



## Sistema de Monitoramento de Poços Tubulares

**Pedro Antonio Roehe Reginato <sup>1</sup>, Marcos Imério Leão <sup>1</sup>, Fernando Pons da Silva <sup>2</sup>, Carlos Alvin Heine <sup>3</sup>**

<sup>1</sup>DHH/IPH/UFRGS ([imerio@iph.ufrgs.br](mailto:imerio@iph.ufrgs.br); [pedro.reginato@ufrgs.br](mailto:pedro.reginato@ufrgs.br))

<sup>2</sup> JUPER Indústria Mecânica Ltda ([fernando@juper.com.br](mailto:fernando@juper.com.br))

<sup>3</sup> DEPEDE/SURHMA, CORSAN ([CARLOS.HEINE@corsan.com.br](mailto:CARLOS.HEINE@corsan.com.br))

### Resumo

Este trabalho apresenta um sistema de monitoramento de poços tubulares que permite a coleta de informações hidrogeológicas em tempo real, a avaliação e controle da produção de poços, proporcionando uma melhor gestão dos recursos hídricos. O desenvolvimento desse sistema faz parte dos projetos HIDROFRAT e PRODESAS, que tem como objetivo o estudo de aquíferos fraturados e o desenvolvimento de ferramentas para gestão da água subterrânea. O sistema permite a coleta, armazenamento e análise de diferentes parâmetros como: níveis de água, vazão, capacidade específica, rebaixamento e volume explotado. Os resultados obtidos com a implantação do sistema, num poço piloto, permitiram avaliar o funcionamento dos diferentes módulos e mostraram que o sistema pode ser utilizado no monitoramento de poços tubulares.

Palavras-chave: monitoramento, poços tubulares, aquíferos fraturados.

Área Temática: Recursos Hídricos

### Abstract

*This work presents a monitoring system of tubular wells that allows the collection of hydrogeological informations in real time, the evaluation and control of the production of wells, providing a better management of the water resources. The development of this system makes part of the projects HIDROFRAT and PRODESAS, which takes as objectives the study of fractured aquifers and the development of tools for management of the groundwater. The system allows the collection, storage and analysis of different parameters: levels of water, flow, specific capacity, drawdown and exploited volume. The results obtained with the introduction of the system, in a well pilot, they allowed to value to functioning of the different modules and showed that the system can be used in the monitoring of tubular wells.*

Key words: monitoring, tubular well, fractured aquifers.

Theme Area: Water Resources



## 1 Introdução

Neste artigo é apresentado um sistema de monitoramento de poços tubulares, que foi desenvolvido, com o objetivo de gerar uma ferramenta que possibilite a coleta de informações hidrogeológicas em tempo real, o conhecimento do comportamento hidráulico de poços que estão sendo bombeados e uma correta gestão da água subterrânea.

O monitoramento da quantidade e qualidade da água extraída de poços é ponto fundamental para uma correta operação dos poços, para compreensão do comportamento dos aquíferos e para uma correta gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

O desenvolvimento desse sistema faz parte dos projetos denominados de “Hidrogeologia de Aquíferos Fraturados (HIDROFRAT)” e “Projeto de Desenvolvimento de Sistemas para Gestão de Águas Subterrâneas (PRODESAS), desenvolvido pela USP, UFRGS, UNB, UFES, financiado pela FINEP (CT-HIDRO 01/2010), apoiado pela CORSAN e empresa JUPER Indústria Mecânica Ltda.

Esse sistema está em fase de testes (foi instalado num único poço até o momento) e será implantado numa rede de poços, operada pela CORSAN, no município de Carlos Barbosa (RS). Todos os poços dessa rede captam água de aquíferos fraturados, portanto com a implantação desse sistema, será possível acompanhar a produção dos poços e avaliar o comportamento desses aquíferos.

## 2 Aquíferos Fraturados e o Monitoramento de Poços Tubulares

Segundo Machado e Freitas (2005), na região de Carlos Barbosa, há ocorrência do Sistema Aquífero Serra Geral II. Esse sistema é caracterizado por aquíferos fraturados que estão associados às rochas vulcânicas ácidas e básicas da Formação Serra Geral e apresentam porosidade, predominantemente, por fraturas.

