

MONITORAMENTO E GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Hélio Paiva Macedo de França¹

RESUMO

As reservas de água subterrânea constituem um recurso natural de valor econômico cada vez maior, não apenas pela crescente escassez de água doce no mundo como também pelas vantagens que apresentam em relação às águas superficiais. Para garantir o atendimento de uma determinada demanda com recursos subterrâneos de forma segura e contínua ao longo do tempo e também assegurar a credibilidade dessa alternativa, é necessário, entretanto, que os poços de exploração sejam corretamente projetados e bem construídos, os equipamentos de bombeio adequadamente dimensionados e, principalmente, que a operação do sistema de produção seja supervisionada por dispositivos e procedimentos de gerenciamento e controle, tendo como objetivo a busca da máxima eficiência operacional possível, com ganhos permanentes de produtividade de acordo com as tendências atuais impostas pelo mundo globalizado.

A *HIDROCONTROL LTDA.*, empresa que desenvolve tecnologias de controle operacional da produção de água subterrânea, apresenta um novo sistema de gerenciamento, por telemetria, possibilitando o processamento e análise, em tempo real, de dados de natureza hidrogeológica, hidráulica, eletro-mecânica e econômica, tendo em vista a otimização das condições de funcionamento dos poços e a conseqüente redução e adequação dos custos operacionais.

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos de origem subterrânea constituem depósitos de água estocados no subsolo, principalmente em formações geológicas arenosas granulares, em cujos poros acumulam-se a partir, principalmente, das infiltrações das chuvas. Esses depósitos representam cerca de 97% do volume total de água doce existente no mundo, sendo os 3% restantes compostos pelas águas dos rios e lagos.

Dessa forma, as águas subterrâneas representam um recurso natural de enorme valor econômico, apresentando grandes vantagens em relação à utilização das águas superficiais, dentre as quais podem-se destacar:

1) HIDROCONTROL Ltda. - Rua das Pernambucanas, 476 – Sala 8, Bairro Graças, Recife/PE – CEP:52011.010 e-mail/fone:hydrocontrol@uol.com.br/(81)3445.5829 - hpmf@hotlink.com.br/ (81)99758297

- As obras e instalações para a captação necessitam de menores investimentos iniciais;
- Comparativamente ao custo da água de barragens fornecida para grandes consumidores pelas concessionárias estaduais, o custo do m³ de água subterrânea chega a ser 10 a 20 vezes menor;
- A demanda pode ser atendida na medida do seu crescimento, possibilitando o escalonamento dos investimentos ao longo do tempo;
- Dispensa a construção de estações de tratamento de elevados custos financeiros, em face da depuração natural característica do meio aquífero;
- São imunes a períodos de secas e de estiagens prolongadas, não dependendo das chuvas anuais em função da capacidade reguladora dos estoques armazenados;
- As áreas de captação são de pequenas dimensões e não acarretam problemas de inundação de grandes áreas aproveitáveis, sendo, conseqüentemente, muito baixos os custos de desapropriação;
- Permite uma distribuição setorizada de poços em baterias, constituindo sistemas isolados conforme a distribuição da demanda, com conseqüente redução dos custos de adução até os reservatórios de distribuição;
- Apresenta menor vulnerabilidade à contaminações, menores perdas por evaporação e menores impactos ambientais, em relação às captações de águas superficiais;
- Acidentes em adutoras ou manutenções corretivas que implicam na paralisação do fornecimento de água de superfície, são minimizados nas águas subterrâneas em virtude da existência de várias unidades de produção, de modo que a paralisação de uma delas não compromete fortemente todo o sistema;
- Em geral, o custo do m³ produzido é bem menor para as águas subterrâneas em relação às superficiais;

O gerenciamento e controle dos sistemas de produção tem por objetivo assegurar essas vantagens da utilização das águas subterrâneas. O esquema desenvolvido pela *HIDROCONTROL*, consiste no uso de dispositivos de monitoramento para obtenção, por telemetria, de uma série de parâmetros e indicadores de desempenho do aquífero, dos poços e das bombas que abastecem determinado empreendimento. Analisa sistematicamente as informações operacionais coligidas, tendo em vista a otimização das condições de funcionamento dos poços, a redução dos custos operacionais e a garantia de continuidade no atendimento da demanda.

