

Figura 3.16 – Transdutor de pressão diferencial capacitivo

f) FV-01 – *Válvula de controle de vazão - Válvula Globo Contorno*

Válvula de controle, 2 vias, tipo globo, linear, diâmetro 3/4", conexão rosca BSP, normalmente aberta, atuador eletro pneumático, alimentação 24 V_{cc}, sinal de controle 4 a 20 mA [43].

As válvulas globo convencionais consistem, basicamente, de um corpo metálico e de um obturador, ou elemento vedante, acionado por um atuador pneumático. No Laboratório de Sistemas Motrizes da UFU a válvula utilizada é fabricação Fox Wall, da linha Global Controle e modelo C52-3/4-150-RF-WCB-N-TF-SI-3/4-316/D33/602F. Deve-se salientar que esta válvula tem como função realizar a variação da vazão do sistema de bombeamento, conhecida com o nome de válvula de estrangulamento. Uma fotografia deste componente pode ser visualizada a figura 3.17.



Figura 3.17 – Válvula de estrangulamento tipo globo de contorno Fox Wall

g) FE-01 – *Placa de orifício*

Placa de orifício, para tubulação de 3/4”, material aço inox 316, vazão máxima de 0 a 5 m³/h, montada entre flanges com trecho reto e conexão rosca.

As placas de orifício são componentes utilizados para medição de vazão de fluidos. A instalação desse componente em uma tubulação provoca uma diferença de pressão quando verificado o antes e o depois da placa. Este diferencial é proporcional ao quadrado da vazão, uma vez medido é possível controlar a vazão por instrumentos adequados. São indicadas para medir vazão de líquidos, gases e vapores.

3.3) Painel de controle e acionamento

O painel de controle é composto externamente por uma chave geral liga/desliga, botoeira de emergência e um sistema de medição dos parâmetros elétricos constituído por um multimedidor digital de grandezas elétricas, modelo PM 850, fabricação Schneider. A comunicação deste instrumento, assim como o acionamento dos motores (partida direta, partida suave e inversor de frequência) é feito através da rede de comunicação Modbus com o módulo de controle (CLP – Controlador Lógico Programável). Todos os parâmetros mencionados são mostrados e monitorados (histórico, curva no tempo, etc.) no sistema supervisorio em tela própria. O multimedidor possui ainda medição de distorções harmônicas até a 50ª ordem para tensão e corrente que também estão disponíveis em telas específicas no *software* do multimedidor SMS SE, onde se pode analisar com mais detalhes as formas da onda.

A figura 3.18 traz uma fotografia da parte interna do painel de comando, enquanto na figura 3.19 está representado o esquema unifilar do sistema comando considerando partida direta, partida suave e inversor de frequência. Contempla também as comunicações em rede via *Ethernet* (entre PC e o CLP) e Modbus (entre CLP e os dispositivos de partida e medição), juntamente com as entradas analógicas e digitais.