Conforme Reginato et. al. (2010), os aquíferos fraturados associados as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, são condicionados pelas estruturas tectônicas (sistemas de fraturas) e pelas estruturas presentes nos derrames (zonas vesiculares a amigdalóides, de brechas vulcânicas e de diáclases). Em função disso, esses aquíferos são anisotrópicos e apresentam valores de transmissividade, capacidade específica e vazões baixas (em geral, as vazões são inferiores a  $10\text{m}^3/\text{h}$ ). Como esses aquíferos são fraturados e anisotrópicos, os mesmos tendem a apresentar comportamentos diferenciados, que podem alterar quando esses aquíferos são explotados. Assim, o regime de produção e os parâmetros hidrodinâmicos, definidos pelos ensaios de bombeamento, podem sofrer alterações com o passar do tempo, podendo gerar processos de superexploração. Em função disso, os poços tubulares localizados em aquíferos fraturados, devem ser monitorados, pois com esse monitoramento será possível avaliar o comportamento hidráulico dos poços e com isso, promover uma otimização e melhor gestão da água subterrânea.

O monitoramento dos poços tubulares deve englobar a coleta, o armazenamento, a análise e a interpretação dos dados, pois com isso será possível tomar decisões relativas a exploração, desenvolvimento e gerenciamento das águas subterrâneas (Mestrinho, 2008).

Conforme Giampá et. al. (2006), o monitoramento de poços tubulares, além de fornecer dados que podem ser utilizados na avaliação do comportamento dos aquíferos, permite a identificação de problemas que podem surgir nos poços com a contínua exploração. Esses problemas podem estar relacionados a obstrução de seções filtrantes, quedas de vazão, defeitos no equipamento de bombeamento, alterações na qualidade de água , entre outros. Em geral, os parâmetros hidrogeológicos que devem ser monitorados são os seguintes: vazão ( $Q$  em  $\text{m}^3/\text{h}$ ), níveis de água (NE e ND em m), regime de funcionamento (h/dia), rebaixamento ( $s = ND - NE$  em m) e capacidade específica ( $Q/s$ ).



## 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

De acordo com o Decreto 42.047 de 26 de dezembro de 2002 (Rio Grande do Sul, 2002), os usuários de água subterrânea devem dotar os poços ou outras formas de captação com equipamentos de medição de volume extraído e níveis de água, bem como devem manter registro do volume extraído, do nível e da qualidade das águas.

Em função disso, o sistema de monitoramento de poços, apresentado nesse trabalho, tem por objetivo coletar, armazenar e transmitir dados, que serão utilizados no estudo do comportamento dos aquíferos fraturados, na avaliação do regime de exploração dos poços e na identificação de problemas que possam surgir com a operação continua dos poços. Esse sistema atende a legislação e permitirá uma melhor gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

### 3 Metodologia

A metodologia empregada no desenvolvimento desse trabalho envolveu diferentes etapas relacionadas com a seleção dos poços, desenvolvimento e implantação do sistema de monitoramento.

A seleção dos poços foi realizada, tendo como base os seguintes critérios:

- poços tubulares que captam água de aquíferos fraturados;
- poços que devem estar em operação e pertencem a uma companhia de abastecimento;
- poços que apresentam dados geológicos, construtivos, hidrogeológicos (ensaios e projetos de bombeamento) e de qualidade de água (análises químicas).

Em função disso, foram selecionados 12 poços tubulares, localizados no município de Carlos Barbosa, que são operados pela CORSAN para a obtenção de água subterrânea que é utilizada no abastecimento do município.

Na etapa de desenvolvimento foi realizada a construção do sistema de monitoramento, denominado de “Sistema Integrado de Gestão de Águas Subterrâneas (SIGAS)”. O sistema é responsável pela coleta, envio e armazenamento de dados e possui os seguintes módulos:

- Armazenamento e Tabulação de Dados: esse módulo tabula os dados dos seguintes parâmetros: níveis de água, vazão, capacidade específica, rebaixamento, volume explotado, entre outros. Permite também, o controle da demanda do sistema, possibilitando realizar o balanço e a programação mais eficiente do horário de bombeamento. Possui também, um módulo específico que realiza o controle das características qualitativas da água (controle do pH e condutividade);
- Controle On-line do Poço ou Sistema de Poços: módulo que indica o status de funcionamento e realiza um comparativo dos dados observados pelo sistema com os dados projetados, sinalizando situações de anomalias ou discrepância entre os dados;
- Conferência e Validação dos Dados Recebidos: módulo que permite a avaliação dos dados recebidos pelos coletores, de modo a filtrar eventuais distorções, erros ou anomalias, evitando problemas de distorções nas bases de dados. Os dados filtrados são cadastrados em separado para posterior avaliação pelo gestor ou usuário do sistema. Pode ser pré-configurado na instalação, permitindo sua atualização pelo próprio usuário;
- Acesso Imediato as Tabelas e Gráficos Previamente Configurados: esse módulo permite a apresentação dos dados na forma de tabelas e gráficos que pode ser feito para um período a ser determinado pelo usuário (dia, semana, mês, etc..). Deste modo, os gestores ou usuários poderão, rapidamente, selecionar o período desejado e montar os gráficos de diferentes parâmetros hidrogeológicos
- Acesso ao Sistema Via Site Dedicado com Controle de Acesso: esse módulo permite o acesso aos dados, de qualquer lugar que possua acesso a Internet.
- Armazenamento e Controle dos Dados Cadastrais: essa função permite o armazenamento de dados construtivos, dos equipamentos instalados, dos procedimentos administrativos, inclusive da Outorga.



A coleta dos dados é feita através de Cavaletes de Monitoramento JUPER, linha Well Cap integrados com a linha de produtos Well Control, que são instalados nos poços tubulares. Esses cavaletes atendem às normas NBR 12.212 e 12.244 da ABNT e permitem ao usuário atender as operacionalidades que um sistema de abastecimento demanda. Os dados coletados são transmitidos e captados pelas seguintes formas: porta serial RS485 via cabo; porta serial RS232 com captura manual; transmissão de dados via rádio freqüência para coletor receptor; coletor manual de rádio freqüência GP5000 e via GPRS (via modem para site dedicado).

Esse sistema foi implantado num poço tubular piloto, visando avaliar o desempenho do mesmo e a existência de algum problema na coleta, armazenamento e transmissão de dados.

## 4 Resultados

Os resultados apresentados nesse trabalho consistem dos dados coletados no poço piloto onde o sistema foi instalado para teste.

Na figura 1 é apresentada parte da janela do programa SIGAS, onde estão registrados os níveis de água máximos e mínimos monitorados no poço, durante diferentes dias.

Figura 1 – Dados de níveis máximos e mínimos de água registrados em diferentes dias

SIGAS - Sistema Integrado de Gerenciamento de Águas Subterrâneas - [SIGAS - Tabela Mensal]

Arquivo Configurar Ajuda

Salvar no Excel

Sair

Coletar Dados

Salvar Dados

Exportar Dados

Controle Diário

Controle Mensal

Controle Anual

Gráficos

Seleciona:

Data: 25/11/2010

Código do Poço: PÇ530.02

Nível	Vazão	Volume	Cap. Esp.	Corrente	Média	Mínima	Máxima							
Data / Hora	0 hs	1 hs	2 hs	3 hs	4 hs	5 hs	6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs
18/11/2010														
19/11/2010	37,73 m	37,55 m	7,03 m	5,09 m	4,27 m	3,75 m	3,51 m	3,28 m	3,28 m	2,98 m	2,98 m	5,22 m	5,37 m	5,28 m
20/11/2010	38,26 m	37,96 m	37,67 m	37,50 m	37,50 m	37,96 m	36,21 m	35,80 m	12,89 m	5,85 m	5,33 m	5,36 m	5,30 m	5,34 m
21/11/2010	36,32 m	36,09 m	35,91 m	35,85 m	6,56 m	5,15 m	5,09 m	5,23 m	5,23 m	32,10 m	12,65 m	30,46 m	5,26 m	8,84 m
22/11/2010	38,37 m	38,20 m	37,85 m	35,91 m	35,44 m	35,15 m	12,42 m	5,97 m	5,27 m	5,17 m	5,20 m	5,26 m	5,34 m	5,25 m
23/11/2010	38,55 m	38,02 m	36,21 m	35,68 m	35,62 m	35,62 m	6,91 m	5,39 m	5,14 m	5,21 m	5,20 m	5,16 m	5,22 m	5,23 m
24/11/2010	32,69 m	33,45 m	33,63 m	33,75 m	33,75 m	33,98 m	34,27 m	34,21 m	6,56 m	5,27 m	5,29 m	30,41 m	5,21 m	5,21 m
25/11/2010	38,84 m	38,37 m	37,96 m	37,79 m	37,73 m	35,91 m	35,68 m	35,44 m	9,14 m	5,85 m	5,30 m	5,30 m	5,34 m	5,34 m
26/11/2010	39,37 m	36,03 m	35,74 m	35,39 m	35,15 m	6,44 m	5,19 m	5,25 m						

