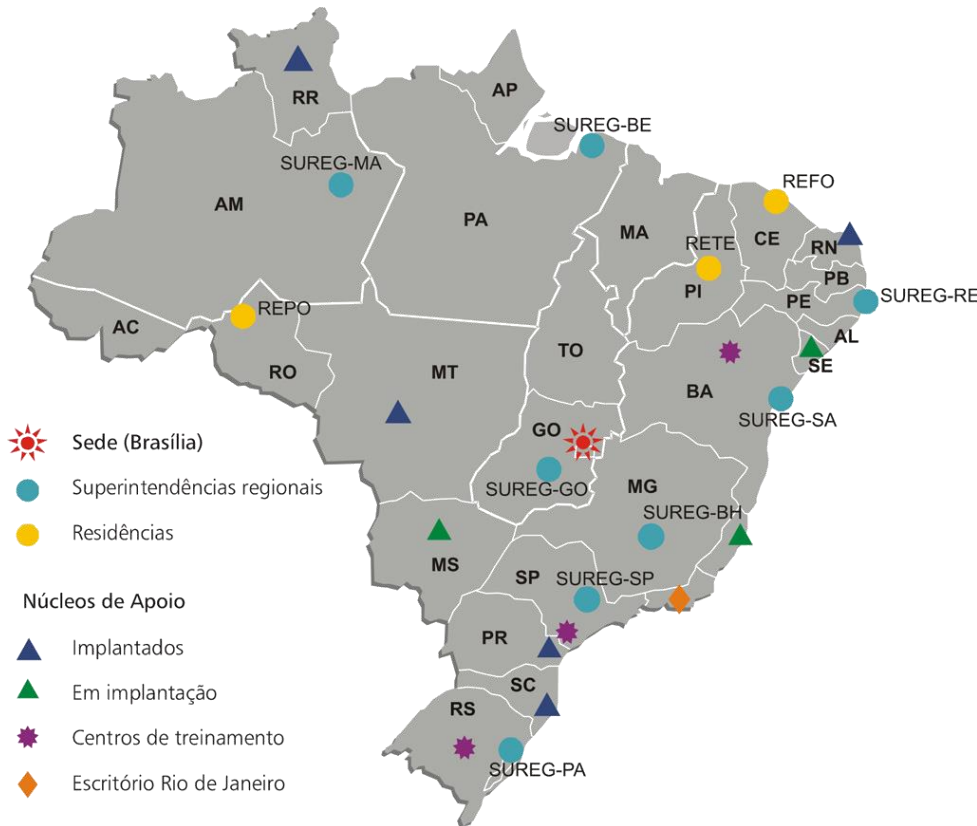
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

DEHID

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

DHT

SOBRE A CPRM



Criada pelo Decreto-Lei N° 764, de 15 de agosto de 1969, iniciou suas atividades em 30 de janeiro de 1970. Em 28 de dezembro de 1994, pela Lei N° 8970, a CPRM passa a ser uma empresa pública, com funções de **Serviço Geológico do Brasil**.

Tem atuação em todo o país, através de **oito Superintendências Regionais** – Porto Alegre, São Paulo, Belo Horizonte, Salvador, Recife, Belém, Manaus e Goiânia, além de **três Residências** – Teresina, Fortaleza e Porto Velho e **quatro Núcleos**, nos Estados de Santa Catarina, Mato Grosso, Natal e Roraima.

Tem **Sede** em Brasília e o **Escritório Central** no Rio de Janeiro.



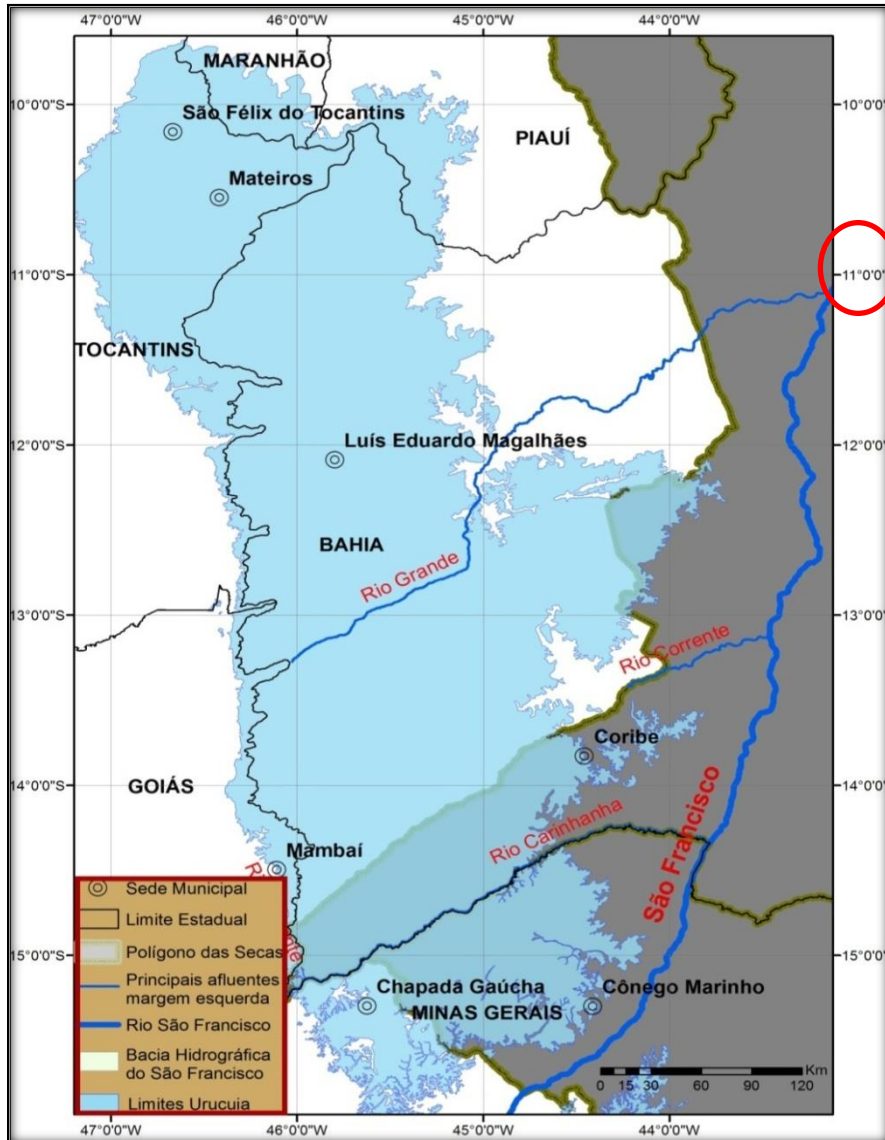
VISÃO

Ser referência na geração de conhecimento e no desenvolvimento de soluções efetivas em geociências para o bem estar da sociedade brasileira.

MISSÃO

Gerar e difundir o conhecimento geocientífico com excelência, contribuindo com a melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento sustentável do Brasil

