



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

THIALLE QUEIROZ DE OLIVEIRA

**PROJETO DE UM SISTEMA DE PURIFICAÇÃO DE CO₂ OBTIDO DURANTE O
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA**

JOÃO PESSOA

2018

THIALLE QUEIROZ DE OLIVEIRA

**PROJETO DE UM SISTEMA DE PURIFICAÇÃO DE CO₂ OBTIDO DURANTE O
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA**

Trabalho Final de Curso apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel.

Prof. Orientador: Alfredo Ismael Curbelo Garnica

JOÃO PESSOA

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

O48p Oliveira, Thialle Queiroz de.

Projeto de um sistema de purificação de co2 obtido durante o processo de fabricação de cerveja / Thialle Queiroz de Oliveira. - João Pessoa, 2018.
20 f.

Orientação: Prof Dr Alfredo Ismael Curbelo Garnica
Garnica.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Cerveja. 2. CO2. 3. Beneficiamento. 4. Fermentação.
I. Garnica, Prof Dr Alfredo Ismael Curbelo Garnica. II.
Título.

UFPB/BC

THIALLE QUEIROZ DE OLIVEIRA

**PROJETO DE UM SISTEMA DE PURIFICAÇÃO DE CO₂ OBTIDO DURANTE O
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA**

Trabalho Final de Curso apresentado ao curso de
Engenharia Química da Universidade Federal da
Paraíba como requisito parcial para a obtenção do
título de bacharel.

João Pessoa, 12 de junho de 2018

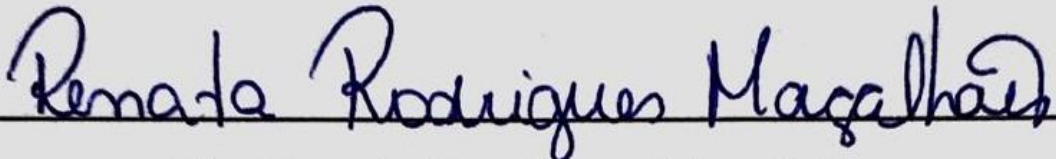
BANCA EXAMINADORA



Prof(a). Dr(a). Alfredo Ismael Curbelo Garnica



Prof(a). Dr(a). Fabíola Dias Curbelo



Ma. Renata Rodrigues Magalhães

AGRADECIMENTOS

Primeiro, agradecer a Deus por tudo na minha vida.

A toda a minha família, em especial minha mãe, meu pai e meus irmãos por terem me dado todo o amor, suporte e força.

Ao meu namorado, por estar ao meu lado nessa longa jornada da graduação.

A todos os meus amigos que torceram por mim.

Aos meus professores, em especial ao Prof. Alfredo e a Prof.^a Fabiola por todas as vezes que me ajudaram dando suporte, correções e incentivos.

A PROJEQ por ter me ajudado a crescer grandiosamente na minha formação profissional.

Ao pessoal do LaPet, por todos os ensinamentos, convívio e carinho.

Por fim, a todos que me ajudaram durante a graduação direta ou indiretamente, o meu muito obrigada.

À minha mãe Maria Gorette, meu pai Waldeck Augusto, meus irmãos Anderson e Allerson, meu namorado Danilo Thadeu. Sorte tem meu sorriso por ter eles como motivo.

RESUMO

No processo de fabricação de cerveja ocorre a fermentação onde leveduras transformam glicose em álcool e CO₂, este gás produzido pode ser reutilizado durante o processo de fabricação de cerveja. Para utilização do CO₂ em qualquer segmento industrial é necessário que seja feita a purificação do gás. O trabalho sugere um sistema para realizar a purificação através das operações de separação, como absorção e adsorção, e operações para liquefazer o gás carbônico, como compressão e troca térmica. Com o sistema sugerido realizando a captação do CO₂ a 95% de pureza é possível obter cerca de 99% de pureza como resultado final.

Palavras-chave: cerveja, CO₂, beneficiamento, fermentação.

ABSTRACT

In the brewing process fermentation occurs where yeast transform glucose into alcohol and CO₂, this produced gas can be reused during the brewing process. For the use of CO₂ in any industrial segment it is necessary to make the gas purification. The work suggests a system to perform purification through separation operations, such as absorption and adsorption, and operations to liquefy carbon gas, such as compression and thermal exchange. With the suggested system performing the uptake of CO₂ at 95% purity, about 99% purity can be obtained as a final result.

