

# CONTROLE DE TEMPERATURA NA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL

Gustavo Caetano Bernardes<sup>1</sup>

gustavober59@gmail.com

Monique Francine Balduino França<sup>2</sup>

moniquefrancinebf@gmail.com

Orientador: Edilberto Pereira Teixeira<sup>3</sup>

edilberto.texeira@uniube.br

## RESUMO

A engenharia está a cada dia mais atuante em áreas diversificadas, desde as fábricas automobilísticas até a fabricação de cerveja, com intuito de criar e melhorar processos existentes, como a produção de cerveja artesanal, que tem crescido e ganhado espaço no mercado de cervejas no Brasil. O seu consumo tem aumentado também a economia no país, e conseqüentemente a sua produção, portanto, tecnologias para este tipo de processo tem surgido para sua otimização, e em conseqüência, aumento na qualidade do produto final.

Diante do exposto, o projeto tem como objetivo aplicar a engenharia, mais especificadamente, a área de automação, para o controle de temperatura do processo, e demonstrar que esta área, pode melhorar um processo com métodos simples e equipamentos acessíveis ao público iniciante neste mercado. E também aumentar a produção com baixo custo, e melhorar o tempo de fabricação.

**Palavras chaves:** Engenharia, cerveja artesanal, temperatura e controle.

## ABSTRACT

Engineering is getting more active every day in diversified areas, from automobile factories to brewing, in order to create and improve existing processes, such as the production of craft beer, which has grown and conquering space in Brazilian beer market. Beer consumption has increased the country economy, and consequently its production, therefore, technologies for this type of process has arisen for its optimization, and as a consequence, increase in the quality of the final product.

In view of the above, the project aims to apply the engineering, more specifically, the area of automation, for the control of the process temperature, and to demonstrate that this area can improve a process with simple methods and accessible equipment for the beginning public in this market. In addition, it can also increase production with low cost, and improve manufacturing time.

**Keywords:** Engineering, craft beer, temperature and control.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Computação

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia de Computação

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Elétrica

## 1. INTRODUÇÃO

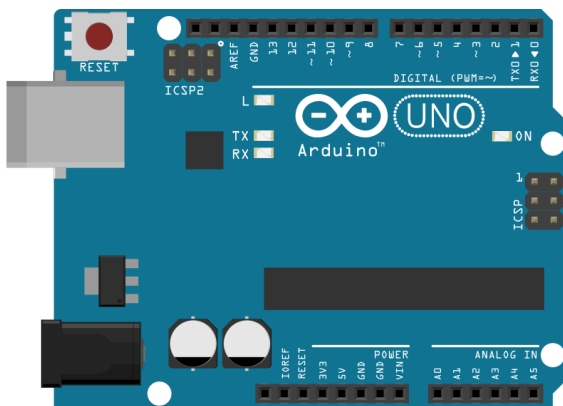
Ao analisar alguns números dentro da economia nacional, no que se refere ao enorme mercado de cervejas no país, existem três modalidades de negócio, que consiste em vender, distribuir e fabricar. Pode-se trabalhar com as três modalidades ao mesmo tempo, ou focar-se em uma. Em função do grande fluxo de capital nesse mercado, este tem crescido e a cada dia se tornando um mercado ser bem-sucedido. Esse número pode ser exemplificado com a atual pessoa mais rica do Brasil, Jorge Paulo Lemann, que atualmente possui uma fortuna de R\$ 83,7 bilhões (FORBES, 2016). Lemann é sócio acionista no grupo 3G Capital, que juntos são acionistas da AB Inbev, que anteriormente chamava Ambev, antes de fundir com uma empresa de capital belga, a Interbrew (D'ERCOLE, 2016).

Com o crescimento do mercado cervejeiro no país, o incentivo do governo e a enorme cultura cervejeira brasileira, houve um amadurecimento na situação econômica cervejeira, onde o público começou a produzir a própria cerveja.

Esse mercado de cerveja artesanal permitiu que diversos outros tipos de cervejas começassem a ser comercializadas, contribuindo para que houvesse um aumento na qualidade da produção de cervejas. Em função do crescimento no mercado de produção e consumo de cerveja no Brasil, a demanda por tecnologias que facilitasse o processo de fabricação aumentou, e conseqüentemente o preço abaixou e a novas soluções começaram a surgir.

A aplicação da automação e outras tecnologias na produção de qualquer produto, segundo Goeking (2010), traz como vantagens: maior qualidade, com a menor intervenção humana possível. Além disso, o mesmo autor afirma que, [...] otimizar os processos usando os equipamentos responsáveis pela produção, de forma a obter seu melhor rendimento [...]. Segundo Tostes (2015), a área de instrumentação e controle tem avançado também em aplicações de pequeno e médio porte, através de tecnologias alternativas que se mostram acessíveis a qualquer indivíduo. Temos como exemplo a Plataforma Arduino, placa de circuito integrada com o microcontrolador Atmega e também softwares de interface homem máquina. Estas tecnologias alternativas podem substituir as funções de equipamentos mais robustos e atender a necessidade de um público menos exigente.

**Figura 1: Arduino Uno R3**



Fonte: Arduino.cc

Quando não se entende o processo da fabricação de um produto, fazendo o mal-uso de tecnologias, que conseqüentemente faz a obtenção da mesma de forma inadequada e de alto custo, interfere diretamente na qualidade do produto, como atraso na construção do mesmo e perda de matéria prima. Na fabricação de cervejas, tem-se o exemplo do controle de temperatura.

Este projeto visa demonstrar que com uso da engenharia e tecnologias de automação, pode-se otimizar a produção da cerveja artesanal. De forma que o público possa fabricar em sua casa e obter como resultado, uma produção de baixo custo. E suprir de forma completa o controle e supervisão da temperatura durante a recirculação e fermentação, permitindo ao produtor alterar cada etapa conforme sua receita. Ou seja, além dos equipamentos básicos para produção, o projeto também propõe um sistema de controle com hardwares e softwares que possibilitem a leitura e controle das variáveis. Tais sistemas podem ser executados em uma grande variedade de controladores (SILVEIRA; SANTOS, 2001).

A automação de etapas onde a menor variação pode influenciar o produto, possibilita obtenção de lotes de cerveja muito próximos uns dos outros, fazendo com que a qualidade varie sempre para melhor (SILVEIRA; SANTOS, 2001).

Com a contribuição dessas tecnologias em prol da fabricação de cerveja artesanal, a mesma não irá perder a característica de ser uma cerveja “especial”, como o sabor, aroma e a cor, e sem perder a qualidade do produto final. E assim garantirá a agilidade, confiabilidade e repetibilidade do processo.

Ainda explorando o mercado de produção de cervejas artesanais, é visível seu crescimento e temos que, no Brasil, a produção de cerveja artesanal corresponde à pouco mais que 5% (G1,

2016) em relação a produção em larga escala, portanto é um mercado promissor para o pequeno investidor ou produtor na área. Porém, os dados do atual mercado de cerveja, também nos mostra o crescimento de produtores caseiros que iniciam com equipamentos de baixa qualidade. Este número justifica o fechamento de microcervejaria que não foram nem consolidadas. O motivo pelo qual isso ocorre é o surgimento de mais produtores de cervejas do que criadores de processo, o que acaba defasando o produto final em função da falta de qualidade dos equipamentos, falta de conhecimento na produção e controle de processo, falta de experiência e além da burocracia no país e alto custo em modo geral.