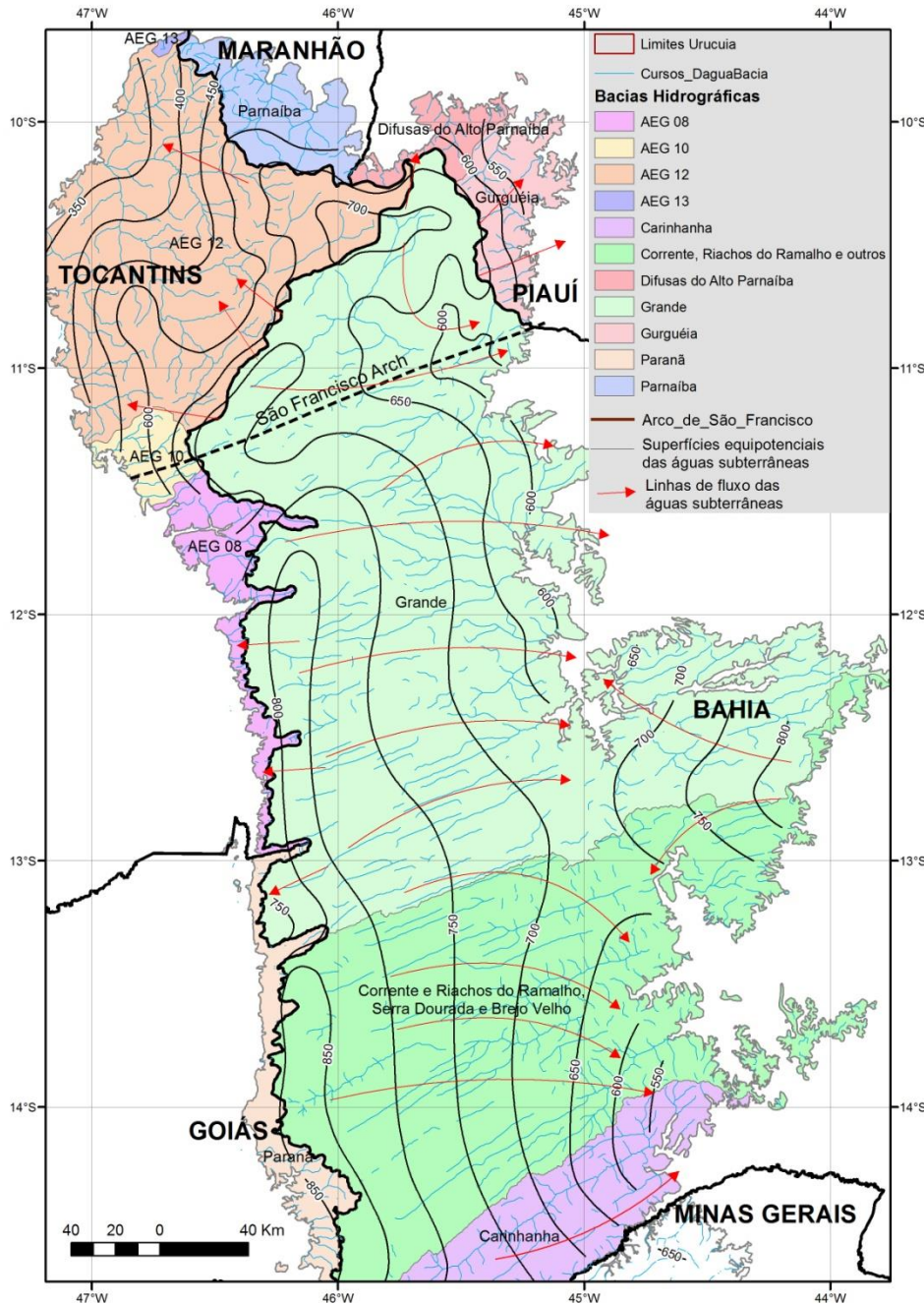
O QUE É O PROJETO QUE AGORA COMEÇAMOS? QUAL A SUA IMPORTÂNCIA, LOCAL E NACIONAL?



O rio São Francisco possui 36 tributários de porte significativo, dos quais apenas 19 são perenes. Os principais contribuintes são os da sua margem esquerda, destacando-se os rios Paracatu, Urucuia, **Carinhonha, Corrente e Grande**, que fornecem 70% de suas águas.

Na latitude de -11° S, já no Polígono das Secas, recebe seu último afluente de importância, o rio Grande, seguindo até a foz sem outras contribuições significativas.

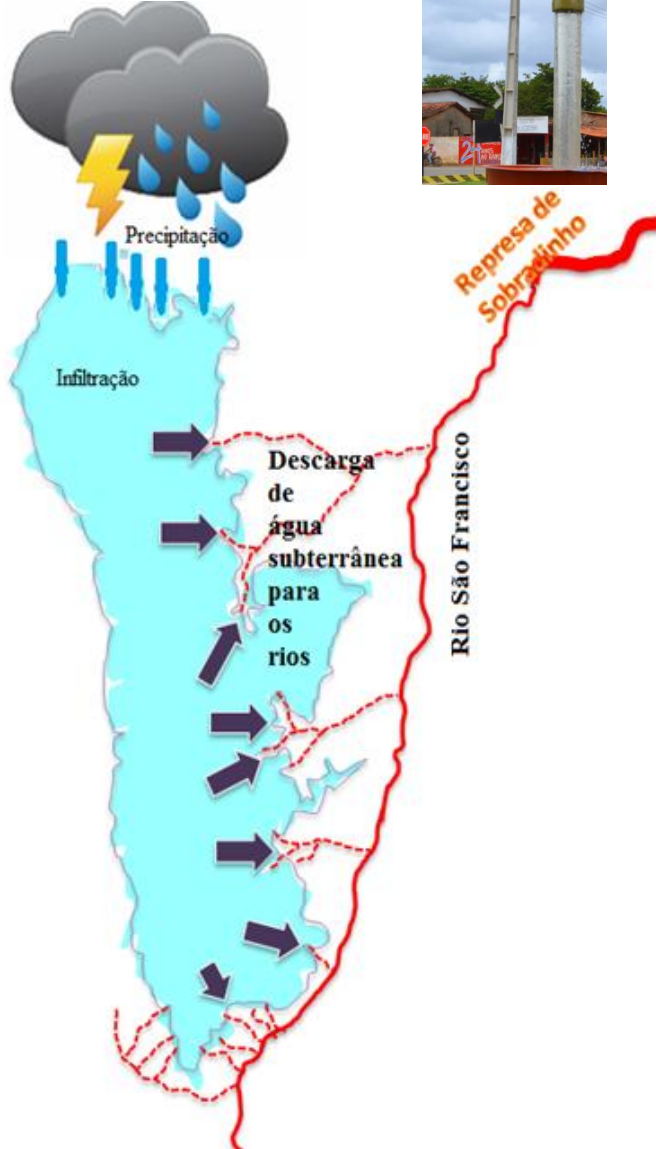
A área de ocorrência geologicamente conhecida como **Bacia Sanfranciscana**, constitui sua última zona de recarga efetiva, sendo as vazões de base de seus rios afluentes mantidas pela liberação das águas subterrâneas do **Aquífero Urucuia**, principal unidade hidrogeológica regional.



Além do rio São Francisco, o Uruçuia também fornece importantes contribuições para os rios Tocantins e Parnaíba.



CPRM
Serviço Geológico do Brasil



O aquífero Urucuia se constitui, assim, como um **Sistema Hídrico**, de extrema importância para o país, com usos os mais diversos, tais como:

- ✓ Manutenção do pujante polo de agronegócios dos Estados de Minas Gerais, Bahia, Piauí e Maranhão;
- ✓ Atendimento da demanda hídrica de toda a bacia do São Francisco localizada dentro da zona semiárida, (trechos médio e baixo), com uma área superior a 290.000 km². A nível do conhecimento atual, admite-se que as águas liberadas por esse aquífero representam expressiva parcela de todo o volume hídrico afluente à barragem de Sobradinho;
- ✓ Manutenção do equilíbrio ecológico e ambiental do rio São Francisco a partir desta zona, com importância estratégica para seu projeto de revitalização.



CPRM
Serviço Geológico do Brasil

O QUE, ENTÃO, SE QUER PRESERVAR?

O rio São Francisco?

O Abastecimento Público?

Barragem de Sobradinho

O Agronegócio?

ÁREAS ANTROPORIZADAS

ESSA É A GRANDE QUESTÃO QUE DEVE SER RESPONDIDA PELO PROJETO!!

Bacia do Carinhanha

GO

DF

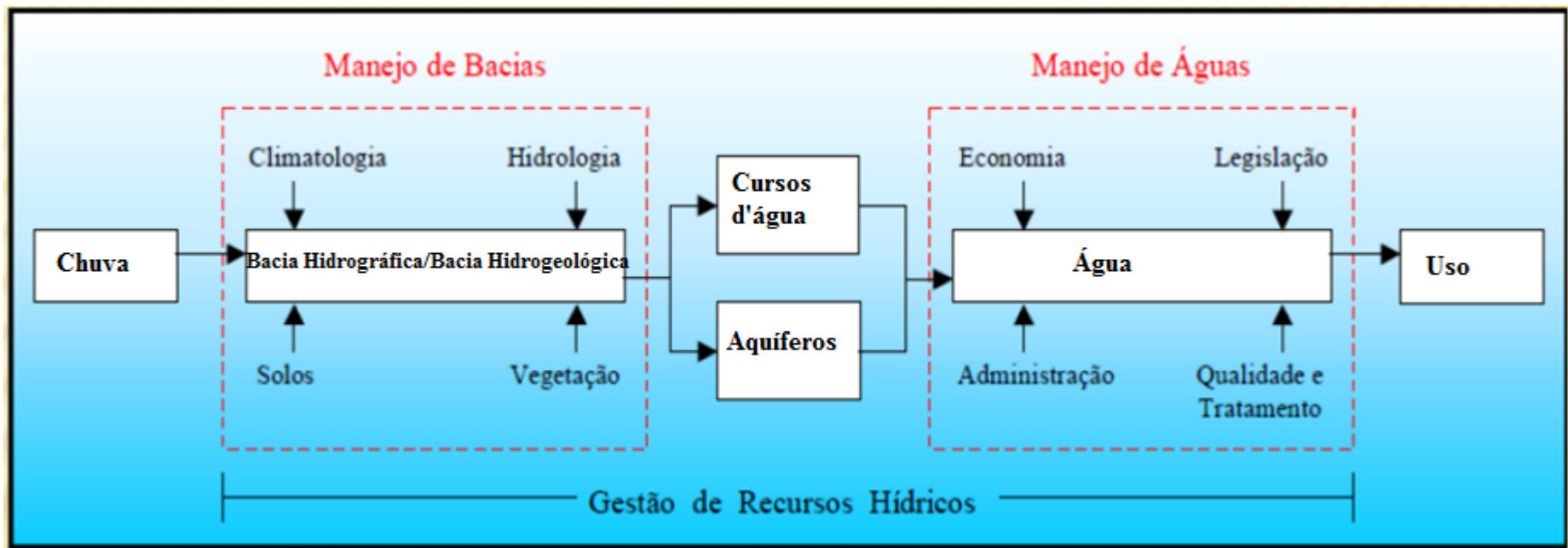
- ⊙ Sedes Municipais
- Rodovias
- Limites Estaduais
- Urucua
- Área Agrícola

Se pode compatibilizar todos os possíveis usos concorrentes?

