

**AUTOMAÇÃO EM EDIFICAÇÕES VERTICALIZADAS
E SEUS REFLEXOS NA RACIONALIZAÇÃO DO PROJETO**

Osvaldo Ribeiro da Cruz Filho, *D. Sc.* (1)
Eduardo Linhares Qualharini, *D.Sc.* (2)

Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET/RJ
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

osvaldocruz@gmail.com
qualharini@all.com.br

RESUMO

O uso de componentes que permitam realizações de tarefas na automação de sistemas de infraestrutura torna o Arquiteto parte integrante do processo, devendo ter conhecimento destes sistemas para poder administrar as necessidades espaciais no projeto da edificação verticalizada.

O sistema de sucção e recalque de água tratada nas edificações deve acompanhar a tecnologia que pode ser utilizada e que evoluiu consideravelmente nos últimos anos. A conscientização no meio profissional, da necessidade cada vez mais precisa e rigorosa com dispositivos e componentes, que permita automatizar sistemas de transporte de fluidos, visando à eficiência, durabilidade e custos reduzidos, permitirão exigências de projetos objetivos com alto índice técnico e com perfeição cada vez maior na integração das instalações hidráulicas com a Arquitetura e a estrutura da edificação.

Este trabalho mostra que utilizando a automação é possível eliminar o reservatório superior de acumulação de água em edifícios minimizando o consumo de energia, e permitindo a Arquitetura melhor aproveitamento do espaço da cobertura da edificação.

ABSTRACT

The use of components that allow accomplishments of tasks in the automation of infrastructure systems turns the Architect integral part of the process, should have knowledge of these systems to administer the space needs in the project of the construction vertical.

The suction system and repress of water treated in the constructions should accompany the technology that can be used and that it developed considerably in the last years. The understanding in the professional middle, of the need more and more needs and rigorous with devices and components, that it allows to automate systems of transport of fluids, seeking at the efficiency, durability and reduced costs, they will allow demands of objective projects with high technical index and with perfection every time larger in the integration of the hydraulic facilities with the Architecture and the structure of the construction.

This work shows that using the automation is possible to eliminate the superior reservoir of accumulation of water in buildings minimizing the consumption of energy, and allowing the Architecture better use of the space of the covering of the construction.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Sistema Indireto de distribuição

O sistema de sucção e recalque de água tratada nas edificações deve acompanhar a tecnologia que pode ser utilizada e que evoluiu consideravelmente nos últimos anos. A conscientização no meio profissional, da necessidade cada vez mais precisa e rigorosa com dispositivos e componentes, que permita automatizar sistemas de transporte de fluidos, visando à eficiência, durabilidade e custos reduzidos, permitirão exigências de projetos objetivos com alto índice técnico e com perfeição cada vez maior na integração das instalações hidráulicas com a Arquitetura e a estrutura da edificação.

Como a pressão da rede de abastecimento pública é insuficiente para abastecer um reservatório elevado, instalado no ponto mais alto da edificação, é construído um reservatório inferior, abaixo da cota do piso térreo da edificação, de onde será efetuada a sucção e recalque da água acumulada. Nesta situação, as seguintes vertentes podem ser utilizadas:

- a) Construção de um reservatório superior para receber a água recalcada e efetuar a distribuição interna por gravidade.
 - b) Instalação de um reservatório hidropneumático em aço para receber água do reservatório inferior, a qual será pressurizada através de um compressor de ar, e recalcada até o barrilete para então ser distribuída internamente.
 - c) Utilização de conjunto moto-bomba acionado por inversor de freqüência que sob ação de controladores de pressão farão à variação na rotação da bomba, variando a vazão de água recalcada para ser distribuída internamente.

