

Automação e Controle em uma Micro Cervejaria Artesanal

Anita Maria da Rocha Fernandes
anita.fernandes@univali.br
UNIVALI

Tiago Alexandre Franzen
UNIVALI

Resumo: Visando o já em expansão mercado de produção de cervejas especiais, este projeto mostra a aplicação de um sistema embarcado para a automação de uma micro cervejaria para produção de cerveja artesanal. Para levar a feito, foram utilizadas linguagens de programação padronizadas pela parte três da norma IEC 61131, que define formas textuais e gráficas, internacionalmente aceitas e difundidas dentro do meio de automação e controle. Estas linguagens são utilizadas para a programação de controladores lógicos programáveis (CLPs) de diversos fabricantes. A comunicação com o meio externo foi feita por meio de uma Interface Homem Máquina (IHM), que se comunica com o controlador através de uma rede ethernet, utilizando o protocolo MODBUS. Da mesma forma que as linguagens de programação envolvidas, este protocolo é padronizado e largamente utilizado no meio industrial, além de apresentar características robustas enquanto simples. Foram exploradas algumas alternativas, tanto de hardware quanto de software, compatíveis com os padrões acima adotados, procurando mostrar a adaptabilidade da solução. A proposta é que, depois de embarcado em um controlador lógico programável, o sistema pudesse prover uma solução de automação, controle e supervisão que fosse viável, versátil e efetiva.

Palavras Chave: Sistemas embarcados - CLPs - MODBUS - Cervejaria artesanal -

1. INTRODUÇÃO

Dados históricos mostram que o consumo de cerveja em âmbito mundial acompanha uma curva crescente. Quando comparado com outras bebidas alcoólicas, este crescimento fica ainda mais evidenciado. Este crescimento é impactado pelo aumento do consumo em países como Brasil, Rússia e China (COLEN & SWINNEN, 2010). Nos países da Europa, o consumo mostra-se estável, mas quando comparado proporcionalmente de forma per capita, é o mais elevado do mundo. Novamente, Brasil, China e Rússia tem um consumo (per capita) definido por uma curva crescente (COLEN & SWINNEN, 2010).

O consumo de cerveja no Brasil esta em franca expansão e acompanhando esta tendência, está o consumo de cervejas tipo Gourmet. Cervejas tipo Gourmet são mais elaboradas e tem um valor agregado maior. São destinadas a atender paladares exigentes e buscam suprir padrões de satisfação mais refinados. São, portanto, consumidas por um público mais seletivo. Geralmente importadas, estas cervejas provêm, na sua grande maioria, de países como Bélgica e Alemanha (EUROMONITOR INTERNACIONAL, 2011).

No Brasil, o mercado das cervejas artesanais corresponde a pouco mais de 2% do total, mas sua taxa de crescimento é três vezes maior que a média do total, correspondendo a 8%, enquanto o mercado de cervejas de consumo em larga escala cresce entre 2,5% e 5% (EUROMONITOR INTERNACIONAL, 2011). Portanto, produzir este tipo de cerveja no Brasil é promissor.

O passo inicial na produção de cerveja artesanal esbarra em dificuldades (controle de tempos e temperaturas de processo) que, em um contexto de automação e controle industrial são extremamente fáceis de serem absorvidas. Porém, o desenvolvimento de sistemas dedicados de controle se torna dispendioso ou ineficaz, dependendo da abordagem. Em suma, o custo de um controlador programável que abranja todo o processo pode se tornar inviável, ultrapassando facilmente a casa dos mil reais, enquanto um controlador simples de temperatura, que custa algumas dezenas de reais, não resolve todo o problema.

Dentro deste contexto, este artigo apresenta uma solução baseada em sistemas embarcados (SILVEIRA & SANTOS, 2001). Ou seja, prover hardware e software capazes de resolver uma determinada tarefa de forma dedicada. Tais sistemas podem ser executados em uma grande variedade de controladores, de diferentes fabricantes e sob as mais variadas configurações.

A solução aqui apresentada, é de baixo custo e visa suprir de forma completa o controle e supervisão das variáveis de processo envolvidas, além de nortear os cervejeiros artesanais durante todo o processo de produção.

2. O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA

Tradicionalmente, se define cerveja como toda bebida fermentada a partir de cereais. Entretanto, por força de lei no Brasil, entende-se cerveja como uma bebida obtida pela fermentação alcoólica do mostro cervejeiro, oriundo este, do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. A lei em questão é a Lei Federal nº. 8.918/94, regulamentada pelo Decreto 2.314/97 (ACERVA PAULISTA, 2011).

Segundo Venturini (2010), pode-se classificar as cervejas quanto ao seu tipo de fermentação. Sendo assim, as cervejas são divididas em ALES e LAGERS.

- ALES: são produzidas por leveduras que agem no topo do mostro (*top-fermented*), líquido denso e açucarado resultante do cozimento dos maltes e cereais, durante a fermentação, e que trabalham a temperaturas mais elevadas (de 18°C a 25°C). Segundo

Venturini (2010), via de regra, os aromas das ALES são mais intensos, variados e saborosos do que os obtidos em cervejas similares de baixa fermentação, sendo que a temperatura mais elevada durante a fermentação propicia a formação de alcoóis superiores e ésteres. A temperatura ideal para serem servidas as ALES varia entre 7° C e 12° C, ou seja, temperaturas mais altas que as LARGES.

