



XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas
Bonito - MT

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

“BUSINESS INTELLIGENCE – BI”
**Aplicado à Gestão das Águas
Subterrâneas**

Frederico Cláudio Peixinho

Flávio Luis de Mello

23 a 26 de Outubro de 2012



CPRM
Serviço Geológico do Brasil

mpcomp

Mestrado Profissional em Computação Aplicada

Secretaria de
Geologia, Mineração e
Transformação Mineral

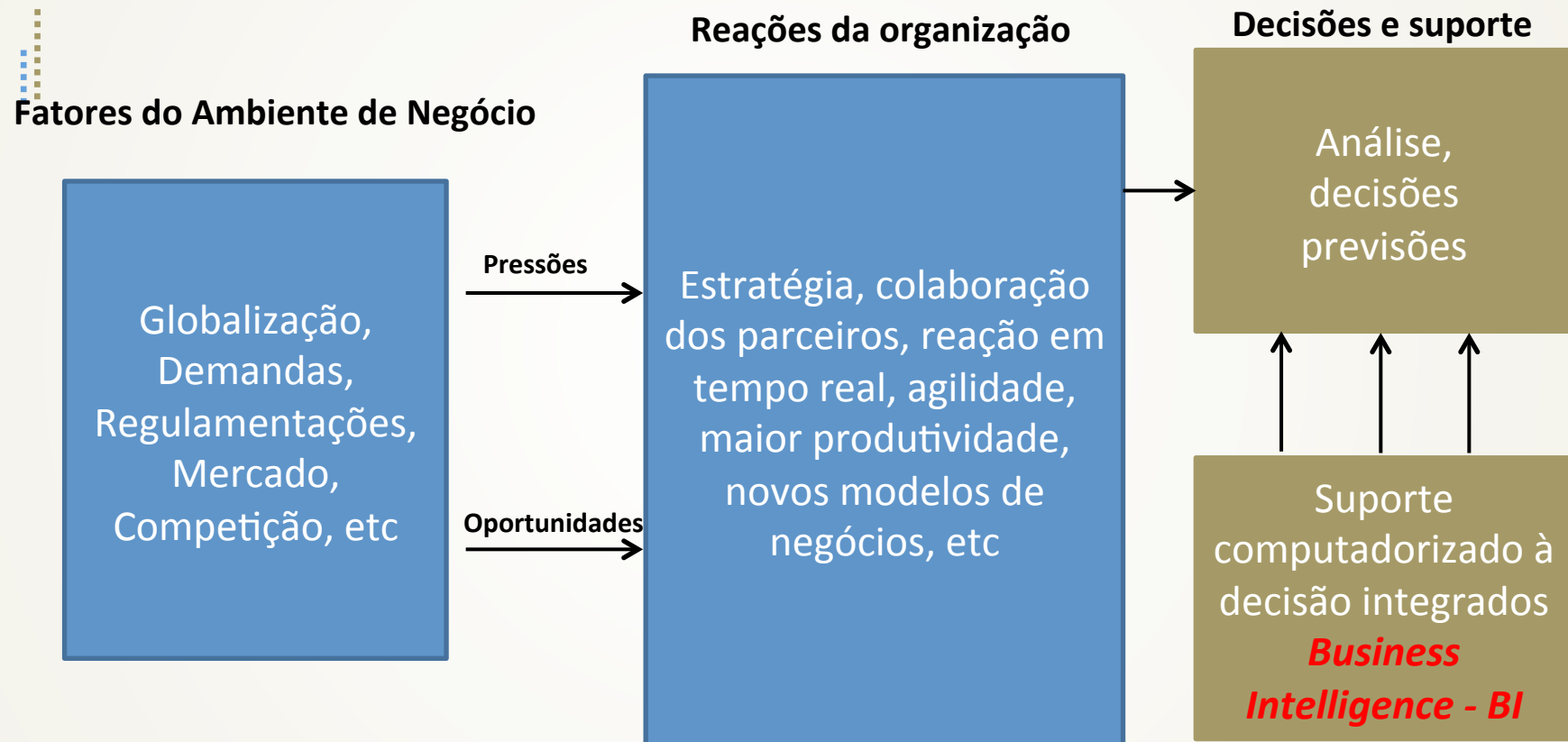
Ministério de
Minas e Energia

PAC PROGRAMA DE
ACELERAÇÃO DO
CRESCIMENTO

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

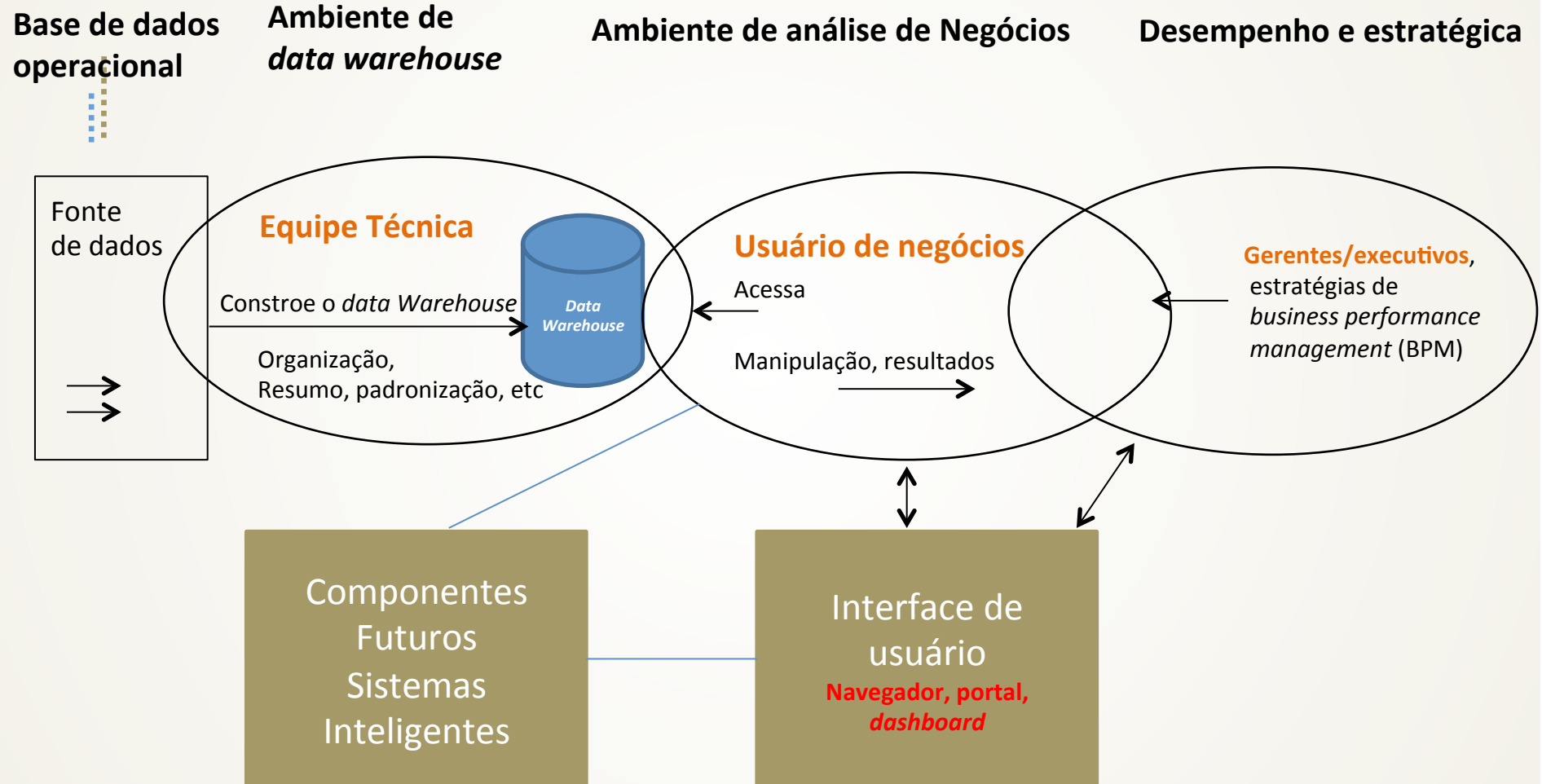
Ambiente de Negócio e Suporte Computadorizado à Decisão