As condições de construção e montagem tratadas acima nos itens a e b, resultam na utilização de sistemas de controle e de alimentação elétrica dos motores, feitas pelos meios tradicionais, isto é, uso de válvula de flutuador (bóias elétricas) e contatores elétricos para acionamento do conjunto moto-bomba, onde não há preocupação com consumo de energia elétrica, pois, o sistema não contribuiu para o gerenciamento da energia elétrica. Já o sistema descrito no item c, permite através da tecnologia utilizada nos inversores de freqüência, o gerenciamento da energia elétrica.

1.2 Inversor de Freqüência para controle de vazão

Segundo Mascheroni (p.9, 2004) o início da evolução tecnológica dos semicondutores de potência com características de desempenho excelente, baixo custo e confiabilidade, ocorreu a partir de 1980, sendo inserido neste contexto o desenvolvimento de inversores de freqüência. Este equipamento viria permitir a variação da rotação de motores elétricos assíncronos, os quais, por estarem acoplados a bombas centrífugas em sistemas sucção e recalque de água, iriam permitir variar a vazão de líquido a ser recalcado pela bomba.

O inversor de freqüência é um equipamento elétrico capaz de produzir uma variação dos valores da freqüência elétrica da rede de alimentação de um motor, produzindo uma variação de sua rotação ou velocidade (BRITO, 2006). A construção do motor elétrico é dependente do número de pares de pólos magnéticos e da freqüência da rede que será alimentado, para definir a rotação ou velocidade, de seu funcionamento. Se, a velocidade estiver em sincronismo com a freqüência de alimentação elétrica, o motor é dito ser do tipo síncrono. Se, sua velocidade estiver próxima da velocidade de sincronismo, ele será dito assíncrono. A equação 1 fornece a rotação de sincronismo, em rotações por minuto (rpm), para um motor elétrico.

$\frac{P}{2}$ = nº. de pares de pólos do motor elétrico; P = nº. de pólos do motor elétrico; f = freqüência da rede elétrica de alimentação.

Os motores elétricos assíncronos apresentam construtivamente, velocidades de rotação entre 2% a 5% menores que as respectivas velocidades de sincronismo. De maneira possibilitar a operação do motor

com torque (força aplicada num eixo que provocará a rotação do mesmo) constante em diferentes velocidades, será necessário variar a voltagem proporcionalmente com a variação da freqüência da rede elétrica.

De acordo com a equação 1, se variarmos a freqüência da rede de energia elétrica, a rotação de sincronismo irá variar. Como, as rotações nominais dos motores elétricos assíncronos são entre 2% a 5% menores que a de sincronismo, teremos uma variação na velocidade destes motores ocorrendo.

Normalmente os fabricantes de motores elétricos estabelecem dois tipos de carga; carga a torque constante e carga a torque variável. A carga do tipo torque constante é aquela onde o torque permanece constante ao longo de toda faixa de variação de velocidade. Já para carga tipo torque variável é aquela onde o torque aumenta com o aumento da velocidade, estando inserida neste caso, as bombas centrifugas no recalque de água com variação da vazão.

Ao ser projetada uma bomba para sistema hidráulico, tem-se como idéia específica o recalque de determinada vazão em certa altura manométrica de modo a se obter o máximo rendimento. Entretanto, esta bomba poderá ser colocada para recalcar vazões maiores ou menores do que aquela para a qual foi projetada mudando, com a variação de vazão, a altura manométrica, a potência necessária ao acionamento e o rendimento. Desta forma, cada bomba tem seu campo de aplicação em termos de grandeza, que interferem em seu funcionamento. A representação gráfica deste campo é chamada curva característica da bomba. As bombas centrifugas são as mais empregadas em recalque de água. Uma das formas de se ampliar o campo de aplicação de uma bomba para atender às variações, é alterar a rotação de acionamento. Variando a rotação de acionamento, muda a curva característica da bomba.

O uso de motores elétricos de indução alimentados por inversores de freqüência, para acionamento de bombas centrífugas, tem crescido significativamente nos últimos anos em virtude das vantagens inerentes proporcionadas por esta aplicação, tais como, facilidade de controle e economia de energia.