- **LARGES:** especialmente no Brasil, respondem quase pela totalidade do consumo de cervejas, erroneamente confundidas com as cervejas do tipo Pilsen, originárias de Pilsen na República Checa, que nada mais são do que um tipo de LARGES. São cervejas produzidas por leveduras que afundam no mosto durante a fermentação (*bottom fermented*), e que trabalham a temperaturas mais baixas que as ALES, entre 8° C e 14° C. Normalmente são mais refrescantes e leves, com aromas mais suaves e limpos. LARGES são maturadas a baixas temperaturas, 0° C/1° C. por vários meses, e desenvolvem um aroma médio de lúpulo.

Para Beckhauser (1984), uma produção artesanal de cerveja pode ser dividida, de forma resumida, em dez passos básicos: elaboração da receita; moagem do malte; brasagem; filtragem; fervura; resfriamento; aeração e inoculação do fermento; fermentação; maturação; e engarrafamento.

É na **Elaboração**, segundo Beckhauser (1984), que se estabelece os tempos e temperaturas das etapas de produção. A Moagem do malte tem por função quebrar todos os grãos para que seu conteúdo fique exposto. Já na **Brasagem**, segundo Beckhauser (1984), deve-se aquecer a água a determinadas temperaturas que favorecem a alteração de enzimas, que transformam a mistura de água com malte moído. O controle da temperatura nesta etapa é crítico, uma vez que temperaturas acima de 74° C acarretam na desativação das enzimas e consequentemente, comprometimento do rendimento e até do processo.

Na Filtragem, o mosto é filtrado por meio de um fundo falso ou sistema de peneiras. Depois de filtrado, segundo Beckhauser (1984), o líquido é fervido. Na **Fervura** acontece a adição do lúpulo, eu confere características como amargor e aroma à cerveja. Novamente, os tempos são críticos, uma vez que definem o quão amarga ou aromatizada a cerveja vai ficar. Uma vez fervido, o líquido passa pelo **Resfriamento**, para que o fermento possa ser adicionado sem que as bactérias sejam afetadas por temperaturas superiores a 26° C. O resfriamento deve ser rápido e eficaz.

Em seguida, o líquido deve ser aerado para que então o fermento possa ser finalmente adicionado. Na **Fermentação**, ao líquido, depois de resfriado, é adicionado o fermento. A mistura fica reservada por um período médio de sete dias. Este tempo pode variar bastante de acordo com o tipo de fermento utilizado e a densidade inicial do líquido (BECKHAUSER, 1984).

Na **Maturação**, o líquido é separado do fermento, que neste ponto está decantado no fundo do fermentador. O recipiente de maturação é acondicionado geralmente sob baixas temperaturas, próximas a 0°C, por um período médio de dez dias. Para Beckhauser (1984), passado o período de maturação, a cerveja esta pronta e pode ser engarrafada. Em alguns casos, por facilidade, o engarrafamento é feito logo após a fermentação, e o processo de maturação ocorre dentro da própria garrafa.

Considerando as etapas apresentadas, verifica-se que, a qualidade da cerveja esta diretamente ligada ao controle das temperaturas e do tempo.

3. O SISTEMA DESENVOLVIDO

Nesta seção será apresentada a concepção do sistema de supervisão e controle desenvolvido para uma micro cervejaria artesanal. A evolução da seção mostra como a solução foi ganhando sua forma final e quais as considerações foram levadas em conta na sua construção.

O sistema desenvolvido é capaz de prover o controle dos tempos e temperaturas do processo. Além disso, o sistema permite que o processo como um todo seja direcionado, mesmo que uma determinada etapa não tenha viabilidade de ser controlada ou monitorada.

O software envolvido na solução foi documentado utilizando a Norma IEC 61131 para facilitar e flexibilizar futuras implementações, além de abstrair a descrição física, arquitetural e comportamental do sistema (IEC, 2003; BONIFATTI, 1997). A Figura 1 apresenta o fluxo de dados do sistema.

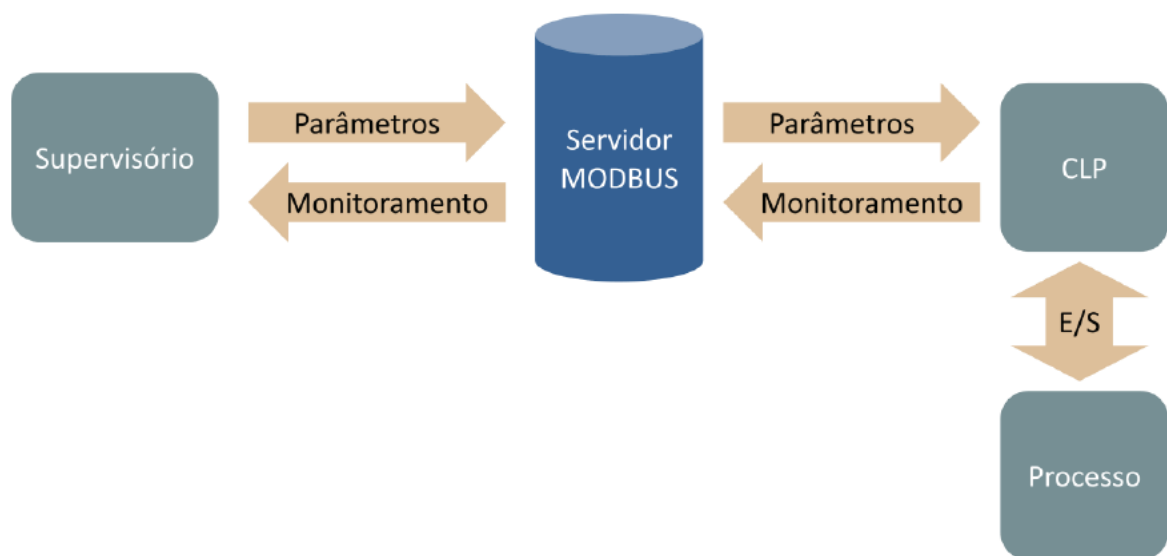


Figura 1. Fluxo dos dados no sistema

3.1. ESCOPO DO SISTEMA DESENVOLVIDO

O sistema desenvolvido apresenta as seguintes funcionalidades:

- Do início ao fim do processo, o sistema fornece informações sobre o ponto em que se encontra, dentro da sequência de produção da cerveja.
- Todos os eventos importantes que necessitam de intervenção, tem sua ocorrência indicada por meio de uma saída de sinalização, e para o sistema de supervisão.
- O sistema fornece saída de acionamento para o moedor do malte. Essa saída pode ser acionada por meio de uma entrada digital ou pelo sistema de supervisão e controle.
- O sistema controla a saída dedicada de acendimento da chama, de acordo com a lógica de controle. O sistema também monitora se a chama está ou não acesa.
- O sistema controla a abertura e fechamento da válvula de gás de acordo com a lógica de controle e mecanismo de segurança (sensor da chama).
- Todas as variáveis de tempo e de temperatura inerentes ao processo de fabricação são passíveis de parametrização, por meio do sistema de supervisão e controle. Variáveis adicionais como histereses de medição e controle são igualmente parametrizáveis.

- O sistema executa a lógica de controle de acordo com os tempos e temperaturas estabelecidos.
- Todas as variáveis que interessam para a monitoração (tempos, temperaturas e eventos) bem como as variáveis de parâmetro são disponibilizadas e/ou recebidas do sistema de supervisão e controle.
- A interface de supervisão e controle tem acesso a todas as variáveis e parâmetros de processo do CLP.

O software executado no CLP foi escrito utilizando as linguagens padronizadas pela Norma IEC 61131 (FONSECA, SEIXAS FILHO & BOTURA FILHO, 2008), com ambiente de desenvolvimento TwinCAT, da fabricante Beckhoff. O software de controle roda em um servidor MODBUS, fornecendo uma interface ao cliente MODBUS, no caso, o sistema de supervisão e controle. A interface de supervisão e controle (supervisório) é um cliente (mestre) MODBUS (MODBUS, 2011), viabilizando o acesso às variáveis de processo.

3.2. O AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO UTILIZADO

Para realizar a programação dos softwares aplicativos, foi utilizada a ferramenta disponibilizada pelo fabricante do controlador lógico programável (CLP), o software TwinCAT da fabricante alemã Beckhoff. Essa ferramenta é um ambiente de desenvolvimento que implementa as funcionalidades padronizadas pela Norma 61131 (JOHN & TIEGELKAMP, 2001), norma internacional para programação de controladores aplicada a automação de processos industriais, que tem como um dos principais objetivos tornar o software do controlador modular, reutilizável e portátil.

O TwinCAT é baseado no CoDeSys, que é o principal sistema de desenvolvimento para automação no padrão normatizado pela 61131. O CoDeSys é utilizado pela grande maioria das fabricantes de controladores como base de suas interfaces de desenvolvimento. Isso faz com que as características de vários ambientes de desenvolvimento, de diversos fabricantes, sejam bastante semelhantes.

A ferramenta permite que sejam configurados três tipos de unidades de organização de programas (POU): as funções, os blocos de Função e os Programas. O modelo de organização do software, conforme características apresentadas na norma, pode ser visto na Figura 2.

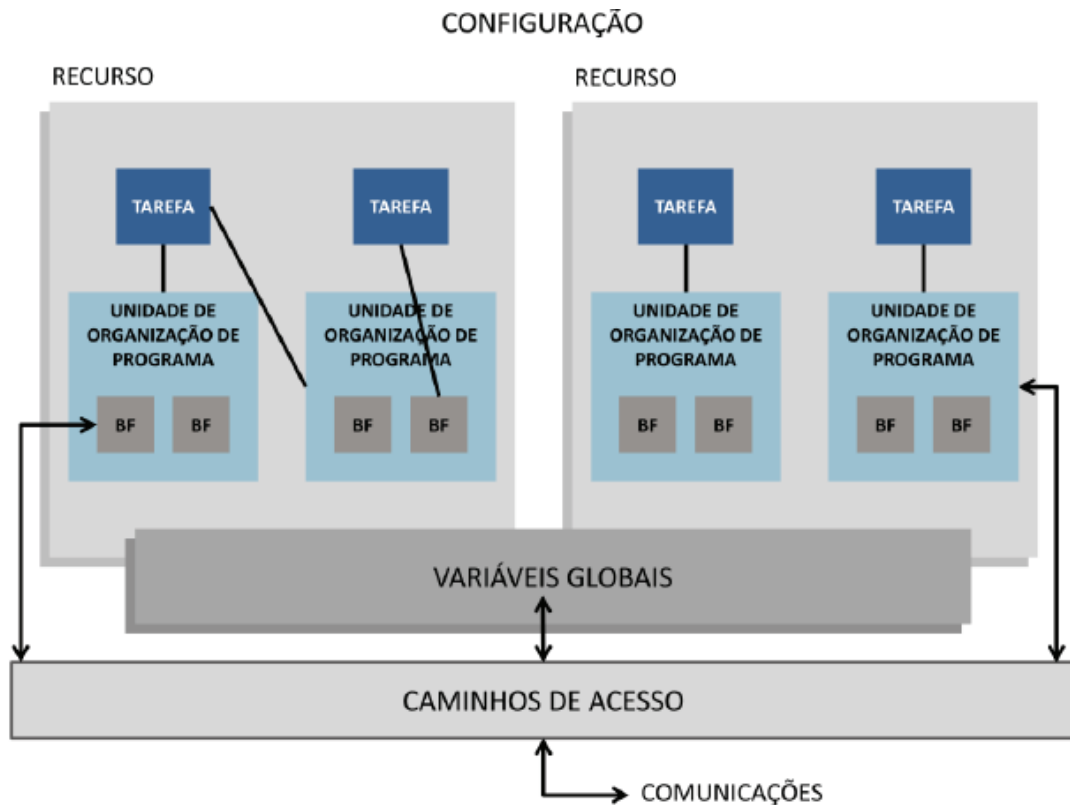


Figura 2. Modelo de estrutura de um software IEC 61131

As funções são trechos de código que executam uma determinada rotina e produzem uma única saída em função dos dados de entrada. Uma função não possui memória interna, de modo que a sua execução, com os mesmos parâmetros de entrada, sempre gera o mesmo resultado. Uma função não precisa ser instanciada, ela pode ser invocada na declaração de outra POU.

Os blocos de função tem funcionalidade semelhante às funções, entretanto podem manipular uma variável de entrada e saída e podem produzir mais de uma variável de saída. Os blocos de função podem ser instanciados quantas vezes for necessário, permitindo a reutilização dos códigos implementados. Além disso, um bloco de função possui memória de dados, de modo que todos os valores de variáveis internas são mantidas entre duas execuções consecutiva do bloco (PATTERSON & HENNESSY, 1997).

Já os programas são os códigos que contêm a inteligência da aplicação, utilizam as diversas funções e blocos de função, tanto programados pelo usuário quanto encontrados em bibliotecas, para executar lógicas complexas a fim de produzir o resultado de controle esperado. Uma facilidade apresentada pela ferramenta é que ela permite que as funções, blocos de funções e programas sejam programados em qualquer uma das linguagens padronizadas pela Norma 61131 – 3. Ela ainda permite que um mesmo aplicativo possa ter programas em uma linguagem, funções em outra e blocos de funções em outra, sem nenhum prejuízo de integração entre os mesmos, isto é, não há necessidade de conversão para alguma linguagem específica antes de compilar.

Isso possibilita o uso da linguagem mais adequada para o código que se está implementando, com o SFC para códigos seqüenciais, FBD para intertravamentos e malhas de controle, ST para funções de alta complexidade (LEWIS, 1998).

Além de permitir a programação multi-linguagem, a ferramenta permite a execução de até 4 tarefas, que é mais um requisito para os novos CLPs apresentando na Norma IEC 61131

– 3. Dessa forma, o mecanismo de execução do programa do CLP passa a ser orientado a tarefas, sendo essas periódicas ou por interrupção (preemptivas com prioridades), quebrando o paradigma do ciclo tradicional de leitura, execução e atualização das saídas.

Outra função importante desempenhada por essa ferramenta é o uso de interfaces amigáveis de configuração e parametrização dos dispositivos de entrada e saída do CLP; como os cartões de entrada e saída digitais e analógicas e os cartões de interface ethernet. Além, disso, a ferramenta possibilita um método ágil de mapeamento das variáveis de entrada e saída do programa com os módulos de aquisição de entrada e saída (SILVEIRA & SANTOS, 2001).

Além do ambiente de programação, essa ferramenta ainda possui um sistema de *run times* que transforma um computador em um CLP, para efeito de desenvolvimento para simular um CLP, permitindo que seja feito o *download* dos programas, o processo de *debug* do código e os testes de comunicação sem a necessidade do hardware final (THOMAZINE & ALBUQUERQUE, 2005).

3.3. PROCESSO

Fazem parte do escopo principal da automação a brasagem, a filtragem, a fervura e o resfriamento. É nestas etapas que se faz necessário um controle de tempos e temperaturas. As demais etapas (Elaboração, Moagem, Aeração e Inoculação do Fermento, Fermentação, Maturação e Engarrafamento) são mais simples e são apenas direcionadas por diagramas no sistema de supervisão.

Na Figura 3 é apresentada uma curva típica de temperaturas no tempo, com faixas comuns à maioria das receitas de cerveja artesanal.

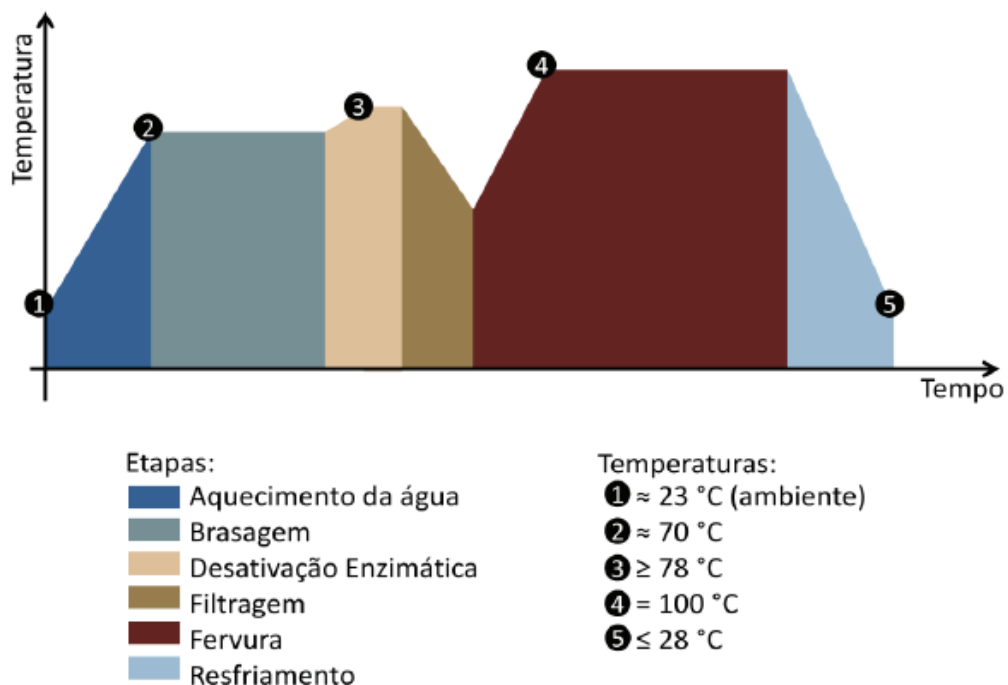


Figura 3. Curva típica de temperaturas de uma cerveja artesanal

De forma sucinta, essa parte dos processo pode ser assim descrita: inicialmente ocorre o aquecimento da água, que geralmente esta na temperatura ambiente (ponto 1 da Figura 3). O malte é adicionado (ponto 2 da Figura 3) e a temperatura deve se manter constante durante toda a duração da brasagem. A temperatura é elevada respeitando uma curva de aquecimento,

até a temperatura em que ocorre a desativação enzimática (ponto 3 da Figura 3). O mosto é então filtrado e por consequência ocorre uma queda da temperatura, que neste ponto não requer controle. Após filtrado, o mosto deve ser aquecido até iniciar a fervura (ponto 4 da Figura 3). Durante esta etapa, alguns tempos são controlados para indicar a colocação do (s) lúpul (s). Terminado o tempo de fervura, o mosto deve ser resfriado até atingir uma temperatura mínima, que permita a inoculação do fermento (ponto 5 da Figura 3).

Os eventos nestas etapas do processo podem ser vistos na Figura 4. Estes eventos estão destacados por serem críticos e/ou necessitarem de intervenção.

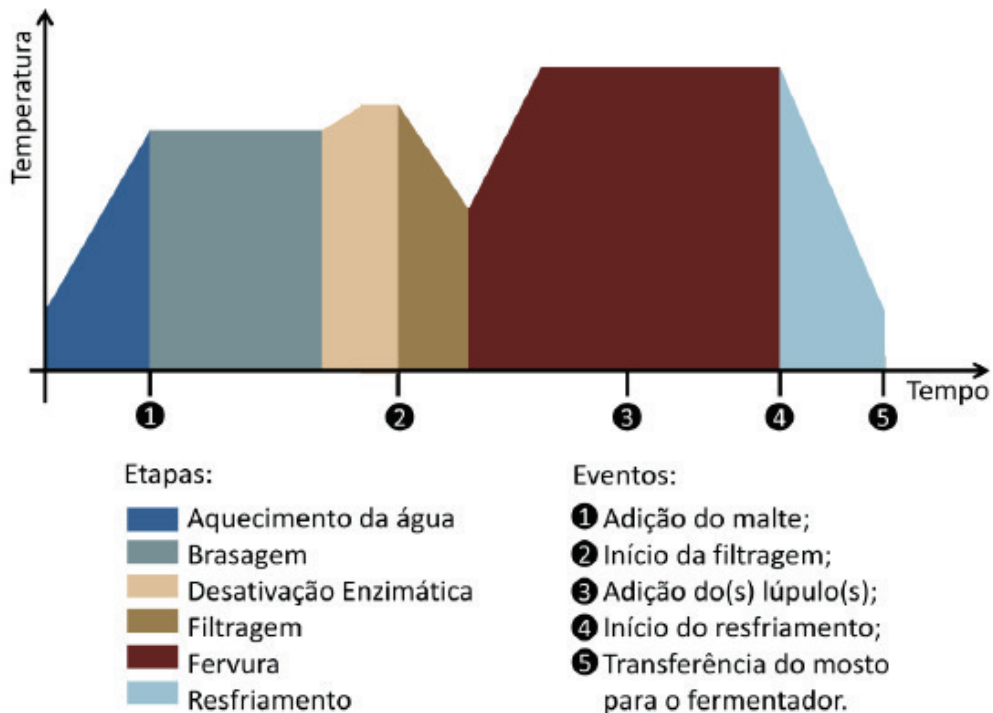


Figura 4. Eventos na produção de cerveja artesanal.

3.4. CONTROLE

O sistema de controle executa a lógica em uma máquina de estados, onde cada estado corresponde a uma das etapas da produção apresentadas nas figuras 3 e 4.

```

CASE Etapa OF
  AQUECIMENTO_AGUA :
    .....
  BRASAGEM:
    .....
  DESATIVACAO_ENZIMATICA:
    .....
  FILTRAGEM:
    .....
  FERVURA :
    .....
  RESFRIAMENTO:
    .....
ELSE
  .....
END_ELSE

```


Dentro de cada etapa da máquina de estado, o controle de temperatura e tempo é feito de acordo com o que foi parametrizado, e os eventos são indicados de acordo com sua ocorrência. O fluxo dos dados ocorre conforme exemplificado na Figura 1.

Devido à grande inércia de temperatura inerente ao processo, o controle de temperatura não necessita de maior elaboração. Um controle do tipo *on-off* simples é o suficiente para manter a temperatura dentro do esperado, conforme dados coletados e exibidos na Figura 5. O hardware envolvido é apresentado na Figura 6.

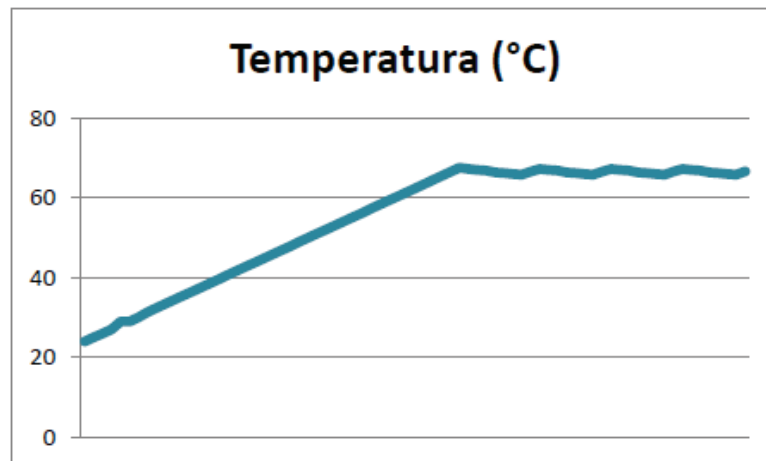


Figura 5. Gráfico de temperatura do processo.

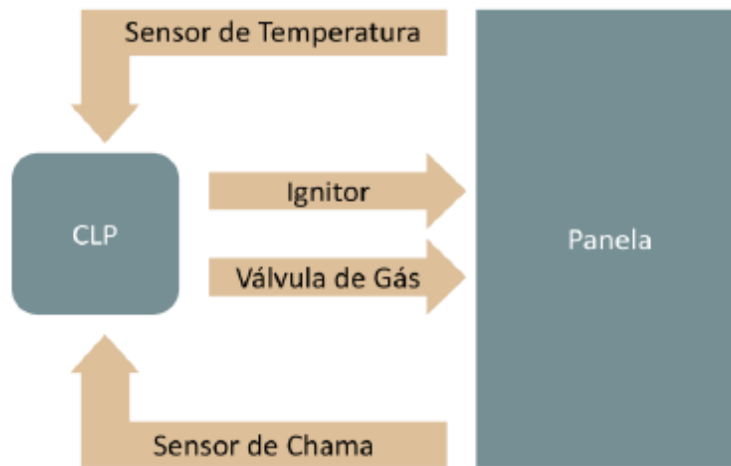


Figura 6. Hardware do sistema de controle de temperatura.

Uma lógica de segurança é aplicada para evitar que a válvula de gás fique aberta caso o sensor de chama não detecte a presença efetiva da mesma. Este monitoramento é feito durante o acendimento e todo o restante do processo. Esta lógica está implementada em LD (*Ladder Display*), conforme mostra a Figura 7.

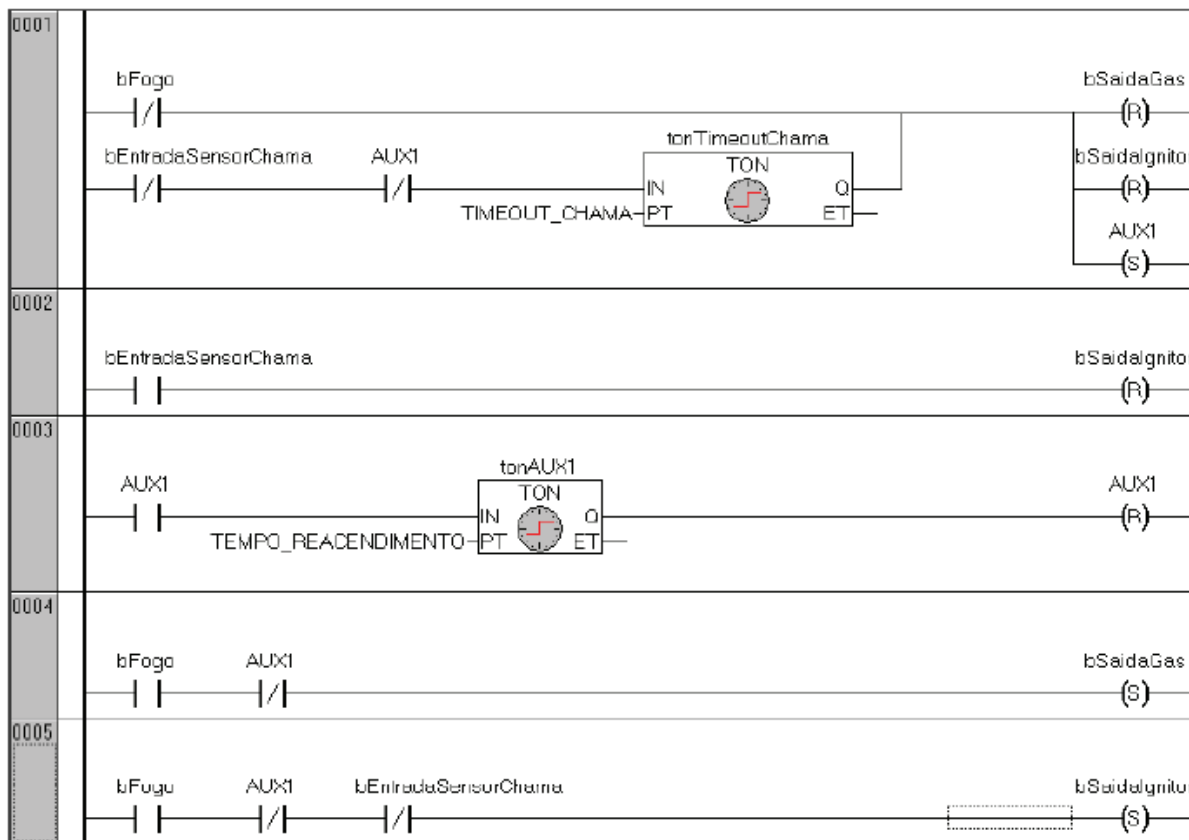


Figura 7. Lógica de acionamento da chama.

3.5. INTERFACE DE ENTRADA E SAÍDA

O sistema dispõe das seguintes entradas e saídas: Entradas digitais (acionar moedor, iniciar processo, parar processo, sensor de chama); Saídas Digitais (moedor, ignitor, válvula de gás, evento, alarme); Entradas analógicas (Sonda de temperatura).

Para o tratamento das entradas e saídas foram criados blocos de função que desempenhassem as funções desejadas, de modo que pudessem ser instanciados para todas as entradas e saídas do sistema, buscando o máximo reaproveitamento do código. Foi criado um bloco de função para entradas digitais, outro para entradas analógicas e outro para saídas digitais, cada um com as funcionalidades correspondentes. As seguintes funcionalidades foram implementadas:

- Filtro anti-trepidação ou *debouncing*, isto é, uma mudança de estado de uma variável digital somente será válida no software se o seu novo valor permanecer ativo por um tempo mínimo. Este tempo mínimo é definido por uma constante.
- Verificação de consistência de rede, de modo que a variável só atualize para um novo valor se não houver qualquer tipo de erro na rede MODBUS.

Para o tratamento das saídas digitais foram implementadas as seguintes funcionalidades:

- Tempo de atuação mínimo, garantindo que a saída ficará acionada por um tempo que seja suficiente para que o atuador perceba o comando.
- Inibição de comando por variável permissível, isto é, independentemente da lógica de atuação da saída estiver ativa, o comando só irá a campo se o permissível estiver setado. Esta variável permissível tem caráter de segurança.

Para o tratamento das entradas analógicas, foram implementadas as seguintes funcionalidades:

- Ajuste de escala, com transformação para valor de engenharia e limitação de faixa de medição da grandeza.
- Ajuste de transdução do elemento sensor do tipo *ganho-offset*, permitindo que a curva de linearidade seja ajustada através de um fator multiplicador e um fator somador.
- Banda morta de medição, de modo que o valor da entrada analógica só seja atualizado se a variação da entrada, em relação ao seu valor atual no software, for maior que uma determinada histerese.
- Filtro de média móvel para a eliminação de ruídos de medição.

Especificamente para a entrada de medição de temperatura, o filtro de banda morta não está sendo utilizado, e o filtro de média móvel sim. A entrada não necessitou de ajustes de ganho e *offset*, permanecendo em 1 e 0 respectivamente.

3.6. HARDWARE

O CLP utilizado foi o modelo CX9000 da Beckhoff, com processador modelo IXP420 da Intel de 533 MHz.

Adicionalmente, o sistema é composto pelos seguintes módulos de Entrada e Saída:

- Módulo EL2408 com oito entradas digitais de 24V;
- Módulo EL1408 com oito saídas digitais a relé; e
- Módulo EL3102 com duas entradas analógicas de 0 – 10V.

Uma fonte chaveada, de 24V e 05A é utilizada para alimentar o sistema.

3.7. SUPERVISÓRIO

A solução implementa um cliente (mestre) MODBUS. Para tal foram desenvolvidas duas soluções, com o objetivo de exemplificar a flexibilidade de comunicação com o mundo externo do sistema.

A primeira solução foi desenvolvida no mySCADA da SPEL e roda na plataforma iOS da Apple, destinada a dispositivos móveis (Figura 8).

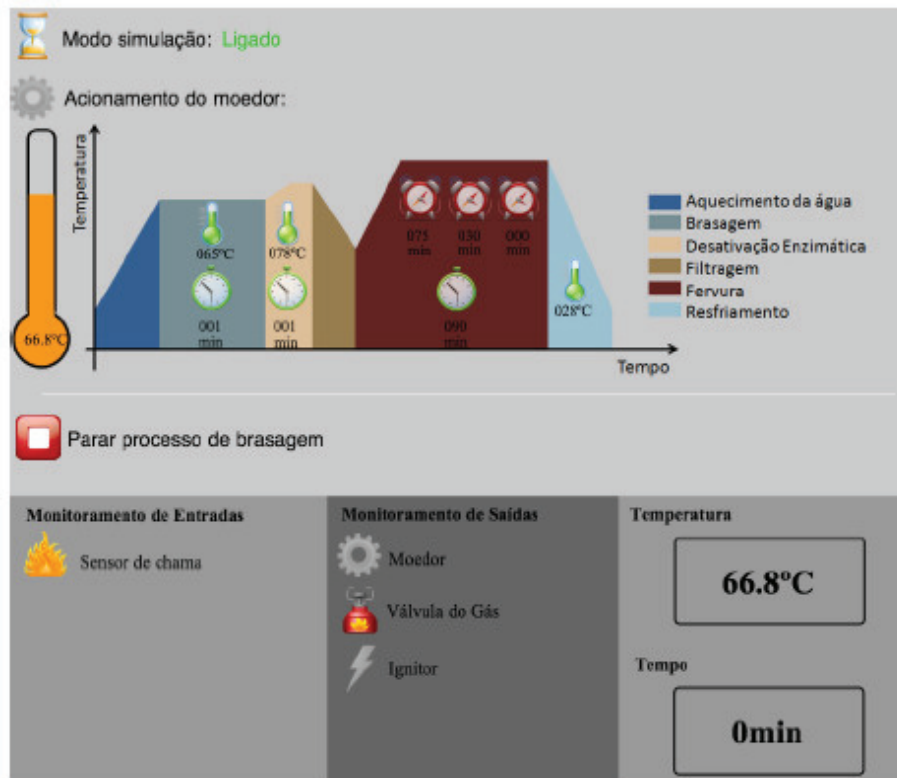


Figura 8. Tela do supervisor em mySCADA.

Conforme apresentado na Figura 8, o supervisor apresenta a interface aos parâmetros do processo, e exibe o valor das variáveis pertinentes, como tempos e temperaturas. Todos os dados são enviados e recebidos do CLP via protocolo MODBUS.

A segunda solução foi desenvolvida no software xVision da empresa Reivax Automação e Controle. Como o xVision é capaz de rodar um cliente MODBUS, a comunicação foi feita da mesma forma ao exemplo anterior, apenas com uma interface gráfica diferente. Outra diferença é a plataforma de destino, que no caso do xVision é o Microsoft Windows.

3.8. SIMULAÇÃO

Ao sistema de controle foi adicionado um modo de simulação. Basicamente, a lógica de simulação, quando habilitada, desconecta as entradas físicas e passa a controlar e receber os retornos de um processo virtual.

Foram implementadas as lógicas que correspondem ao processo controlado, possibilitando que o sistema opere de modo similar ao real.

A simulação tem propósito de demonstração do sistema, mas é principalmente útil durante a validação dos diversos aspectos que a lógica de controle deve englobar.

4. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou a descrição geral de um sistema de automação e controle para uma micro cervejaria artesanal, de forma a possibilitar que a produção de cerveja artesanal possa ser efetuada sob um conjunto procedimentos automatizados.

O uso de ferramentas de desenvolvimento que estejam em conformidade com o padrão definido pela norma IEC 61131-3 possibilitou a obtenção de uma solução portátil e amplamente compatível com diferentes tipos de hardware e plataformas.

A escolha de um controlador lógico programável da Beckhoff se mostrou positiva, uma vez que viabilizou um controle de processo de forma versátil e efetiva.

A implementação do protocolo MODBUS abriu as possibilidades de comunicação com o mundo exterior. O servidor MODBUS faz parte do sistema embarcado e permite que uma variedade de aplicações estabeleça comunicação com o sistema de controle, para efetuar sua monitoração e parametrização. As soluções de supervisorio apresentadas ratificam essa facilidade, uma vez que demonstram que diferentes aplicações, em diferentes plataformas, podem interagir via MODBUS com o CLP.

A lógica de simulação, atrelada ao programa de controle, validou diversas etapas das quais o sistema deveria ser capaz de controlar. Ao final, o modo simulado acabou servindo de forma bastante interessante como ferramenta de demonstração de toda a solução.

Todas as escolhas e métodos promovem facilidades para trabalhos futuros de expansão do sistema de controle, dentre as quais, uma IHM local (anexa ao controlador embarcado) seria de grande valia.

Quanto ao processo de produção, houve um ganho visível em agilidade, confiabilidade e repetibilidade. A automação de etapas onde a menor variação pode influenciar o produto, possibilitou a obtenção de lotes de cerveja muito próximos uns dos outros, fazendo com que a qualidade varie sempre para melhor.

5. REFERÊNCIAS

- ACERVA PAULISTA.** Homebrew. Disponível em: <http://www.acervapaulista.com.br>. Acesso em 20 junho de 2011.
- BECKHAUSER, L.** O mundo da cerveja caseira e de outras bebidas. Joinville, 1984
- BONIFATTI, F.** IEC 1131-3 Programming Methodology. Seyssins, 1997.
- COLEN, L.; SWINNEN, J.** The determinants of global beer consumption. Disponível em: http://www.wine-economics.org/workingpapers/AAWE_WP79.pdf. Acesso em 20 de junho de 2011.
- EUROMONITOR INTERNACIONAL.** Beer. Disponível em www.euromonitor.com/beer. Acesso em 20 de junho de 2011.
- FONSECA, M.O.; SEIXAS FILHO, C.; BOTURA FILHO, J.A.** Aplicando a norma IEC 61131 na automação de processos. São Paulo, 2008.
- IEC.** International Standart: IEC 61131.. Second Edition, 2003.
- JOHN, K.H.; TIEGELKAMP, M.** IEC 61131-3 Programming Industrial Automation Systems. Berlin, 2001.
- LEWIS, R.W.** Programming industrial control system using IEC 1131-3. London, 1998.
- MODBUS.** MODBUS Protocol. Disponível em www.modbus.org. Acesso em 20 de junho de 2011.
- PATTERSON, D.; HENNESSY, J.** Computer Organization and Design: the hardware/software interface. Califórnia, 1997.
- SILVEIRA, P.R.; SANTOS, W.E.** Automação e controle discretos. São Paulo, 2001.
- THOMAZINE, D.; ALBUQUERQUE, P. U.B.** Sensores industriais: fundamentos e aplicações. São Paulo, 2005.
- VENTURINI, W.G.F.** Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia. São Paulo, 2010.
- WOLF, W.** Computers as components. Nova Iorque, 2001.

