

# Proposta de um Sistema Supervisório para um sistema de irrigação

Matheus Álvares da Silva Lanna  
ELT 554 – Trabalho de Conclusão de Curso  
Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG  
E-mail: matheus.lanna@ufv.br

**Resumo:** Para o monitoramento de funcionamento de sistemas de irrigação agrícola utiliza-se sistemas supervisórios. Este trabalho apresenta uma proposta de sistema supervisório desenvolvida no software Elipse SCADA para o controle de um reservatório abastecido por duas adutoras e dez saídas bombeadas com filtros retro-laváveis.

## 1. Introdução

As condições de operação de um sistema de irrigação podem variar de acordo com a pressão nas bombas, tubulação e filtros. Quando a qualidade da água utilizada é baixa, a probabilidade de problemas no processo aumenta, principalmente entupimentos devido a contaminantes físicos, químicos ou biológicos. Em sistemas de controle manuais e não contínuos, a detecção de problemas leva a uma demora de identificação e resolução. Obstruções podem ser resolvidas mais facilmente caso sejam identificadas precocemente através de um monitoramento de pressão nos filtros [1].

Uma solução para este problema é a utilização de sensores e atuadores conectados num sistema de controle supervisório e aquisição de dados (SCADA, do inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*). Este torna o sistema mais robusto e eficiente [2] por meio da coleta e exibição de dados para o operador através de uma interface de fácil entendimento, além de transmitir a análise e controle do processo. Um sistema supervisório permite que estes dados sejam rastreados, monitorados e armazenados em bancos de dados para futuras análises [3].

Um sistema supervisório também possui as seguintes vantagens:

- Operação remota do sistema: possibilidade de intervenção no processo a partir da sala de controle;
- Sistema de alarmes: sinalização em tempo real em caso de falhas ou problemas no processo;
- Análise de tendência: intervenção baseada no histórico de informações do banco de dados de modo a gerar um controle proativo do processo;
- Geração de gráficos e relatórios: aquisição e armazenagem de dados sobre variáveis,

alarmes e tendências para melhorias no sistema;

- Aumento da disponibilidade da planta: menor tempo de resposta para identificação de falhas e tomada de decisões tornando a planta disponível o maior tempo possível [4].

Recomenda-se uma série de etapas para o desenvolvimento de um sistema supervisório eficiente e robusto [5], tais como:

- **Entendimento do processo:** Consiste em obter o conhecimento detalhado do funcionamento da planta, portanto, é necessário informar-se com os operadores do sistema, ou com especialistas da área, quais são as operações da futura planta. Também é necessário dialogar com a gerência e administração para garantir e registrar o suporte das decisões;
- **Variáveis do processo:** Nesta etapa serão definidas as variáveis que possuem pertinência no sistema supervisório. Também é feita a definição de suas escalas, níveis mínimos e máximos;
- **Planejamento da base de dados:** Deve-se escolher dados essenciais para tornar o sistema supervisório conciso e sem informações redundantes. Também é essencial a utilização de uma nomenclatura de fácil entendimento devido ao número de dados trabalhados, evitando confusão na hora da análise. Deve-se considerar a taxa de atualização de dados, pois esta poderá congestionar a rede caso seja feita com frequência maior que a necessária;
- **Planejamento de alarmes:** Escolhe-se as condições para o acionamento de alarmes (nível, valor composição de eventos, etc), como os alarmes deverão indicar ao operador a informação desejada (alarme sonoro, visual, e-mail, pager, etc.) e como o operador fará o seu reconhecimento. Existem dois tipos de alarmes, os normais e alarmes críticos, onde o primeiro não requer intervenção direta do operador, exigindo apenas a sua atenção. Já o segundo

requer intervenção para que a planta volte ao estado normal de operação. Para criação de alarmes são necessárias as definições dos valores limites das variáveis com os responsáveis técnicos do processo;