1.2.1 Controle Escalar

O funcionamento dos inversores de freqüência com controle escalar está relacionado à relação V/F constante, isto é, nesta relação é mantido o torque do motor constante, igual ao nominal, para qualquer velocidade de funcionamento do motor (MASCHERONI, 2004). O motor de indução possui bobinas com dois parâmetros para definirem suas características. A resistência ôhmica R [Ohm] e a sua indutância L [Henry]. A resistência é dependente do tipo de material utilizado (cobre) e do comprimento do fio com o qual será feita a bobina. Já a indutância, depende da forma (geometria) que será dada à bobina. A corrente elétrica que circulará no motor será proporcional a resistência “ R ” e ao valor da reatância indutiva “ X_L ” que depende da indutância “ L ” e da freqüência “ f ”, mostrada nas equações 2 e 3.

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L(2)$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{(R^2 + X_L^2)}}(3)$$

Para valores de freqüência acima de 30 Hz o valor da resistência é muito pequeno comparado com o da reatância indutiva, sendo desprezado. Nesta aproximação, teremos o valor da corrente sendo diretamente proporcional à voltagem de alimentação “ V ” e inversamente proporcional à indutância “ L ” e a freqüência “ f ”. Como, a indutância é uma constante do motor dependente da construção da bobina, os parâmetros que poderão ser controlados pelo inversor serão voltagem e freqüência.

O controle V/F constante varia a voltagem proporcionalmente com a variação da freqüência de alimentação do motor, para obter uma corrente constante da ordem da corrente nominal como mostrado no gráfico 1.

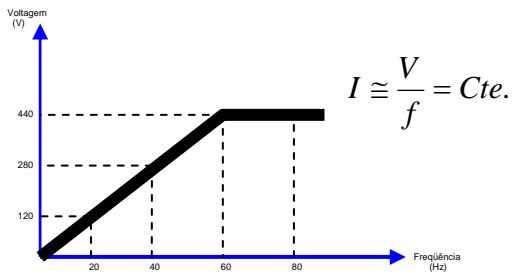


Gráfico 1 - Controle escalar para inversor de freqüência
Fonte: Mascheroni – 2004

Para freqüências abaixo de 30 Hz, a resistência “R” que foi desprezada anteriormente, apresenta agora, influência na corrente elétrica. Assim, mantendo-se a proporcionalidade entre a freqüência e a voltagem, a corrente e o torque do motor irão diminuir. Para que isto seja evitado, a voltagem em baixas freqüências deve ser aumentada como mostrado no gráfico 2.

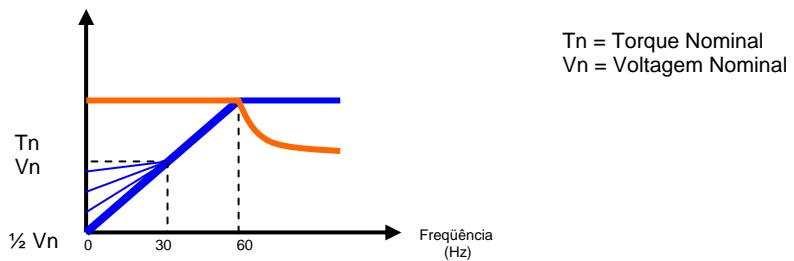


Gráfico 2 – Compensação da corrente no inversor
Fonte: Mascheroni - 2004

O controle escalar em inversores de freqüência é utilizado em aplicações normais que não necessitem de elevada dinâmica. Isto é, grandes acelerações nem controle de torque. Um inversor com controle escalar pode controlar a velocidade de rotação do motor com uma precisão de 0,5% da rotação nominal, para sistema sem variação de carga, e de 3% a 5 % com variação de carga de 0 a 100% do torque nominal.