Como administrar os inevitáveis conflitos pelo uso da água?

COMO É POSSÍVEL FAZER ISTO?

Através do da gestão integrada dos recursos hídricos, transformando a bacia em um imenso reservatório de água, cedida à medida das necessidades e de forma controlada ao longo do tempo, permitindo sua utilização sempre e onde necessário, para os mais diversos usos.



EXEMPLO MUNDIAL: O GRANDE RIO FEITO PELO HOMEM (LÍBIA)



Bombeamento e adução, por meio de tubos, de água subterrânea para 6,5 milhões de pessoas nas cidades de Trípoli, Benghazi e Sirte, com 2.800 km de extensão. Se totalmente concluída, a rede teria 4.000 km de extensão, permitindo irrigar 155.000 hectares em pleno deserto líbio. No caso do SAU, a adução é feita pelo próprio rio São Francisco.

O QUE É UM SISTEMA HÍDRICO

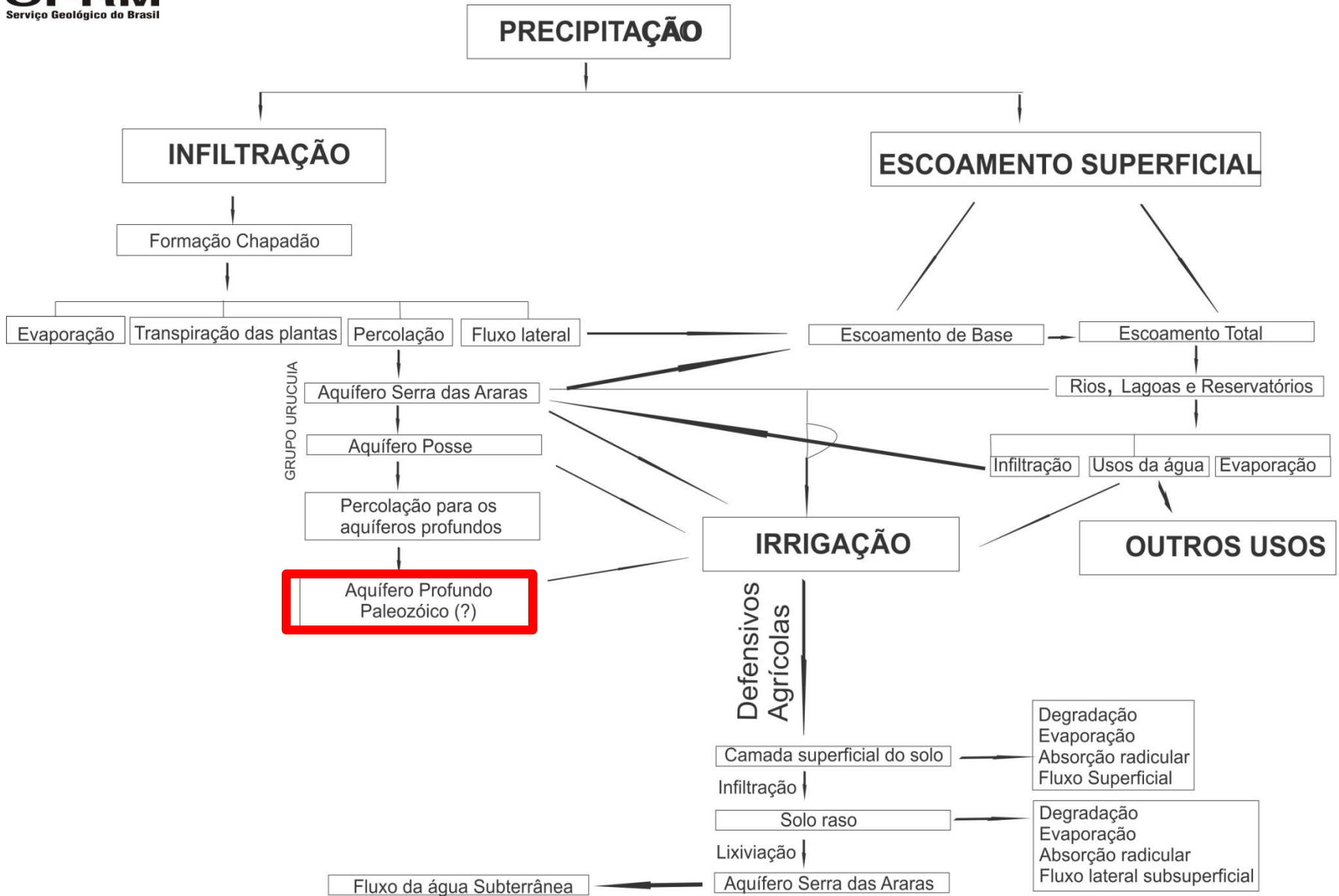
Meio físico no qual é possível se constatar uma interdependência absoluta entre variáveis climáticas, meteorológicas e hidrológicas (aí incluídas águas superficiais e subterrâneas), considerando seu uso e preservação.

COMO ESTE CONCEITO SE APLICA AO CASO DO URUCUIA?

As alterações globais implicam em mudanças nas características de variáveis inter-relacionadas com o clima no espaço e no tempo, decorrentes dos processos terrestres, incluindo as atividades humanas que afetam o meio ambiente.

Na região de ocorrência do Sistema Aquífero Urucuia (SAU), reduções nas disponibilidades hídricas totais – superficiais e subterrâneas podem ser atribuídas tanto às mudanças e variações do clima, quanto ao uso desenfreado de seus recursos hídricos e tem provocado grande preocupação no meio técnico e acadêmico, haja vista suas relações com a manutenção das vazões de base do rio São Francisco e com as atividades econômicas implantadas.

INTERAÇÕES DO CICLO HIDROLÓGICO NO URUCUIA





CONTEXTUALIZAÇÃO DOS TRABALHOS

CPRM
Serviço Geológico do Brasil

Parte-se da premissa de que **o uso desordenado e sem controle dos recursos hídricos totais (superficiais e subterrâneos) existentes na Bacia do Urucuia, juntamente com os aspectos de mudanças e variações no clima, trarão reflexos indesejáveis na bacia hidrográfica do rio São Francisco.**