De acordo com os estudos de instrumentação de automação no decorrer do curso, foi elaborado uma pesquisa de modo complementar a carga de conhecimento sobre a interação entre os equipamentos de automação e os meios de fabricação da cerveja. Também foi realizado o estudo de caso, através da fabricação de cerveja artesanal, observando como responde cada processo, a fim de melhora – lo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Em relação ao consumo de cerveja no mundo, há registro desse fenômeno em escrituras a mais de 6.000 anos na Sumária, região do Golfo Pérsico<sup>4</sup>, onde as cervejas eram produzidas e servidas em tavernas. Nessa mesma época também havia fabricação de cerveja em casa, conhecido como *Homebrew*<sup>5</sup>. Por diminuir o custo, houve um crescimento na exportação de cervejas internacionais, o que contribuiu para que os países produzem as suas próprias cervejas artesanais e agora está no Brasil, já existia uma parcela no Brasil produzindo esse tipo de cerveja, temos cervejarias a tempos no mercado, como: Backer, Colorado e Walls.

*Homebrew*, são pessoas comuns que fazem a fabricação de cerveja, saquê e outras bebidas através da fermentação em pequena escala como um hobby para consumo pessoal, distribuição gratuita em encontros sociais, competições de cerveja amador ou outras razões não comerciais <sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> GIZMODO. **Uma breve história da cerveja**. Disponível em <(http://gizmodo.uol.com.br/uma-breve-historia-da-cerveja)/>. Acesso em 22 de abril de 2017.

<sup>5</sup> CLUBEER. **História dos bares**. Disponível em: <http://www.clubeer.com.br/blog/post/125-historia\_dos\_bares>. Acesso em 22 de abril de 2017.

<sup>6</sup> ENGLISH DICTIONARY. **Home-Brew [on-line]** - Edição 3.3 (dez 2016). Disponível em <http://pt.englishdictionary.education/en/home-brew-1>. Acesso em 22 de abril de 2017.

Independentemente de ser pequenos ou grandes produtores deste tipo de cerveja, ambos possuem suas próprias receitas e as produzem em pequena escala, voltado para um público específico, diferente de suas irmãs, as cervejas industriais, como Skol, Brahma, Antártica e entre outras. Esse toque de produzir e comercializar a própria cerveja faz com que o aroma, sabor e outro aspecto seja diferente. Os produtores também possuem a preocupação com a gastronomia, acompanhamento de uma comida específica para cada receita de cervejas “especiais”.

No Brasil, o mercado de vendas de cervejas artesanais possui um crescimento três vezes maior que a média do total, enquanto o mercado de cervejas de consumo em larga escala cresce entre 5%, o de cervejas artesanais cresce 8% <sup>7</sup>.

O foco principal do projeto não é a venda ou a distribuição, mas sim a otimização dos meios de produção da cerveja artesanal. Dentro deste contexto, este projeto apresenta uma solução baseada em sistemas embarcados (SILVEIRA; SANTOS, 2001).

A definição de cerveja como bebida provém da fermentação a partir de cereais. Mais precisamente como a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto de cevada, proveniente do malte e água potável, com ação de levedura e adição de lúpulo. A lei em questão é a Lei Federal no. 8.918/94, regulamentada pelo Decreto 2.314/97 <sup>8</sup>.

Beckhauser (1984) traduz como produção artesanal de cerveja o processo de obtenção até 300 Litros de cerveja por maturação, e dividida, em dez passos básicos: elaboração da receita; moagem do malte; brassagem; filtragem; fervura; resfriamento; aeração e inoculação do fermento; fermentação; maturação; e engarrafamento.

### 3. A CERVEJA ARTESANAL NO BRASIL

Em 1808, as cervejas chegaram ao Brasil com a família real (VENTORIM, 2016) e desde então, foi introduzido a cerveja artesanal, mas nada como visto nesses últimos três anos, em pensamento de qualidade e importância. A cerveja artesanal no Brasil surgiu em 1908 com a mais

---

<sup>7</sup> EUROMONITOR INTERNACIONAL. **Beer**. Disponível em:  
< [www.euromonitor.com/beer](http://www.euromonitor.com/beer)>. Acesso em 11 de novembro de 2015.

<sup>8</sup> ACERVA PAULISTA. **Homebrew**. Disponível em:  
< <http://www.acervapaulista.com.br>>. Acesso em 11 de novembro de 2015.

antiga microcervejaria, Cervejaria Canoinhense, de Santa Catarina, que está em funcionamento até hoje (HUBAIDE, 2016).

Alguns anos depois, foram fundadas outras microcervejarias, como o Fritz, em Sumaré, a Dado Bier em Porto Alegre; a Cervejaria Colorado, que primeiro abriu como *brewpub*, seguida em 1995 pela Krug Bier de Belo Horizonte; Cevada Pura de Piracicaba, em 1997, a Baden Baden de Campos do Jordão, em 1998; a Wals de Belo Horizonte, 1999 e Amazon Beer de Belém, 2000. E nesses últimos anos, foi apenas aumentando, totalizando uma média de 300 microcervejarias espalhadas em todo o país (AMORIM, 2015), sendo o terceiro maior produtor de cerveja no mundo, perdendo apenas para Estados Unidos e China<sup>9</sup>.

De acordo com pesquisas, o estado de Minas Gerais, é o segundo maior produtor de cervejas desse ramo, produzindo 1.000.000 litros por mês. O mercado mineiro da cerveja artesanal tem cerca de 80 cervejeiros caseiros, conhecidos como *Home Brew*. Juntos, produzem 10 mil litros para consumo próprio e de amigos.

Pessoas que fabricam cerveja em casa para beber com os amigos e familiares, são conhecidas por *Home Brew*. Para muitos significa apenas um hobby e para outros tem como objetivo iniciar seu próprio negócio. Seja apenas uma paixão ou uma visão empreendedora da fabricação de cerveja, o *Home Brew* necessita de equipamentos especializados para realização do processo que possui muitos pontos críticos e suas singularidades.

Muitos utensílios rudimentares que são usados como equipamento de fabricação, interferem na qualidade final do produto, e muitas das vezes, os materiais não são higiênicos, assim como baldes, galões, caixa de isopor e entre outros.

Mediante ao estudo de caso dos dados citados a seguir, obtive valores de equipamentos semiprofissionais, para um *Homebrew* que deseja começar a produzir sua própria cerveja em casa, e conseqüentemente criar suas próprias receitas. Há casos, em o projeto do processo e a criação de novas receitas cervejeiras acaba por ser um sucesso, assim o cervejeiro decide a investir e montar uma microcervejaria com um sistema de automação e controle. Também há situações, que os produtores, visam mais o processo do que da receita, e também decidem vender o projeto em si, e optar por confeccionar esses equipamentos de fabricação. Diante ao exposto, veja na tabela 1, o

---

<sup>9</sup> UOL. **Brasil é o 3º maior produtor de cerveja do mundo; veja como se faz a bebida**. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2013/10/25/brasil-e-o-3-maior-produtor-de-cerveja-do-mundo-veja-como-se-faz-a-bebida.htm>>. Acesso em 22 de abril de 2017.

valor de investimento para obter equipamentos e instrumento de controle de qualidade, que tenham, no mínimo, as normas aprovadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Tabela 1: Demonstrativa de preços

<b>Equipamento</b>	<b>Valor Unitário R\$</b>	<b>Qtde</b>	<b>Valor Total R\$</b>
Mec Hobby 100 litros EP	24.500,00	01	24.500,00
Tanque Fermentação/Maturação 200L	14.900,00	01	14.900,00
Moinho manual 30 Kg	1.150,00	01	1.150,00

Fonte: MECbier

Conforme podemos observar nos valores demonstrados na tabela, é necessário investir um capital alto para conseguir adquirir produtos de qualidade. E esse obstáculo financeiro para alguns, geram outros impedimentos, por exemplo: Atingir a qualidade da receita final, causando uma grande perda no investimento inicial. Pois dependendo de como a fabricação falhe, a receita final, não atingiu sua qualidade, perdendo o sabor, aroma e consistência comprometida. Inviabilizando a degustação do produto.