1.2.2 Controle Vetorial

Quando se faz necessárias respostas rápidas e alta precisão de regulação da velocidade, o motor elétrico deverá fornecer essencialmente um controle preciso de torque para uma faixa extensa de condições de operação. A corrente que circula nas bobinas do motor de indução, pode ser separada em duas componentes, uma corrente de magnetização (produtora do fluxo magnético) e a corrente produtora do torque. A componente total corresponde à soma vetorial destas duas componentes, assim, o torque produzido no motor é proporcional ao produto vetorial destas duas componentes. Neste tipo de controle os microprocessadores necessitam realizar milhares de operações matemáticas por segundo.

2. Relações do torque do motor com o inversor de freqüência

Quando o motor está acoplado a uma bomba centrifuga, o torque demandado pelo motor aumenta com o quadrado da velocidade de rotação, e a potência com o cubo (OLIVEIRA, 2002). Estas aplicações apresentam um maior potencial de economia de energia, uma vez que, a potência é proporcional à velocidade elevada ao cubo. O torque nominal do motor elétrico pode ser calculado a partir da potência nominal e de sua rotação nominal, conforme mostrado na equação 4.

P = potência nominal do motor elétrico ; f = freqüência da rede elétrica; Nm = rotação nominal do motor

O Torque apresenta unidade Newton x metro (Nm). Assim, para um motor elétrico de potência nominal igual a 15 kW, de IV pólos, rotação nominal 1760 rpm que apresente corrente nominal igual a 52,0 A sob voltagem de rede elétrica de 220 V, freqüência de 60 Hz e com rendimento de 89,8% a 100% da potência nominal teremos; 89,8% de 52,0 A correspondem a corrente de 46,7 A para produzir Torque, o restante de corrente 5,3 A serão para suprir as perdas e produzir a excitação do motor.

O Torque nominal do motor será 81,4 Nm, e o motor irá desenvolver:

$$81,4 \text{ Nm} / 46,7 \text{ A} = 1,743 \text{ Nm/A de produção de Torque.}$$

Desta maneira, para uma leitura de corrente de 20 A, corresponderá um Torque de:

$$(20 \text{ A} - 5,3 \text{ A}) \times 1,743 = 25,6 \text{ Nm}$$

Bomba centrifuga é uma máquina rotativa com função de aumentar a energia de um fluido, a partir de uma fonte externa, a qual corresponde um motor elétrico. Estes dois elementos têm como características que o torque de carga apresenta crescimento quadrático com a rotação. Isto significa que, caso seja duplicada a rotação da bomba para que seja aumentada a vazão, será demandado um torque 4 vezes maior para tal feito. A vazão “Q” corresponde ao volume deslocado por unidade de tempo e no Sistema Internacional (SI) tem como unidade m^3/s (metros cúbicos por segundos). A pressão “p” tem como unidade Pascal (Pa) onde $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$ (Newton por metro quadrado). O produto da vazão pela pressão resulta na potência fluídica, cuja unidade é o Watt (W) no SI, mostrada na equação 5.

A potência mecânica demandada pela máquina é diretamente proporcional ao torque à plena carga e a rotação da bomba, como mostrado na equação (6).

$$P_m = \left(\frac{2\pi}{60} \right) \times T \times N_b \dots \dots \dots \quad (6)$$

A bomba centrífuga apresenta uma eficiência fluídica “ η_f ” com a qual ela converte energia mecânica em energia do fluido, podendo ainda, haver uma transmissão intermediária entre o motor e a bomba, que leve a uma eficiência desta transmissão “ η_s ”, a qual para acoplamentos diretos não é considerada.

Desta maneira, a potência mecânica mínima a ser fornecida pelo motor é a mostrada nas equações 7 e 8.

Assim, uma bomba centrífuga que vá ser acoplada diretamente a um motor e que apresente rotação máxima de 1780 rpm e torque a plena carga igual a 320 Nm, necessitará que o motor tenha IV pólos e uma potência igual a 59,6 kW, pois o acoplamento sendo direto não há perdas na transmissão.