SIGAS - Sistema Integrado de Gerenciamento de Águas Subterrâneas - [SIGAS - Tabela Mensal]													
Arquivo Configurar Ajuda													
 Coletar Dados		 Salvar Dados		 Exportar Dados		 Controle Diário		 Controle Mensal		 Controle Anual		 Gráficos	
Nível	Vazão	Volume	Cap. Esp.	Corrente	Média	Mínima	Máxima						
	Data / Hora	0 hs	1 hs	2 hs	3 hs	4 hs	5 hs	6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs
	18/11/2010												
	19/11/2010	37,44 m	7,03 m	5,09 m	4,27 m	3,75 m	3,51 m	3,10 m	2,92 m	2,87 m	2,69 m	2,46 m	1,32 m
	20/11/2010	1,16 m	1,16 m	1,08 m	1,06 m	1,11 m	1,08 m	1,10 m	1,17 m	1,24 m	1,45 m	1,32 m	1,33 m
	21/11/2010	1,17 m	1,16 m	1,16 m	1,11 m	1,10 m	1,14 m	1,11 m	1,16 m	1,23 m	1,25 m	1,26 m	1,26 m
	22/11/2010	1,12 m	1,07 m	1,04 m	1,08 m	1,04 m	1,06 m	1,16 m	1,21 m	1,21 m	1,25 m	1,31 m	1,32 m
	23/11/2010	1,14 m	1,14 m	1,13 m	1,11 m	1,11 m	1,16 m	1,11 m	1,16 m	1,21 m	1,20 m	1,23 m	1,23 m
	24/11/2010	1,16 m	1,16 m	1,17 m	1,13 m	1,16 m	1,10 m	1,13 m	1,19 m	1,26 m	1,31 m	1,31 m	1,28 m
	25/11/2010	1,19 m	1,19 m	1,18 m	1,14 m	1,18 m	1,14 m	1,17 m	1,23 m	1,30 m	1,31 m	1,35 m	1,35 m
	26/11/2010	1,21 m	1,24 m	1,20 m	1,19 m	1,18 m	1,24 m	1,20 m	1,23 m				



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Na figura 2 é apresentada parte da janela do programa SIGAS com o registro das vazões máximas explotadas, durante diferentes dias.

Figura 2 – Dados de Vazões Máximas e Mínimas registrados em diferentes dias.

The screenshot shows the SIGAS software interface with a menu bar (Arquivo, Configurar, Ajuda) and a toolbar with icons for 'Coletar Dados', 'Salvar Dados', 'Exportar Dados', 'Controle Diário', 'Controle Mensal', and 'Gráficos'. A calendar shows the date as March 15, 2010. On the right, a 'Seleciona:' panel shows 'Data: 25/11/2010' and 'Código do Poço: PÇ530.02'. The main area displays a table of data for November 18-26, 2010, with columns for Nível, Vazão, Volume, Cap. Esp., Corrente, Média, Mínima, and Máxima, and rows for specific dates and time intervals (0 to 13 hours).