No estudo de caso mostrou que esse empecilho traz ao pequeno produtor que deseja abrir uma microcervejaria impedimento maiores, como problemas com o MAPA, a ponto de impedi-lo de abrir/continuar com fabricação e venda da cerveja “especial”. As informações técnicas de produção ficam sob a responsabilidade dos estabelecimentos produtores, cabendo ao MAPA verificar as Boas Práticas de Fabricação (BPF), condições higiênico-sanitárias, atendimento do produto aos padrões de identidade e qualidade e rotulagem, devendo atender ao disposto no Decreto nº 6.871/2009, segundo Helder Moreira Borges, Coordenador Geral de Vinhos e Bebidas do MAPA.

Com alguns empecilhos mencionados anteriormente, o produtor ou empresários que investem na produção de deste tipo de cerveja, também sofrem outras séries de dificuldades que não os deixam crescer e melhorar sua linha de produção. O alto custo de ingredientes, equipamentos e o burocracia para regularizar uma cervejaria, mas muitos desistirem desse ramo.

Nos próximos capítulos será apresentado a importância de um processo bem definido e como a instrumentação e controle por equipamentos eletrônicos podem minimizar os custos e

consequentemente seus problemas na qualidade final da cerveja.

#### **4. PLANTA DE AUTOMAÇÃO**

Uma planta didática tem como objetivo demonstrar a operação de um processo, no projeto será apresentado a planta didática do processo da fabricação da cerveja. A planta didática possibilita monitorar os dados do processo, e permite o usuário manipular as informações

Com o fluxo do processo detalhado é possível obter um melhor controle da malha, manipulando os valores de entrada a partir da realimentação dos valores de saída, ou seja, setando o valor lido no processo para o valor definido que se deseja atingir.

A proposta do projeto é controlar a temperatura do processo, durante as etapas de cozimento e fermentação.

Nas próximas etapas, será apresentado o processo de fabricação da cerveja com o fluxograma.

#### **5. PRODUÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL**

Tanto a cerveja industrial quanto a cerveja artesanal possuem alguns parâmetros de produção que são iguais. A diferença está na produção de larga escala, receita, ingredientes, aroma e coloração. Para atingir o maior número de consumidores, a cerveja industrial é produzida em grande escala e consequentemente compromete o sabor e qualidade. A cerveja artesanal possui sua peculiaridade, como em seus ingredientes que utiliza malte, lúpulo e outros cereais de acordo com o tipo da cerveja e receita. Devido ao ambiente tropical do Brasil, o lúpulo é encontrado em países com baixas temperatura e por isso é necessário ser importado, portanto as cervejas especiais são mais caras. Em função do material escolhido, o aroma e coloração também difere da cerveja industrial, que utiliza milho em sua produção ao invés de cereais.

No Brasil, o primeiro decreto que define o conceito de cervejas foi criado em 1997 (Decreto nº 2314/97) e diz que cerveja é uma “[...] bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo”.

Na fabricação de cerveja artesanal, depois de definido a receita a ser produzida, é selecionado os ingredientes, moagem do malte, brasagem (mostura), filtragem, fervura,



resfriamento, fermentação, maturação e engarrafamento.

Apesar de muitos não se importarem com as etapas iniciais do processo de fabricação de cerveja artesanal, deve se manter atento até mesmo na escolha do malte e da água que será usada. Simplesmente pelo fato de que, a qualidade dos insumos interfere diretamente no sabor e qualidade final do produto, portanto, quanto maior a qualidade dos insumos melhor será o rendimento da sua cerveja.

Existe um mito de que a água não interfere nas condições químicas da cerveja, em tese, isso é verdade, aliás, água é H<sub>2</sub>O e nada diferente disto, porém, deve saber escolher qual água usar, pois muitas vezes, a água pode vir tratada com alguns outros elementos químicos como o cloro e flúor, assim temos um problema quanto às propriedades químicas. Morado (2011), afirma que a água é um dos principais ingredientes para se obter uma boa cerveja no final do processo de fabricação.

Quanto a escolha do malte, será ditada pela receita a ser realizada, visto que cada tipo de cerveja artesanal possui um malte adequado, mas de um a forma geral é interessante observar a safra, a qualidade, a origem e a genética do grão. O grão da cevada tem que estar saudável e fresco, também de uma qualidade boa. Quanto melhor for o grão de cevada que estará usando melhor será a extração dos nutrientes e também aprimoração das medições.

Outro ingrediente importante, é o lúpulo, que define o sabor final da sua cerveja. Esse também pode ser definido pela safra e genética a ser utilizada, pois o lúpulo, mais que o malte, deve estar o mais fresco possível, quanto mais fresco melhor a absorção de amargor e aroma pelo mosto cervejeiro. Segundo Morado (2011), o lúpulo é o ingrediente que dá a cerveja personalidade própria, acrescentando mais sabor e aroma.

Após identificado o tipo de malte e a água a ser utilizada, entramos na primeira etapa de fabricação da cerveja: moagem - esta etapa consiste basicamente em separar a casca do grão de malte, utiliza-se um moedor manual, semiautomático ou automático, que faz a separação conforme os grãos são inseridos nas lâminas. Em algum caso é necessário peneirar o malte já triturado ou passar uma segunda vez no moedor. A intenção desta etapa, é separar o grão da casca, de modo a evitar adstringência no sabor do mosto.

Com o malte triturado e a casca devidamente separada, inicia a segunda etapa: cozimento (mostura) - etapa onde acontece a extração dos açúcares do grão, a temperatura deve ser rigidamente controlada e obedecer às rampas de temperaturas da receita. Cada receita possui as

suas próprias rampas de temperaturas. O processo de mosturação por infusão com rampas de temperaturas também apresenta mais uma vantagem significativa: a fonte de calor não fica em contato com os grãos de malte, evitando a torra dos grãos que trazem adstringência à cerveja (ORTIZ, 2014).

Esse processo também é fundamental para extração do sabor e definição do nível de açúcar do mosto. Nessa etapa, fervemos a água até 30°C para realizar a correção de PH, após calibrada, aquecemos até 65°C para começar o processo de conversão do amido em açúcar. Ao iniciar a beta-amilase, aquecemos gradativamente até 75°C de modo a terminar o processo na alpha-amilase, o processo todo dura em torno de 2 horas.

Constantemente é necessário realizar as medições, por tanto, o ideal é acoplar um instrumento de medição em tempo real, assim o controle aumentará a qualidade do produto. E caso os níveis de açúcar excedam ou faltem dos níveis necessários, com medição é possível corrigir e evitar a perda do mosto. A seguir inicia -se a terceira etapa: recirculação - procedimento de lavagem do mosto para obter uma clarificação da cerveja, também serve para extrair os últimos açúcares do grão.