3. Características técnicas dos inversores de freqüência

Os inversores de freqüência possuem entradas para receberem sinais externos de controle que podem ser analógicos ou digitais. Na entrada de sinal analógico, os inversores aceitam sinais variáveis de 4 a 20 mA de corrente elétrica, proveniente de sensores, que acoplados irão permitir variar a freqüência na

faixa de 0 a 300 Hz. Assim, será possível ao receber sinais variando de 4 a 20mA de um elemento instalado na linha de recalque da bomba, fazer variar a rotação do motor através da variação da freqüência e com isto variar a vazão da bomba (CRUZ FILHO;QUALHARINI,2006).

4. Controle da vazão

O controle da vazão pode ser efetuado por dois meios; por válvula de estrangulamento ou por controle da rotação da bomba, sendo que, a vazão também pode ser controlada por meio da recirculação ou da mudança do diâmetro do rotor da bomba (DUTRA,2006). Os fatores que irão alterar a curva característica do sistema podem ser descritos como; natureza do líquido (peso específico, densidade), temperatura do líquido, variação da altura estática, pressão do reservatório e características das tubulações e acessórios. A instalação de válvula de estrangulamento na tubulação de saída da bomba permitirá alterar a vazão pela redução do diâmetro e consequentemente aumento da resistência na curva do sistema. Nesta situação, a rotação da bomba fica inalterada e a potência consumida aumenta para poder suprir o aumento de carga. A vazão inicial varia até o novo ponto de trabalho assim como a altura manométrica. A diferença entre a altura inicial e final representa o aumento de potência consumida pela bomba para controle da vazão.

Quando a rotação da bomba varia, surge um conjunto de curvas paralelas, que representam a operação da bomba para a velocidade resultante daquela rotação, sem que isto afete a curva do sistema. Nesta condição não há acréscimo na perda de carga representada pela altura manométrica, ao contrário, a resistência para a vazão é menor. Existe uma relação de proporcionalidade entre a rotação da bomba (N), a vazão solicitada (Q), a altura manométrica total (H) e a potência consumida pela bomba (P) (OLIVEIRA, 2002).

A vazão é diretamente proporcional à rotação: $\frac{Q}{Q_1} = \frac{N}{N_1}$ (9)

A potência consumida é proporcional ao cubo da rotação: $\frac{P}{P_1} = \left(\frac{N}{N_1} \right)^3 \dots (10)$

A perda de carga é proporcional ao quadrado da rotação: $\frac{H}{H_1} = \left(\frac{N}{N_1}\right)^2$ (11)

Como a potência consumida pela bomba varia com o cubo da rotação, quanto menor a rotação, menor a potência no eixo da bomba e menor a potência de saída do motor.

O transmissor de pressão é o instrumento utilizado no monitoramento contínuo da pressão em processos envolvendo líquidos em tubulações. A pressão é medida por meio de um transdutor piezo resistivo, que converte a força exercida pelo fluido sobre o diafragma em um sinal diretamente proporcional à sua intensidade e que é então enviado a um circuito eletrônico. Um sinal analógico de 4 a 20 mA (a 2 fios) é gerado pelo circuito, sendo proporcional ao valor da pressão. Na instalação deste dispositivo, deve ser verificado para que o cabo de sinal 4 a 20 mA, não seja instalado juntamente com cabos de energia (transporte de corrente), pois o campo magnético gerado pelo cabo de energia pode interferir no sinal e gerar erro, causando assim, interferência no controle da vazão do sistema. Para se medir a pressão nos processos envolvendo líquido na tubulação é utilizada o manômetro.