Key words: beer, CO₂, recovery, brewing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1. Fermentação.....	7
1.2. Gás carbônico.....	8
1.3. Carbonatação	8
1.4. Utilização de CO ₂ em cervejarias.....	8
1.5. Objetivos do trabalho.....	9
1.5.1. Objetivos específicos.....	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
2.1. Fabricação de cerveja	9
2.2. Fermentação.....	10
2.3. Gás carbônico.....	11
3. RESULTADOS	12
3.1. Fluxograma do sistema	12
3.2. Captação do CO ₂	13
3.3. Lavagem.....	13
3.4. Compressão	14
3.5. Liquefação	15
3.6. Armazenamento e distribuição.....	16
4. CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS.....	18

1. INTRODUÇÃO

Santos, Dinham e Adames (2013) afirmam que a fabricação de bebidas é parte da cultura universal, tornou-se tradição em todo o mundo e nos dias atuais já não é suficiente beber, é necessário entender os processos envolvidos, as pequenas diferenças entre os inúmeros tipos encontrados.

Segundo Dragone e Silva (2010), cerveja é a bebida fermentada com cerca de 8.000 anos de história em que cada vez mais tem o processo de produção mais controlado. Os ingredientes básicos para essa receita são: água, malte, lúpulo e leveduras. De acordo com a legislação brasileira parte do malte de cevada pode ser substituído por outros cereais permitindo que tenham diferentes características.

Dragone e Silva (2010) relatam que em 2006 o Brasil era o 5º maior produtor de cerveja do mundo e 4º maior consumidor com 51,93 L/habitante. De acordo com Santos, Dinham e Adames (2013), o brasileiro por consumir muito pensa que nasce “*expert*” em cerveja, entretanto especialistas em cerveja não devem apenas beber, devem estudá-la. Segundo o Grupo Barth-haas (2017) o Brasil passou a ocupar o 3º lugar no ranking de maiores produtores com 13,3 bilhões de litros em 2016.

O processo de cerveja é regulamentado de acordo com o Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009, que define a classificação, registro, inspeção, padronização e fiscalização da produção e do comércio de bebidas.

1.1. Fermentação

O processo de fermentação constitui-se de consumir parte do açúcar em álcool e CO₂, este é o principal processo da produção cervejeira, Dragone e Silva (2010) destacam que os subprodutos formados neste processo são determinantes para as características organolépticas da cerveja. O principal agente do processo são as leveduras, por isso é de suma importância a sua devida escolha, sendo geralmente selecionada as cepas do gênero *Saccharomyces*.

Ceccato-Antonini (2011) explica a fermentação em 3 fases: pré-fermentação, fermentação principal e pós-fermentação. O fenômeno começa com a adição de leveduras ao mosto, nesta etapa de pré-fermentação as células irão se multiplicar e a temperatura do meio é aumentada gradualmente. A fermentação principal é a etapa característica da formação da

cerveja, é quando o álcool está sendo formado e começa a alterar as características físicas da cerveja, além disso, nesta etapa são formados os subprodutos da fermentação, como SO_2 , dicetonas, entre outros. A pós-fermentação é o momento que o gás carbônico é desprendido.

Dragone e Silva (2010) constata que há um monitoramento através de medidores de pressão nos fermentadores para que seja visto a quantidade de CO_2 formado, que é em excesso e precisará ser purificado para utilização posterior.

1.2. Gás carbônico

O composto inorgânico representado por CO_2 foi descoberto pelo químico e físico Joseph Black em 1754. Pertencente ao grupo dos óxidos, este composto é gás a condições ambientes, incolor, inodoro, apolar, com estrutura linear e solúvel em água. Este gás pode ser obtido através da combustão, fermentação alcoólica, decomposição de carbonatos e em outras reações.

O gás carbônico tem diversas aplicações industriais, uma das mais importantes é quando utilizado no formato de extintores. Outras aplicações conhecidas são: desenvolvimento de plantas em estufa, fabricação de plásticos, na indústria de bebidas, entre outras.