Os custos de produção da água subterrânea dependem não apenas dos investimentos iniciais na construção da infra-estrutura de captação, como também dos custos de operação, de manutenção e de energia, além do volume de água produzido pelos poços. Todos esses fatores afetam isolada ou conjuntamente os custos de exploração do manancial subterrâneo, podendo ser minimizados ou aumentados na dependência: 1- da maior ou menor vida útil dos poços, função da adequação dos projetos construtivos e dos procedimentos de perfuração; 2- da maior ou menor vida útil dos equipamentos, especialmente das bombas, função da eficiência operacional do sistema; 3- do maior ou menor consumo de energia, função da adequação dos equipamentos de bombeio, em termos de vazões e alturas de recalque; 4- do maior ou menor volume de água produzida pelos poços, função da continuidade operacional e da manutenção das capacidades produtivas dos poços e das vazões das bombas em relação às suas vazões nominais. As conseqüências do descontrole operacional que repercutem na elevação dos custos de produção têm sido:

- Paralisações freqüentes de poços e descontinuidades no abastecimento com consequente desgaste para a empresa e redução de faturamento, no caso da comercialização da água;
- Desconhecimento das causas reais do baixo desempenho dos poços e das bombas instaladas, levando a ações emergenciais tecnicamente inconsistentes;
- Elevada incidência de abandono de poços por problemas construtivos congênitos ou estruturais adquiridos, não remediados em tempo hábil por falta de elementos de controle;
- Alto índice de reposição de bombas, motores e de outros equipamentos e materiais eletro- mecânicos, com crescente elevação dos custos operacionais;
- Deterioração progressiva da estrutura física instalada nas áreas de proteção dos poços.

O controle desses aspectos da questão afigura-se fundamental para a otimização da produção de água subterrânea, representando o sistema de gerenciamento desenvolvido pela **HIDROCONTROL** uma nova ferramenta colocada a disposição do mercado, levando em conta, sobretudo, que os sistemas atualmente existentes apenas contemplam os aspectos da supervisão (alarmes) e da automação sem realizar o processamento dos dados adquiridos e a análise do comportamento real das baterias de poços. Além disso, o esquema de monitoramento e controle operacional proposto pode, opcionalmente, ser iniciado através de medições diárias com leituras diretas dos sensores e equipamentos de medição, conferindo, naturalmente, ao processo menor precisão nos resultados, porém, reduzindo sensivelmente os custos da telemetria na fase inicial de implantação do sistema.

COMPONENTES DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Define-se um sistema de produção de água subterrânea como sendo um conjunto particular de poços que exploram determinado aquífero e de suas bombas submersíveis instaladas, adutoras e reservatórios de distribuição abastecendo um certo empreendimento industrial, agrícola ou ainda determinado núcleo populacional. A seguir são relacionados os componentes básicos de um sistema de captação de água subterrânea, com os principais problemas operacionais que podem ocorrer e que, geralmente, repercutem de forma sensível nos custos de produção da água:

- Manancial subterrâneo

- > Interferências entre poços/aprofundamento dos níveis d'água;
- > Efeitos de limites hidrogeológicos laterais;
- > Exaustão das reservas;
- > Contaminações químicas e bacteriológicas de natureza operacional e/ou ambiental.

- Poços tubulares

Redução da capacidade de produção através de:

- > Impermeabilização do pré-filtro por incorporação de materiais finos e argilosos;

- > Incrustações químicas nos filtros(ferro, manganês, carbonatos, etc.);
- > Degradação de indicadores físicos da qualidade da água(cor, turbidez, etc.);
- > Rompimento dos filtros/revestimentos;
- > Cimentações de isolamento de aquíferos inadequadas ou comprometidas.