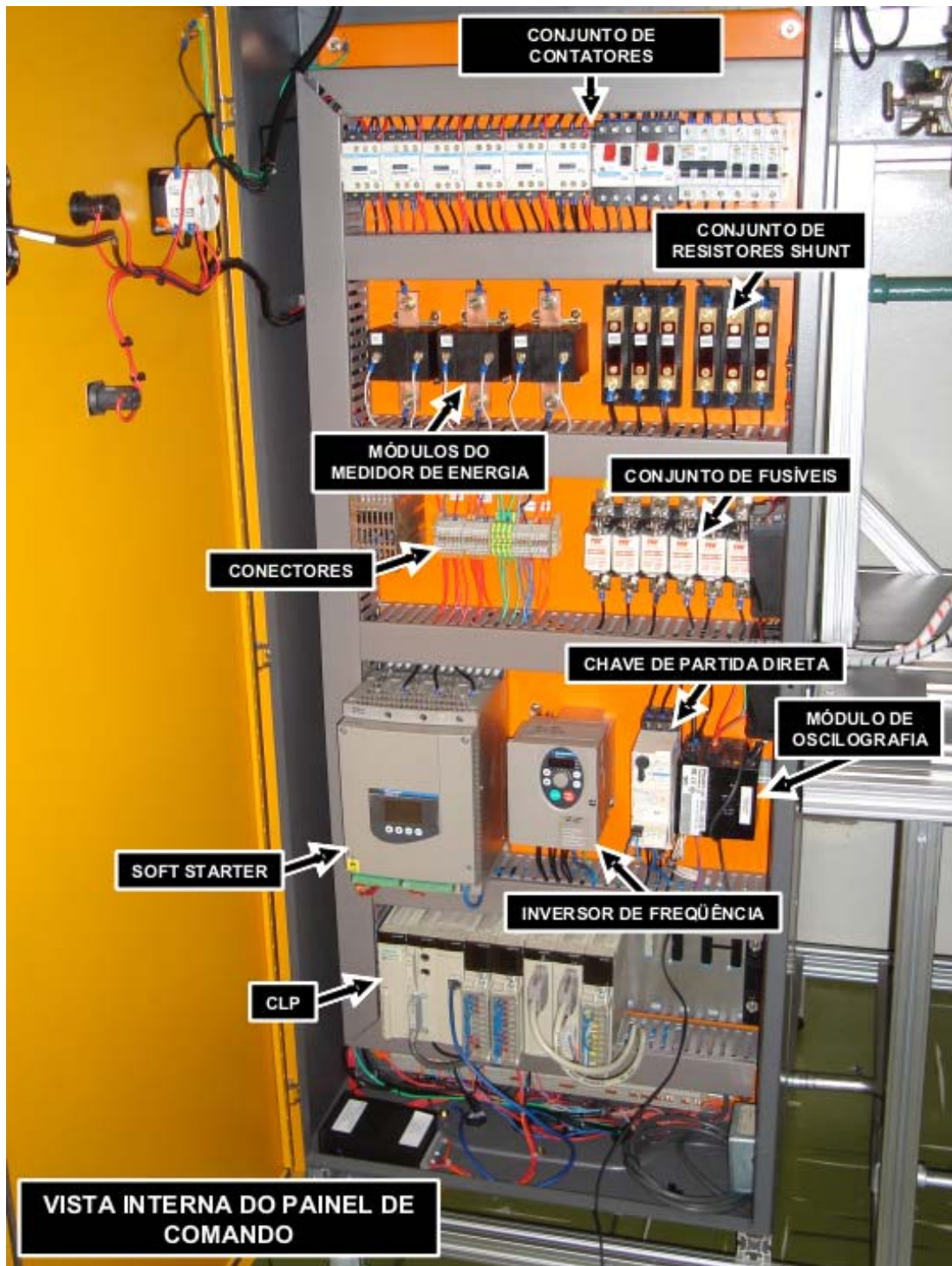


Figura 3.18 – Vista da parte interna do painel de comando

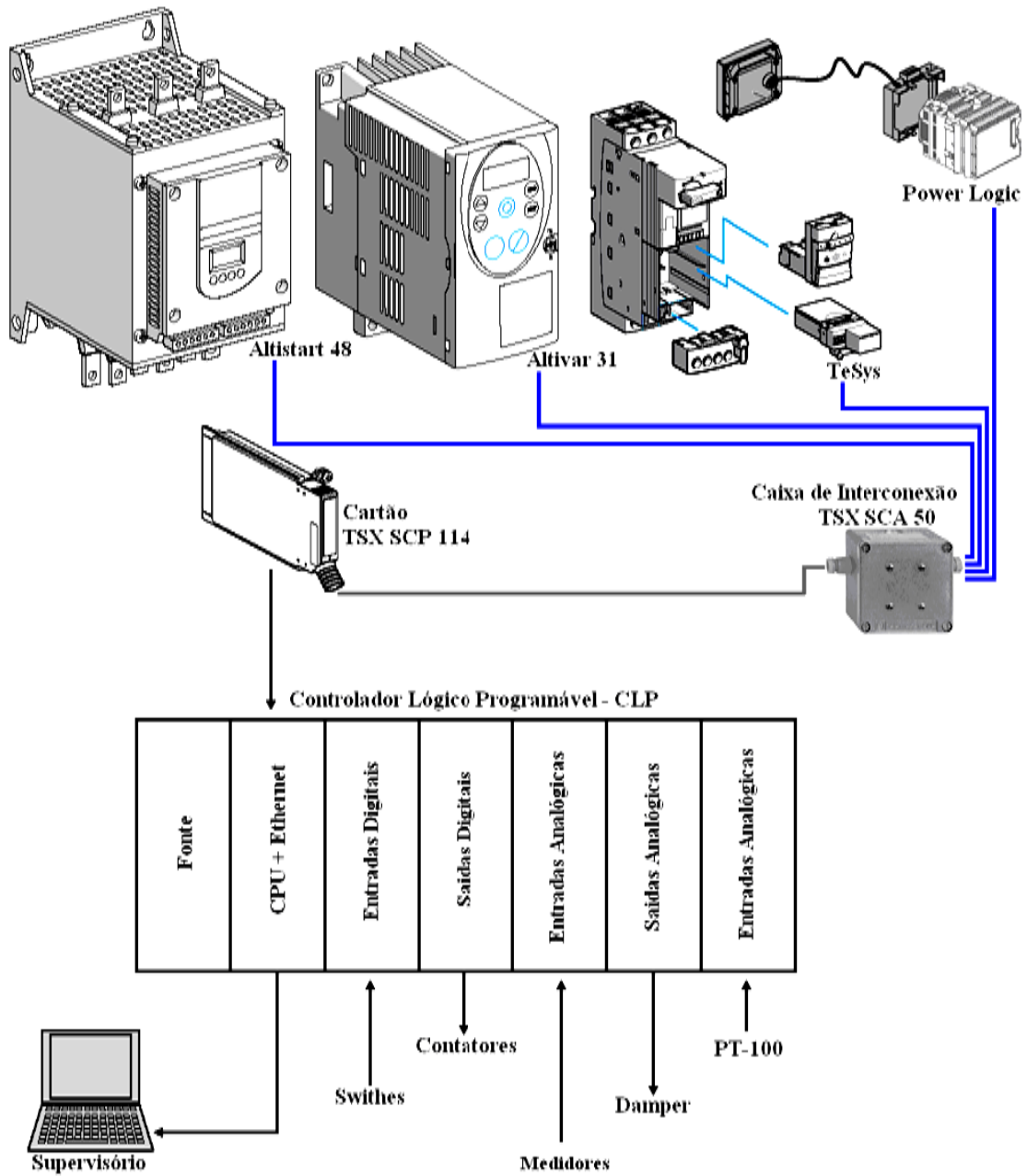


Figura 3.19 – Esquema unifilar do sistema de comando

3.3.1) Partida direta

Esse tipo de partida de motores caracteriza-se pela ligação dos enrolamentos do estator diretamente à rede elétrica e por exigir uma corrente de partida de aproximadamente sete vezes da corrente nominal do motor.

A utilização desse tipo de partida apresenta algumas limitações devidas, principalmente, à corrente e ao transitório de torque durante a partida. Estes transitórios, corrente e torque, provocam, quedas de tensão, estresse térmico e mecânico e consequentemente redução de sua vida útil.

O dispositivo de partida direta utilizado na bancada da bomba centrífuga é a chave de Partida Integrada TeSys modelo U produzida pela Telemecanique. Esta chave é compacta e, indicada para motores de até 15 KW / 400V / 32A. Agrupa em um único produto as funções de potência (seccionamento e comutação) e de controle (proteção), além das funções de automação e de comunicação (tratamento de dados e conectividade). O modelo é baseado em componentes intercambiáveis e encaixáveis que se adaptam às necessidades de instalação [44].

A partida integrada Tesys modelo U oferece as seguintes funções:

a) De proteção e comando de motores monofásicos ou trifásicos:

- Seccionamento de potência;
- Proteção contra sobrecorrentes e curtos-circuitos;
- Proteção contra sobrecargas térmicas;
- Comutação de potência.

b) De controle da aplicação:

- Alarmes das proteções;
- Supervisão da aplicação – tempo de utilização, número de falhas, valores das correntes dos motores, entre outros;

- Históricos – registro das cinco últimas falhas com o valor dos parâmetros dos motores.

Estas funções integram-se por um sistema de encaixe na base de potência sob a forma de unidade de controle e de módulos de funções.