Modelo de pressões – reações – suporte de negócios



Fonte: desenho de E. Turban

Arquitetura de Alto Nível do BI



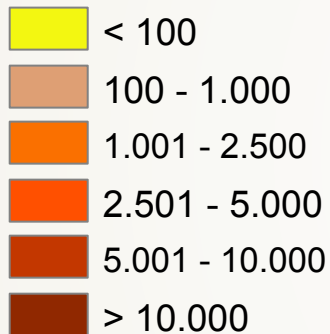
Fonte: desenho de E. Turban

Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS

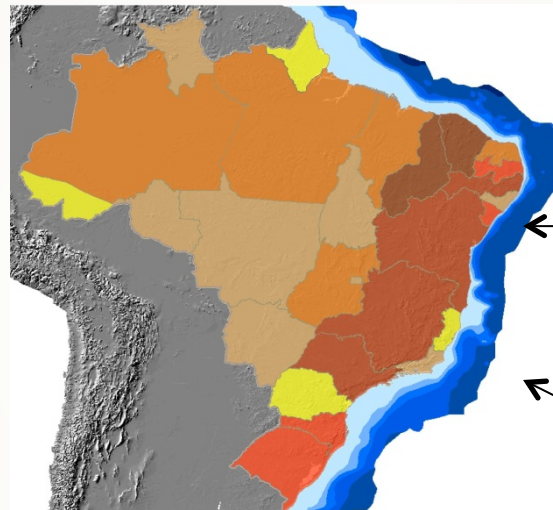
Fonte de Dados

Estatísticas do módulo web

223.733 poços



SIAGAS - Distribuição Nacional dos Poços



Fonte de Dados

Nível I – RIMAS

Nível II - Projetos SGB

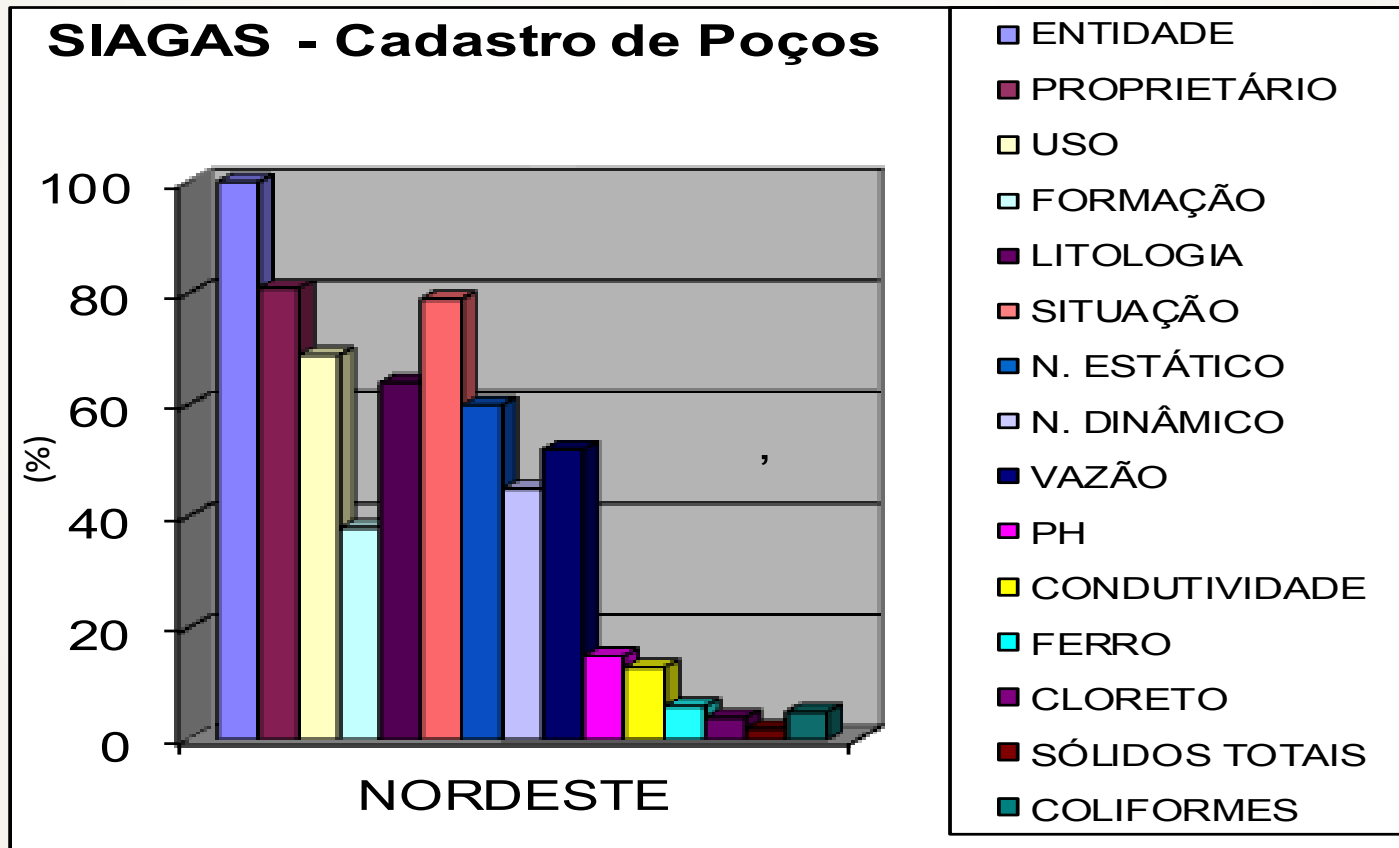
Nível III – Gestores

Nível IV Usuários Geral



Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – Base de Dados

Diagnóstico da Base de Dados



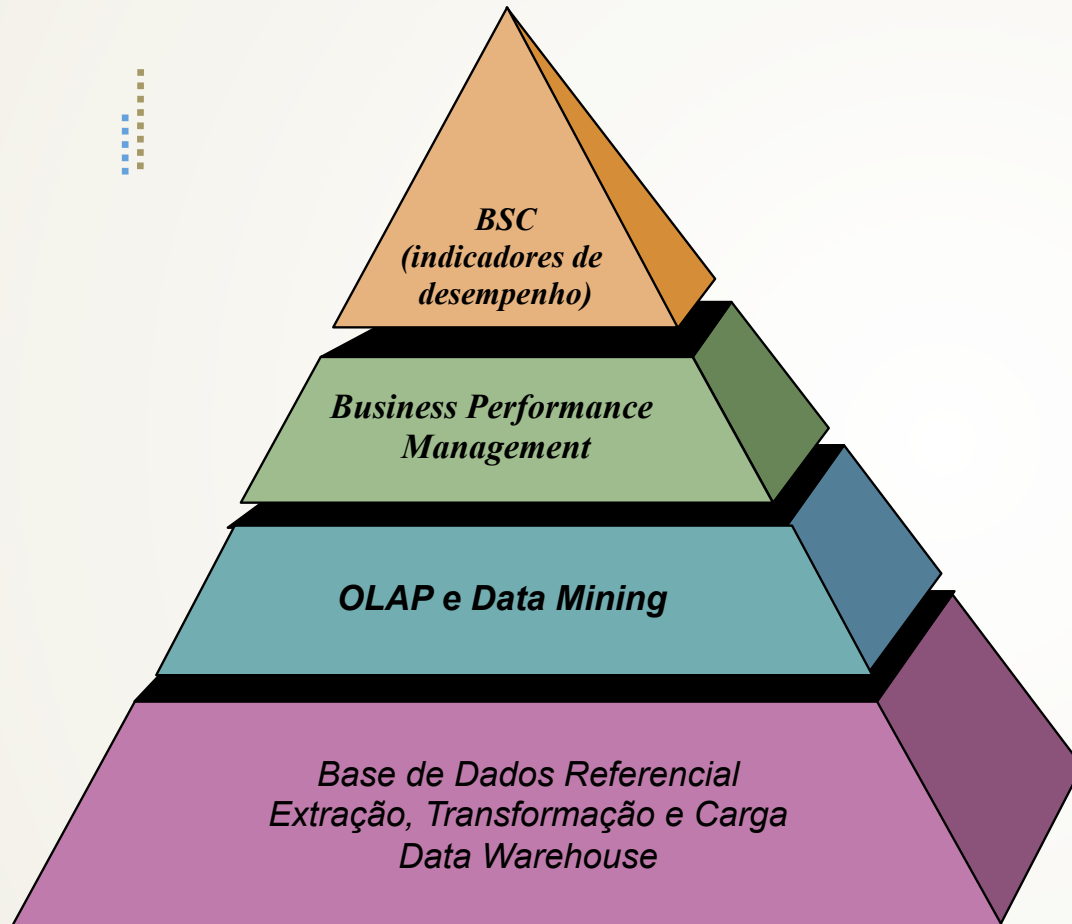
Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – Base de Dados