1.3. Carbonatação

A adição de dióxido de carbono é de extrema importância para a cerveja, pois agrega a sensação de acidez e efervescência. A quantidade de CO_2 na cerveja é normalmente referida como “volumes”, ou seja, o volume que o gás ocuparia à pressão atmosférica e a 0°C , se este fosse removido da cerveja. Geralmente as cervejas prontas tem cerca de 2 a 3 volumes de CO_2 , porém a cerveja após a fermentação tem cerca de 1,5 volumes de CO_2 . Durante o processo de fermentação parte do CO_2 produzido e liberado será recuperado.

1.4. Utilização de CO_2 em cervejarias

Além da etapa de carbonatação, o gás carbônico puro é utilizado em diversas etapas da produção de cerveja, é muito utilizado para retirar o ar presente nos equipamentos evitando a oxidação pela presença de oxigênio e para pressurizar a embalagem diminuindo a formação de espuma no processo de enchimento.

Algumas cervejarias também fabricam refrigerantes e outras bebidas que utilizam gás carbônico, para isso também pode-se utilizar o CO₂ recuperado da fermentação. Entretanto, nem todas conseguem recuperar quantidade suficiente para uso, sendo necessária a compra externa do gás.

1.5. Objetivos do trabalho

O presente trabalho tem como objetivo propor um sistema capaz de purificar o CO₂ produzido em cervejarias para que possa ser utilizado como dióxido de carbono industrial, ou seja, em alto nível de pureza.

1.5.1. Objetivos específicos

- Determinar as operações necessárias para purificar o CO₂;
- Sugerir os equipamentos para a purificação;
- Determinar a forma de funcionamento dos equipamentos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

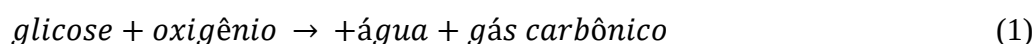
2.1. Fabricação de cerveja

A fabricação de cerveja pode ser resumida nas etapas a seguir:

1. Brassagem – preparação do mosto, onde o principal objetivo é a quebra enzimática dos aminoácidos e proteínas em partículas menores para ajudar na fermentação.
2. Fermentação – metabolização dos açúcares fermentescíveis em álcool.
3. Maturação – apuração do sabor da cerveja.
4. Filtração – retirada dos resíduos de levedura, proteínas coaguladas, entre outros possíveis resíduos encontrados.
5. Envase – colocar a cerveja na embalagem final.

2.2. Fermentação

A fermentação é a etapa principal da produção de cerveja e deve ser realizada em baixas temperaturas e em dornas fechadas para conseguir a produção de álcool necessário. As leveduras consomem os açúcares e produzem álcool, porém não consomem as dextrinas que serão responsáveis por dar corpo a cerveja. Inicialmente, a levedura necessita produzir energia, ou respirar, para isso o mosto deve estar aerado. Em resumo as reações químicas da fermentação são:

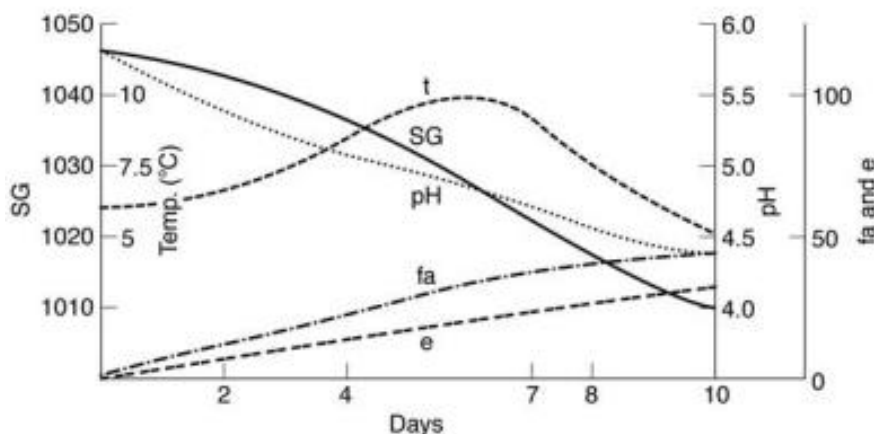


As reações de fermentação são de enorme complexidade, por isso apresentou-se o resumo acima. (KUNZE *apud*. KRÄMER, 2010).