3.3.2) Partida suave

Nos modernos sistemas empregados para partida do motor de indução, são utilizados equipamentos denominados *soft-starters* que, através de controles tiristorizados ajustam a tensão aplicada ao estator do motor no período compreendido entre as velocidades zero e nominal. Consegue-se, assim, aliviar os acionamentos dos transitórios de conjugado do motor de indução e, simultaneamente, proteger a rede elétrica dos efeitos prejudiciais das correntes de partida. São chaves de partida estática projetadas para comandar e proteger os motores elétricos e a rede elétrica, através do ajuste do ângulo de disparo de tiristores. Com o ajuste correto das variáveis, o torque e a corrente são ajustados às necessidades da carga, ou seja, a corrente exigida será a mínima necessária para acelerar a carga, sem mudanças de frequência.

Algumas características e vantagens das chaves de partida suave são:

- Ajuste da tensão de partida por um tempo pré-definido;
- Pulso de tensão na partida para cargas com alto conjugado de partida;
- Redução rápida de tensão a um nível ajustável, (redução de choques hidráulicos em sistemas de bombeamento);
- Proteção contra falta de fase, sobre-corrente e subcorrente, etc.

A chave *soft-starter* presente no painel da bancada de bombeamento e representada pela figura 3.20 é o *Altistart 48 – ATS 48DI7Q*, uma chave estática microprocessada que controla as três fases do motor assíncrono de indução a dois tiristores por fase, proporcionando partida e parada progressiva dos motores assíncronos trifásicos de gaiola de potências compreendidas entre 4 e 1200 kW. O *Altistart 48* incorpora funções de um relé de proteção, além de possibilidades de diálogo com sistemas de automação [45].

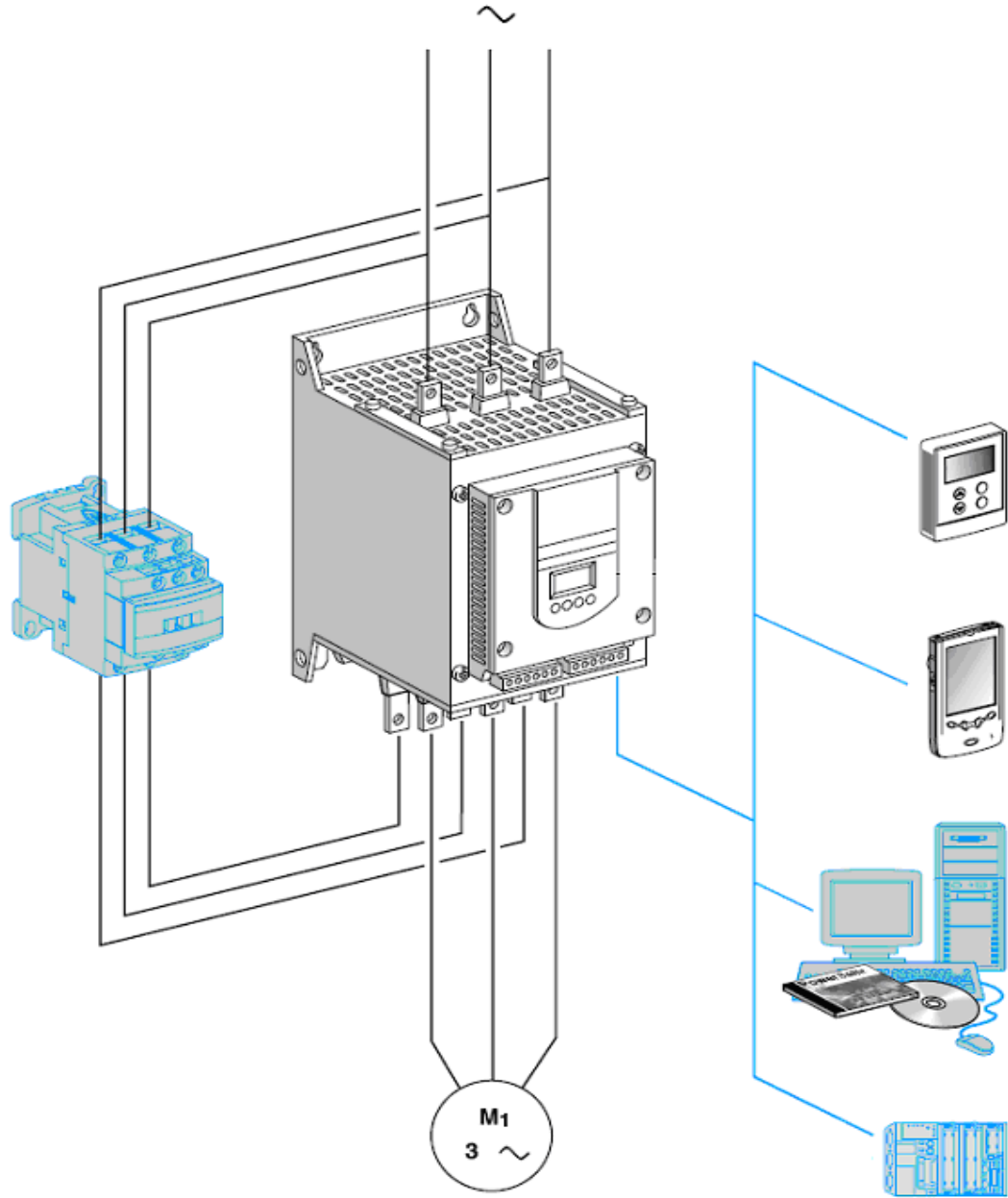


Figura 3.20 – Desenho esquemático da chave de partida suave

3.3.3) Inversor de frequência

Inversor de frequência utilizado na bancada da bomba centrífuga é um equipamento da Telemecanique denominado *Altivar 31 – ATV 31HU11M3XA*. As características elétricas para os quais o conversor está apto a trabalhar estão listadas a seguir [46]:

Rede (entrada)

Tensão de entrada: 200 / 240 [V], trifásico;

Potência de entrada: 1,1 / 1,5 [kW / HP];

Corrente máxima de linha: 8,5 / 7,4 [A];

Corrente de curto-circuito máxima presumida: 5 [kA];

Potência aparente: 3 [kVA];

Corrente de chamada máxima: 10 [A].

Inversor (saída)

Corrente nominal: 6,9 [A];

Corrente transitória máxima: 10,4 [A];

Potência dissipada com carga nominal: 71 [W].

O inversor Altivar 31 tem em seu controle de disparo a técnica vetorial de fluxo. Esta técnica produz uma saída trifásica com tensões e frequência controladas de forma independente, ou seja, não segue uma curva V/F pré-fixada. O fluxo magnético do motor é mantido constante e o torque do eixo do motor é controlado atuando-se na corrente rotórica do motor.