QUADRO GERAL DE ATRIBUTOS CADASTRADOS NA BASE DE DADOS DE POÇOS

ATRIBUTOS RELEVANTES	% ATRIBUTOS	ATRIBUTOS RELEVANTES POR USO			
		GESTÃO	ESTUDO	OFERTA	CONTAMINAÇÃO
Dados Gerais					
Código do Ponto	100%				
Coordenadas Geográficas	100%				
Município	100%				
Bacia	81%	X	X	X	X
Localidade	88%				
Proprietário	100%				
% Médio Atributo Cadastrado	95%				
Dados Geológico e Litológicos					
Formação Geológica	50%				
Litologia	51%	X	X		
% Médio Atributo Cadastrado	51%				
Dados Hidrodinâmico					
Nível Estático	60%				
Nível Dinâmico	47%				
Vazão	53%	X		X	
% Médio Atributo Cadastrado	53%				
Dados Hidroquímicos					
pH	15%				
Condutividade Elétrica	23%				
Sólidos Totais Dissolvidos	4%				
DBO	0%				
Cloretos	5%	X			X
Ferro Total	5%				
Coliformes Fecais	2%				
% Médio Atributo Cadastrado	8%				

Fonte: SIAGAS -Base de Dados Operacional

“BUSINESS INTELLIGENCE – BI “ APLICADO À GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



OBJETIVOS GERAIS

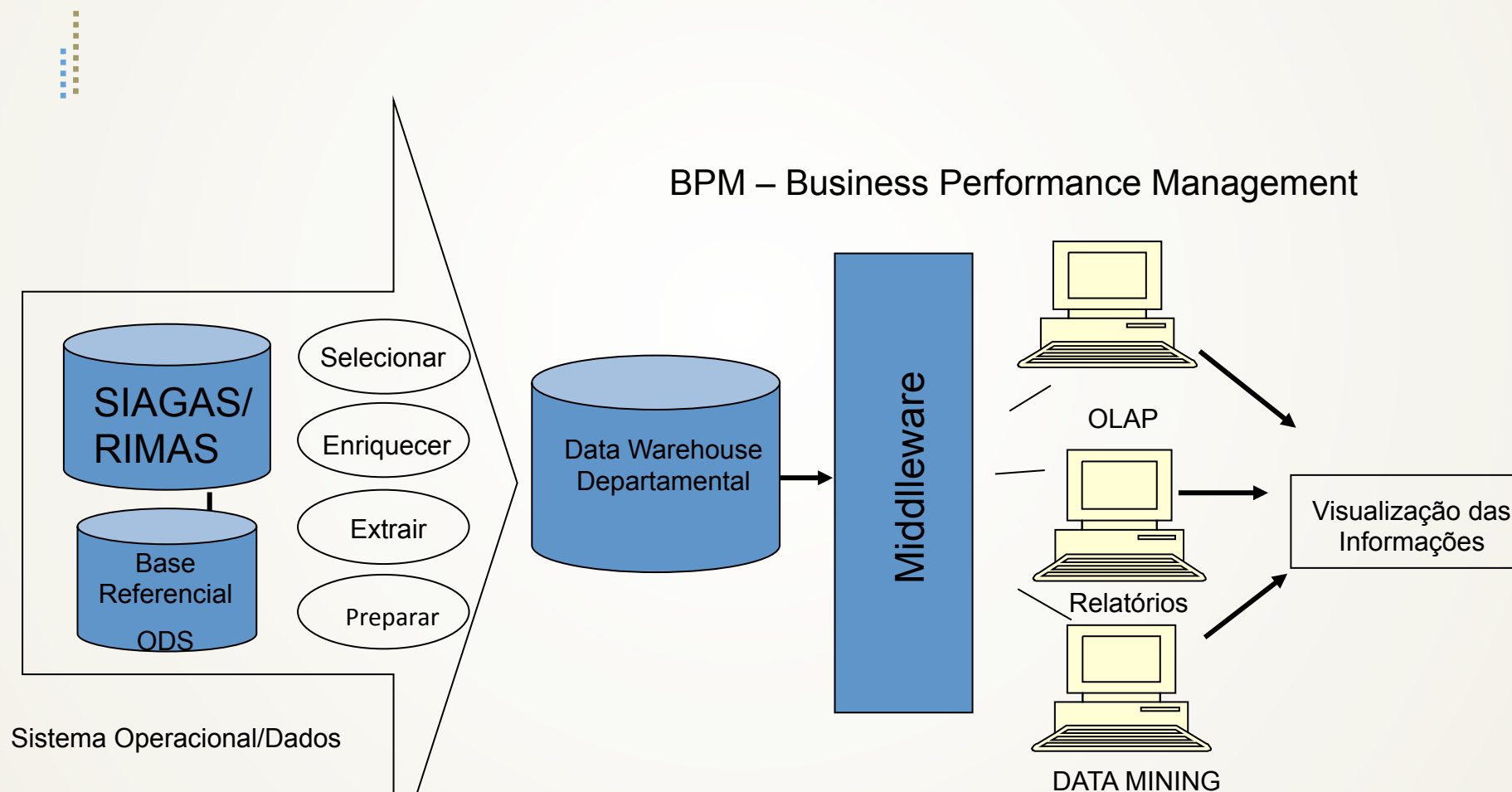
- Projetar um modelo conceitual de um Sistema de Apoio à Decisão-SAD, apoiado em *Business Intelligence – BI*, aplicado aos recursos hídricos subterrâneos;
- Estruturar uma Base de Dados Referencial (*Data Store Operacional*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer critérios para enriquecimento da base de dados;
- Simular a aplicação do SAD numa área piloto.