Existem três tipos de recirculação:

- Fundo falso - é bem parecido com uma travessa de pizza: redondo e cheio de furinhos. Ele é instalado próximo ao fundo da panela, acima da abertura da torneira ou válvula usada para extrair o líquido. Pode ser acoplado à própria panela de mosturação ou a uma segunda panela, usada para a filtragem (DINSLAKEN, 2017).
- Bazooka - é um filtro de malha ou de aço inox, em geral em forma de cilindro ou “bisnaga”, instalado na abertura da válvula da panela. Ela funciona de forma semelhante ao fundo falso, barrando a saída das cascas para que você possa extrair o mosto e fazer a recirculação (DINSLAKEN, 2017).
- Bag (ou grain bag) - é um saco, feito geralmente de voal ou musseline, que é colocado na panela para fazer a contenção dos grãos. Pode usar qualquer outro tecido semelhante, desde que seja atóxico e bem resistente. Coloca o mosto já com os grãos dentro do bag na água aquecida, ou aquece a água da panela apenas com o saco dentro e depois acrescenta o malte. Também nesse caso, é preciso mexer a

mistura para que a temperatura fique homogênea enquanto a chama está acesa. (DINSLAKEN, 2017).

Fervura - etapa destinada a purificação do mosto, com a temperatura elevada, próxima aos 90°C, micro-organismos indesejáveis são evaporados juntamente com uma porção da água. Também é a etapa de determinação da densidade do mosto. Após atingir a densidade desejada, deve ser encerrar o processo de fervura.

Na quarta etapa, uma das mais importante, processo de resfriamento - após a fervura é necessário abaixar a temperatura, o mais rápido possível, à temperatura ambiente de 25°C. Realizando assim o processo de pasteurização do mosto, e permitindo que comece a fermentação. O detalhe mais importante do processo de resfriamento, é a velocidade com o qual se resfria, devemos obter o valor de temperatura ideal o mais rápido possível. Pode ser utilizado *chiller* ou resfriamento a água, via fundo e paredes falsas na panela de cozimento.

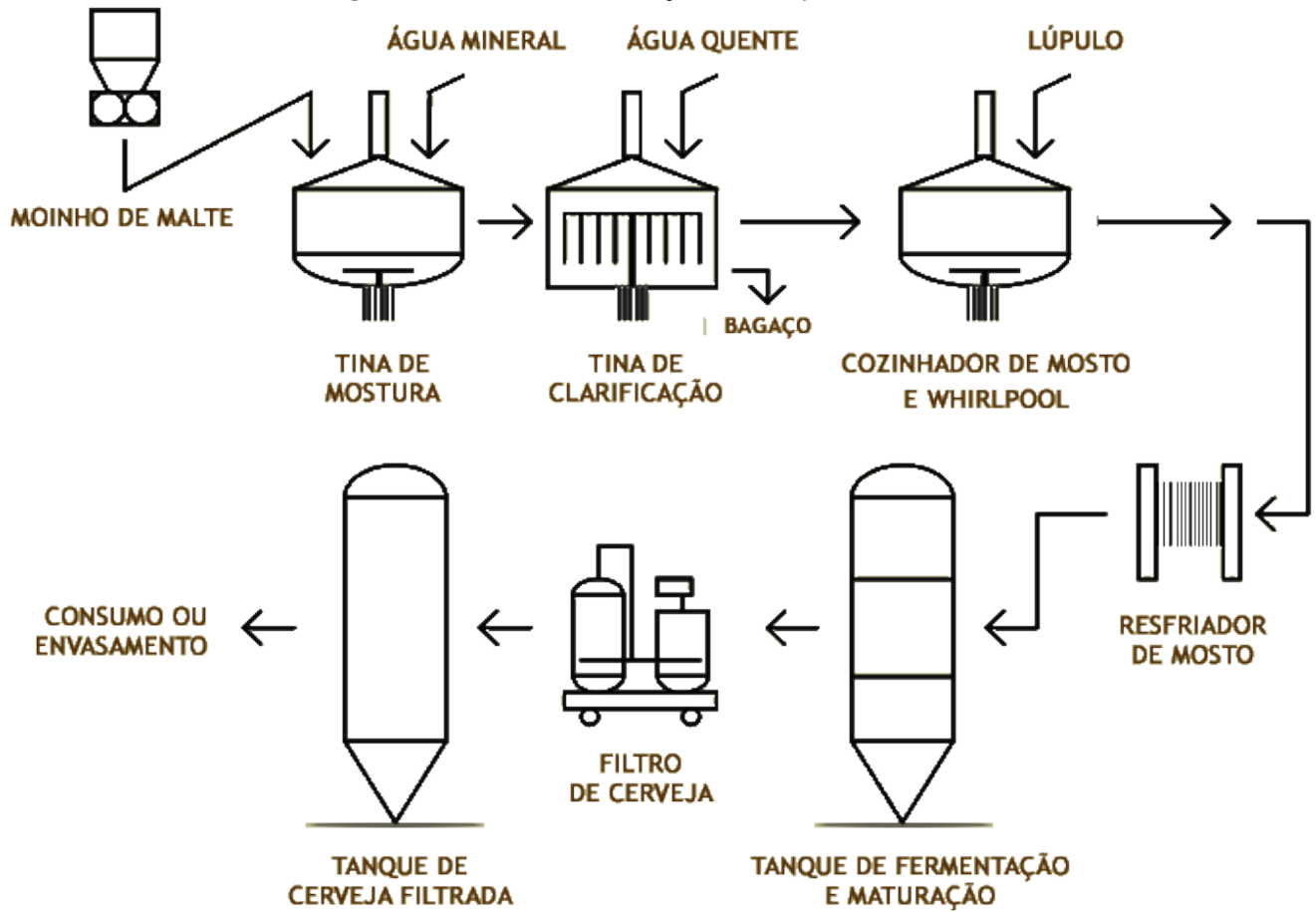
Depois do processo de resfriamento da cerveja, a fabricação da mesma avança para etapas finais: aeração - ao transferir o mosto para o fermentador, precisamos injetar oxigênio no interior do fermentador, de modo a permitir o equilíbrio biológico para o fermento não morrer. O modo mais simples de realizar esse procedimento é deixar o mosto cair de uma altura de 20cm do fermentador de modo gerar bolhas de oxigênio.

Fermentação - essa etapa é mais longa e duradoura, e também muito delicada, pois depende do fator biológico do fermento. O fermento necessita de nutrientes para gerar o álcool, temperatura controlada para extrair os sabores necessário e tempo para realizar o ciclo completo.

Na sexta e última etapa, será apresentado o processo de maturação, *primming* e envase. Maturação - depois de fermentado, caso ainda o mosto não esteja conforme a receita, faz-se a maturação de modo a atingir os valores desejados.

*Primming* e envase: É a técnica de carbonatação da cerveja antes de envasa-lá, onde adiciona uma pequena quantidade de fermentáveis (açúcar misturado com água aquecida) (ORTIZ, 2014). Posteriormente é realizado o envase, ou seja, a cerveja é transferida para garrafa e fechada com a tampa.