Inversores vetoriais se utilizam dos parâmetros do motor como, resistências elétricas, indutâncias, correntes nominais do rotor e estator, em sua programação. Como esses dados são de difícil acesso alguns inversores dispõem de sistemas de ajustes automáticos denominados "Auto-tuning", de modo a poder realizar o seu trabalho mesmo que o usuário não tenha tais informações.

Diferentemente do controle escalar onde uma queda de velocidade é necessária quando se deseja aumentar o torque, no controle vetorial de fluxo é imposta uma tensão e uma frequência adequada de maneira a compensar a queda de velocidade quando se deseja aumento do torque.

3.3.3.1) Características de conjugado

As curvas apontadas na figura 3.21 definem o conjugado em regime permanente e o conjugado transitório versus frequência disponíveis para motores auto-ventilados ou moto-

ventilados. A diferença reside unicamente na capacidade do motor de fornecer um conjugado permanente elevado abaixo da metade da velocidade nominal.

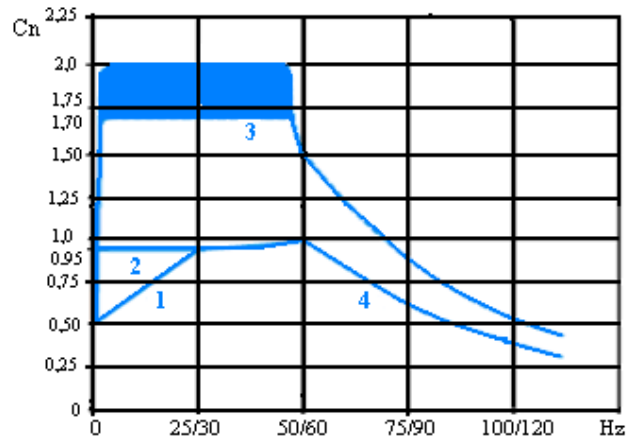


Figura 3.21 – Curvas de conjugado para o inversor de frequência

Onde:

- 1 - Motor auto-ventilado: conjugado útil permanente;
- 2 - Motor moto-ventilado: conjugado útil permanente;
- 3 – Conjugado transitório: 1,7 a 2 C_n;
- 4 - Conjugado em sobre-velocidade com potência constante.

Deve-se salientar ainda que o inversor pode alimentar qualquer motor de potência inferior àquele para o qual foi previsto. Para potências de motores superiores à capacidade nominal do inversor, deve-se assegurar que a corrente absorvida não ultrapasse a corrente de saída permanente do inversor.

3.3.3.2) A ação do inversor em situações de falha

- **Gestão das falhas:** Há diferentes modos de funcionamento em situações de falhas, por exemplo: parada por inércia; o inversor assume uma velocidade de segurança; o inversor conserva a velocidade que havia no momento da falha até o desaparecimento desta; parada por rampa e parada rápida.
- **As falhas rearmáveis:** sobre-aquecimento do inversor; sobre-aquecimento do motor; falha da rede; falhas externas; perda de sinal 4-20 mA.

- **Rearme das falhas:** permite o rearme das falhas por uma entrada lógica.
- **Eliminação de todas as falhas:** esta função permite o rearme de todas as falhas, inclusive devido às proteções térmicas (funcionamento forçado) e pode provocar danos do inversor.
- **Parada controlada na falta de rede:** permite o controle da parada do motor na falta de rede.

3.3.4) O medidor de grandezas elétricas

O multimetido *Power Logic Meter PM 850*, de fabricação da Schneider Electric, utilizado para monitoração das bancadas do LAMOTRIZ, substitui medidores convencionais como amperímetros, voltímetros e medidores de potência e energia. Esta central de medida é equipada com comunicação RS-485 para sua integração com qualquer sistema de controle e supervisão de potência. O *System Manager™ Software (SMS)* da POWERLOGIC, foi desenvolvido para controlar e supervisionar sistemas, é indicado para as funções avançadas do medidor [47].

O esquema da figura 3.22 é a representação do multimetido e, de acordo com a numeração indicada, as partes são detalhadas a seguir.

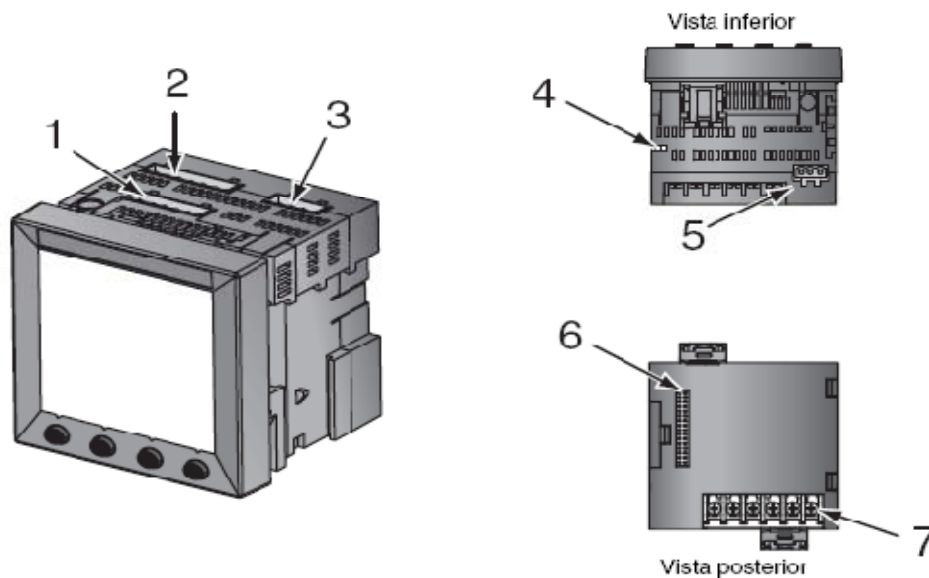


Figura 3.22 – Representação do multimetido

1. Conector de alimentação da central de medida;
2. Entradas de tensão: conexões de medição de tensão;

3. Conector E/S: conexões de saída/entrada digital;
4. LED verde: indicação de que o medidor está ativado;
5. Porta RS-485 (COM1): é utilizada para as comunicações com o sistema de supervisão e controle.
6. Conector de módulos opcionais;
7. Entradas de grandezas.