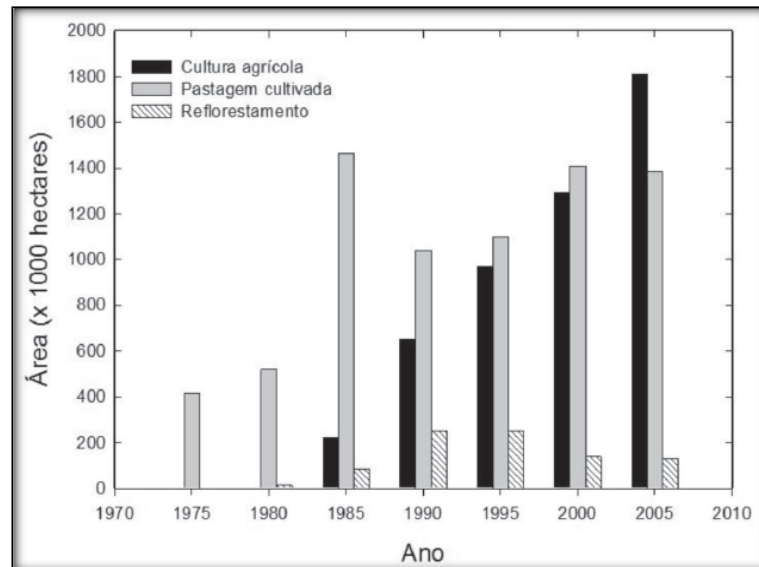
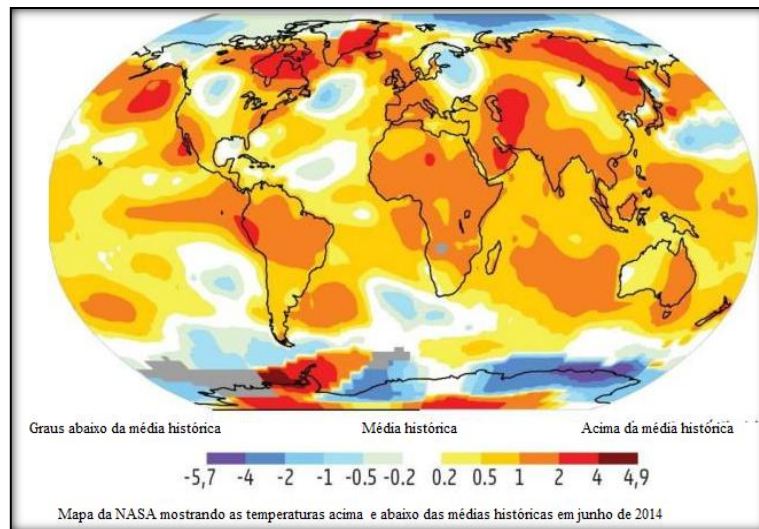
É possível se considerar três hipóteses:

a. Os incrementos de temperatura e evapotranspiração, juntamente com a diminuição dos índices pluviométricos, têm produzido diminuições nas vazões do rio São Francisco, a partir da década de 80;

b. O incremento do uso dos recursos hídricos totais (superficiais e subterrâneos), registrados desde o princípio da década de 1980, quando o agronegócio começou de fato a ser implantado na região é o principal responsável pela queda dos deflúvios;

c. As duas situações ocorrem de forma conjunta e, por falta de conhecimento e gerenciamento adequado se superpõem, agravando ainda mais a situação;

Esta é a grande questão a ser respondida, se constituindo no **Objeto da Pesquisa.**





CPRM
Serviço Geológico do Brasil

Para responder a essas indagações, estruturou-se o projeto baseado em cinco macrodiretrizes, abrangendo campos de conhecimento distintos, mas que, contudo, se mostram estreitamente inter-relacionados:

Área de estudos I – Geologia

Área de estudos II – Hidrologia

Área de estudos III – Hidrogeologia

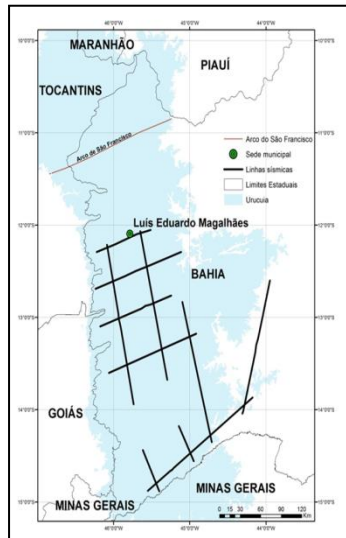
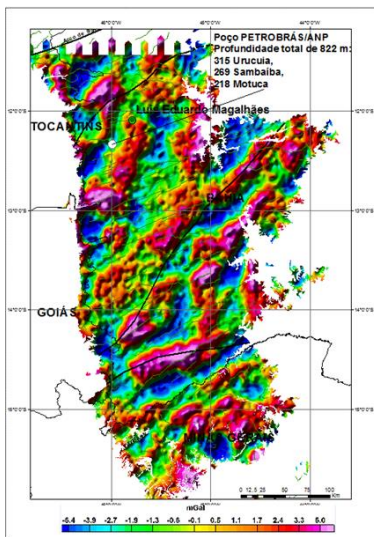
Área de estudos IV – Gestão Ambiental dos Recursos Hídricos

Para a implantação da gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos e o gerenciamento integrado, torna-se necessário o conhecimento das características geológicas e hidrogeológicas, do comportamento do ciclo hidrológico local, de uso e ocupação do solo, da vulnerabilidade natural dos aquíferos e da implantação de um programa de monitoramento sistemático, além do conhecimento das inter-relações águas superficiais/águas subterrâneas.



ÁREAS DE ESTUDOS

CPRM
Serviço Geológico do Brasil



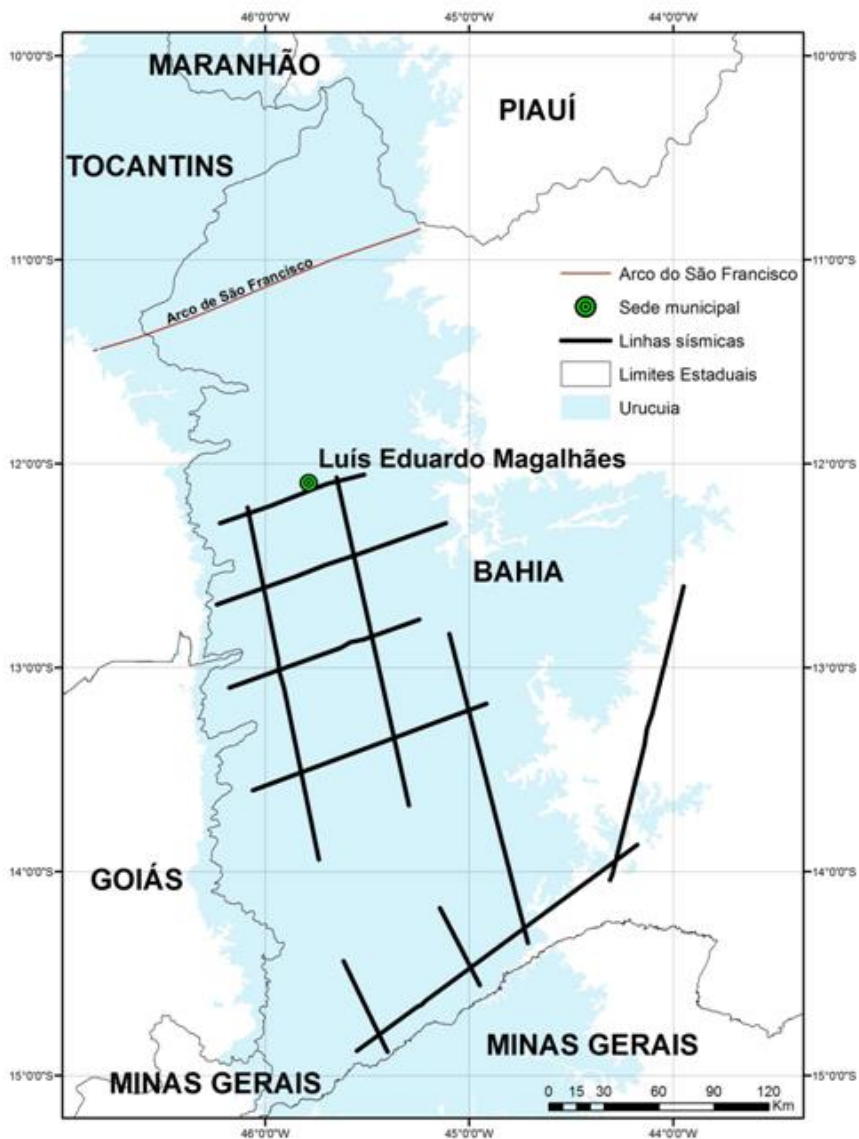
GEOLOGIA

Objetiva o aprofundamento do conhecimento do Aquífero Urucuia, inserido no Grupo Urucuia, uma cobertura cretácea da Bacia Sedimentar do São Francisco. Estes estudos têm como principal foco o entendimento da geometria da bacia, de sua estratigrafia e estruturas controladoras do armazenamento e fluxo das águas superficiais e subterrâneas.