· Bombas submersíveis/colunas edutoras

- > Travamento de rotores do bombeador/vibração;
- > Desgastes de rotores;
- > Aumento de temperatura dos motores;
- > Vazamento na coluna edutora;
- > Perdas de carga adicionais na coluna edutora(incrustações, bolsões de ar, fechamento de válvulas, etc.).

· Adutoras/reservatórios

- > Vazamentos subterrâneos;
- > Perdas de carga adicionais(incrustações, bolsões de ar, fechamento de válvulas, etc.).

GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

O sistema de gerenciamento, supervisão e controle desenvolvido pela Hydrocontrol é constituído por três módulos interdependentes e de atuação conjunta e simultânea, conforme descrição a seguir (Figura 1):

Módulo de Aquisição de Dados e de Automação – Constituído por CLP's (Controladores Lógicos Programáveis) e unidades de aquisição de dados (sensores), instalados nos poços. As CLP's adquirem os dados monitorados pelos sensores e os transmitem para o Módulo de Supervisão instalado na área do empreendimento, além de executar tarefas programadas com relação à operação automatizada dos poços, em função, por exemplo, da posição dos níveis d'água nos reservatórios. Os principais parâmetros a serem monitorados são os seguintes:

- > **Profundidade dos Níveis Estáticos e Dinâmicos** – Indicam as condições de funcionamento hidrodinâmico do manancial e o estágio de esgotamento das reservas; apontam possíveis interferências de poços de usuários vizinhos; permitem avaliar o grau de conexão hidráulica poço- aquífero e aferir possíveis perdas de carga indesejáveis que repercutem negativamente em maior consumo de energia;

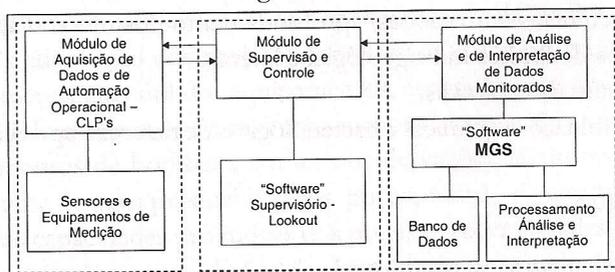


Figura 1 – Diagramação dos Módulos

- > **Vazões dos Poços** – O acompanhamento permanente das descargas permite os ajustes necessários para que a produção dos poços se mantenha no patamar estabelecido no plano de exploração; quedas de vazão indicam também desequilíbrios no sistema eletro-mecânico de bombeamento com implicações diretas no custo da água produzida;
- > **Volume Mensal Produzido** - Este indicador avalia a eficiência do sistema de captação em relação ao volume previsto e estabelecido para a produção mensal. A sua relação com o consumo de energia reflete a eficiência hidráulica e elétrica da captação, de ampla repercussão no custo do consumo de energia, permitindo as correções necessárias no caso de decaimento dos índices indicados;
- > **Tensão e Amperagem** – São parâmetros permanentemente monitorados, permitindo o desligamento automático das bombas no caso de sobrecargas ou de outros efeitos elétricos indesejáveis, evitando o dano irreversível de motores elétricos e o conseqüente aumento dos custos de manutenção. O aumento ou queda de amperagem indica diversos problemas operacionais dentre os quais, travamento de rotores, vazamentos e perdas de carga nas colunas edutoras e/ou sub-adutoras;
- > **Tempo Real de Operação** – Permite verificar a eficiência do sistema em termos de continuidade operacional, tendo em vista a obtenção da produção máxima mensal para minimizar os custos da água subterrânea produzida;
- > **Pressão de Recalque das Bombas** – Este parâmetro, ao lado do nível dinâmico e das perdas de carga na coluna edutora, permite determinar a altura manométrica total de recalque, a qual, juntamente com a vazão produzida, possibilita verificar as condições de funcionamento do conjunto elevatório em relação à curva de desempenho indicada pelo fabricante;
- > **Consumo de energia** - A relação entre o consumo de energia, altura manométrica total de recalque e o volume produzido, em determinados intervalos de tempo, permite avaliar o desempenho do equipamento de bombeamento. O decaimento progressivo deste índice indica queda de rendimento da estação elevatória, com conseqüente aumento no custo da água produzida;
- > **Condutividade Elétrica da Água e Turbidez** – Indicadores que permitem o acompanhamento da qualidade físico-química da água, cujos padrões devem ser permanentemente mantidos. O monitoramento evita, a partir de correções que sejam efetuadas, a degradação do manancial por penetração de águas contaminadas e impede danos nos equipamentos de bombeamento por eventual produção de areia, refletida pelo aumento de turbidez da água;
- > **Alarmes:** níveis estáticos e dinâmicos críticos; falta de fase; sobrecargas de corrente, colapso estrutural dos poços e degradação qualitativa química e/ou bacteriológica do manancial subterrâneo;