3.3.4.1) Funções de medição:

a) Leituras em tempo real

O componente mede correntes e tensões e registra em tempo real os valores eficazes das grandezas mencionadas tanto nas fases como fase e neutro. A partir destes valores calculam-se o fator de potência, potência ativa, potência reativa, etc.

A seguir estão listadas algumas das leituras em tempo real e, que são atualizadas a cada segundo:

- **Corrente**
 - Por fase: de 0 a 32767 A;
 - De neutro: de 0 a 32767 A;
 - Média trifásica: de 0 a 32767 A;
 - % desequilíbrio: de 0 a 100,0%.
- **Tensão**
 - Fase / fase (por fase): de 0 a 1200 kV;
 - Fase / fase (média trifásica): de 0 a 1200 kV;
 - Fase / neutro (por fase): de 0 a 1200 kV;
 - Fase / neutro (media trifásica): de 0 a 1200 kV;
 - % desequilíbrio: de 0 a 100,0%.
- **Potência ativa**
 - Por fase: de 0 a $\pm 3276,70$ MW;
 - Total trifásico: de 0 a $\pm 3276,70$ MW.
- **Potência reativa**
 - Por fase: de 0 a $\pm 3276,70$ MVAR;
 - Total trifásico: de 0 a $\pm 3276,70$ MVAR.
- **Potência aparente**

Por fase: de 0 a $\pm 3276,70$ MVA;

Total trifásico: de 0 a $\pm 3276,70$ MVA.

- **Fator de potência (real)**

Por fase: de $-0,002$ a $1,000$ a $+0,002$;

Total trifásico: de $-0,002$ a $1,000$ a $+0,002$.

- **Frequência**

45 – 65 Hz: de 23 a 67 Hz;

350 – 450 Hz: de 350 a 450 Hz.

b) Leituras de demanda

O medidor oferece diversas leituras de demanda, incluindo as leituras de demandas atuais e as demandas prognosticadas, as quais estão definidas a seguir:

- Demanda média de corrente;
- Demanda de potência ativa;
- Demanda de potência reativa;
- Demanda de potência aparente.

c) Leituras de energia elétrica

O medidor PM850 calcula e armazena valores de energia acumulados para energia ativa e reativa (kWh e kVArh) que entra ou sai da carga, e também acumula energia aparente total.

d) Valores de análises de energia elétrica

O medidor de grandezas elétricas proporciona ainda, uma série de valores que podem ser empregados para detectar problemas de qualidade de energia elétrica, tais como:

- **THD (Distorção Harmônica Total) – tensão e corrente:** Trifásico, por fase e de neutro \Rightarrow de 0 a 3276,7%.
- **Tensões fundamentais (por fase):**
Magnitude: de 0 a 1200 kV;
Ângulo: de 0,0 a 359,9°.
- **Correntes fundamentais (por fase):**

Magnitude: de 0 a 32767 A;

Ângulo: de 0,0 a 359,9°.

- **Outros:**

- Potência ativa fundamental (por fase, trifásica); de 0 a 32767 kW;
- Potência reativa fundamental (por fase): de 0 a 32767 kVAr;
- Fator de Potência (por fase, trifásico): de -0,002 a 1,000 a +0,002;
- Rotação de fases;
- Desequilíbrios de corrente e tensão;
- Magnitudes de harmônicos individuais: de 0 a 327,67%;
- Ângulos de harmônicos individuais: de 0,0° a 359,9°;

3.3.4.2) Captura de formas de onda

A captura de formas de onda pode ser realizada manualmente ou mediante o disparo de um alarme para analisar harmônicos estáveis. Esta forma de onda proporciona informações sobre harmônicos individuais e totais que, são calculados até o harmônico de ordem 63. Também calcula a distorção harmônica total (THD) e outros parâmetros referentes à qualidade da energia. A aquisição de dados obtém um máximo de cinco capturas individuais de três ciclos cada com 128 amostras por ciclo.

Utilizando o *software* SMS de um computador remoto, é possível realizar a captura de formas de onda. Esta pode ser para as três fases ou pode-se ampliar uma forma de onda, que inclui um banco de dados com informações sobre harmônicos. A central de medidas pode, ainda, armazenar múltiplas formas de onda capturadas em sua memória. O número máximo de formas de onda que podem ser armazenadas é cinco.

3.3.5) Controlador lógico programável - CLP

Os processadores das plataformas de automação *Premium TSX P57* controlam uma estação autônoma completa formada por módulos de entradas/saídas digitais, analógicas e módulos de funções especiais. A CPU executa a leitura dos *status* (condições ou estados) dos dispositivos de entrada por meio dos módulos de I/O Esses *status* são armazenados na memória (RAM) para serem processados pelo Programa de Aplicação desenvolvido pelo

usuário e armazenado em memória RAM, EPROM ou EEPROM no CLP. Neste caso a linguagem utilizada foi a *Ladder*. Após a execução do Programa de Aplicação, o processador atualiza os dispositivos de saída por meio dos Módulos de entrada e saída, realizando a lógica de controle [48].

A Tabela 3.2 aponta os itens presentes no conjunto que forma o controlador lógico programável utilizado o Laboratório de Sistemas Motrizes:

Tabela 3.2 – Componentes utilizados no CLP

Item	Referência	Descrição
01	TSXP571634M	CPU <i>Premium</i> UNITY N1 ETH 96KB
02	TSXPSY2600M	Modulo fonte alimentação TSX57 10
03	TSXRKY12	<i>Rack Standard</i>
04	TSXDEY16D2	Placa 16 entrada digital 24Vcc com borneira
05	TSXDSY16R5	Placa 16 saída digital a rele com borneira
06	TSXAEY800	Placa 8 entrada analógica 0-10V/4-20MA
07	TSXASY800	Placa 8 saída analógica 0-10V/4-20MA
08	TSXAEY414	Placa entrada analógica multigama 16BI

De modo mais detalhado os itens do CLP são descritos a seguir:

- **CPU - Unidade Central de Processamento:** compreende o processador (microcontrolador ou processador dedicado) o sistema de memória (ROM e RAM) e os circuitos auxiliares de controle.
- **Módulos de entrada e saída (I/O):** podem ser discretos (sinais digitais: 12 VDC, 110VAC, contatos normalmente abertos, contatos normalmente fechados) ou analógicos (sinais analógicos: 4 a 20 mA, 0 a 10VDC).
- **Fonte de alimentação:** responsável pela tensão de alimentação fornecida à CPU e aos módulos de I/O.
- **Base ou Rack:** proporciona conexão mecânica e elétrica entre a CPU, os módulos de I/O e a fonte de alimentação. Contém o barramento de comunicação entre eles, no qual os sinais os sinais de dados, endereço, controle e tensão de alimentação estão presentes.