A medição da fermentação é feita com a quantidade de açúcar que é determinada pela densidade através do parâmetro °P (Plato). Esta medição leva em consideração a densidade inicial da mistura e a final, tendo em vista que o álcool tem densidade menor que a água, então há uma queda no parâmetro. Todavia, esta queda é previsível e não pode apresentar uma diferença grande, pois indica contaminação (BRIGGS et al, 2004).

O tempo ideal de fermentação irá variar de acordo com as especificações da cerveja desejada. Uma típica curva de fermentação é demonstrada com a figura 1.

Figura 1 – curva típica de fermentação



Fonte: BRIGGS, 2004

O gráfico demonstra o consumo dos açúcares (SG), a variação de pH, a formação dos álcoois (fa), formação dos ésteres (e) e a variação de temperatura (t), durante a fermentação de uma cerveja do tipo lager (BRIGGS, 2004). 1 kilograma de glicose é suficiente para a produção de 0,46 kilogramas de gás carbônico (FREIRE, 2008).

2.3. Gás carbônico

Sua representação química é CO₂, também conhecido como gás carbônico, dióxido de carbono ou até anidrido carbônico. Esta substância é essencial para a vida no planeta terra por ser necessário na realização da fotossíntese, processo que transforma energia solar em energia química. Entretanto o dióxido de carbono também é considerado um vilão para o meio ambiente quando emitido em excesso, isto ocorre porque grandes quantidades de CO₂ na atmosfera do planeta ocasionam o efeito estufa.

As características físico-químicas do CO₂ são de extrema importância para o desenvolvimento do presente trabalho. As principais características seguem na tabela 1.

Tabela 1 Características do CO₂

Símbolo químico:	CO ₂	
Massa molar:	44,01 g/mol	
Ponto triplo:	Temperatura:	216,58 K (-56,57°C)
	Pressão:	5,19 bar
	Calor latente de fusão:	196,7 kJ/kg
Ponto de sublimação a 1013 mbar:	Temperatura:	194,67 K (-78,48°C)
	Calor latente de sublimação:	573 kJ/kg
Ponto crítico:	Temperatura:	304,21 K (31,06°C)
	Pressão:	73,83 bar
	Densidade:	0,466 kg/litro
Pressão de condensação:	50 bar (a 15°C)	
	58,8 bar (a 20°C)	
Estado gasoso a 1 bar e 15°C:	Densidade relativa ao ar:	1,528