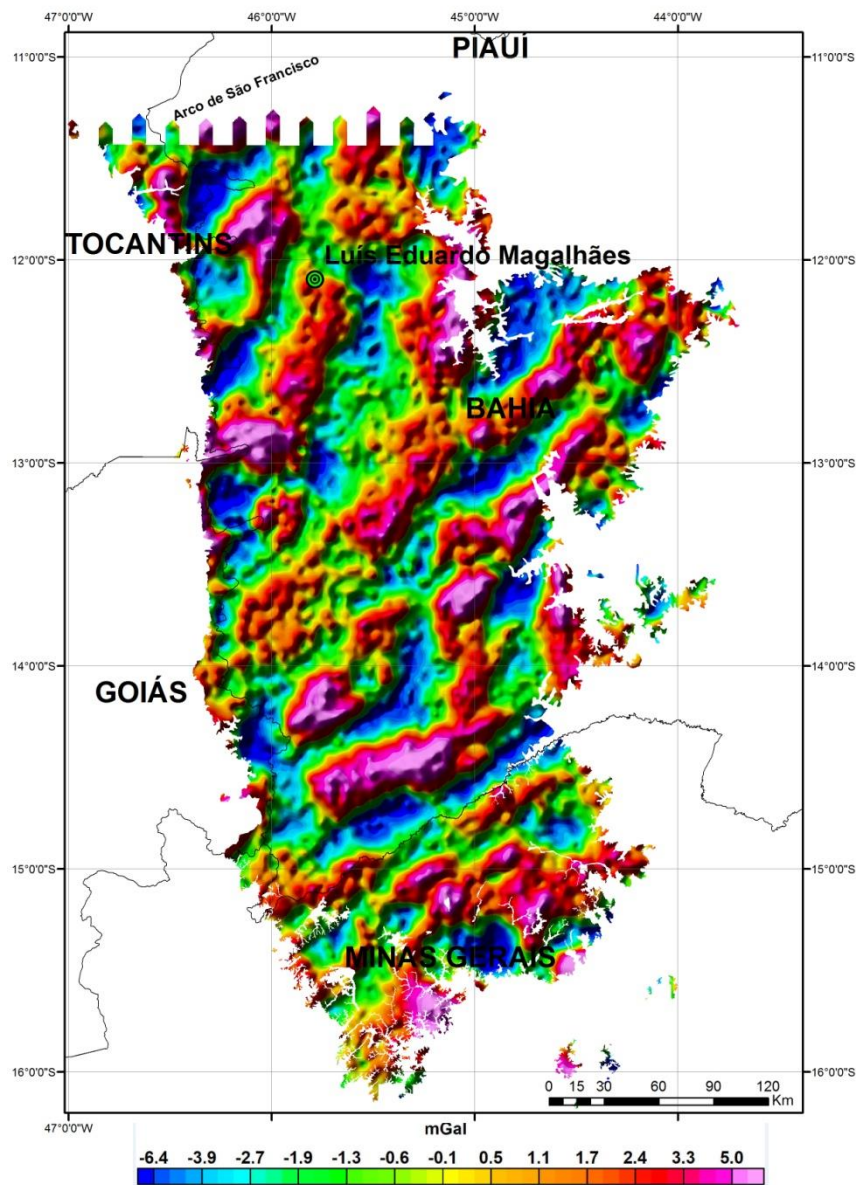
- Análise da bibliografia geológica existente;
- Interpretação fotogeológica de imagens de sensores remotos;
- Reconhecimento geológico;
- Perfis estratigráficos de detalhe;
- Mapeamento e análise estrutural das rochas do embasamento da bacia;
- Recuperação e descrição dos testemunhos de sondagem de todos os furos feitos pelas diversas entidades (ANP, CPRM, UFBA, CERB, etc.);
- Reinterpretação acurada de imagens dos levantamentos aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectrometria);
- Integração, reinterpretação e modelagem dos dados geofísicos elétricos, gravimétricos e sísmicos já conhecidos, e aquisição de novos dados a serem disponibilizados pela ANP;
- Montagem de um SIG geológico/hidrogeológico com todo o acervo de dados geológicos e geofísicos existentes e adquiridos pelo projeto.



Linhas Sísmicas



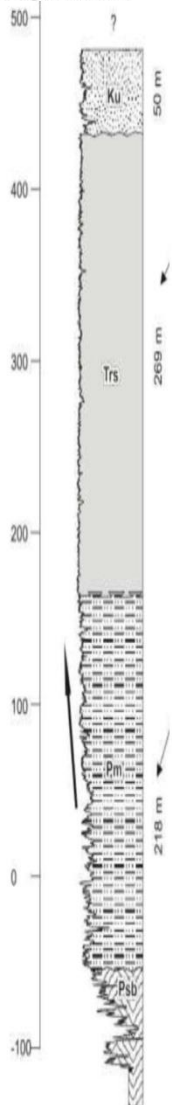
Mapa Bouquet



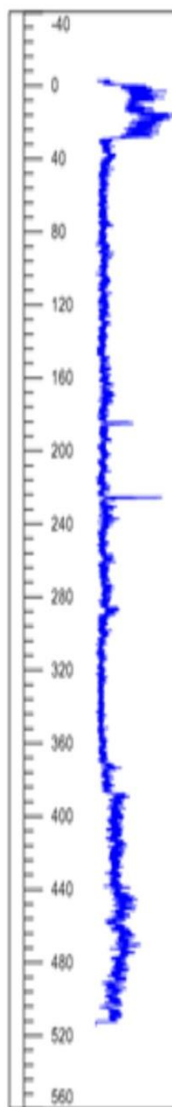


CPRM
Serviço Geológico do Brasil

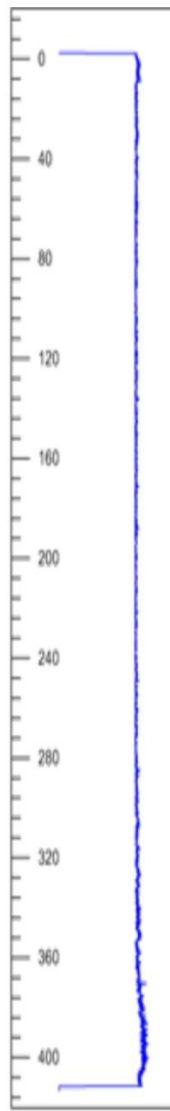
PERFILAGENS GEOFÍSICAS DE POÇOS



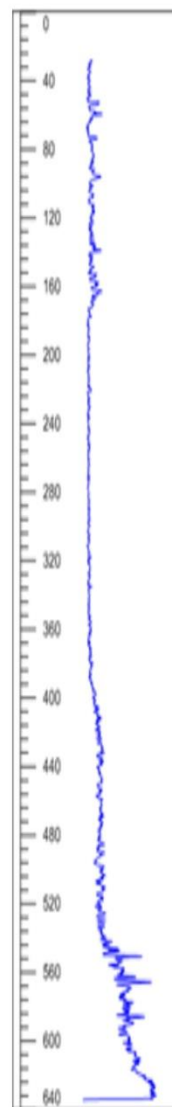
LEM - 04 ANP
(822 M)



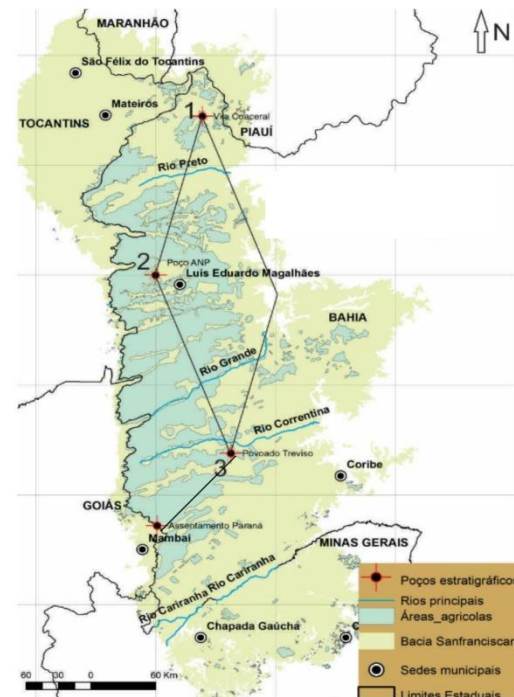
CORRENTINA
(520 M)



MAMBAÍ
(400 M)