3.4) Sistema supervisorio

O sistema supervisorio responsável pelos comandos e acionamentos utilizado no LAMOTRIZ – Laboratório de Sistemas motrizes da Universidade Federal de Uberlândia - UFU é o *InduSoft Web Studio 6.1 SP2*. Sua configuração visa a realização do controle de todo o processo e a apresentação dos dados de monitoramento em tempo real através da rede de dados Modbus *Ethernet*.

Ao acessar o sistema supervisorio, será apresentada a tela indicada pela figura 3.23.

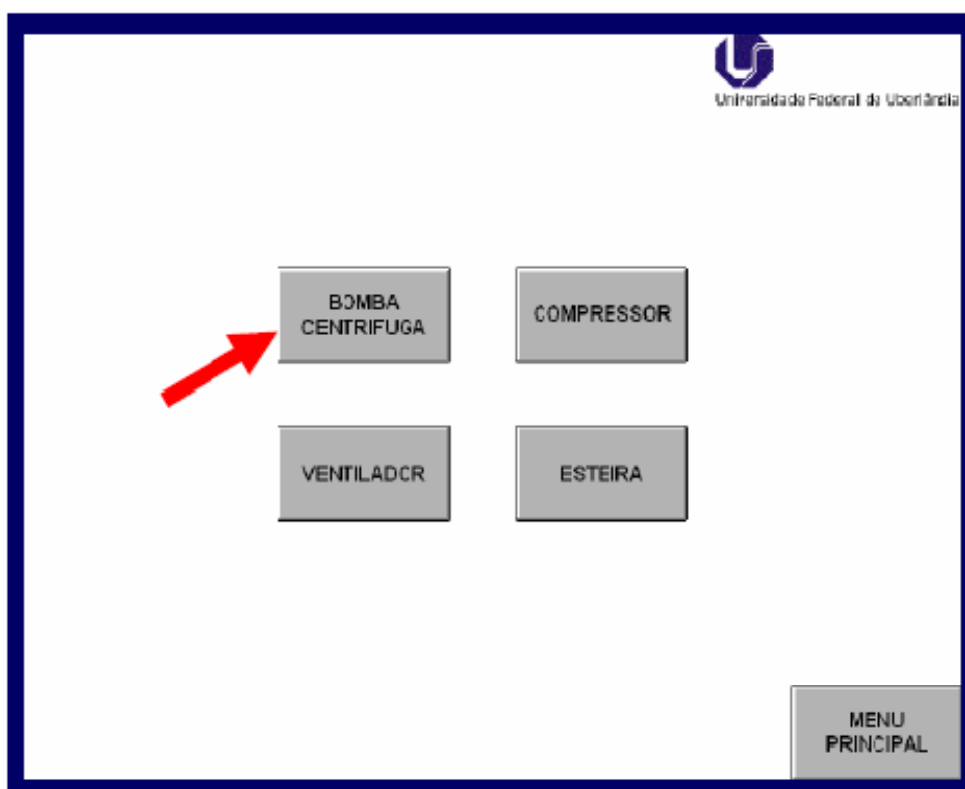


Figura 3.23 – Tela inicial do sistema supervisorio

A partir da tela inicial, tem-se acesso a uma tela principal para cada bancada, o desenho esquemático da figura 3.24 mostra a tela de apresentação da bancada da bomba centrífuga. Cada elemento constituinte da bancada (multimedidor, acionamento, carga, etc) é acessível através um atalho para abertura das telas de monitoração, ou seja: comando, temperatura, gráficos, medições e banco de dados. A tela fornece, também, informações específicas de cada bancada como, por exemplo, torque, velocidade, pressão, vazão, etc.

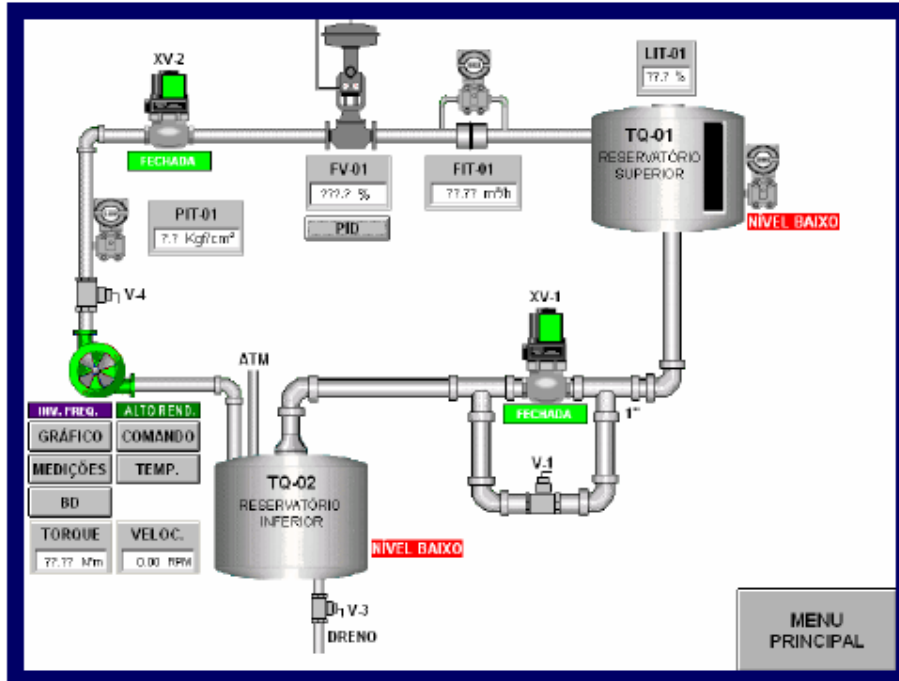


Figura 3.24 – Apresentação da bancada da bomba centrífuga na tela do supervisório

Na figura 3.25 está representada a tela de *comandos*, nela tem-se acesso aos sistemas de partida direta, suave e por inversor de frequência. Esta tem seus parâmetros determinados pelo supervisório. Desta forma, o tempo de rampa de subida e descida, a velocidade e demais parâmetros referentes às características operacionais das máquinas deverão ser configurados através de tela específica no supervisório de cada bancada.