Módulo de Supervisão – Constituído pelo “Software” Supervisor Lookout, tem a função de acompanhar permanentemente, em tempo real, na tela de um computador instalado na área do sistema de produção, as condições de operação dos poços e de armazenar os dados monitorados na frequência estabelecida, no que diz respeito a: vazões instantâneas, volumes produzidos, pressões de recalque, tempos reais de operação, parâmetros elétricos (tensão, amperagem, consumo de energia), indicadores elétricos (falta de fase, sobrecarga, etc.), além de dispor de comandos liga-desliga para funcionamento dos poços à distância e de diversos alarmes para as condições operacionais inaceitáveis e que excedam determinados parâmetros de controle pré-estabelecidos.

Módulo de Gerenciamento e Análise Operacional – É representado pelo Sistema de Gerenciamento e Controle Operacional da Produção de Água Subterrânea – **MGS**, desenvolvido pela Hidrocontrol. O sistema é constituído por dois elementos básicos: Banco de Dados (Figura 2) para armazenamento de todos os parâmetros e constantes do sistema de produção e também da massa de dados operacionais transmitidos pelo Módulo de Supervisão; “Software” MGS de processamento, interpretação e análise dos dados monitorados (hidrogeológicos, hidráulicos, eletromecânicos e econômicos) para diagnóstico da situação operacional do sistema de produção no período considerado e emissão dos respectivos relatórios operacionais. Com base nos dados monitorados o “Software” MGS desenvolve os seguintes procedimentos:

Figura 2- Banco de Dados/Cadastro de Bombas

- > Analisa determinado período de tempo de operação do sistema de produção considerando as tendências dos diversos parâmetros e indicadores de desempenho;
- > Estabelece comparações entre valores monitorados e valores normais/nominais de operação, definindo situações de alarmes e alertas;
- > Proceda a uma varredura analítica em todos os poços dos sistemas de produção especificados para análise;

A partir dos dados processados determina os valores dos seguintes indicadores de desempenho do sistema de produção, para avaliação de situações de normalidade, alerta ou alarme :

- > **Capacidade de Atendimento da Demanda (Cads)** – Relaciona a capacidade instalada de produção de água subterrânea com a demanda do empreendimento, apontando situações de folga ou de saturação/necessidade de ampliação da produção;
- > **Índice de Atendimento da Demanda (Iads)** - Relaciona o volume de água subterrânea efetivamente produzido com a demanda do empreendimento, indicando deficiências com respeito ao atendimento das necessidades;