Figura 2 - Processo de fabricação de cerveja artesanal



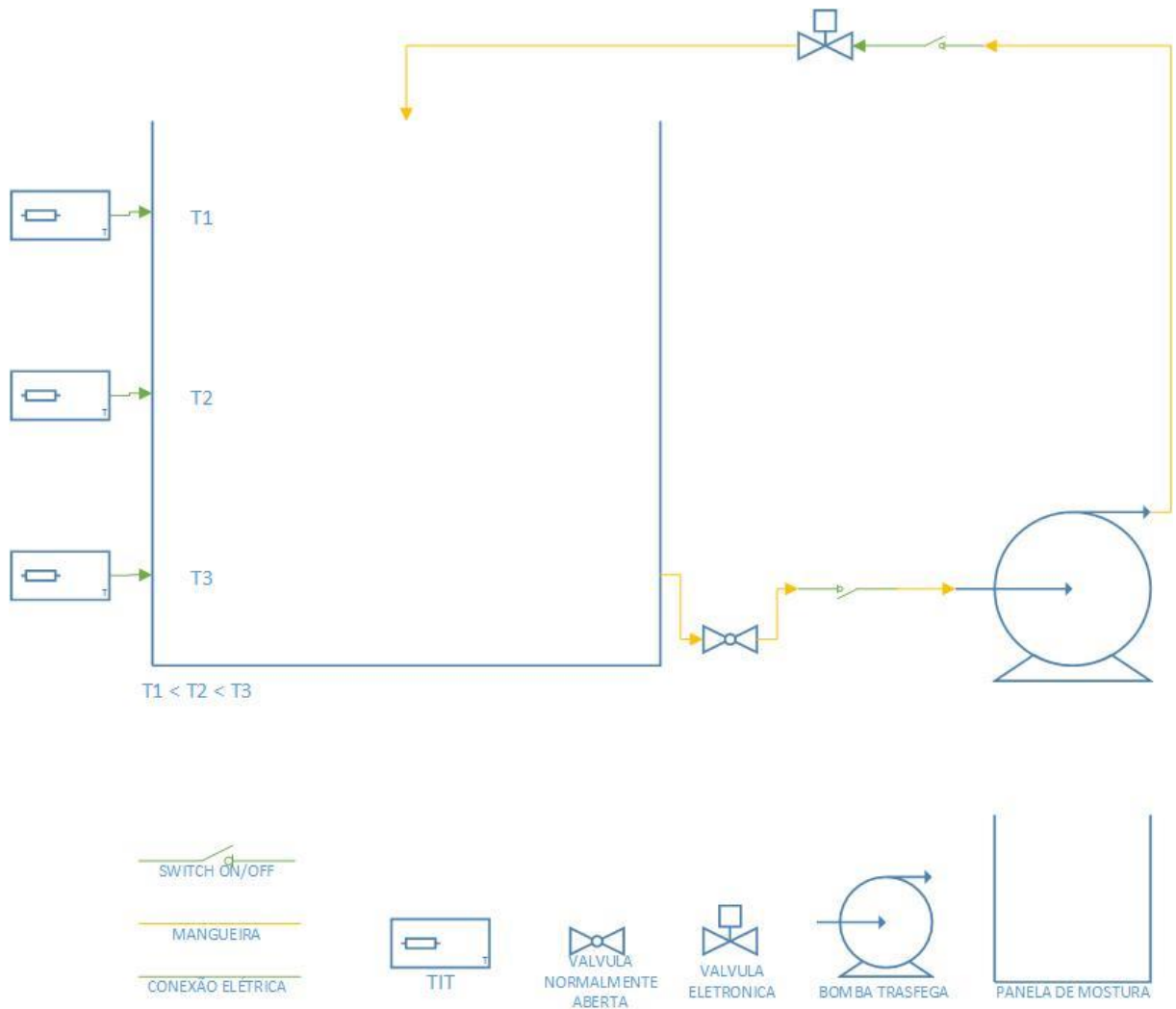
Fonte: Dortmund (<http://www.dortmund.com.br/fabricacao.php>)

Na figura 2, foi exemplificado por meio do fluxograma, todas as etapas descritas anteriormente, para realização de uma cerveja artesanal.

## 6. CONTROLE E MEDIÇÃO

### 6.1. Cozimento

Figura 3: Processo automatizado da recirculação da cerveja



Fonte: Autores

Para realizar o controle de temperatura durante o processo de cozimento, utilizamos a recirculação de modo a nivelar a temperatura por todo o mosto, pois, a parte inferior da panela aquece mais rapidamente que a superior devido a mesma estar em contato mais próximo do fogo. Portanto, utilizamos da recirculação para transferir a parte mais quente do mosto para a superfície de modo que ocorra a troca de calor entre as partes de modo igual.

A diferença, é que iremos realizar a recirculação de forma automática e controlada. Utilizando transmissores de temperatura em três níveis da panela. Um na parte inferior, outro no meio da panela e por último, um em sua borda. Assim se obtém de forma constante, a temperatura de todo o mosto, e conseqüentemente mantendo-a nivelada. Os transmissores também emitem um pulso elétrico digital que é lido por um microcontrolador, no caso deste projeto, foi utilizado o microcontrolador arduino uno, no qual com o algoritmo de conversão, é capaz de captar o valor lido pelos transmissores. O microcontrolador está inserido numa placa de circuito que faz o controle de três *switches* on/off para controle dos elementos finais de controle. Quando a média das três temperaturas: a inferior, somado a mediana e a da borda, for inferior ou superior que o *setpoint*, há então o acionamento da bomba e das válvulas, por meio do controlador, de modo a nivelar a temperatura para o *setpoint* indicado.

Na figura 3, é apresentado o método de recirculação automática para controle de temperatura durante o cozimento do mosto.

## 6.2.Fermentação

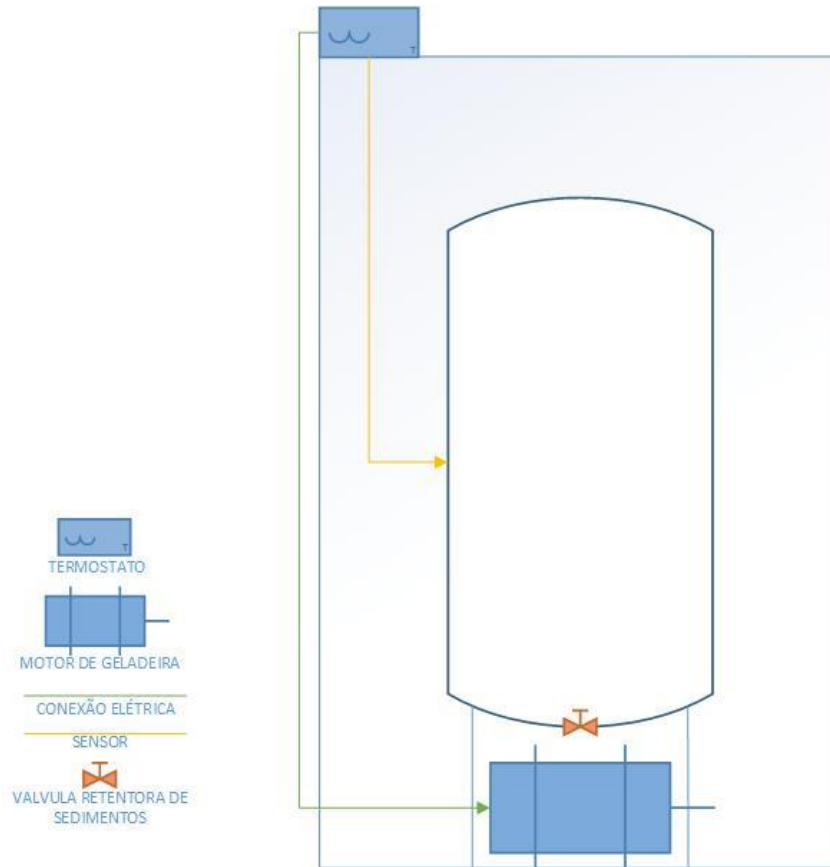
No processo de fermentação, inserimos o tanque fermentador no interior de uma câmara fria, no caso utilizou-se uma geladeira. Onde foi feita a ligação do termostato no motor da geladeira, e acoplamos o sensor na parte exterior do balde. Termostato, denominado como dispositivo que controla as variações de temperatura de um sistema. Este dispositivo possui um microcontrolador em seu interior, e um sensor de temperatura na ponta. Geralmente os sensores são compostos por dois metais distintos unidos em uma das extremidades, variando de acordo com o modelo/fabricante. O microcontrolador de cada termostato, também varia de modelo/fabricante. Os mais utilizados e conhecidos são: TIC 17 da Full Gauge e o TLZ10 (ou TLZ11) da Coel.