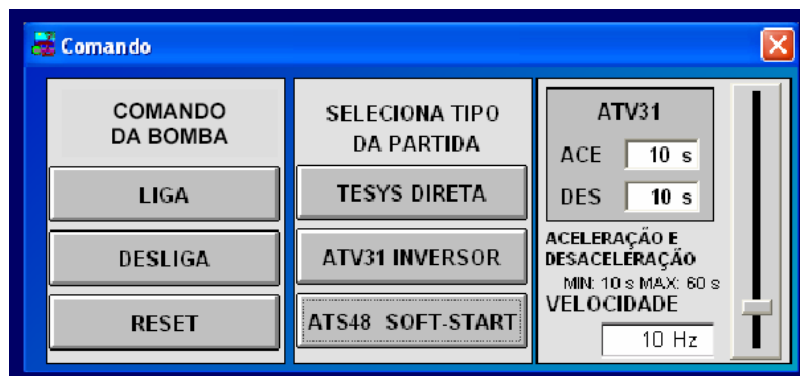


Figura 3.25 – Tela de comando

A obtenção de dados em tempo real é possível via janela de *medições*, como indicado na figura 3.26. Esta tela trabalha exclusivamente com grandezas elétricas, como por exemplo, tensão, corrente, potência, fator de potência, etc.



Figura 3.26 – Janela de medições de grandezas elétricas

Além das informações apresentadas diretamente na tela (medições), o sistema também oferece dados numéricos via banco de dados pelo atalho *BD*, na tela principal da bancada, conforme a figura 3.27. Complementando ainda, é possível a construção de gráficos de parâmetros do sistema em função do tempo, como indicado na figura 3.28 e, seu acesso é permitido pela janela denominada de *gráficos*.

ID	Data	Hora	Tensão RS	Tensão ST	Tensão TR	Tensão Média	Corrente R	Corrente S
1	14/06/2007	08:27:49	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	14/06/2007	08:27:49	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
3	14/06/2007	08:27:49	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
4	14/06/2007	08:27:50	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
5	14/06/2007	08:27:50	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
6	14/06/2007	08:27:50	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
7	14/06/2007	08:27:50	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
8	14/06/2007	08:27:51	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
9	14/06/2007	08:27:51	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
10	14/06/2007	08:27:51	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11	14/06/2007	08:27:51	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
12	14/06/2007	08:27:52	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
13	14/06/2007	08:27:52	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
14	14/06/2007	08:27:52	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
15	14/06/2007	08:27:52	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16	14/06/2007	08:27:53	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
17	14/06/2007	08:27:53	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
18	14/06/2007	08:27:53	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
19	14/06/2007	08:27:53	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Figura 3.27 – Banco de dados do sistema supervisorio

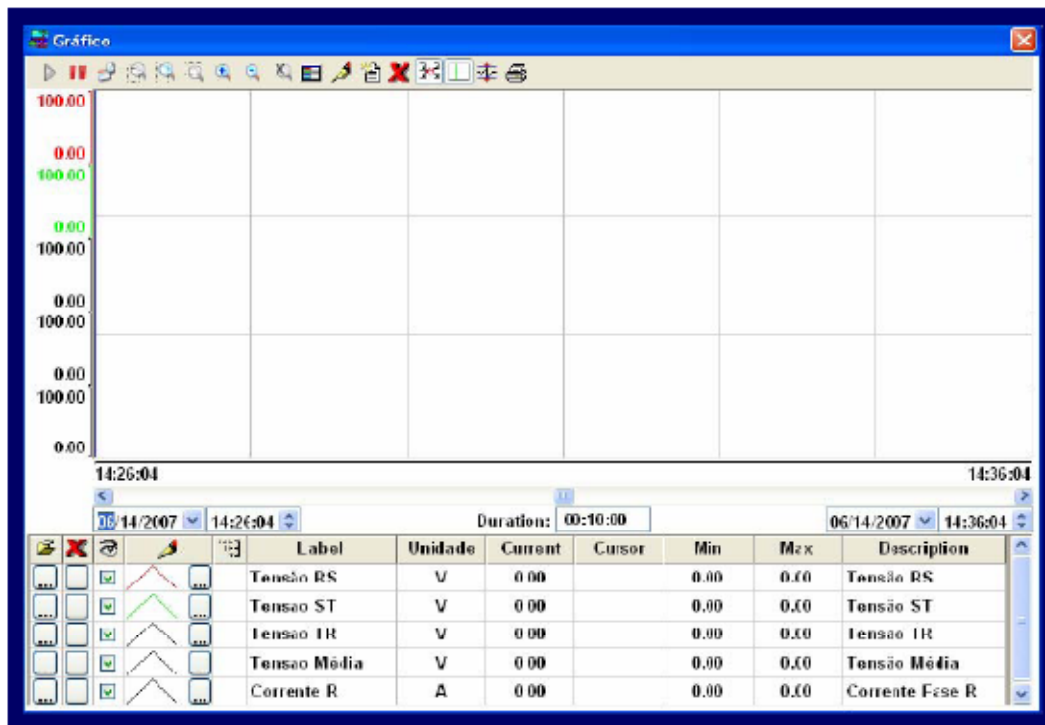


Figura 3.28 – Tela de apresentação de parâmetros x tempo

Finalmente, em tela específica, pelo comando *temp*, são mostradas as temperaturas de enrolamento e carcaça dos motores. A figura 3.29 indica o modo pelo qual estas informações chegam ao usuário.

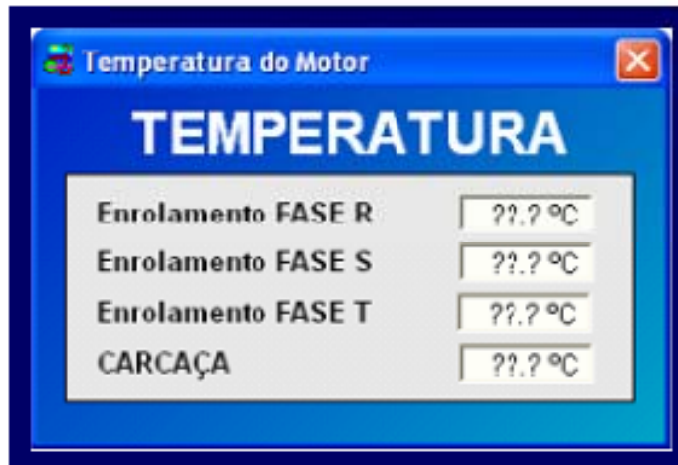


Figura 3.29 – Janela de apresentação das temperaturas do motor

3.4.1) O controle de vazão via supervisor

A partir da tela do fluxograma da bomba, através da tecla *PID*, localizado abaixo da válvula de vazão, FV-01, indicado na figura 3.30, tem-se acesso à janela representada na figura 3.31.