- > **Índice de Produtividade (Ipps)** – Relaciona o volume de água subterrânea efetivamente produzido no período de monitoramento, com a capacidade nominal instalada de produção. Indica portanto queda ou normalidade na produtividade dos poços;
- > **Índice de Operação (Iops)** – Relaciona o tempo real de operação das bombas dos poços com o tempo efetivamente transcorrido, indicando deficiências no regime de operação por conta de excessivas paralisações da produção;
- > **Índice de Consumo de Energia (Icep)** - Relaciona o consumo real de energia com o consumo teórico, indicando queda na eficiência operacional das bombas e gastos adicionais de energia;
- > **Índice de Esgotamento das Reservas (Ierp)** – Relaciona o nível estático atual do manancial com o nível estático máximo admissível na área do empreendimento definido em função de condicionantes de natureza hidrogeológica e operacional específicos de cada área. Indica o estágio e a velocidade em que se processa o esgotamento das reservas e das disponibilidades de água subterrânea na área de captação;
- > **Índice de Qualidade Química/Física/Bacteriológica da Água (Iqq)** – Relaciona o valor real do parâmetro monitorado (químico, físico ou bacteriológico) com o valor nominal considerado para o parâmetro/constituente analisado.

Concluída a análise das condições de produção da bateria de poços como um todo, o programa analisa as condições de cada poço, em particular, com relação aos indicadores acima mencionados, para identificação das unidades de produção responsáveis pelos eventuais desvios detectados a nível global.

O “software MGS” avalia ainda, em cada poço (Figura 3), as diversas situações potencialmente responsáveis pelos desajustes operacionais eventualmente detectados pelos indicadores de desempenho anteriormente citados, destacando-se:

- > Desgaste dos Rotores das Bombas;
- > Travamento de Rotores;
- > Alterações na Configuração Original das Bombas;
- > Perdas de Carga nas Colunas Edutoras;
- > Vazamentos na Colunas Edutoras;
- > Perdas de Carga nas Adutoras Poços-Reservatórios;
- > Vazamentos nas Adutoras ;
- > Problemas Estruturais e Hidráulicos no Poços;
- > Redução das Reservas e Disponibilidades de Água Subterrânea;
- > Contaminações Químicas e/ou Bacteriológicas;

Finalmente o sistema gera matrizes operacionais (Figura 4), hierarquizando os sistemas de produção e os respectivos poços quanto ao nível de gravidade e comprometimento detectados, permitindo a indicação dos procedimentos de manutenção preventiva ou preditiva para os ajustes operacionais eventualmente necessários.