- **Planejamento da hierarquia de navegação entre telas:** Consiste em uma série de telas que fornecem progressivamente detalhes das plantas e sua composição à medida que se navega pelo sistema supervisorio. Geralmente são criadas barras de navegação com botões que dão ideia do que o conteúdo da tela a ser chamada. Pode-se estruturar as telas de maneira que possuam acesso restrito de acordo com o nível do operador;
- **Desenho de telas:** Consiste na aparência do sistema supervisorio, ou seja, seu *layout*. A utilização de cores e uma simbologia que tornam a navegação mais fácil e agradável ao operador. É aconselhável também estruturar os botões, menus e abas para facilitar o seu entendimento e familiaridade;
- **Gráficos de tendência:** Tela-padrão de um sistema supervisorio onde se apresentam variáveis na forma gráfica com valores coletados em tempo real ou na forma histórica. Podem ser utilizados pelo operador para agir preventivamente na planta ou pela gerência para auditorias ou programas de melhoria contínua e eliminação de defeitos;
- **Planejamento do sistema de segurança:** Etapa onde o projetista define o nível de acesso a botões, menus e telas, de acordo com o nível de acesso do usuário. Permite-se que determinados usuários tenham certos privilégios ao utilizar o sistema supervisorio. Também são feitas contas para os usuários que determinam seu nível de acesso, geralmente através de nome e senha.
- **Padrão industrial de desenvolvimento:** Esta última etapa é a adequação do sistema supervisorio com os sistemas utilizados na empresa, reduzindo o tempo de aprendizagem do operador e facilitando a integração com outros produtos.

## 2. Objetivos

Este trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de um sistema supervisorio de uma planta agrícola de irrigação de uma plantação de frutas, composta por duas adutoras que bombeiam água para um reservatório.

## 3. Materiais e Métodos

### 3.1. DESCRIÇÃO DA PLANTA

Este trabalho foi realizado em uma das fazendas de uma empresa produtora de frutas tropicais, localizada em Delfinópolis – Minas Gerais. A imagem aérea é mostrada na Figura 1.



Figura 1 – Visualização aérea da área da fazenda.

A fazenda possui um reservatório responsável pela irrigação de uma área de 220,2 hectares. Esse reservatório é abastecido por duas bombas de água de 150 CV (Figura 2), com uma vazão aproximada de 600 m<sup>3</sup>/h, por meio de duas adutoras de 250mm, ligadas a uma represa. O reservatório não pode ficar vazio, pois é responsável pela irrigação da fazenda, sendo que atualmente o seu funcionamento não é automatizado.



Figura 2 – Bombas responsáveis pela alimentação do reservatório.

O reservatório possui 10 saídas, como descrito na Tabela 1, onde cada uma é responsável pela irrigação de uma determinada área composta por alguns setores. Este sistema específico já é automatizado com controladores e válvulas solenoides. O reservatório com as 10 bombas de saída é mostrado na Figura 3.

**Tabela 1 – Relação entre as saídas de água do reservatório e áreas abastecidas.**

Saída	Área (Ha)	Setores
1	30,40	10
2	22,60	10
3	15,10	8
4	19,50	10
5	24,70	10
6	13,80	10
7	24,10	10
8	25,00	10
9	24,80	10
10	22,20	10
<b>Total</b>	<b>222,20</b>	<b>98</b>



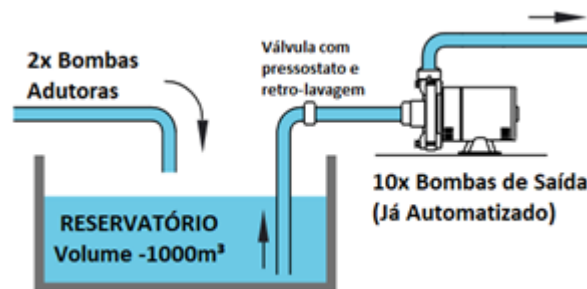
**Figura 3 – Reservatório e bombas de saída.**

Nas saídas de cada uma das 10 bombas, existe uma válvula que permite a retro-lavagem dos filtros (Figura 4), que impedem a passagem de detritos para os aspersores. O comando para essa lavagem é feito manualmente após a verificação de um sensor de pressão analógico.