Para que o controle seja realizado, conforme mencionado, o sensor é instalado no interior da geladeira e fora do balde (onde se encontra o mosto), desta forma, o sensor capta a temperatura ambiente que está próxima a temperatura do interior do mosto. Em função da divisão entre o sensor de temperatura e o mosto ser a espessura do tanque, pode se dizer que a temperatura ambiente está próxima a temperatura da variável (mosto) controlada no processo.

O sensor emite um pulso elétrico digital para o termostato. O termostato ao receber o sinal do sensor, por meio do microcontrolador, realiza o controle do motor da geladeira, ligando-o

quando for necessário resfriar, e desligando quando for necessário aquecer, conforme representado na figura 4.

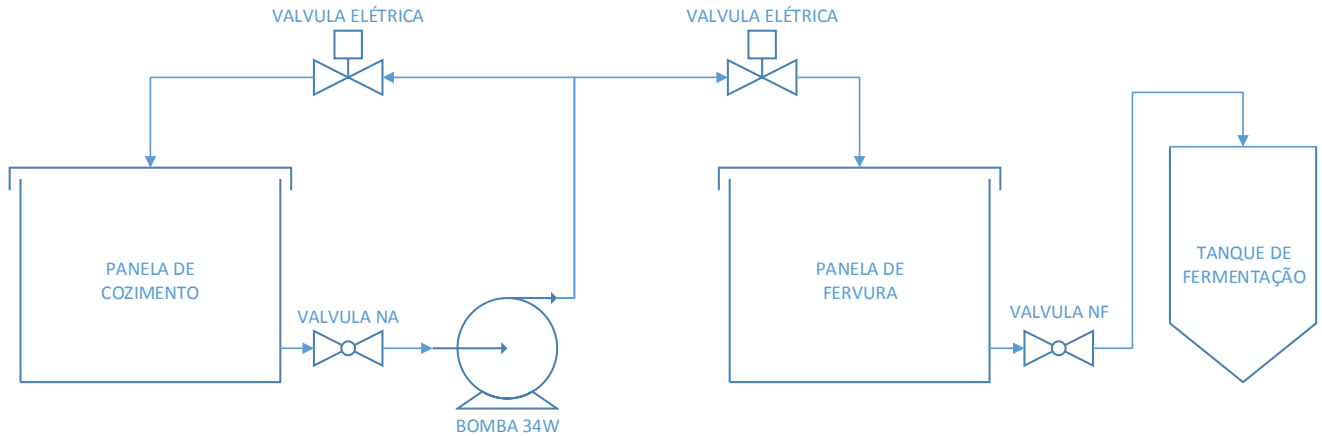
**Figura 4: Processo de controle temperatura geladeira**



Fonte: Autores

Na imagem 5, está a demonstração do processo completo automatizado da cerveja, onde na primeira etapa é realizado cozimento do mosto, posteriormente à fervura e por fim fermentação. Depois dos processos mencionados, a cerveja está pronta para ser consumida.

**Figura 5: Processo completo automatizado da recirculação e fermentação da cerveja**



Fonte: Autores

## 7. ALGORITMO DO CONTROLE DE TEMPERATURA

Todo o controle foi realizado por uma placa Arduino Uno R3.

O Arduino permite simplificar a forma de tratar as variáveis do processo, e o modo como podemos atuar nos elementos finais de controle. O algoritmo é capaz de ler os sensores e atuar de modo a controlar o processo, como pode ser visto no script a seguir.

- Início do script:

```
const int Sensor_HIGH = A0; //Leitura do sensor próximo a borda
const int Sensor_MED = A1; //Leitura do sensor no meio da panela
const int Sensor_LOW = A2; //Leitura do sensor no fundo da panela
const int SetPoint = A3 //Setpoint recebe o valor da entrada Analógica 03
```

```
float tempo; //Iniciando a variável que irá definir o tempo de cozimento
float temperaturaH; //Iniciando a variável que irá ler a temperatura na superfície
float temperaturaM; //Iniciando a variável que irá ler a temperatura no meio
float temperaturaL; //Iniciando a variável que irá ler a temperatura no fundo
```

```
int setpoint;
```



```

int media;

void loop() {
  setpoint = SetPoint;
  temperaturaH = (float(analogRead(Sensor_HIGH))*5/(1023))/0.01; //Conversão do
pulso analogico em dados digitais.
  temperaturaM = (float(analogRead(Sensor_MED))*5/(1023))/0.01;
  temperaturaL = (float(analogRead(Sensor_LOW))*5/(1023))/0.01;
  media = ((temperaturaH + temperaturaM + temperaturaL) / 03);
  delay(2000);
  if (setpoint <= media) //Setpoint menor ou igual a Media das temperaturas
  {
    digitalWrite(pino_rele1, HIGH); //Aciona a recirculação
    digitalWrite(pino_rele2, HIGH);
    digitalWrite(pino_rele3, LOW);
  }
  else
  {
    digitalWrite(pino_rele1, LOW); //Desativa a recirculação
    digitalWrite(pino_rele2, LOW);
    digitalWrite(pino_rele3, LOW);
  }

  tempo = (float(analogRead(button1))*5/(1023))/0.01;

  while (tempo < 60){
    tempo = tempo + (100*(6000(settime(ms))));

    if (tempo = 60) //Caso o tempo seja igual a 60 minutos
    {
      digitalWrite(pino_rele1, LOW); //Desativa a recirculação

```

```
digitalWrite(pino_rele2, HIGH); //Aciona a bomba
digitalWrite(pino_rele3, HIGH); //Inicia a transferência para a segunda
panela
    }
}
```

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será abordado os resultados, mediante aos dados obtidos no processo de controle e medição da recirculação e fermentação da cerveja.