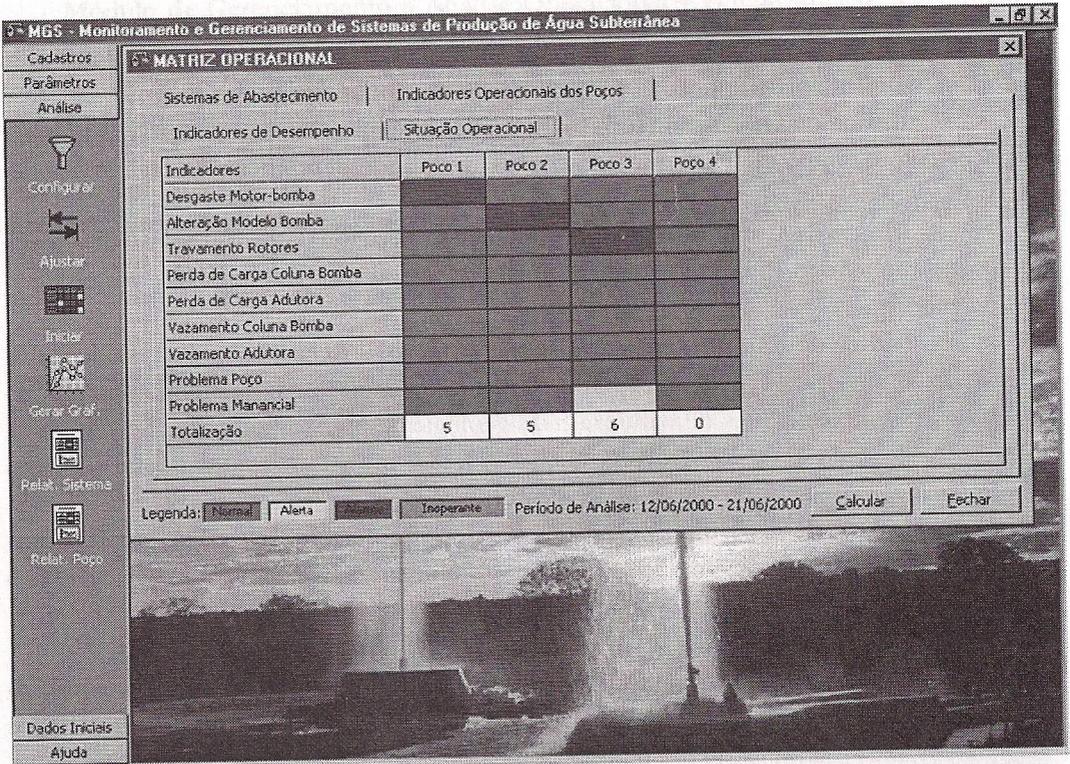


Figura 3 - Matriz de Situação Operacional de Poços

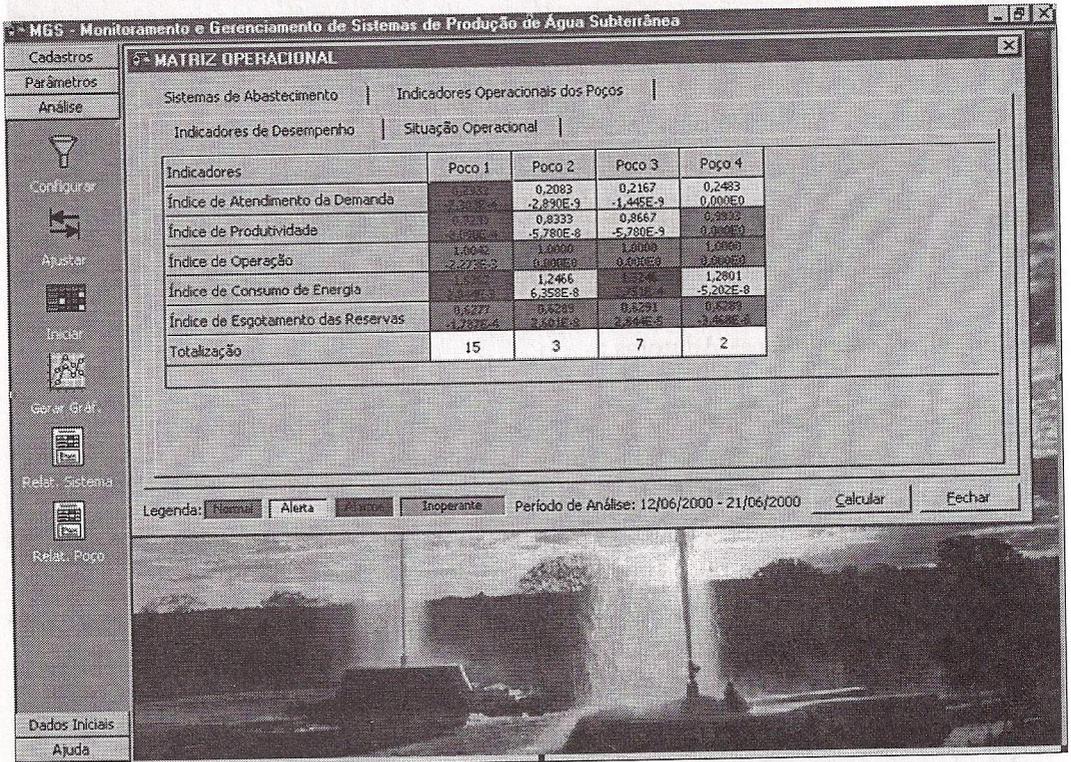


Figura 4 – Matriz Operacional de Sistemas de Produção

OBJETIVOS DO GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

A implantação de um sistema de gerenciamento conforme o descrito visa, objetivamente, a geração sistemática de dados hidrogeológicos, hidráulicos e eletro-mecânicos, tendo em vista a obtenção da máxima eficiência operacional possível das unidades de produção e a preservação quantitativa e qualitativa do manancial. A análise dos dados monitorados permite a otimização das condições de funcionamento dos poços e a redução dos custos de produção, mantendo permanentemente as condições de normalidade operacional através do alcance dos seguintes objetivos específicos:

- Otimização do funcionamento dos poços e dos equipamentos de bombeio (Figura 5);
- Gerenciamento do manancial subterrâneo, compatibilizando o volume produzido e o regime de operação dos poços com as disponibilidades de água a médio e longo prazos;
- Redução dos custos de operação e de manutenção;
- Redução do consumo de energia (Figura 6);
- Programação de manutenções preventivas/preditivas com base em dados reais, reduzindo intervenções de caráter emergencial;
- Garantia de atendimento da demanda através de uma produção contínua e sustentada ao longo do tempo;
- Previsões com respeito a sustentabilidade da exploração para abastecimento do empreendimento, com relação ao decaimento das reservas de água subterrânea;
- Prevenção da qualidade química e/ou bacteriológica da água com relação a poluição ambiental ou por razões de natureza operacional;
- Planejamento da ampliação de sistemas de produção existentes ou a implantação de novos sistemas;
- Emissão de Relatórios Operacionais automatizados;

Os Relatórios Operacionais emitidos pelo sistema *MGS* poderão ter frequência semanal, quinzenal ou mensal, na dependência da necessidade de cada caso e envolvem a análise dos seguintes aspectos:

- Desempenho operacional do sistema produtor, no período considerado;
- Tendências dos parâmetros de controle e dos indicadores de desempenho;
- Identificação de possíveis problemas operacionais nos poços e suas causas;
- Produção de água, no período, em relação a demanda do empreendimento;
- Avaliação da eficiência operacional e da performance dos equipamentos de bombeamento;
- Custos de produção em relação ao consumo de energia.