**Figura 4 – Válvulas de retro-lavagem dos filtros.**

Na Figura 5, observa-se um esquema simplificado mostrando como é o funcionamento do sistema.



**Figura 5 – Esquema de funcionamento do sistema analisado**

### 3.2. ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO

Devido a impossibilidade da implementação do sistema supervisório neste momento no local, fez-se uma proposta de como seria o seu funcionamento, por meio do software Elipse SCADA. Para isto conversou-se com a gerência e o responsável técnico da planta para se entender as necessidades que o sistema deveria atender.

Com os dados sobre o funcionamento do processo, é necessário seguir os passos apresentados na introdução deste trabalho para o desenvolvimento da proposta do sistema supervisório.

O primeiro passo é o **entendimento do processo**, que consiste de um reservatório com dois sensores de nível indicando se este está abaixo ou acima do ideal, ou ainda se está no nível ideal de funcionamento. Este reservatório é abastecido por duas bombas através de adutoras, além de abastecer o sistema de irrigação da fazenda através de dez saídas de água, cada uma com sua bomba específica e seu sistema de retro-lavagem. A retro-lavagem dos filtros das bombas de saída é necessária para que não haja o entupimento dos aspersores de irrigação e deve ser feita em três casos: a cada 24 horas, caso o pressostato instalado no filtro atinja o seu valor limite ou por comando do operador. Após os dois últimos casos, o contador para a lavagem é resetado novamente para 24 horas. Foi adicionado também um botão de emergência, para caso seja necessário desligar todas as bombas do sistema de maneira rápida.

O sistema de funcionamento das bombas de saída deve-se ser apenas monitorado, visto que ele já está automatizado

O segundo passo é definir as **variáveis do processo** responsáveis pelo funcionamento do sistema, quais sejam:

- Bombas adutoras;
- Bombas de saída;
- Pressostatos;
- Contagem de tempo para a próxima retro-lavagem;
- Contagem de tempo desde a última retro-lavagem;
- Níveis baixo e alto do reservatório.

O terceiro passo consiste no **planejamento de banco de dados**. Para isto foram utilizadas *tags* RAM para simular o sistema, uma vez que este ainda não será

implementado, *tags* DEMO para mostrar possíveis mudanças, *tags Chrono* para serem usadas como contadores e *tags Expressions* para as animações, como mostra a Figura 6.

As *tags* sob a aba de Animações foram utilizadas para mudanças visuais no sistema, indicando quais bombas ou sensores de nível estão ativados (cor verde), desativados (cor cinza) ou sendo realizada a retro-lavagem (cor amarela).

Já as *tags* da aba Bombas podem assumir três valores: 0 para o estado desligado, 1 para o estado ligado e 2 para retro-lavagem em andamento. As *tags* da Aba Nível são similares, assumindo o valor de 0 ou 1, para o estado desativado e ativado, respectivamente. Sob a aba Pressostatos, estas *tags* irão incrementar no tempo de 0 até 100%, indicando o aumento de pressão no filtro e simulando seu entupimento, e serão zeradas quando ocorrer a retro-lavagem.

Os Temporizadores individuais para cada bomba de saída começarão a contagem após o fim da retro-lavagem e irão contar até 24 horas para indicar que a próxima lavagem deve ser feita, sendo resetado após seu termino

Por fim, a *tag* Usuário\_logado indica se algum operador está logado no sistema (estado 1) ou não (estado 0).