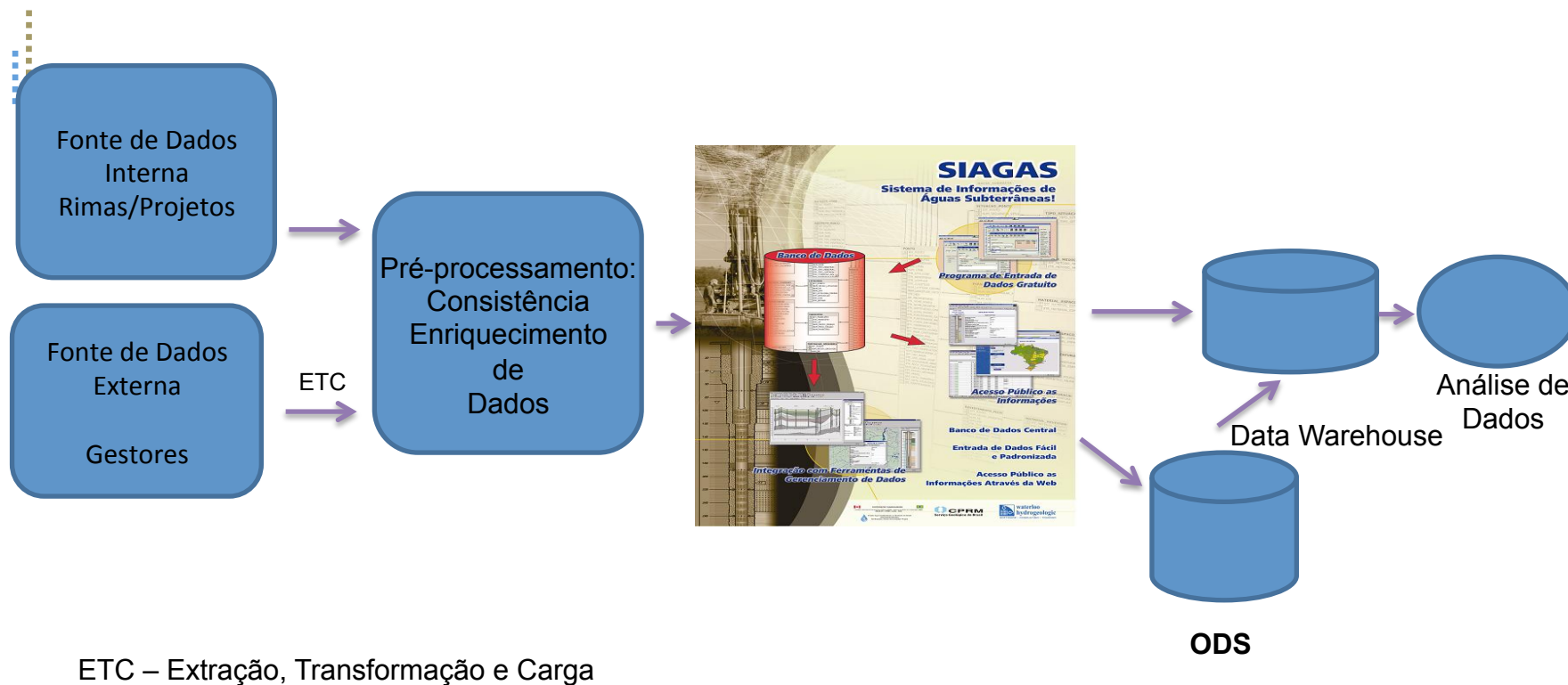
Sistema de Apoio à Decisão

Modelo Conceitual



Sistema de Apoio à Decisão

Arquitetura Integrada – Base Operacional – ODS – Data Warehouse



Sistema de Apoio à Decisão

Estudo de Caso - Rondônia

Estudo de Caso



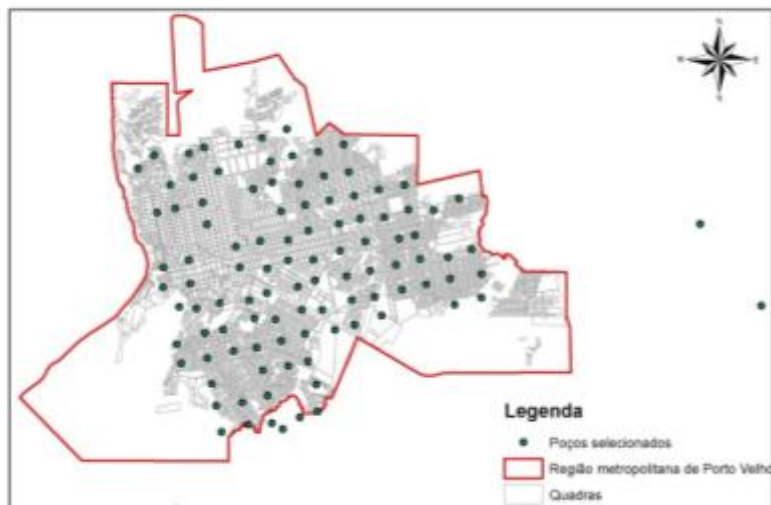
Mapa de Localização

Sistema de Apoio à Decisão

Estudo de Caso - Rondônia

Estudo de Caso

Localização dos Poços Tubulares de Porto Velho, RO



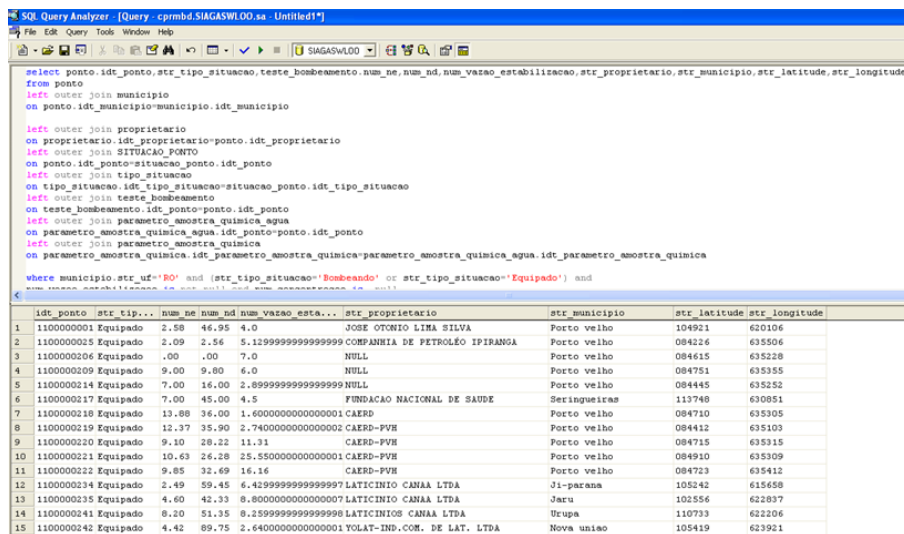
Etapas da Simulação

- *Pré-processamento*
- *Data Store Operacional- ODS*
- *Data Warehouse*
- *Análise do Negócio*
- *Business Performance Management – BMP*

Sistema de Apoio à Decisão Estudo de Caso - Rondônia

Estudo de Caso

Critério de Negócio



```
select ponto.idt_ponto, str_tipo_situacao, teste_bombeamento.num_ne, num_nd, num_vazao_estabilizacao, str_proprietario, str_municipio, str_latitude, str_longitude
from ponto
left outer join municipio
on ponto.idt_municipio=municipio.idt_municipio
left outer join proprietario
on proprietario.idt_proprietario=ponto.idt_proprietario
left outer join SITUACAO_PONTO
on ponto.idt_ponto=situacao_ponto.idt_ponto
left outer join tipo_situacao
on tipo_situacao.idt_tipo_situacao=situacao_ponto.idt_tipo_situacao
left outer join teste_bombeamento
on teste_bombeamento.idt_ponto=ponto.idt_ponto
left outer join parametro_amostra_quimica_agua
on parametro_amostra_quimica_agua.idt_ponto=ponto.idt_ponto
left outer join parametro_amostra_quimica
on parametro_amostra_quimica.idt_parametro_amostra_quimica_agua.idt_parametro_amostra_quimica_agua.idt_ponto
where municipio.str_uf='RO' and (str_tipo_situacao='Bombeando' or str_tipo_situacao='Equipado') and
num_vazao_estabilizacao is not null and num_vazao_estabilizacao > 0
```

idt_ponto	str_tipo...	num_ne	num_nd	num_vazao_esta...	str_proprietario	str_municipio	str_latitude	str_longitude
1	1100000001 Equipado	2.58	46.95	4.0	JOSE OTONIO LIMA SILVA	Porto velho	104921	620106
2	1100000025 Equipado	2.09	2.56	5.1299999999999999	COMPANHIA DE PETROLÉO IPIRANGA	Porto velho	084226	635506
3	1100000206 Equipado	.00	.00	7.0	NULL	Porto velho	084615	635228
4	1100000209 Equipado	9.00	9.00	6.0	NULL	Porto velho	084751	635355
5	1100000214 Equipado	7.00	16.00	2.8999999999999999	NULL	Porto velho	084445	635252
6	1100000217 Equipado	7.00	45.00	4.5	FUNDACAO NACIONAL DE SAUDE	Seringueiras	113748	630851
7	1100000218 Equipado	13.88	36.00	1.6000000000000001	CAERD	Porto velho	084710	635305
8	1100000219 Equipado	12.37	35.90	2.7400000000000002	CAERD-FVH	Porto velho	084412	635103
9	1100000220 Equipado	9.10	28.22	11.31	CAERD-FVH	Porto velho	084715	635315
10	1100000221 Equipado	10.43	26.28	25.5500000000000001	CAERD-FVH	Porto velho	084910	635309
11	1100000222 Equipado	9.85	32.49	16.16	CAERD-FVH	Porto velho	084723	635412
12	1100000234 Equipado	2.49	59.45	6.4299999999999997	LATICINIO CANAA LTDA	Ji-parana	105242	615658
13	1100000235 Equipado	4.60	42.33	8.8000000000000007	LATICINIO CANAA LTDA	Jaru	102556	622837
14	1100000241 Equipado	8.20	51.35	8.2599999999999998	LATICINIOS CANAA LTDA	Urupa	110733	622206
15	1100000242 Equipado	4.42	89.75	2.6400000000000001	YOLAT-IND. COM. DE LAT. LTDA	Nova uniao	105419	623921