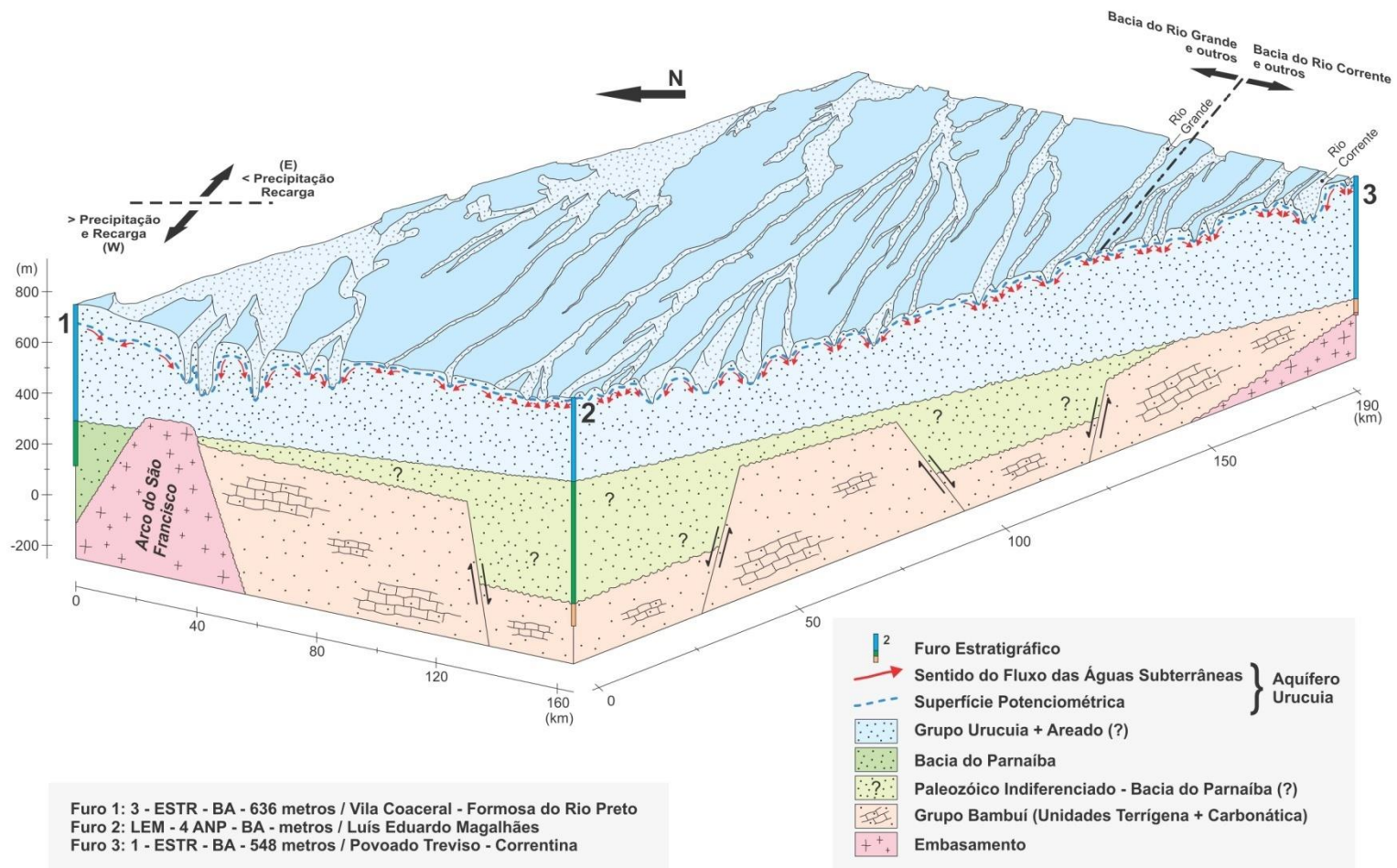
FORMOSA DO RIO PRETO
(640 M)



PRINCIPAIS ESTUDOS GEOFÍSICOS

Nº	NATUREZA DO TRABALHO	AUTOR	LOCAL	MÉTODO EMPREGADO	PRINCIPAIS CONCLUSÕES
01	Regional	DNPM/CPRM (1980)	Bahia	Gravimetria	Mapa gravimétrico Bouguer regional
02	Local	Lima (2000)	Rio do Cachorro	SEV	Profundidade do nível de saturação do aquífero; topografia do substrato do Urucuia; mapeamento de falhas normais.
03	Local	Amorim Jr. & Lima (2003)	Bacia do rio das Fêmeas	SEV	Qualidade de água; estruturação tectônica.
04	Local	Lima (2003)	Rios Arrojado e Formoso	SEV; IP domínio do tempo	Idem
06	Regional	Tschiedel (2004)	SAU	Eletromagnético	Modelamento do aquífero com três camadas distintas
07	Regional	Bomfim & Gomes (2004)	SAU	Gravimetria	Estimativa de espessuras até 1500 m; estruturação da bacia em horts e grabens.
08	Regional	Márcia Gaspar (2006)	SAU	Eletromagnético	Mapa de isópacas do SAU; Seções geológicas interpretadas
09	Regional	ANP (2008)	Bacia São Francisco Norte	Sísmica, gravimetria, magnetometria.	Mapas temáticos, seções sísmicas.
10	Regional	ENGEORPS & WALM (2013)	Bacias do Urucuia e Abaeté	Gravimetria, eletrorresistividade, eletromagnético.	Mapas temáticos; estimativas de espessuras do SAU e SAA; espessuras saturadas.
11	Regional	CBPM & CPRM (2015)	Oeste da Bahia	Magnetometria e gamaespectrometria	Mapas temáticos

É possível que se comprove a existência de espessuras sedimentares muito superiores àquelas atualmente consideradas, o que seria uma contribuição sem precedentes no conhecimento das reservas hídricas totais, garantindo as atividades já existentes e até mesmo viabilizando novas intervenções na área.



PRINCIPAIS ESTUDOS GEOFÍSICOS

Nº	NATUREZA DO TRABALHO	AUTOR	LOCAL	MÉTODO EMPREGADO	PRINCIPAIS CONCLUSÕES
01	Regional	DNPM/CPRM (1980)	Bahia	Gravimetria	Mapa gravimétrico Bouguer regional
02	Local	Lima (2000)	Rio do Cachorro	SEV	Profundidade do nível de saturação do aquífero; topografia do substrato do Urucuia; mapeamento de falhas normais.
03	Local	Amorim Jr. & Lima (2003)	Bacia do rio das Fêmeas	SEV	Qualidade de água; estruturação tectônica.
04	Local	Lima (2003)	Rios Arrojado e Formoso	SEV; IP domínio do tempo	Idem
06	Regional	Tschiedel (2004)	SAU	Eletromagnético	Modelamento do aquífero com três camadas distintas
07	Regional	Bomfim & Gomes (2004)	SAU	Gravimetria	Estimativa de espessuras até 1500 m; estruturação da bacia em horts e grabens.
08	Regional	Márcia Gaspar (2006)	SAU	Eletromagnético	Mapa de isópacas do SAU; Seções geológicas interpretadas
09	Regional	ANP (2008)	Bacia São Francisco Norte	Sísmica, gravimetria, magnetometria.	Mapas temáticos, seções sísmicas.
10	Regional	ENGEORPS & WALM (2013)	Bacias do Urucuia e Abaeté	Gravimetria, eletrorresistividade, eletromagnético.	Mapas temáticos; estimativas de espessuras do SAU e SAA; espessuras saturadas.
11	Regional	CBPM & CPRM (2015)	Oeste da Bahia	Magnetometria e gamaespectrometria	Mapas temáticos



CPRM
Serviço Geológico do Brasil



HIDROLOGIA

A área de estudo compreende três linhas básicas de ação: a instalação e operação de uma rede de monitoramento hidrometeorológico, hidroquímica superficial e os estudos hidrológicos propriamente ditos.

- Rede de monitoramento hidrometeorológico;
- Hidroquímica e isotopia de águas de superfície
- Regionalização de vazões – vazão média de longo termo e curva de permanência;
- Separação do escoamento;
- Estimativa de recarga;
- Elaboração de balanço hídrico;
- Fornecimento de informações hidrológicas para estudo de cenários futuros de escassez hídrica.



HIDROGEOLOGIA

A área de estudo compreende três linhas básicas de ação:

- Instalação e operação de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas;
- Hidroquímica e Isotopia;
- Levantamento hidrogeológico.

- Rede de Monitoramento;
- Cadastro de poços e nascentes;
- Cadastro de fontes potenciais de poluição;
- Testes de aquíferos;
- Coletas de amostras d'água;
- Análises físico-químicas, microbiológicas e isotópicas de águas;
- Delimitação de exutórios e zonas de recarga;
- Áreas de proteção de poços e nascentes;
- Definição de reservas, potencialidades e disponibilidades;
- Cenário atual de exploração das águas subterrâneas;
- Balanço Hidrogeológico;
- Cenários futuros de exploração.