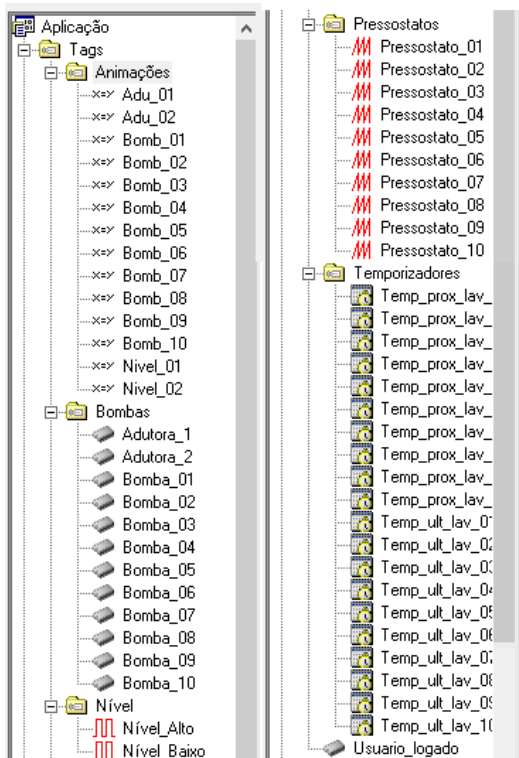


Figura 6 – Tags utilizadas no supervisório.

A etapa seguinte consiste no **planejamento de alarmes**, que são mostrados na parte inferior de cada tela (Figura 7) ou na tela específica do histórico de alarmes (Figura 8). Os alarmes críticos ocorrerão caso o reservatório esteja vazio (ambos sensores de níveis desativados) ou cheio (ambos sensores de níveis

ativados), ou caso os pressostatos passem de 75% da pressão indicada para a lavagem.

Os alarmes normais indicarão estados do sistema, como por exemplo se as bombas estão ligadas, desligadas ou sem lavagem.

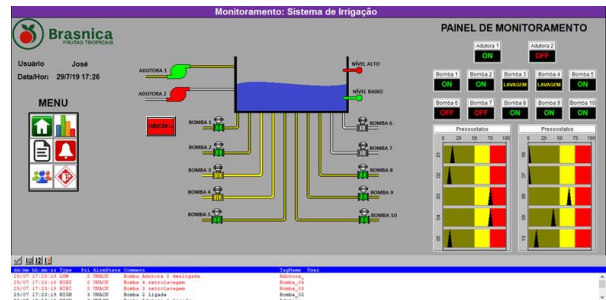


Figura 7 – Tela principal do sistema supervisório com tela de alarmes na parte inferior.



Figura 8 – Tela de alarmes do sistema supervisório.

A quinta etapa é sobre o **planejamento da hierarquia de navegação de telas**, esta foi planejada a dar mais detalhes para o operador a medida que este for adentrando no sistema. O sistema inicia na tela de login (Figura 9) onde o operador entrará com seu usuário e senha, sendo direcionado para a tela principal (Figura 7). Nesta tela é exibido o nome do usuário logado e a data atual, um menu para navegação entre telas, a planta do processo indicando visualmente as bombas, sensores de nível e reservatório, além de um painel de monitoramento mostrando o estado de todos equipamentos e o nível atual do pressostato.



Figura 9 – Tela de login do usuário.

Através do menu citado anteriormente pode-se navegar entre a tela principal, tela de alarmes, tela de gráficos, tela de usuários (apenas supervisores podem

acessar e adicionar ou excluir usuários) e logout. Também é possível entrar nas telas específicas das bombas de saída ao se clicar em seu símbolo, como mostrado na Figura 10.

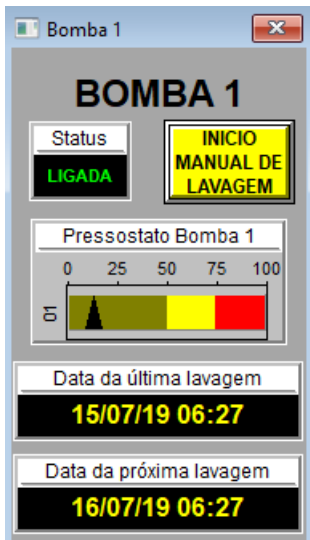


Figura 10 – Tela específica para cada bomba.