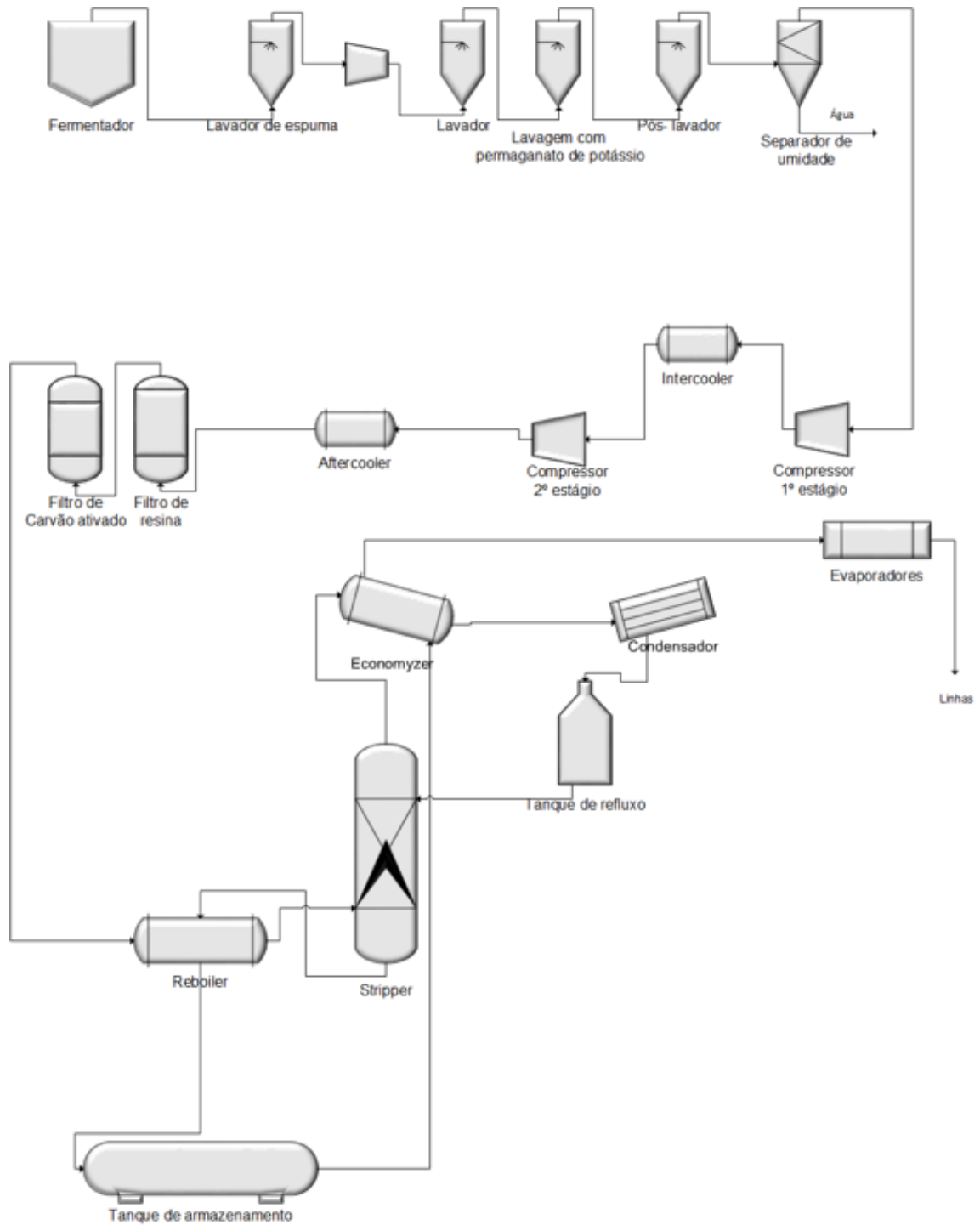
Fonte: Linde Gas Group

3. RESULTADOS

3.1. Fluxograma do sistema

O sistema proposto é de acordo com a figura 2.

Figura 2: Fluxograma do sistema de purificação



Fonte: Próprio autor

3.2. Captação do CO₂

O CO₂ deverá ser captado dos tanques de fermentação, especificamente do topo dos onde receberá um jato de água retirando o excesso de espuma presente no gás, e, por fim, será enviado para a usina de CO₂ onde ocorrerá as demais etapas de beneficiamento do CO₂. Para maior eficiência do sistema é sugerido começar a captação quando a concentração de CO₂ é maior do que 95%, assim permitindo que no final o produto tenha o nível de pureza entre 98-99,9%, pureza ideal para uso industrial.

Para verificar o nível de pureza do CO₂ nas tinas de fermentação existem diversas formas, a mais moderna seria um analisador “*in line*” de concentração, o que permitiria acompanhar de forma rápida e eficiente. Uma forma mais barata de acompanhar essa evolução seria com um analisador do tipo ZHAN, este é um analisador “*on line*”, em que o operador vai até a área fazer a medição, o ideal é determinar um intervalo entre as medições, o defeito desta medição é a possibilidade de perda de CO₂. Por exemplo, se um operador mede a concentração e já passou dos 95% de pureza significa que a captação poderia ter começado anteriormente e alguns minutos ou até mesmo horas de captação foram perdidas, já que antes de indicar o começo da captação os gases provenientes da fermentação são descartados na atmosfera.

3.3. Lavagem

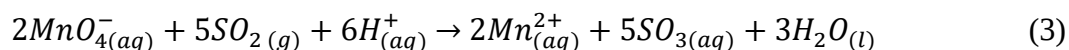
O objetivo do sistema é purificar o dióxido de carbono, o dióxido de carbono arrasta consigo impurezas como gotículas de cerveja e gases incondensáveis, como o oxigênio residual da primeira etapa da fermentação.

Antes de ser enviado para a usina de CO₂, muito próximo a tina de fermentação há um spray para a lavagem de espuma, esta lavagem é apenas um jato de água para que a maior parte da espuma não seja enviado para a usina de beneficiamento de gás carbônico. Isto também evita que resíduos de assepsia como soda caustica sejam enviados para o tratamento, assim diminuindo o risco de contaminação.