CPRM
Serviço Geológico do Brasil



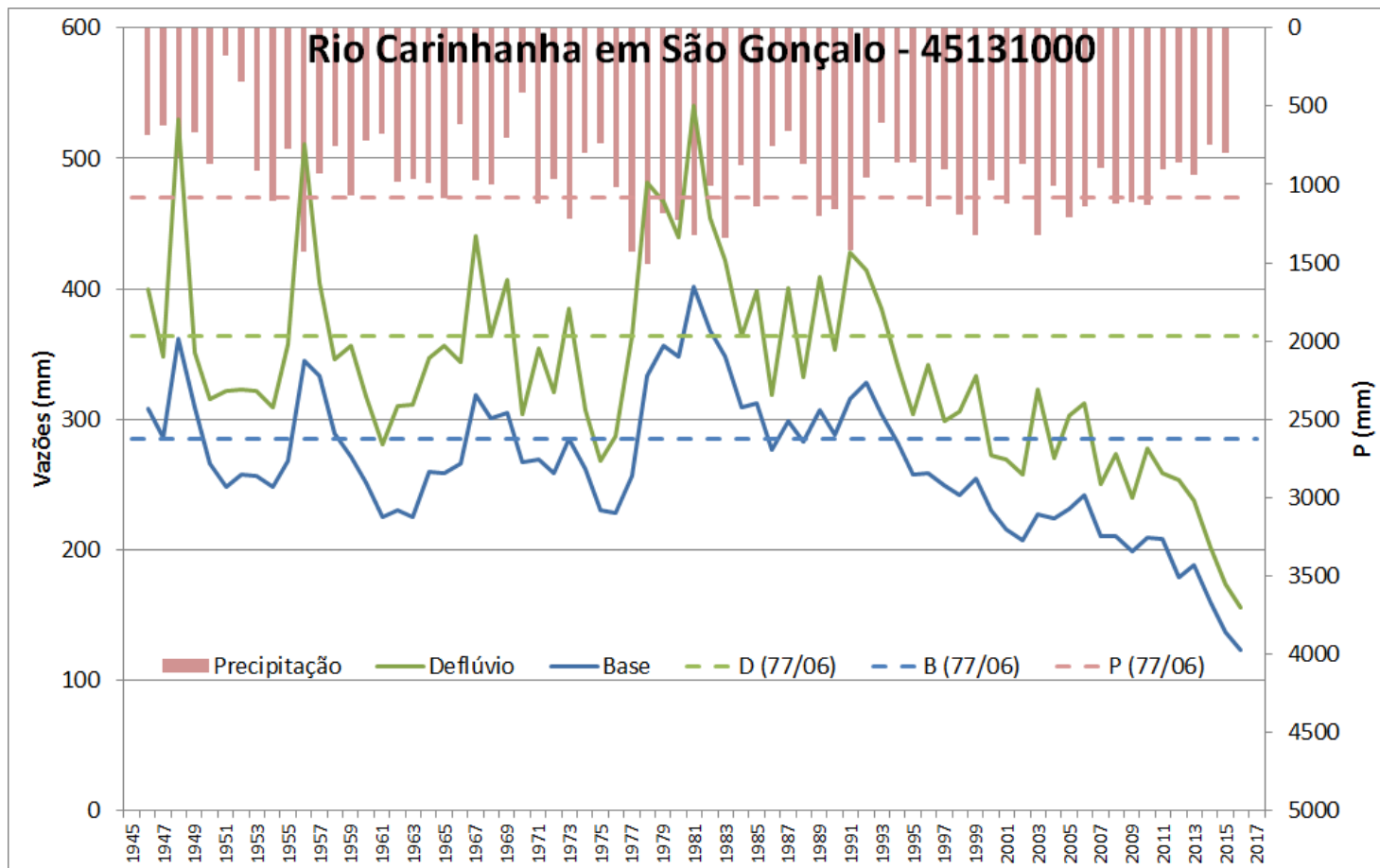
GESTÃO TERRITORIAL

A integração dos diversos temas e diagnósticos do meio físico propostos para a Caracterização

Territorial Estratégica do Urucua possibilitará o estabelecimento de premissas orientativas para a adoção de políticas de gestão ambiental dos recursos hídricos. Possibilitará também subsidiar a ampliação de políticas de gestão territorial com finalidade de reduzir impactos e danos ao ambiente.

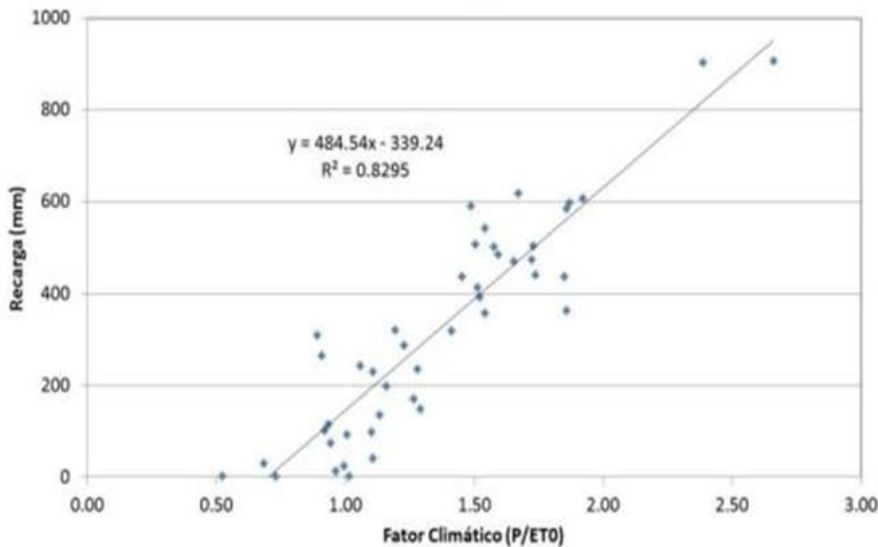
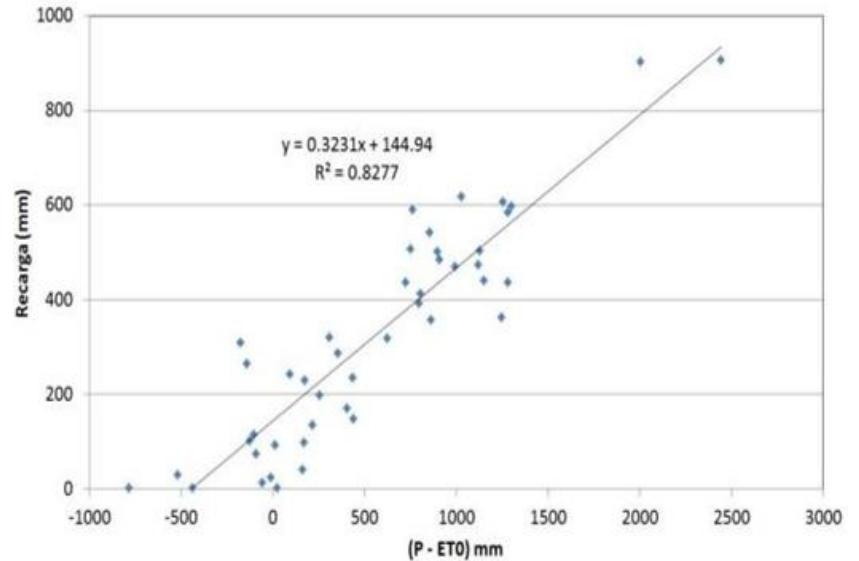
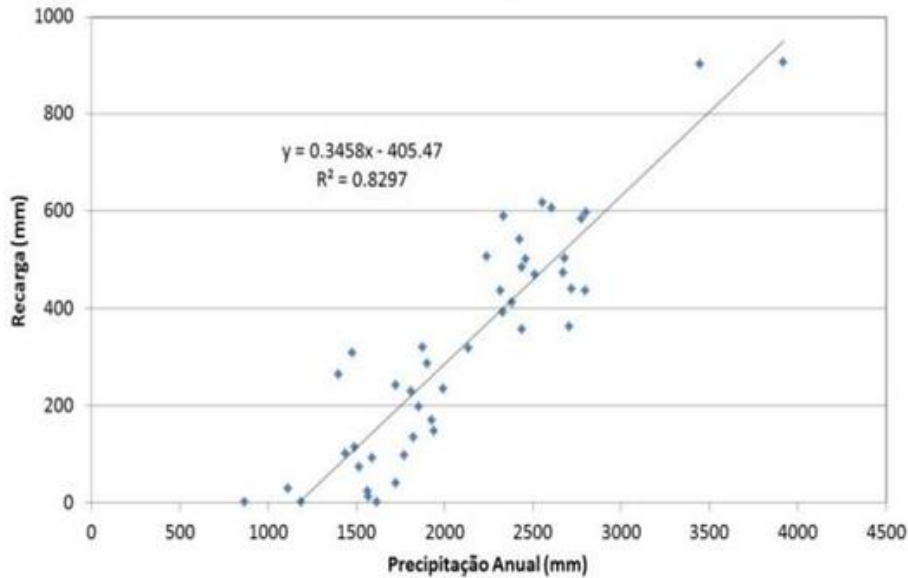
- Geomorfologia;
- Pedologia;
- Uso e Ocupação do Solo;
- Geoquímica Ambiental;
- Atlas Geoquímico Ambiental do Urucua;
- Ocorrências de Agrotóxicos e Defensivos Agrícolas em Solos e Águas Superficial e Subterrânea;
- Percolação de Contaminantes no Solo;
- Vulnerabilidade Natural e Riscos de Poluição.