5.1 Sistema de controle automatizado para recalque de água

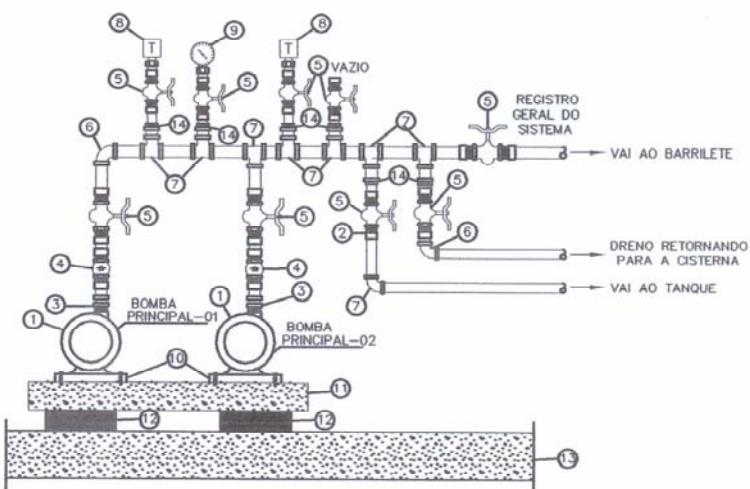
Para poder ser retirada a carga estática que representa o reservatório superior para acumulação de água, na determinação da carga distribuída na edificação minimizando os custos da construção, o controle automatizado do sistema de recalque de água, com o uso de controle de velocidade variável no motor acionador da bomba, permitirá manter o sistema hidráulico com as vazões variáveis conforme a necessidade do sistema. Desta maneira, o controle da variação da rotação da bomba para recalque de água, funcionará como um regulador da distribuição pelo sistema hidráulico.

A utilização de sistema pressurizado permite efetuar a distribuição de água pela edificação, não sendo necessário utilizar reservatório de acumulação superior. Na linha de tubulação de saída do recalque de água, deve ser instalado um manômetro de maneira que, este instrumento, permita manter a indicação

de que a linha está pressurizada e regulada (*Setpoint*). Na mesma linha de tubulação, também será instalado um transmissor de pressão, o qual receberá informação da pressão da linha e, informará através de envio de sinal analógico (4 a 20 mA) ao elemento de controle, o inversor de freqüência, a necessidade de fazer a rotação do motor variar para que a bomba possa recalcar a vazão solicitada pelo sistema, indicada no manômetro, pela queda de pressão na rede hidráulica.

Como, o sistema necessita ser pressurizado, a instalação de um tanque pulmão, na linha de saída para o barrilete de distribuição, permitirá efetuar o efeito mola reguladora quando da variação de pressão na linha de distribuição de água. Este sistema dispensa a necessidade de reservatório elevado que produz pressão na rede hidráulica equivalente a sua altura geométrica. A compressibilidade do ar retido no tanque faz com que haja expansão do ar quando a água é distribuída pelo sistema e, comprimido novamente quando a bomba inicia o recalque, alimentando o tanque com mais água. Como, o ar retido no interior do tanque é dissolvido na água quando em contato com esta, é necessário separar a água do ar, ou então, repor o ar perdido. Nesta condição, duas soluções podem ser utilizadas, uso de tanque pré-carregado de ar com bolsa separadora para a água ou, tanque com carregador de ar no qual inexiste barreira separadora de água e ar, necessitando de compressor para manter o volume correto de ar em seu interior.

O sistema de pressurização mostrado na figura 1 de dois conjuntos moto-bomba para recalque de água, possui um manômetro para indicação da pressão na tubulação e dois transmissores de pressão, onde cada um deles envia sinal para o inversor de freqüência que controla a rotação do motor, quando há variação de pressão na rede hidráulica. Neste sistema, cada moto-bomba trabalha para uma faixa de pressão de maneira que, a moto-bomba 1 irá operar quando ocorrem variações na pressão da rede dentro da faixa regulada pelo transmissor de pressão.



- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1 - Conjunto moto-bomba | 8 – Transmissor de pressão |
| 2 - Tubo de ferro galvanizado | 9 - Manômetro |
| 3 - União | 10 – Manta de neoprene |
| 4 - Válvula de retenção | 11 – Base de concreto |
| 5 - Registro gaveta | 12 – Calços |
| 6 - Curva 90° | 13 – Piso |
| 7 - T d7e 90° | 14 – Bucha de redução |

Figura 1 – Montagem de sistema de pressurização

Fonte: Concepção dos autores

Assumindo que a altura manométrica solicitada fosse de 62,38 mca (metros de coluna de água), a primeira moto-bomba ficaria com o sinal limite do transmissor para 60 mca. Se a pressão cair e com o

envio de sinal do inversor a primeira moto-bomba estiver imprimindo sua rotação máxima e a vazão necessária não pode ser suprida, o transmissor de pressão da segunda moto-bomba envia sinal para o seu acionamento, de maneira que, sua velocidade será função da complementação da vazão necessária para suprir o sistema hidráulico, isto é, o motor é acionado em rotação mais baixa, flutuando nesta rotação para cima e para baixo, até o equilíbrio do sistema. Quando a pressão é novamente alcançada, a segunda moto-bomba é desligada e cessada a vazão a primeira moto bomba é desligada.

Este sistema, além de retirar a carga estática do reservatório superior, libera espaço na cobertura da edificação para que a Arquitetura possa efetuar o melhor aproveitamento deste espaço. Além disso, como o motor deste sistema não trabalha com partidas em que a voltagem aplicada a ele é plena, a própria voltagem fornecida pelo sistema de energia, a corrente por ele solicitada no instante da energização é muito menor do que a corrente com ligação sem inversor de freqüência, assim, o consumo de energia ao fim de um mês de utilização é menor que o consumo com o sistema que tem acionamento com plena tensão da rede de energia elétrica.

5.1 Simulação física do controle de vazão no recalque de água

Nas figuras 2, 3 e 4 são mostradas as simulações feitas em bancada de teste na empresa Iguatemi Bombas, na cidade do Rio de Janeiro, firma que presta manutenção e montagem em sistemas de bombeamento hidráulico para edificações, onde foi colocado o sistema de pressurização da rede hidráulica controlado por transmissor de pressão acoplado a inversor de freqüência, no acionamento do motor da bomba para recalque de água.



Figura 2 – Motor- Bomba
Fonte: Arquivo dos autores



Figura 3 – Tanque pulmão
Fonte: Arquivo dos autores



Figura 3 – Manômetro e Transmissor de pressão
Fonte: Arquivo dos autores

Nesta simulação, trabalhou-se com uma pressão de 2 Kgf/cm² (*Setpoint*) estabilizada para manter a rede pressurizada, equivalendo a 20 mca. Nesta condição, o transmissor envia sinal de 4 mA para o inversor informando que a rotação do motor deve ser zero, ou seja, inversor desligado. Abrindo-se um pouco o registro gaveta, a água sai da tubulação, inicia a vazão e com isto a pressão na rede cai para valor abaixo de 2 kgf/cm², que corresponde ao valor ajustado no manômetro. O transmissor de pressão (do tipo piezo-resistivo) mede a pressão do processo através de um elemento denominado diafragma. Este se encontra em contato direto com o fluido e à medida que a pressão varia, o diafragma é pressionado com intensidade proporcional. Um pequeno sensor localizado na parte interna do diafragma converte a variação de pressão em uma variação proporcional de resistência elétrica. Um pequeno circuito eletrônico transforma esta informação em um sinal proporcional de corrente 4-20 mA, que é enviado ao inversor de freqüência. O inversor imediatamente é ligado e faz o motor girar com velocidade proporcional a variação da pressão na rede, até que seja estabilizado o sistema. Como, nesta situação o motor não trabalha em sua máxima velocidade, a corrente solicitada por ele é muito menor e desta maneira, também o consumo de energia elétrica. Nas figura 4, 5 e 6 estão mostrados os inversores de freqüência utilizados nesta simulação.