Optou-se por utilizar um fundo cinza claro com escritos em preto na a etapa de **desenho de tela**, de modo a tornar menos cansativa a visualização contínua. O menu é composto por imagens simples, intuitivas e com o mesmo posicionamento em todas as telas. As indicações de estado dos equipamentos são feitas através da cor verde para ligado, amarelo para lavagem e vermelho ou cinza para desligado, como mostra a Figura 11.

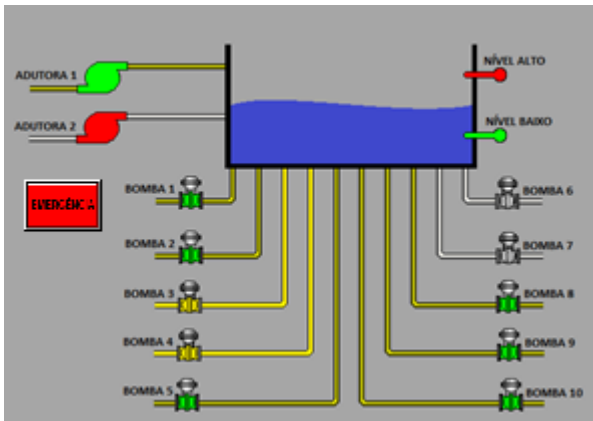


Figura 11 – Tela de situação geral da planta.

Os **gráficos de tendência** (Figura 12), relativos ao passo seguinte, mostram a evolução da pressão nos filtros das bombas, tornando fácil a comparação em tempo real e a visualização caso ocorra alguma obstrução significativa não esperada.

O **planejamento do sistema de segurança** é feito com dois níveis de acesso, sendo que o supervisor tem acesso a qualquer parte do sistema, enquanto o operador não pode iniciar o processo manual de lavagem, gerar relatórios ou adicionar e excluir usuários.

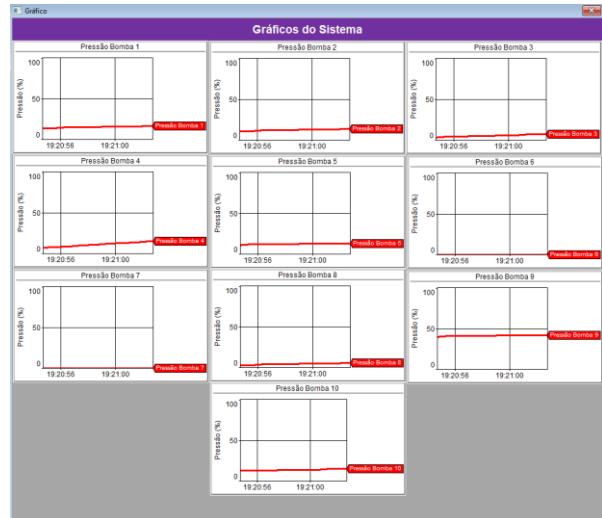
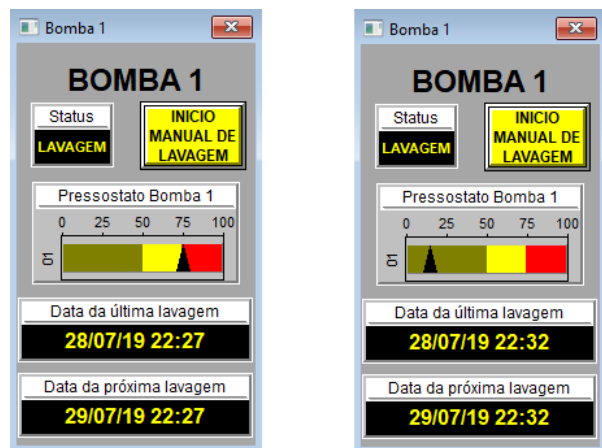


Figura 12 – Tela de gráficos de tendência indicando a evolução da variável de pressão.

O **padrão industrial** se trata de desenvolver o programa com base no já utilizado na empresa de modo a facilitar a familiaridade, então o sistema foi desenvolvido de acordo com o sistema operacional já utilizado na empresa, o Windows ©.