Total de poços na base de dados : 1891

Pré-processamento

- **Consistência dos Dados**
 - Automática
 - Varredura
 - Recuperação

Software: SIAGAS/Moddad e Visual Poços

- **Enriquecimento de Dados**
 - Critério de Negócio
 - Poços enriquecidos: 291

SGBD: SQL Server 2.08

Sistema de Apoio à Decisão Estudo de Caso - Rondônia

Estudo de Caso

Tabela de Dados - ODS

SIAGAS - SISTEMA DE APOIO À DECISÃO OPERATIONAL DATA STORE - ODS ESTRUTURA TABELAS DE DADOS	
ATRIBUTOS	LAYOUT DOS DADOS
ALTITUDE_TERRENO	
nome_coleta	Descrição
IDT_PONTO	Identificador do ponto
NUM_SEQUENCIA_COTA	Número sequencial que compõe o chave primária
DAI_DATA	Data de medição da altitude do terreno
NUM_COTA_TERRENO	Indica o cota da superfície da terreno medida em metros da local do ponto
NUM_CORTE	Carta do terreno, marca diferença entre dois valores de cota quando houver rebaixamento do terreno
STR_METODO_MEDICAO	Nome do método utilizado para medir a altitude do terreno
AMOSTRA_AGUA	
nome_coleta	Descrição
IDT_PONTO	Identificador do ponto
NUM_SEQUENCIA_AMOSTRA	Número sequencial que compõe o chave primária
STR_NOME_AMOSTRA	Identifica o nome da amostra
DAI_DATA_COLETA	Data de coleta da amostra de água
NUM_VOLUME_ESGOTADO	Volume retirado da água antes da coleta de água para análise
NUM_PROFUNDIDADE	Profundidade da coleta da amostra de água
DAI_DATA_ANALISE	Data que a laboratório fez a análise química do material
STR_LABORATORIO	Nome do laboratório que efetuou a análise de água
STR_RESPONSAVEL	Nome do responsável pelo equipamento que efetuou a análise química, conforme laudo
STR_COR	Número de registro de classe de técnica responsável pela análise de água
STR_CONDICOES_CLIMATICAS	Condições climáticas durante a coleta do material (chuva, vento, etc)
STR_OBSERVACAO	Compara para observações que foram feitas no local
NUM_CONDUTIVIDADE_ELETRICA	Representa a capacidade em conduzir a corrente elétrica, relaciona a quantidade de elementos químicos dissolvidos na água medida em µM/cm ou µS/cm
NUM_COR	Significa a avaliação da qualidade da água medida baseando (latina cabalte - PTCO)
STR_CABOR	Significa a avaliação da cor da água
STR_ODOR	Representa a avaliação da qualidade da água, cuja condição de potabilidade não poderá aceitar o odor indesejado
NUM_TEMPERATURA	Representa uma característica física da água, relacionada com a profundidade da amostra medida em grau
STR_TURBIDEZ	Representa uma condição de qualidade de água para consumo humano. Ela é dada a presença de partículas em suspensão em suspensão
NUM_SOLIDOS_SUSPENSOS	Representa medida quantitativa em mg/l para técnicas gravimétricas de filtrar e analisar ou para técnicas em resina de troca iônica
NUM_SOLIDOS_SEDIMENTAVEIS	Representa medida quantitativa em mg/l por técnicas gravimétricas de filtrar e dimantivar de amostra orgânica ou inorgânica
STR_ASPECTO_NATURAL	Representa a presença ou ausência de cor, turbidez, odor em resina ou de partículas para avaliação quantitativa da qualidade da água
AQUIFERO	
nome_coleta	Descrição
IDT_AQUIFERO	Identificador do aquífero
STR_AQUIFERO	Nome que identifica aquífero
IDT_TIPO_EXTENSAO	Identificador da abrangência geográfica do aquífero
STR_TIPO_AQUIFERO	Identifica o tipo de aquífero (características, localização ou parâmetros)
AQUIFERO_PONTO	
nome_coleta	Descrição
IDT_PONTO	Identificador do ponto
IDT_AQUIFERO	Identificador do aquífero
NUM_SECAO_AQUIFERO	Número sequencial que compõe o chave primária
NUM_TOPO	Significa a profundidade da topografia do horizonte ou da camada aquífera medida em metros a partir da superfície
NUM_BASE	Significa a profundidade da base do horizonte ou da camada aquífera, medida em metros a partir da superfície
STR_TIPO_PENETRACAO_AQUIFERO	Nome do tipo de penetração aquífera
STR_TIPO_CAPTACAO_AQUIFERO	Identifica o tipo de captação do aquífero
STR_CONDICAO_AQUIFERO	Identifica a condição do aquífero (livre, confinado, semi-livre ou semi-confinado)

Data Store Operacional - ODS

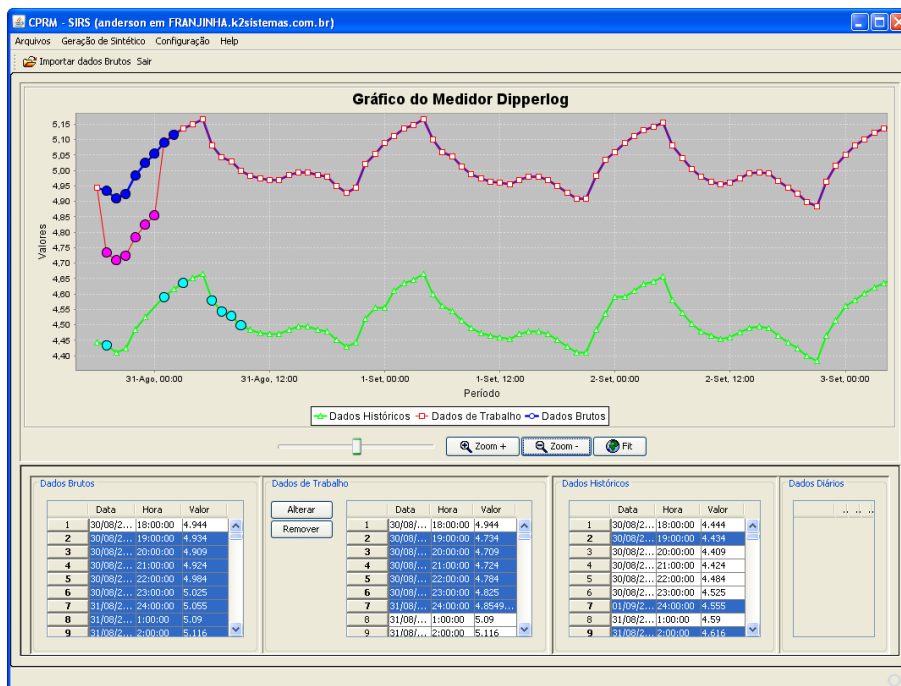
Etapas de Trabalho

- Adequação do modelo de dados
- Definição de estrutura de dados
- Carga dos dados no SIAGAS
- Extração de dados para o ODS
- Disponibilização de dados