A primeira etapa da purificação na usina deve ser a retirada do resíduo de cerveja, ou seja, álcoois, açúcares e partículas sólidas, para isto o procedimento sugerido é uma lavagem com água, ou seja, utilizando uma torre de stripping com água para arrastar as gotículas de cerveja. O gás é borbulhado embaixo da coluna de recheio enquanto há um fluxo contínuo de

água por cima da torre, separando as impurezas do CO₂. A coluna de recheio é utilizada por ter em vista que o contato gás-líquido é maior neste tipo de coluna.

Em seguida, os sulfurados devem ser retirados para evitar que haja formação de ácido sulfúrico e corrosão das tubulações do sistema, nesta segunda etapa pode-se utilizar permanganato de potássio que irá reagir principalmente com o SO₂ com a seguinte equação:



Desta forma, também é sugerida a utilização de uma torre de stripping, uma coluna de recheio, com permanganato de potássio. O permanganato a ser utilizado deve ter a concentração analisada com frequência e reestabelecida quando necessário, a concentração ideal de trabalho é entre 0,3% e 4%, a oxidação do permanganato quando em excesso é perceptível a olhos nus pois a solução perde a coloração violeta, característica do permanganato. Como o fluxo de CO₂ pode arrastar gotículas de permanganato, o ideal é que tenha uma segunda lavagem com água para retirar os possíveis resíduos da etapa precedente. Por economia de água, a água que sai da base da terceira etapa de lavagem pode alimentar o topo da primeira lavagem com água, já que as impurezas encontradas na terceira coluna são mínimas.

3.4. Compressão

Compressores são máquinas que utilizam força mecânica para aumentar a energia de um fluido, no caso de gases há um aumento significativo da densidade, assim aproximando mais do estado líquido. O método de armazenamento de CO₂ puro é o gás liquefeito, para isto é necessário comprimir o gás permitindo que o dióxido de carbono fique líquido com temperatura maior.

Antes de fazer a compressão do gás, deve-se retirar a umidade presente nele evitando a quebra do compressor, é sugerido um separador de umidade por gravidade, onde o gás entra pela lateral e a umidade fica retida no fundo e é expurgada quando necessário e o gás seco segue por cima. Em seguida o gás deve ser comprimido, é sugerido o compressor de pistão em 2 estágios com intercooler e aftercooler, o compressor em múltiplos estágios evita o superaquecimento do gás na descarga do compressor.

O compressor de multiestágios deve deixar o gás a uma pressão aproximada de 15 bar, para que a temperatura de liquefação não seja tão baixa. Durante a compressão pode ser gerada umidade, então o gás segue para a etapa de secagem com resina de sílica em gel para

remover toda a umidade através da absorção que possa estar presente e depois para o filtro de carvão ativado para retirar por adsorção os ésteres que dão odores a cerveja.

3.5. Liquefação

Após ser filtrado o CO₂ segue para a principal etapa de purificação, antes de entrar no stripper, o CO₂ gasoso (32°C) passa pelos tubos de um trocador de calor tipo casca e tubo, onde na casca passa CO₂ no estado líquido (-65°C), desta forma resfriando o gás que irá alimentar a torre de stripping. Dentro do stripper, o gás é borbulhado na solução líquida do próprio CO₂, assim facilitando o desprendimento dos incondensáveis e condensando pequena parte do CO₂ que está ascendendo na torre. No topo da torre de stripping a saída é direcionada até o economizer, um trocador de calor para aproveitar a saída do CO₂ para as linhas para esfriar o gás a ser condensado e gasificar o líquido que será enviado para a linha. A próxima etapa é o condensador, o fluido refrigerante deve atender a diversas características, algumas destas são:

- Ser capaz de evaporar;
- Ter um alto calor latente de vaporização;
- Precisar de baixa compressão para alcançar a pressão de condensação;
- A temperatura crítica deve ser muito mais elevada do que a temperatura de condensação;
- Oferecer o máximo de refrigeração;
- Ser estável;
- Não ser prejudicial aos materiais do sistema;
- Não ser combustível ou explosivo;
- Ser capaz de fácil detecção de vazamentos, como ter um odor que revele a sua presença no ar;
- Ter um custo razoável;
- Existir em abundância.