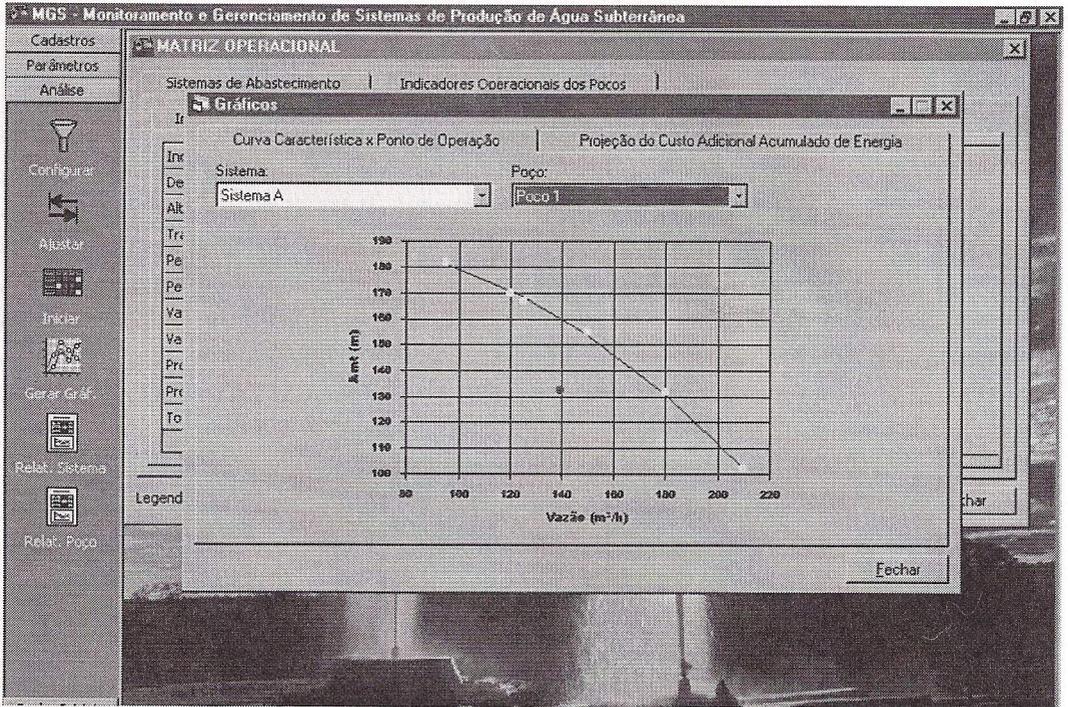


Figura 5 – Curva de Funcionamento da Bomba e Ponto Médio de Operação no Período de Monitoramento

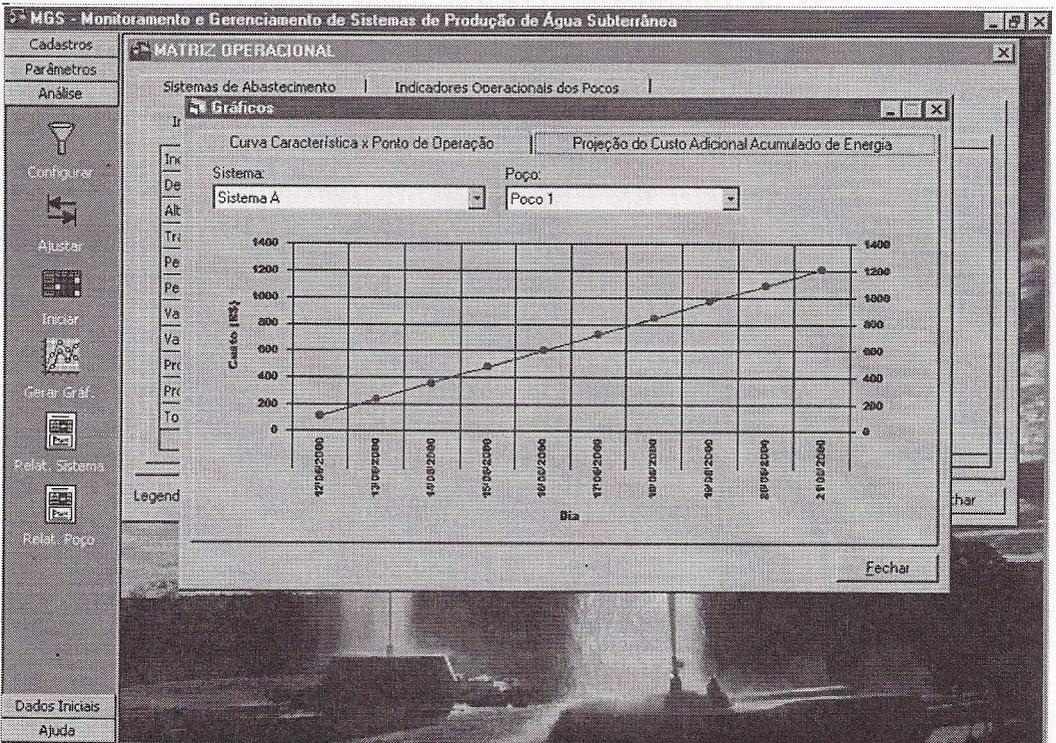


Figura 6 – Gráfico de Tendência de Gastos Adicionais Acumulados de Energia