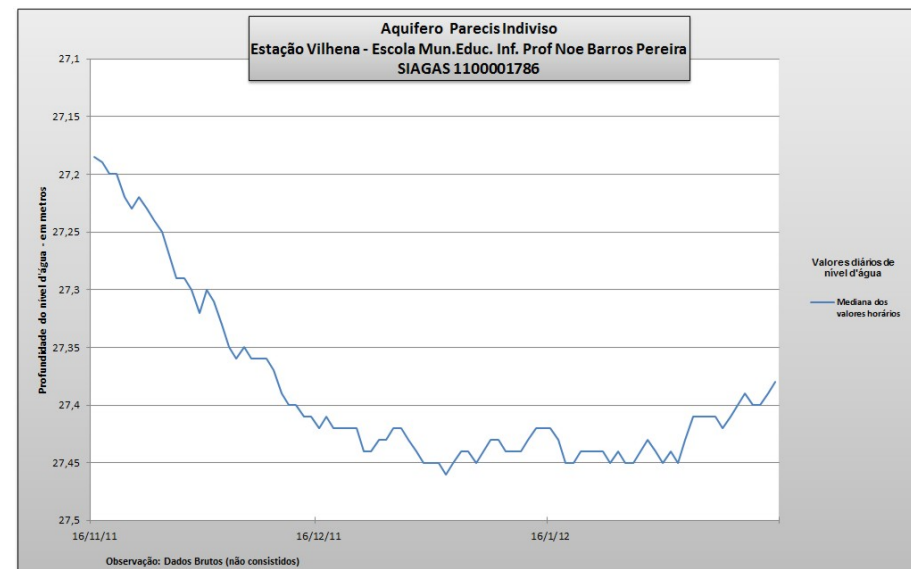
Sistema de Apoio à Decisão Estudo de Caso - Rondônia

Estudo de Caso

Migração dos Dados RIMAS-SIAGAS



RIMAS – Nível d'água - Vilhena



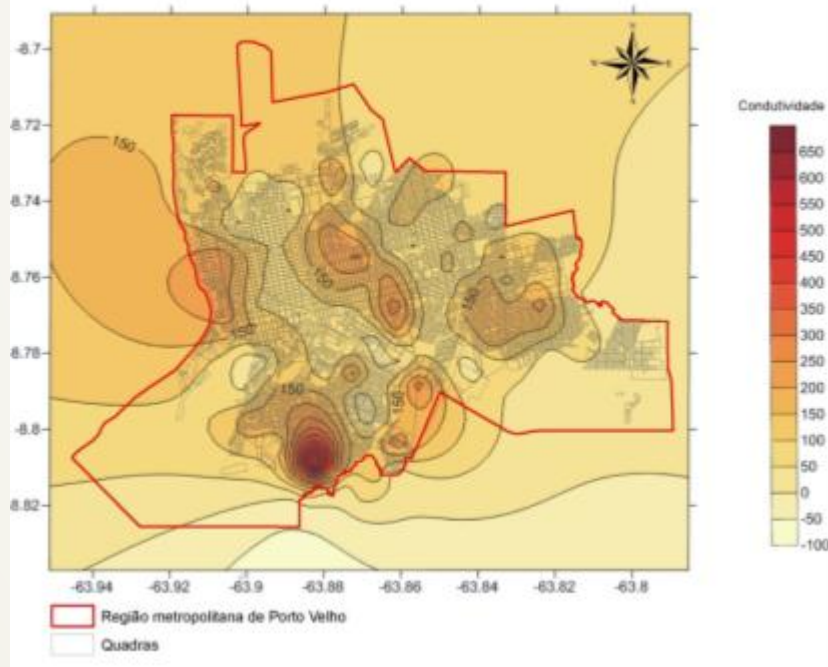
Sistema de Apoio à Decisão

Estudo de Caso - Rondônia

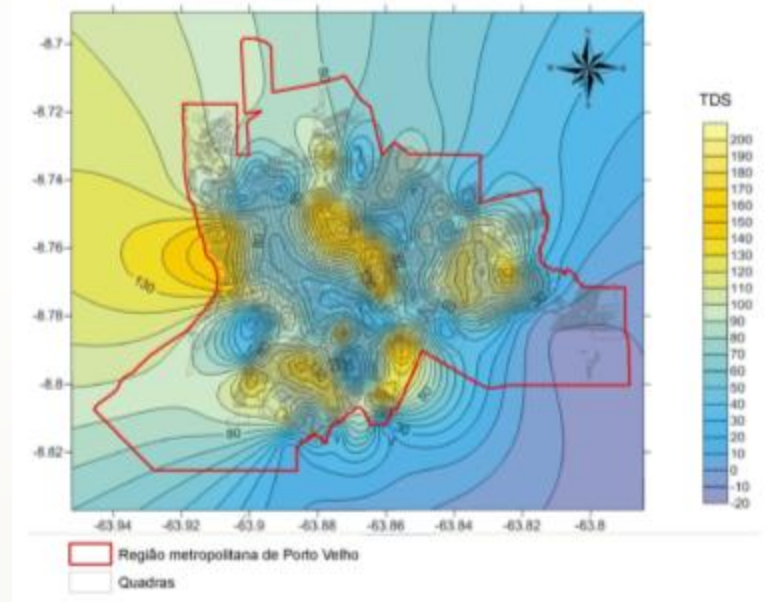
Estudo de Caso

Análise do Negócio e Visualização de Dados Relatórios

Isovalores de Condutividade na Águas Subterrâneas de Porto Velho, RO



Isovalores de Sólidos Totais Dissolvidos na Águas Subterrâneas de Porto Velho, RO

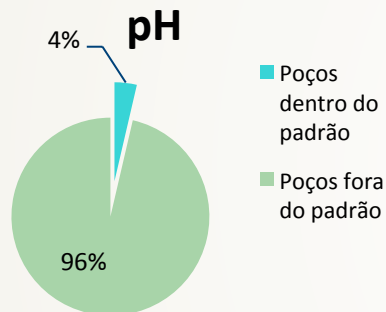


Sistema de Apoio à Decisão

Estudo de Caso - Rondônia

Estudo de Caso

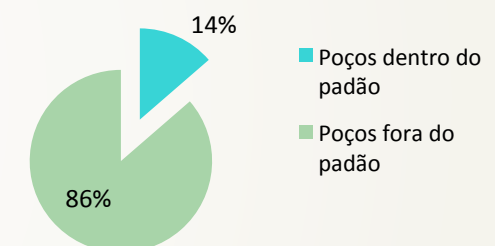
Análise do Negócio e Visualização de Dados Tratamento Estatístico



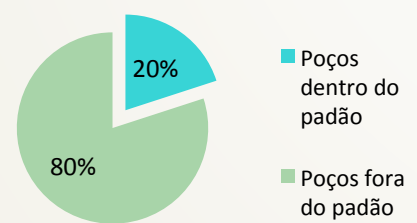
Base de Dados

ID	Nome	Localização	Profundidade	Diâmetro	Material	Observações
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

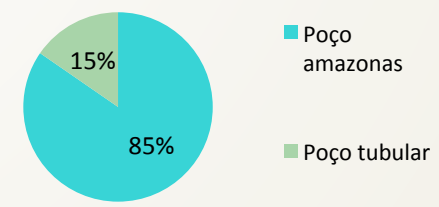
Condutividade Elétrica



Oxigênio Dissolvido



Baixa Qualidade



Obs: Dados Preliminares

Sistema de Apoio à Decisão

Estudo de Caso - Rondônia

Estudo de Caso

Business Management Performance – BPM

Indicador de Desempenho

KPI Balanced Scorecard

PAC 2011				POSIÇÃO EM 15 JUL 2011				
ACOMPANHAMENTO DA EXECUÇÃO POR PROJETO								
Centro Custo	DESCRIÇÃO	FONTE	ORGÃO EXECUTOR	TOTAL ANO Orçado	ATÉ A DATA			STATUS
					Orçado	SISPAC	Δ%	
4002.041	Gestão e Administração da Ação Levantamento Hidrogeológico	142	DEHID	53.783,00	39.100,00	38.933,05	100%	
4003.041	Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado de Águas Subterrâneas	142	DIHEXP	3.600.000,00	2.043.744,29	2.010.086,68	98%	
4004.041	Operação Interinstitucional da Rede de Dados de Águas Subterrâneas	142	DEHID	40.000,00	26.200,00	374,80	1%	
4005.041	Disponibilidade Hídrica do Brasil - Mapa Hidrogeológico do Brasil	142	DIHEXP	700.000,00	429.874,00	333.773,86	78%	
4004.042	Administração de Base de Dados Hidrogeológica	142	DIHEXP	50.000,00	32.100,00	30.000,00	93%	
4005.042	Estudos Hidrogeológicos B. Representativas e Experimental - Região Serrana-RJ	142	DIHEXP	60.000,00	44.008,00	42.081,58	96%	
4005.043	Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudo para Caracterização de Retenção de Água de Solo	142	DIHEXP	48.162,00	37.222,00	24.724,00	66%	
4004.044	Modernização e Aperfeiçoamento do SIAGAS	142	DEHID	30.000,00	23.600,00	24.824,08	105%	
4005.044	Pesquisa Hidrogeológica em Bacias Sedimentares do Nordeste Brasileiro	142	DIHEXP	380.000,00	244.511,00	230.025,93	94%	
4005.047	Compartimentação Qualitativa das Águas Subterrâneas das Rochas Cristalinas-Nordeste	142	DIHEXP	81.000,00	74.000,00	0,00	0%	
ERJ - FONTE 142				5.042.945,00	2.994.359,29	2.734.823,98	91%	
4004.251	Coleta, Consistência, Aliment. e Difusão de Informações Hidrogeológicas	142	SUREG/MA	71.135,00	48.256,00	29.722,86	62%	
4004.261	Coleta, Consistência, Aliment. e Difusão de Informações Hidrogeológicas	142	REPO	42.050,00	24.590,00	39.350,00	160%	
4005.261	Qualidade de Água Subterrânea na Região Metropolitana de Porto Velho	142	REPO	42.909,00	28.709,00	29.310,00	102%	
REPO - FONTE 142				84.959,00	53.299,00	68.660,00	129%	

Sistema de Apoio à Decisão

Estudo de Caso - Rondônia

Estudo de Caso

Business Management Performance – BPM

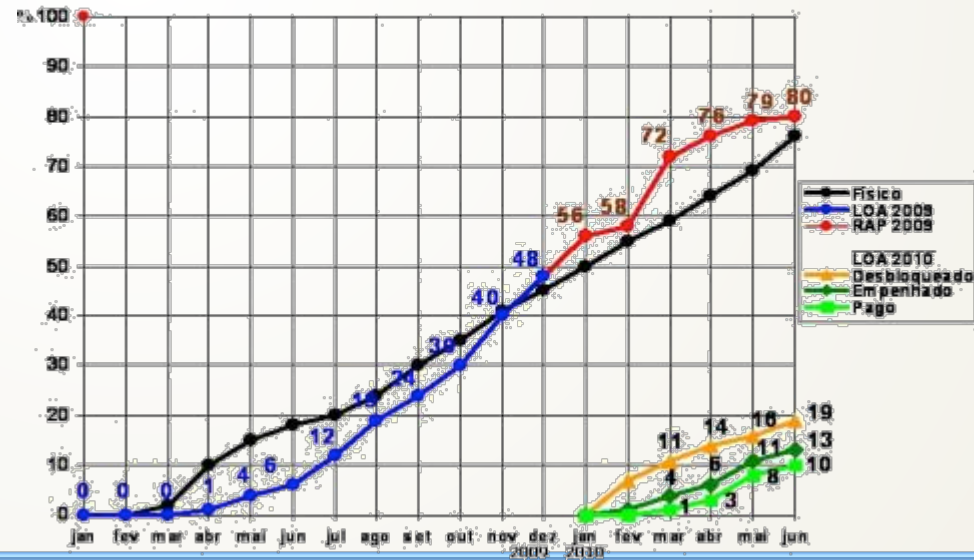
Indicador de Desempenho

% de execução



KPI Balanced Scorecard

Levantamentos Hidrogeológicos



RESULTADOS

RESULTADOS INICIAIS

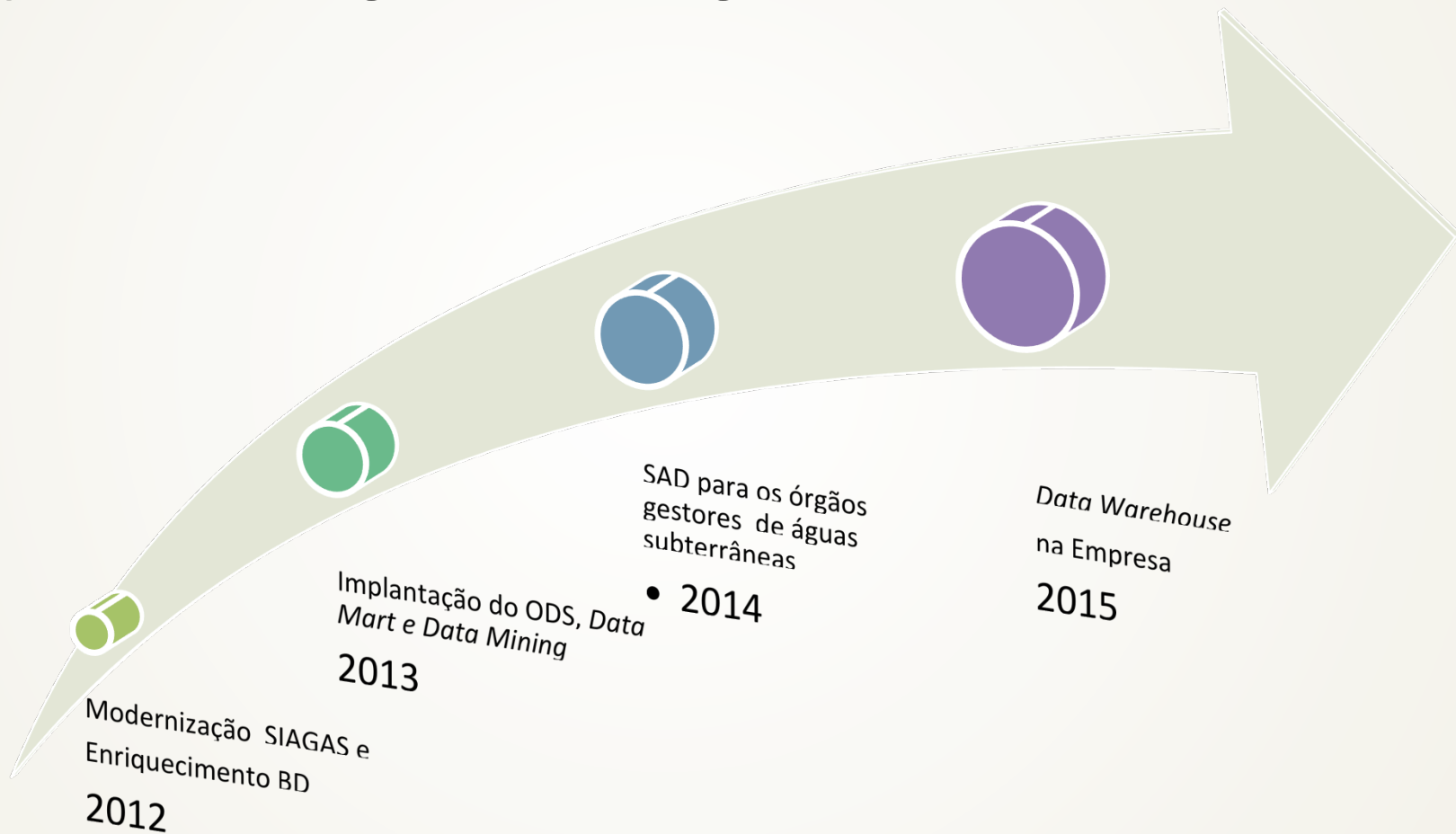
- Estratégia Tecnológica para fidelização do Cliente – Modelo de Negócio;
- Enriquecimento da Base de Dados - Critério de Negócio;
- Modernização do SIAGAS /RIMAS - ETL, Consultas e Ferramentas OLAP;
- Aplicação do SAD em área Piloto;
- Publicações técnico-científicas sobre o tema

APROFUNDAMENTO DA PESQUISA

- Aperfeiçoar as técnicas de consistência de dados;
- Desenvolver mecanismo para integração de dados de várias fontes;
- Aplicar técnicas de mineração de dados, na área de hidrologia;
- Aperfeiçoar os mecanismos que proporcionem mais efetividade e qualidade no fornecimento de dados para o SAD.
- Pesquisa IQA Regional para Águas Subterrâneas;

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Ações Estratégicas de Longo Prazo – Visão do Autor



Serviço Geológico do Brasil – CPRM

OBRIGADO!

Frederico Cláudio Peixinho
frederico.peixinho@cprm.gov.br

Flávio Luiz de Mello
fmello@del.poli.ufrj.br

www.cprm.gov.br



 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de
Geologia, Mineração e
Transformação Mineral

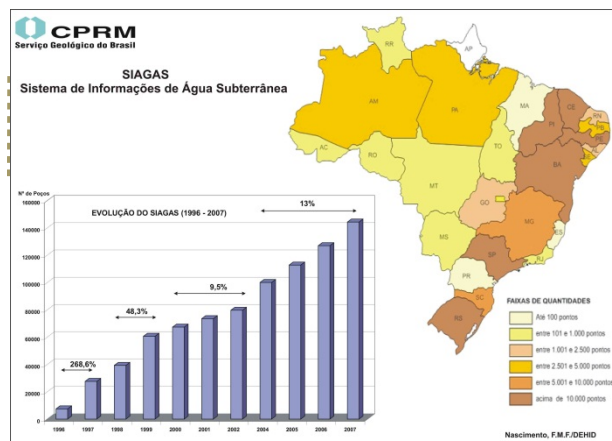
Ministério de
Minas e Energia

**mpcomp**
Mestrado Profissional em Computação Aplicada

**PAC** PROGRAMA DE
ACELERAÇÃO DO
CRESCIMENTO

GOVERNO FEDERAL
**BRASIL**
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Metodologia e Estratégia de Ação

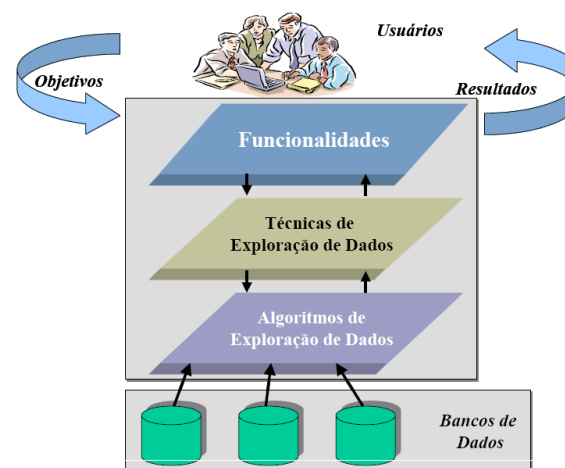


O Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS

- Histórico – 1996 a 2011
- Base de Dados – 205.000 poços
- Aplicações: Estudos e Gestão

Sistema de Apoio a Decisão – SAD

- Base Referencial (Pré-Processamento de Dados)
- ETL e Data Warehouse;
- OLAP e Data Mining (Análise do Negócio)
- Business Performance Management - BPM
Scorecard e Dashboard



Sistema de Apoio à Decisão

Estudo de Caso - Rondônia

Estudo de Caso

Dados Gerais do Projeto



Indicador de Desempenho: Bairros Assistidos

Benefícios: Educação Ambiental e ETE's compactas

Área Urbana: 150 km²

População: 426.558

População com abastecimento de água: 40%

População atendida com rede de esgoto: <10%

Aquífero: Jaciparaná

Objetivo Geral

Conhecimento Hidrogeológico

Melhoria da Qualidade de Vida Local

Objetivos Específicos

Mapeamento da Qualidade da Água

Caracterização Física do Aquífero

Realização de Análise Química

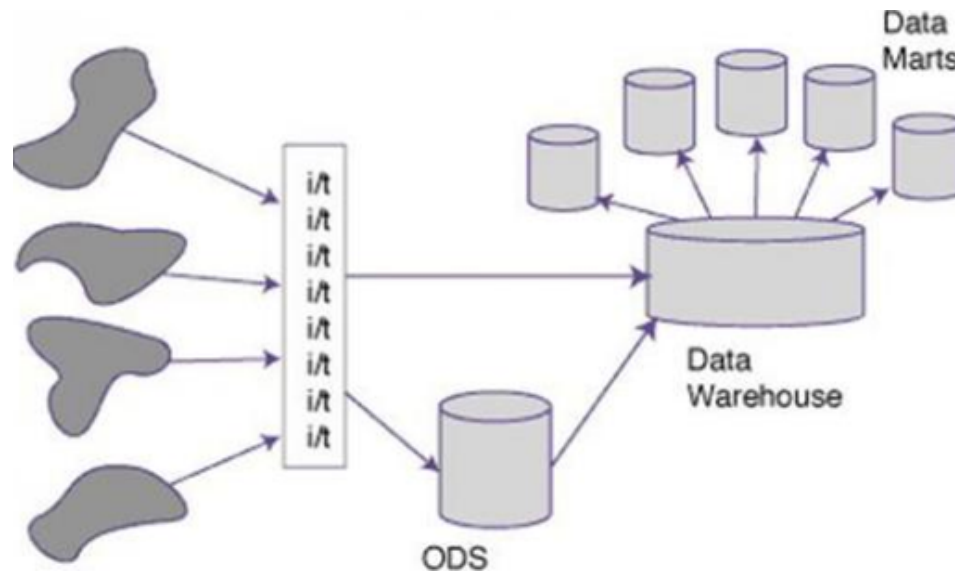
Produtos:

Mapa isovalores de condutividade elétrica

Mapa de isovalores de nitratos

Mapa de isovalores de cloretos

Base Referencial - Data Store Operacional - ODS



- Integrado
- orientado por assunto
- Volátil
- “current-valued” – valores atuais

ODS – Duplo papel: operacional e SAD

OLAP – Características, Arquitetura e Estratégia de Ação

OLAP – Gera relatórios dinâmicos para a área estratégica, tática e operacional. Essência: rapidez, a sumarização e análise flexível

Operações:

drill Across – pula um nível intermediário na mesma dimensão

drill Down – aumenta o nível de detalhe da informação

drill Up - diminui o nível de detalhe da informação

drill Trough – passa de uma dimensão para outra

Slice and Dice – armazena dados em microcubos. Trocar linhas por colunas

Ferramentas ; MOLAP, ROLAP, HOLAP, DOLAP e WOLAP

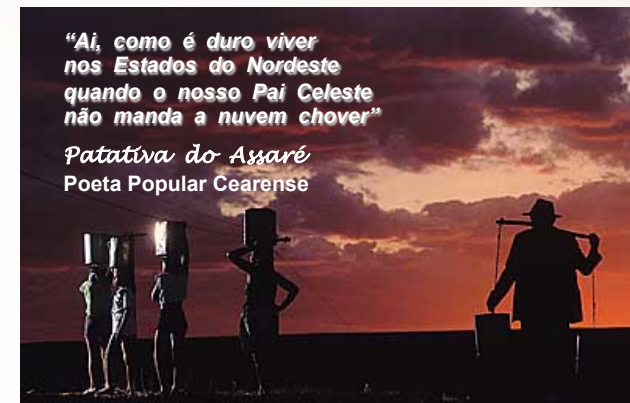
Servidores OLAP: Options da Oracle, Analysis Services 2005 da Microsoft

A água, um bem vital e estratégico

Principais Desafios em Recursos Hídricos no Brasil

- **Escassez de água**

- **Enchentes e secas**



*"Ai, como é duro viver
nos Estados do Nordeste
quando o nosso Pai Celeste
não manda a nuvem chover"*

*Patativa do Assaré
Poeta Popular Cearense*

- **Conflitos de uso**

- **Contaminação das águas**