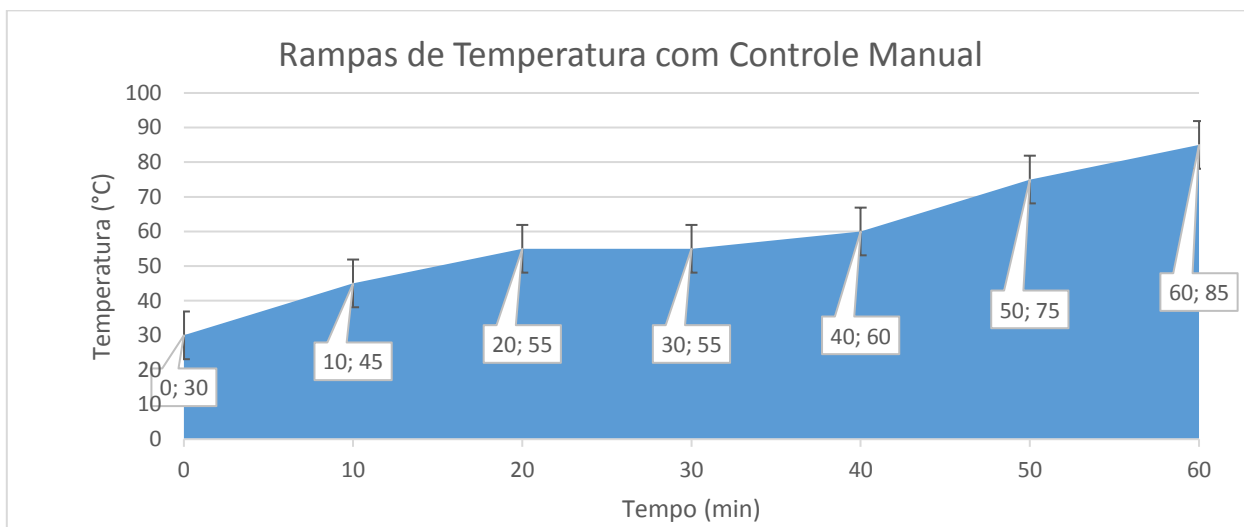


Gráfico 1: Controle Manual

Fonte: Autores

Nota-se que a rampa de brassagem com o controle manual, não obedeceu aos padrões da receita. Como visto no gráfico 1 o período que corresponde à 40°C demorou a estabilizar, e permaneceu subindo até atingir 55°C. Também ao final do cozimento a temperatura elevou-se a 85°C, 10 graus acima do padrão da receita.

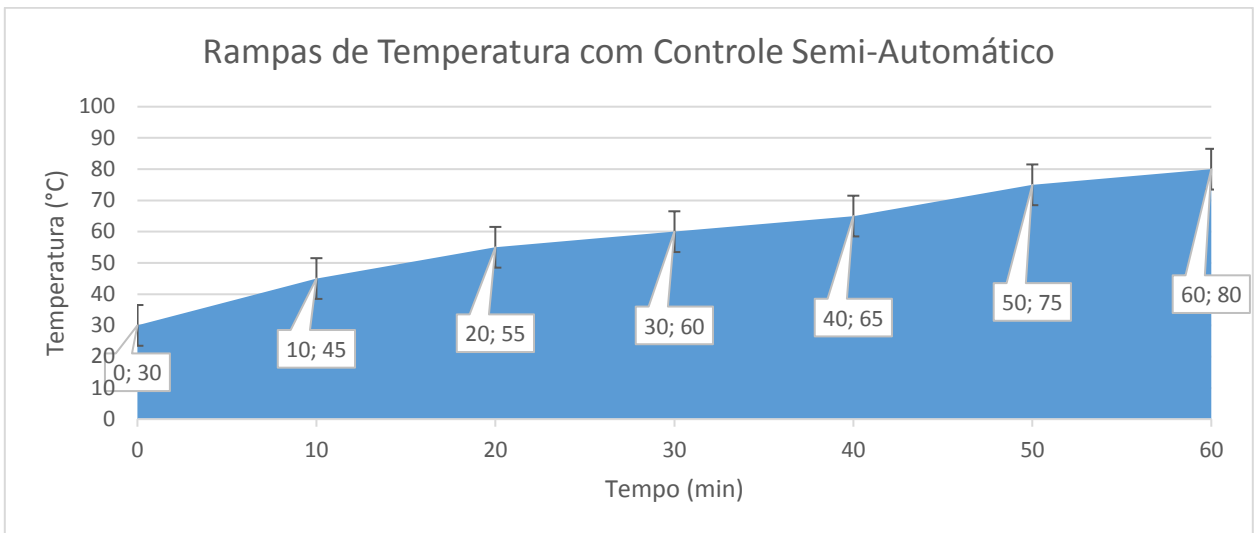


Gráfico 2: Controle Semiautomático.

Fonte: Autores

Com o controle automático e a medição manual, obteve uma melhora nas rampas de temperatura. Porém, é possível notar que o controle não foi tão eficaz. Sendo assim, ainda não atingiu o desejado.

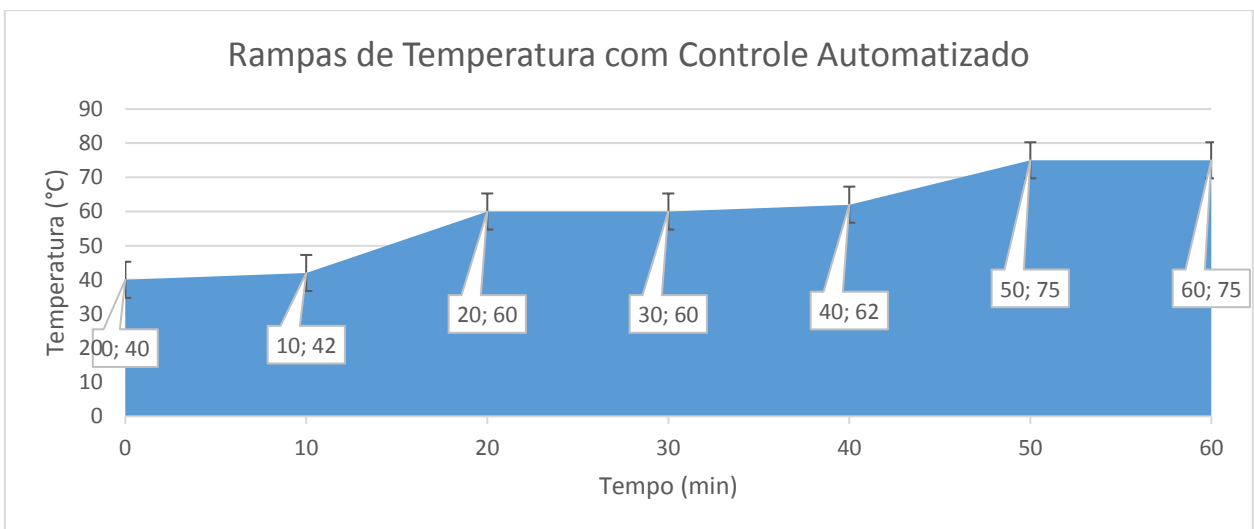


Gráfico 3: Controle Automatizado no Cozimento.

Fonte: Autores

Ao analisar as rampas de temperatura do Gráfico 3, observando as etapas onde houve a elevação da temperatura, até o final do cozimento, onde a atingiu temperatura desejada, 75°C e

comparado com os resultados anteriores, quando se utilizou o controle manual e semiautomático, pode se observar que no modo automatizado houve uma melhora no controle da temperatura.

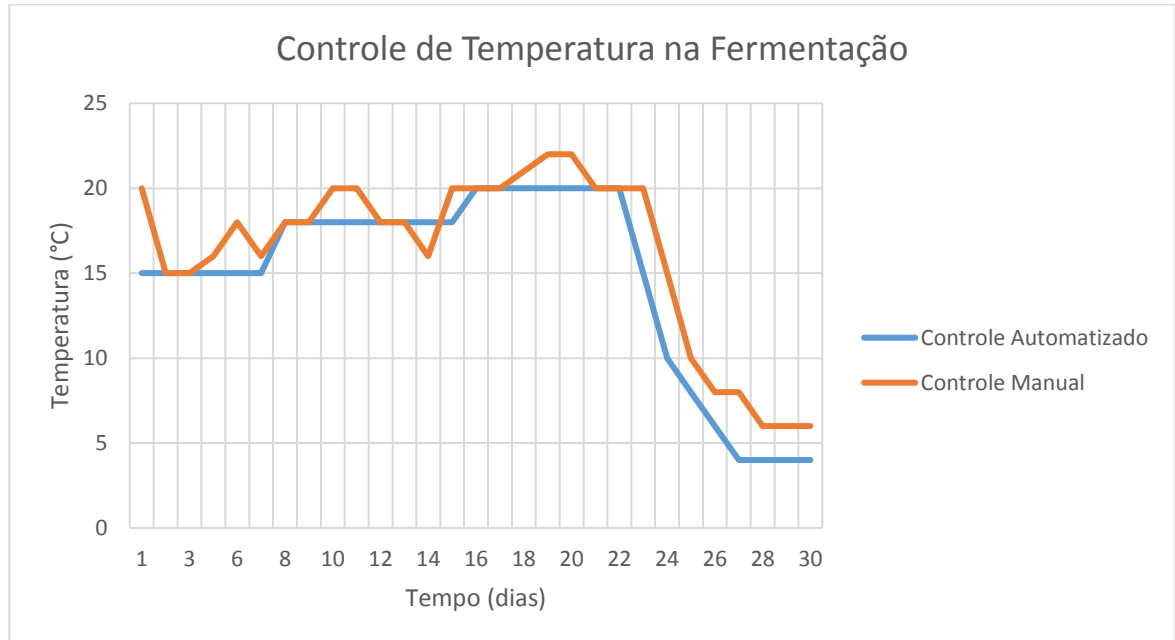


Gráfico 4: Comparativo Controle Manual x Controle Automático

Fonte: Autores

Durante o processo de controle automático da temperatura no fermentador pode perceber que houve uma estabilidade durante as etapas de passagem de uma temperatura para outra, diferente do controle manual, que foi suscetível a inúmeras falhas devido as divergências do processo. No controle manual não podemos corrigir imediatamente a temperatura quando acontece um imprevisto, como o aquecimento do ambiente ou uma possível queda de energia no fermentador, impedindo que o mesmo acione o motor da geladeira para resfriar o mosto. Já no controle automático não liga e desliga (sistema on/off), mas sim trabalhar com situações mais complexas, onde o motor da geladeira é acionado e controlado, corrigindo de acordo com o tempo de histeria do termostato, tendo como base o set point (valor desejado que a variável controlada deve atingir). Histerese surge pela diferente resposta que o instrumento de medição apresenta quando este é estimulado no sentido de pressão crescente ou decrescente (FIDÉLIS,2006). Portanto, a temperatura quando ultrapassa a *setpoint*, para mais ou para menos, o controlador aciona ou desaciona o motor. Com o motor desligado, a geladeira não refrigera, e conseqüentemente há

uma elevação na temperatura, assim o mosto começa a esquentar, e o controlador calcula o tempo médio de histeria e liga o motor, assim que for necessário. Pois, caso a temperatura eleve muito, pode se perder toda a leva de cerveja. O controle de temperatura automatizado, permite fazer essas correções e controlar em tempo real, de modo que a qualidade da receita seja mantida.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de um processo automatizado permite obter uma maior eficácia e precisão no controle e medição durante o processo de fabricação de cerveja.

O uso de tecnologia mais acessível é possível, quando entendermos o processo para conseguir aprimorar cada etapa. Como citado anteriormente, foi possível controlar a temperatura utilizando a recirculação automatizada.

O principal motivo para que tudo possa estar de acordo e funcionando, deve - se ao fato de associarmos um controle mecânico automatizado com eletrônica e automação industrial, utilizando instrumentos de medição e controle.

Outro importante ponto deste projeto e a viabilidade das tecnologias, como hoje em dia. A internet difundiu bastante a compra e a venda online de insumos e equipamentos, e fácil achar essas soluções a baixo custo, viabilizando a produção, mesmo que caseira automatizada.

O ideal e atender as necessidades do produtor, às vezes, leigo quanto a questão do uso dessas tecnologias, porém, com simples adaptação, qualquer um pode ser capaz de utilizá-las.

## REFERENCIAS

- BECKHAUSER, L. **O mundo da cerveja caseira e de outras bebidas**. Joinville, 1984
- 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.
- TOSTES, Lucas. **Instrumentação e Controle do Processo de Produção de uma Microcervejaria**. Disponível em:  
<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013395.pdf>>. Acesso em 22 de abril de 2017.
- VENTORIM, Kelly. **Produtores brasileiros de cerveja usam milho e arroz na bebida desde a primeira Guerra**. Disponível em: <<http://www.sepaf.ms.gov.br/produtores-brasileiros-de-cerveja-usam-milho-e-arroz-na-bebida-desde-a-primeira-guerra/>>. Acesso em 22 de abril de 2017.
- HUBAIDE, Jorge Eduardo. **Documentário: Cervejaria Canoinhense, a mais antiga do Brasil em funcionamento**. Disponível em:  
< <http://www.correiodeuberlandia.com.br/blogs/cerveja-como-e/documentario-cervejaria-canoinhense-mais-antiga-do-brasil-em-funcionamento/>> Acesso em 22 de abril de 2017.
- AMORIM, Bia. **Cervejas artesanais no Brasil, de onde veio e para onde vai**. Disponível em: < <https://papodehomem.com.br/cervejas-artesanais-no-brasil-de-onde-veio-e-para-onde-vai/>>. Acesso em 22 de abril de 2017.
- Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. DECRETO No 2.314, DE 4 DE SETEMBRO DE 1997. Disponível em:  
< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d2314.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2314.htm)> . Acesso em 25 de abril e 2017.
- MORADO, Ronaldo. **Larousse da Cerveja**. Editora Lafonte Ltda. Cidade São Paulo 2011.
- ORTIZ, Paulo. **ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL POR BATELADAS**. Disponível em  
<<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/109697>> . Acesso em 06 de junho de 2017.
- GRUPO DE ROBOTICA. **Introdução ao Arduino**. Disponível em:  
<[\\_http://www.academia.edu/5229813/Introdu%C3%A7%C3%A3o\\_ao\\_Arduino](http://www.academia.edu/5229813/Introdu%C3%A7%C3%A3o_ao_Arduino)>. Acesso em 01 de maio de 2017.



FIDELIS, Gilberto C. **O que é? Histerese?** Disponível em <<http://www.cect.com.br/histerese.pdf>>. Acesso em 12 de junho de 2017.

DINSLAKEN, Daniel. **Recirculação do mosto: Fundo falso, bazooka ou bag?** Disponível em: < <http://concerveja.com.br/recirculacao/> >. Acesso em: 14 de junho de 2017.