#### 4. RESULTADOS

O sistema supervisor foi testado quanto ao sistema automático de retro-lavagem. Conforme visualizado na Figura 13(a), após o pressostato atingir a marca de 75% da pressão máxima recomendada, a lavagem é realizada e o seu horário registrado. O sistema manual de lavagem também é acionado caso o operador dê o comando, independente do nível da pressão, conforme Figura 13(b).



(a) (b)  
Figura 13 – Tela de status da bomba após acionamento automático (a) e manual (b).

O segundo teste foi realizado quando o reservatório atinge um nível abaixo dos limites definidos. Como visto na Figura 14, o supervisor indica visualmente em sua tela principal que o nível está baixo. Um alarme visual e sonoro também é acionado,

indicando ao operador que é necessário sua intervenção no sistema, como observado na Figura 15. Como o funcionamento das bombas de saída é automático, o operador pode controlar as bombas adutoras ligando-as ou desligando-as caso o nível não esteja no nível ideal, como mostrado na Figura 16.

O sistema se comporta analogamente caso o nível esteja acima do limite definido.

Também foi testado o botão de emergência, onde este para o funcionamento de todas as bombas do sistema.

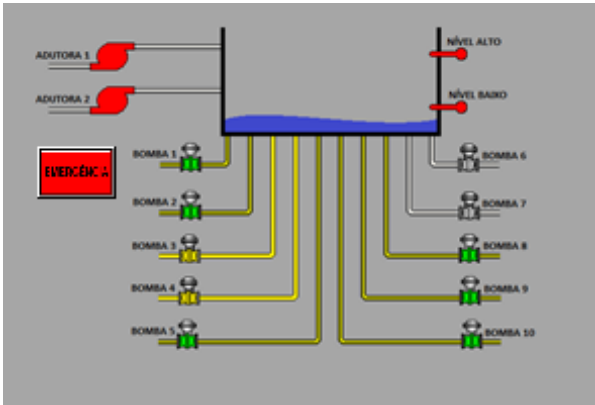


Figura 14 – Tela principal indicando que reservatório está com nível baixo de água.

Histórico de Alarmes						
dd/mm	hh:mm:ss	Type	Err	AlarmState	Comment	Tagname Value User
05/08	18:13:50	LOW	1	UNACK	Reservatorio com nivel baixo	NIVEL_BA 0,00
05/08	18:13:50	HIGH	2	UNACK	Bomba 3 retrolavagem	Bomba_04 2,00
05/08	18:13:50	HIGH	2	UNACK	Bomba 3 retrolavagem	Bomba_09 2,00
05/08	18:13:50	LOW	2	UNACK	Bomba Adutora 2 desligada	Adutora_ 0,00
05/08	18:13:50	HIGH	3	UNACK	Bomba 2 ligada	Bomba_02 1,00
05/08	18:13:50	HIGH	3	UNACK	Bomba 1 ligada	Bomba_01 1,00
05/08	18:13:50	HIGH	3	UNACK	Bomba Adutora 1 ligada	Adutora_ 1,00
05/08	18:13:50	LOW	3	UNACK	Bomba 6 desligada	Bomba_06 0,00
05/08	18:13:50	LOW	3	UNACK	Bomba 7 desligada	Bomba_07 0,00
05/08	18:13:50	HIGH	3	UNACK	Bomba 8 ligada	Bomba_08 1,00
05/08	18:13:50	HIGH	3	UNACK	Bomba 9 ligada	Bomba_09 1,00
05/08	18:13:50	HIGH	3	UNACK	Bomba 10 ligada	Bomba_10 1,00
05/08	18:13:50	HIGH	3	UNACK	Bomba 5 ligada	Bomba_05 1,00

Figura 15 – Alarme indicando baixo nível no reservatório.



Figura 16 – Tela *pop-up* utilizada para ligar ou desligar as bombas adutoras.

O gráfico de tendência apresentado na Figura 17 mostra a evolução da pressão medida em cada bomba de saída durante a simulação, também informados nos relatórios gerados.