A sugestão é utilizar amônia como fluido resfriador, já que as suas características atendem a maior parte do desejado para um bom agente resfriador. A exceção das características é que a amônia acima de 30% em volume torna-se explosiva. A disposição do condensador deve ser inclinada facilitando a expurga dos gases incondensáveis, a presença desses gases deve

ser mínima para a maior eficiência na troca térmica com o CO₂. Por isso, a expurga deve ser realizada sempre que a concentração dos gases incondensáveis seja maior do que 8%.

O trocador de calor com amônia deve ser capaz de condensar o gás, isso exige que a transferência de calor seja capaz de levar o gás até uma temperatura por cerca de -65°C, garantindo a liquefação total do gás.

O CO₂ líquido fica no tanque de refluxo, onde é direcionado para o topo da torre de stripper, ao cair pelo recheio da torre há uma troca de calor com gás que está ascendendo e no fundo da torre está o CO₂ líquido que passa pelo trocador de calor inicial, denominado reboiler, com o gás que está alimentando a torre.

3.6. Armazenamento e distribuição

O CO₂ líquido segue para os tanques de armazenamento, estes devem ser mantidos acima de 10% em volume de dióxido de carbono para evitar a contaminação por outros gases, ou seja, o tanque não deve esvaziar totalmente. Ao sair do tanque de armazenamento, o CO₂ líquido deve seguir para o economizer onde a maior parte irá vaporizar, em seguida sugere-se que tenham evaporadores a temperatura ambiente para concluir a evaporação, tornando o gás pronto para uso industrial.

4. CONCLUSÃO

Numa indústria cervejeira, o sistema de beneficiamento de CO₂ é de suma importância tendo em vista os possíveis usos de tal substância, além de diminuir o descarte na atmosfera, diminuindo o efeito estufa. Os dimensionamentos dos equipamentos irão depender das condições de produção da cervejaria. Caso a cervejaria tenha altos níveis de fermentação e não faça uso de todo CO₂ que é recuperado, há também a possibilidade de venda do produto purificado, já que o dióxido de carbono é extremamente importante em diversas indústrias.

REFERÊNCIAS

Ambev 2018. Disponível em: < <https://www.ambev.com.br/>>. Acesso em: 12 de abril de 2018.

BELTRAMELLI, M. **As 100 melhores cervejas brasileiras**: uma seleção para iniciantes e iniciados. São Paulo: LeYa, 2010.

BRASIL. Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 de jun. 2009. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm>. Acesso em: 10 de maio de 2018.

BREJAS 2007. Disponível em:< <http://www.brejas.com.br/>>. Acesso em: 18 de abril de 2018.

BRIGGS, D.E. et al. **Brewing Science and Practice**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2004.

CECCATO-ANTONINI, S. R. **Microbiologia da fermentação alcoólica**: a importância do monitoramento microbiológico em destilarias. São Carlos: EDUFSCar, 2010.

Cervejas do Mundo. Disponível em:< <http://www.cervejasdomundo.com/>>. Acesso em: 22 de abril de 2018.

DRAGONE, G.; SILVA, J. B. Cap. 2 - **Cerveja**. In: W. G. VENTURI FILHO, **Bebidas Alcoólicas**: Ciência e Tecnologia (pp. 15-50). São Paulo: Blucher, 2010.

SANTOS, J. I.; DINHAM, R.; ADAMES, C. **O essencial em cervejas e destilados**. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Editora SENAC, 2013.

Saint bier. **A história da cerveja**. Disponível em: <http://www.saintbier.com/historia-cerveja>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

SINDICATO Nacional da Indústria da Cerveja. **A cerveja**. Disponível em: <http://www.sindicerv.com.br/acerveja.php>. Acesso em: 5 de maio de 2018.

SOUSA, R. G. **Lei Seca dos EUA**. Mundo educação (2009). Disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/historia-america/lei-seca-dos-eua.htm>>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

The Barth-Hass Group. **The Barth report.** Disponível em: <<https://www.barthhaasgroup.com/images/mediacenter/downloads/pdfs/412/barthbericht20162017en.pdf>>. Acesso em: 23 de Abril de 2018.

Linde Group. Folha de produto: **Dióxido de Carbono Líquido.** Disponível em: <http://www.linde-gas.pt/internet.lg.lg.prt/en/images/Dioxido%20Carbono%20Liquido_082015303_41560.pdf?v=8.0> Acesso em: 18 de abril de 2018.

KRÄMER, G. V. **Recuperação de CO₂ em microcervejaria.** Porto Alegre: UFRGS, 2010.