Figura 4 - Quadro com inversores de freqüência.
Fonte: Arquivo dos autores

Na figura 5 é mostrado no *display* do inversor que depois de aberto o registro de gaveta e ter escoado água pelo tubo, ocorre perda de pressão no sistema, o transmissor envia sinal ao inversor e este inicia o acionamento do motor da bomba com velocidade de 208,8 rpm.



Figura 5 - Inversor acusando velocidade de 208,8 rpm
Fonte: Arquivo dos autores

Como, a velocidade de 208,8 rpm não é suficiente para que a bomba possa compensar a vazão, e logicamente a pressão do sistema, o transmissor de pressão envia sinal proporcional ao inversor de freqüência para que este aumente a rotação do motor e igualmente a bomba aumente a vazão de recalque, atingindo 855,6 rpm mostrado na figura 6, estabilizando novamente o sistema e desligando o motor.



Figura 6 - Inversor indicando velocidade de 855,6 rpm

Fonte: Arquivo dos autores

6. Conclusão

Neste sistema, de recalque de água, não é necessário o reservatório de acumulação superior, pois o sistema passa a ser controlado pela pressão de forma que, o motor pode vir a ficar trabalhando durante um grande período de horas, entretanto, ele estará flutuando em variações de rotações e nunca em rotação plena, minimizando o consumo de energia e as altas correntes solicitadas pelo motor no momento de sua ligação. Isto pode ser considerado para o consumo de energia em horários de ponta, entre 17h30 e 20h 30, aonde neste horário a energia chega a custar três vezes à tarifa normal. Uma redução de 10% na velocidade da bomba acarreta uma diminuição de 25% na sua potência

A necessidade de um sistema de geração de energia de emergência, para atendimento do sistema motor-bomba acionado por conversor, é vital, pois em caso de perda de alimentação da concessionária, o sistema continuará funcionando plenamente. Como, neste caso, o acionamento do motor elétrico será feito pelo inversor de freqüência, a solicitação de corrente na partida será reduzida, de maneira que a solicitação de potência ao gerador será menor do que em sistemas de partida com alta corrente, minimizando os custos de aquisição deste equipamento em relação ao seu uso permanente.

Por outro lado a Arquitetura pode melhor aproveitar o espaço físico do terraço, e a estrutura para a edificação, ficará sem a presença da carga estática distribuída, assim, ocorrerá à racionalização do projeto de construção civil através do sistema hidráulico de recalque de água.

7. Bibliografia

- BRITO, Alaan Ubaia. **Otimização do acoplamento de geradores fotovoltaicos a motores de corrente alternada através de conversores de freqüência comerciais para acionar bombas centrífugas.** Tese Doutorado. USP. 2006
- CRUZ FILHO, Osvaldo R.; QUALHARINI, Eduardo L. **Reabilitação de edificações residenciais com uso da automação e redução do consumo de energia elétrica.** II Congresso Internacional de Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios. Rio de Janeiro. Abril, 2006.
- DUTRA, João Batista A. **A eficiência energética em sistemas de bombeamento de água.** São Paulo. Revista Electricidade Moderna, p.82 – 97, 2006. SP
- MASCHERONI, José M.; LICHTBLAU, Marcos; GERARDI, Denise. **Guia de Inversores de Freqüência – WEG.** Jaraguá do Sul, 238p. , 2004. WEG Automação. SC.
- MARQUES J.A. **Uso de inversores para controle de velocidade em motores CA assíncrono.** Revista Electricidade Moderna, p.130 – 137, 2002.SP
- OLIVEIRA, Luiz F.C. de; ALVES, Aylton J. **Verificação das relações de Rateaux pelo emprego de um inversor de freqüência.** Campina Grande. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.5523 – 525, 2002. PB.