ALGUMAS OBSERVAÇÕES JÁ POSSÍVEIS



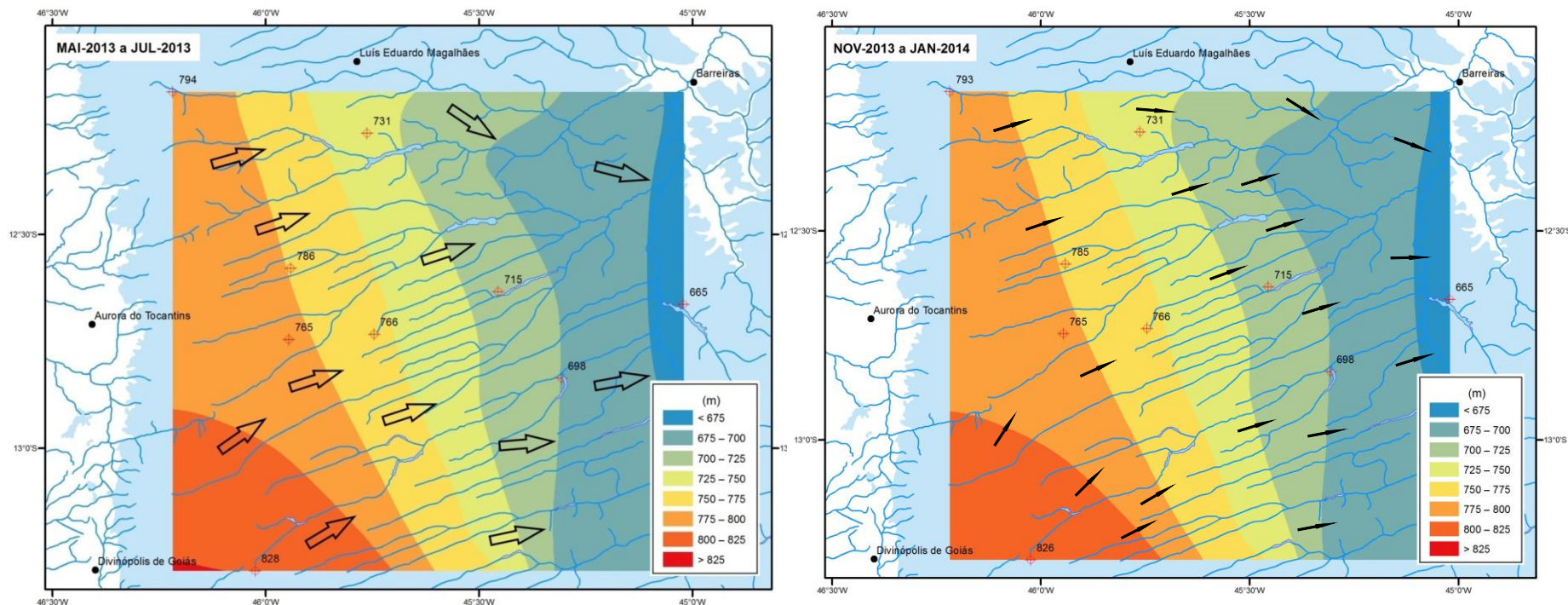
O deflúvio e o escoamento de base estão menores do que a média (1977 a 2006) nos últimos anos, parte por causa da diminuição da precipitação, parte por causa do aumento de usos.

O EXEMPLO DE SÃO LUÍS - MA



Dos gráficos acima, englobando altura de precipitações e evapotranspiração, se vê que chuvas inferiores a 1.200 mm não provocam recarga no aquífero, assim como se as relações entre ela e a evapotranspiração são também critérios limitantes a esta recarga.

RELAÇÕES ÁGUAS SUPERFICIAIS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

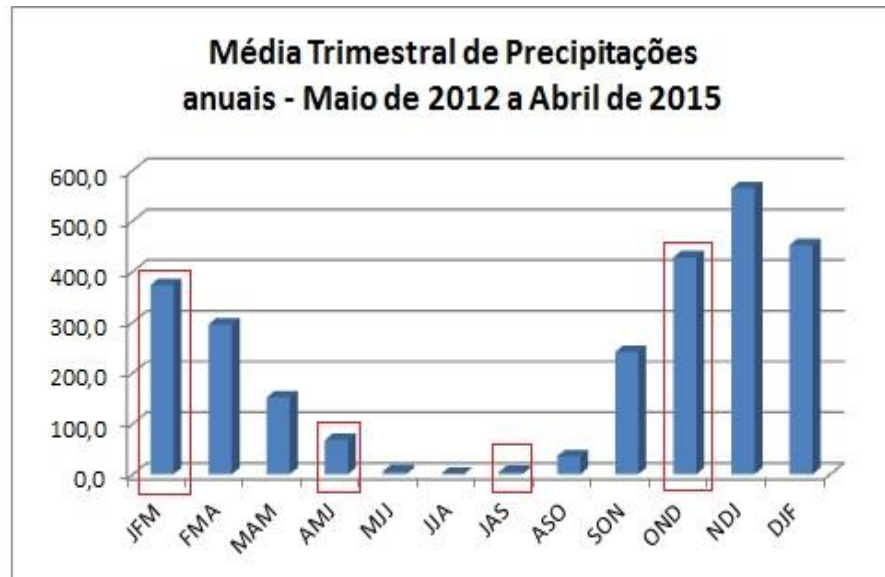


O fluxo de águas subterrânea se mostra paralelo ao das águas superficiais, nos períodos secos ou sob altas precipitações. As linhas de fluxo das águas subterrâneas não cruzam os principais cursos d'água de superfície.

Praticamente não ocorrem diferenças nos valores da carga hidráulica ou nas formas das equipotenciais. Cada rio funciona como uma barreira hidráulica, mostrando intensa troca de águas com o aquífero.



2900020679; 2900020680; 2900020682; 2900020683; 2900020688; 2900020689;
2900021797; 2900021798; 2900021799;



Estação PLU - Barreiras-BA

Ocorre um retardo de alguns meses entre o período chuvoso e as infiltrações, como decorrência da lenta percolação da água até atingir a zona saturada do aquífero.

Aos meses de maior pluviometria (outubro a março), correspondem as menores alturas potenciométricas. Nos meses mais secos ocorre um aumento das cargas hidráulicas, o que garante a perenidade dos rios.

RELAÇÕES ÁGUAS SUPERFICIAIS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



A equação do balanço hídrico, de forma simplificada, se reduz a:

$$P = Db + Etp + Esub + U, \text{ onde:}$$

P = Precipitação

Db = Descarga de base

Etp = Evapotranspiração

Esub = Escoamento subterrâneo

U = Uso da água (irrigação, poços, etc)

Analisando dados da RIMAS para todo o aquífero Urucuia, se encontra uma oscilação máxima de 2 m, entre as estações seca e chuvosa, representando o volume de água liberado pelo aquífero para os rios.

Considerando uma porosidade efetiva de 15% (Gaspar, 2006), é possível calcular o volume de água liberado, que seria de $4,26 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$, para uma área efetiva de 142.000 km^2 e de $3 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$, reduzindo esta área para 125.000 km^2 .

Esse volume se aproxima bastante dos valores calculados para o fluxo de base dos rios, por outros métodos e por outros autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão das mudanças climáticas relaciona-se intimamente com o problema do Urucuia, assim como a exploração desmedida de seus recursos hídricos.

Mantendo-se fixada a relação recarga/precipitação, qualquer variação neste última variável acarretará sérias consequências na recarga e nas cargas hidráulicas, o mesmo se podendo de afirmar sobre o consumo excessivo de água.

Desta forma, o projeto pretende sugerir várias medidas não estruturantes, como a adoção de políticas e regulamentos para o uso da água, medidas preventivas para atenuação dos efeitos de períodos longos de estiagens, ressaltando-se entre elas o estabelecimento de redes de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas, permitindo a previsão dos períodos de crise com antecedência.

Entre as ações estruturantes, ressaltam-se o fortalecimento da infraestrutura hídrica existente, a possível utilização de práticas de desvios de águas entre bacias, p. ex., e estudos de transposição de águas, situação que nos remete à revitalização do rio São Francisco, intrinsecamente ligada às águas do Aquífero Urucuia.

MUITO OBRIGADO!!!

joao.diniz@cprm.gov.br