O supervisor do processo também pode alterar ou criar novos usuários para realizar a supervisão através de sua tela específica mostrada na Figura 18. O operador

não tem acesso a esta tela assim como não terá do botão para auto-lavagem manual e o de geração de relatórios.

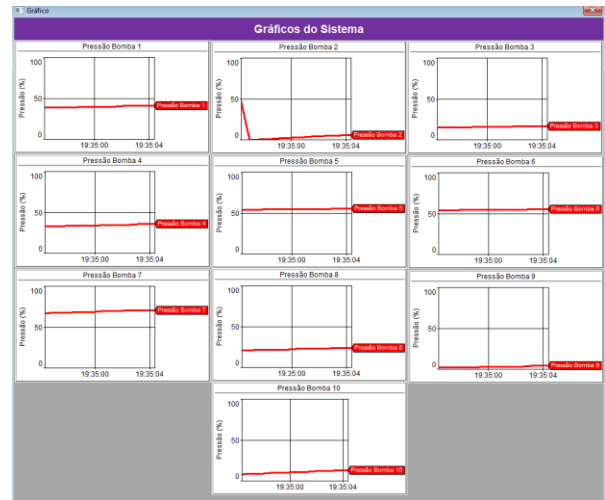


Figura 17 – Gráficos de tendência mostrando a evolução da pressão nos filtros ao longo do tempo.

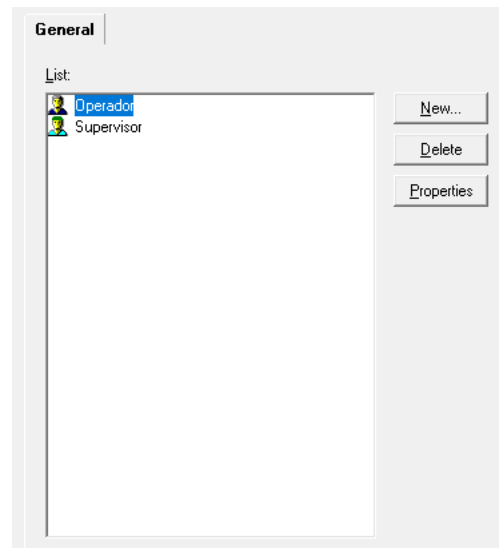


Figura 18 – Tela para modificação e criação de usuários.

## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado uma aplicação de sistema supervisorio para o sistema de irrigação de uma plantação. Caso o operador deseje ele pode acionar a retro-lavagem dos filtros das bombas de saída, do contrário ela será feita diariamente, ou se a pressão atingir o limite definido. Também é possível controlar as bombas adutoras e saber o nível do reservatório. O supervisorio e a simulação foram feitas utilizando o software *Elipse SCADA*®.

O sistema supervisorio proposto é uma solução que facilita a supervisão e controle necessários no processo, melhorando sua eficiência e aumentando sua disponibilidade através da rápida identificação de falhas.

## Referências Bibliográficas

- [1] Ravina, I., Paz, E., Sofer, Z., Marm, A., Schischa, A., Sagi, G., ... Lev, Y. (1997). **Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent.** *Agricultural Water Management*, 33(2-3), 127–137. doi:10.1016/s0378-3774(96)01286-3
- [2] Mareels, Iven & Weyer, Erik & Ooi, Su & Cantoni, Michael & Li, Yuping & Nair, Girish. (2005). **Systems engineering for irrigation systems: Successes and challenges.** *Annual Reviews in Control*. 29. 191-204.
- [3] Bailey, D & Wright, E. (2003). **Practical SCADA for Industry.**
- [4] E. Álvarez, A. Campos, and R. García, “**Scalable and Usable Web Based Supervisory and Control System for Micro-grid Management,**” ... *Energies and Power ...*, 2010.
- [5] MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio. **Engenharia de automação industrial.** Rio de Janeiro: LTC/Livros Técnicos e Científicos S. A., 2001.