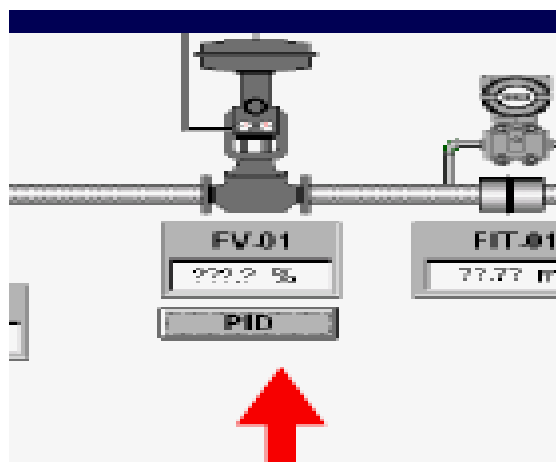


Figura 3.30 – Indicação de PID na tela de fluxograma da bancada didática da bomba centrífuga



Figura 3.31 – Janela PID do sistema de bombeamento

Pode-se fazer o controle de vazão tanto pela válvula de estrangulamento quanto pelo inversor de frequência, selecionando válvula ou inversor como mostrado na figura 3.31.

Onde:

P – controle proporcional (de 0 a 100000);

I – controle integral (de 0 a 100000);

D – controle derivativo (de 0 a 100000);

SP – *Set Point* (valor desejado em m^3/h);

PV – Variável de processo (valor da vazão medida em m^3/h);

MV – Variável manipulada (abertura da válvula de controle em %).

Como existe uma ampla gama de valores para o ajuste PID, a planta tem um ajuste inicial, a partir do qual se pode utilizar a estação de trabalho com grande precisão. Os valores pré-ajustados são:

P = 100

I = 100

D = 100

E, para faixas de operação:

SP de 0 a 5 m^3/h ;

MV de 0 a 100%.

Ao se possibilitar o controle de vazão via estrangulamento de válvula e via variação de velocidade, permite-se comparar o efeito das grandezas envolvidas no processo nos dois casos. Com a utilização do inversor de frequência, o sistema permite ainda, que se faça a escolha da vazão e, via CLP, buscar, automaticamente, a velocidade necessária no conversor para a obtenção da vazão desejada.

3.5 – Dinamômetro

Para aparecer a tela do dinamômetro, um dos motores deverá estar acoplado no equipamento, portanto, com um motor acoplado ao dinamômetro aparecerá a tela indicada na Figura 3.32.

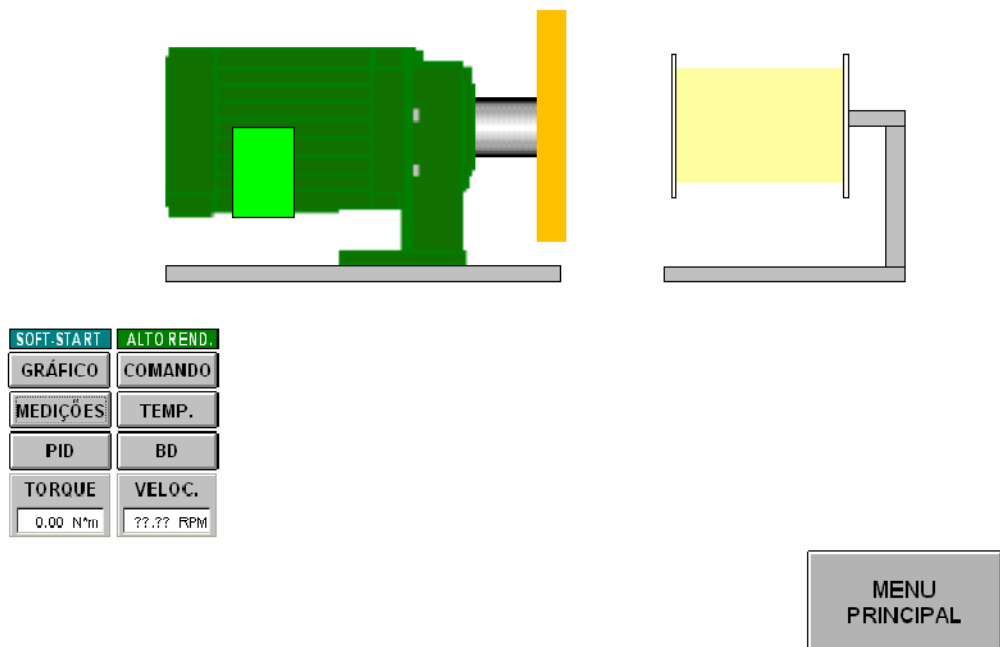


Figura 3.32 – Tela do dinamômetro no supervisão

A exemplo da bomba centrífuga, o dinamômetro também tem seus valores de PID pré-ajustados, estes estão listados a seguir:

P = 50

I = 100

D = 0

Faixas:

SP de 0 a 10 Nm;

MV de 0 a 100%.

3.6) Considerações finais

A planta industrial do sistema de bombeamento apresentada e discutida ao longo deste capítulo, oferece várias possibilidades de estudos e ensaios experimentais, dentre os quais, pode-se citar:

- Levantamento da curva característica da bomba, ou seja, conjugado no eixo em função de sua rotação;
- Levantamento da curva característica dos motores (convencional e alto-rendimento), ou seja, conjugado no eixo em função de sua rotação;
- Estudo da eficiência energética dos motores sob diferentes condições de carga;
- Estudo da eficiência energética através da comparação dos motores da linha padrão e alto-rendimento;
- Estudo da eficiência energética dos motores em função da variação da vazão da bomba (estrangulamento da válvula);
- Estudo de eficiência energética dos motores em função da utilização de inversores de frequência, através da variação de velocidade do conjunto motor-bomba;
- Comparação entre as grandezas elétricas e mecânicas considerando as partidas direta, suave e inversor de frequência.
- Levantamento das curvas de todos os parâmetros elétricos e mecânicos monitorados em função do tempo de funcionamento do conjunto motor-bomba.