Nível	Vazão	Volume	Cap. Esp.	Corrente	Média	Mínima	Máxima	0 hs	1 hs	2 hs	3 hs	4 hs	5 hs	6 hs	7 hs	8 hs	9 hs	10 hs	11 hs	12 hs	13 hs	
	Data / Hora																					
	18/11/2010																					
19/11/2010	55200	54300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60200	60100	59900		
20/11/2010	60000	60500	61100	60800	60800	61200	61200	61500	62200	62200	61500	61600	61000	61000	61000	61000	61000	61000	61000	61000	61000	
21/11/2010	62500	62500	61500	61200	62300	62300	61200	61600	61600	61500	61300	61500	61600	60400	60400	60400	60400	60400	60400	60400	60400	
22/11/2010	61100	60200	61600	61600	60500	61600	61200	61100	61700	62000	62800	61400	60900	61800	61800	61800	61800	61800	61800	61800	61800	
23/11/2010	62300	62300	62200	61300	61300	61200	60600	61500	61300	60300	61500	61400	60800	61400	61400	61400	61400	61400	61400	61400	61400	
24/11/2010	60400	62600	62100	60400	60700	60900	61200	64500	61400	62200	61800	60900	61400	61400	61400	61400	61400	61400	61400	61400	61400	
25/11/2010	61400	61700	61200	60900	60900	62500	61800	61400	61400	61500	62100	62000	61300	61300	61300	61300	61300	61300	61300	61300	61300	
26/11/2010	62200	62200	61000	61600	62800	62800	61300	62800														

Nas figuras 1 e 2 observa-se que os dados coletados e armazenados no sistema, podem ser consultados através de tabelas, sendo que cabe ao usuário definir o período e o intervalo de tempo a ser analisado.

Embora tenham sido apresentados, somente, os dados de nível e vazão, o sistema permite gerar tabelas para os outros parâmetros (volume e capacidade específica), conforme pode ser observado na barra de ferramentas, apresentadas nas figuras 1 e 2.

A análise dos diferentes parâmetros, registrados nessas tabelas, permite a avaliação do comportamento hidráulico do poço, do regime de exploração, da ocorrência de problemas que afetam os parâmetros monitorados (obstrução de seções filtrantes, quedas de vazão, entre outros), proporcionando um melhor controle e gestão dos recursos hídricos. Essas tabelas podem ser apresentadas em relatórios, como os que são solicitados nos processos de Outorga.

Na figura 3 são apresentadas as janelas do programa SIGAS com a representação gráfica dos níveis de água e vazões monitorados. Esses gráficos podem ser gerados para os outros parâmetros, como volume e capacidade específica.

A análise da variação do nível de água permite a avaliação do comportamento desses níveis (quando o poço está em regime de produção ou repouso) e a comparação com o nível estático e dinâmico do projeto de bombeamento. Essa análise é de grande importância, pois através dela, podem ser identificados problemas de operação, como os gerados pela superexploração.

A análise da variação da vazão permite avaliar o regime de exploração para diferentes períodos, bem como a ocorrência de problemas no poço, na bomba ou no próprio aquífero (alterações provocadas em função da anisotropia).

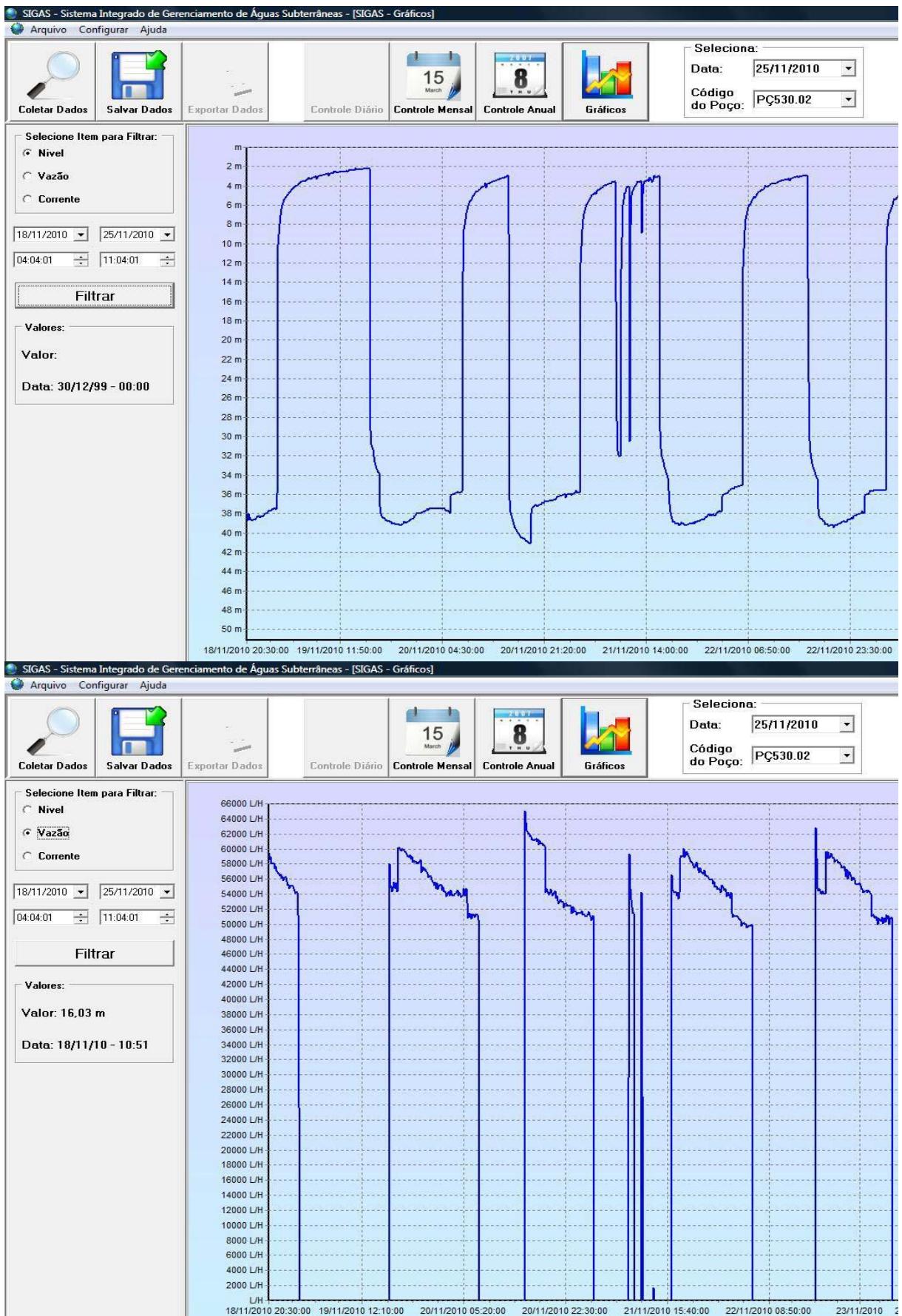
Esses gráficos também podem ser utilizados em relatórios, como os solicitados nos processos de Outorga.



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Figura 3 - Gráfico da Variação do nível de água e vazão para diferentes períodos.





## 5 Conclusões

O Sistema Integrado de Gestão de Águas Subterrâneas (SIGAS) é uma ferramenta de grande importância para o monitoramento de poços tubulares, pois permite a avaliação em tempo real de diferentes parâmetros como níveis de água, vazão, capacidade específica, rebaixamento, corrente, volume explotado, pH e condutividade. A análise desses dados permite a avaliação do regime de produção dos poços, do aquífero e uma melhor gestão dos recursos hídricos.

Os resultados obtidos com a implantação do sistema num poço piloto permitiram avaliar a operacionalidade de todos os módulos e funções disponíveis e mostraram que o sistema pode ser utilizado no monitoramento de poços tubulares.

## Referências

GIAMPÁ, C.E.Q.; GONÇALVES, V.; GONÇALES, V.G. Operação e Manutenção de Poços Tubulares. In: GIAMPÁ, C.E.Q.; GONÇALES, V.G. (Editores). Águas Subterrâneas e Poços Tubulares Profundos. 1ª Edição. São Paulo. Editora Signus. 502p. 2006.

MACHADO, J.L.F.; FREITAS, M.A.de. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre. CPRM. 65p.il.mapa. 2005.

MESTRINHO, S.S.P. Monitoramento em Água Subterrânea. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA E.C.; DEMETRIO, J.G. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3ª Ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM:LABHID, 812p. 2008.

REGINATO, P.A.R.; AHLERT, S.; GILIOLI, K.C. Hidrodinâmica de Diferentes Aquíferos Fraturados Associados a Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII ENCONTRO NACIONAL DE PERFORADORES DE POÇOS. São Luis, MA. Anais (CdRoom). 2010.

RIO GRANDE DO SUL (2002). Decreto 42.047 de 26 de Dezembro de 2002. Regulamenta Disposições da Lei nº10.350, de 30 de dezembro de 1994, com alterações, relativas ao gerenciamento e a conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul.