



FATORES QUE INFLUENCIAM NO RENDIMENTO FERMENTATIVO NA PRODUÇÃO DE ETANOL: UM ESTUDO DE REVISÃO

Raphaella Paz de Lima, raphaella.lima@edu.unipar.br
Camila Pereira Giroto, camilagiroto@prof.unipar.br

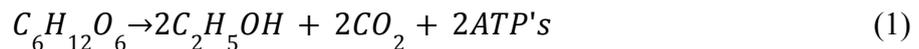
Resumo: A fermentação é a fase mais importante na produção de álcool e a levedura mais aplicada neste processo é a *Saccharomyces cerevisiae*, no qual realiza a fermentação do açúcar com o objetivo de conseguir energia química necessária para sua sobrevivência, sendo assim o etanol é um subproduto deste processo. Para obter um bom rendimento no processo é necessário que haja um controle correto das condições operacionais como tempo de fermentação, temperatura, pH, acidez e quantidade de sacarose. Neste sentido, o objetivo do trabalho é evidenciar como os fatores citados afetam no processo fermentativo por meio de uma revisão bibliográfica, de forma a apresentar possíveis soluções para estes problemas. Ao analisar os trabalhos encontrados percebeu-se que todos os fatores influenciam no rendimento da fermentação e no desenvolvimento da levedura, mas principalmente o pH e a temperatura (30 – 35°C), que devem estar numa faixa que não favoreça o crescimento das bactérias invasoras.

Palavras chaves: Levedura, Temperatura, pH, Infecção, Cana-de-açúcar.

1. INTRODUÇÃO

Martim Afonso deu início ao cultivo da cana-de-açúcar no Brasil há mais de cinco séculos e, a partir daí, o país tornou-se o maior produtor de cana-de-açúcar, juntamente com a Índia. (CARVALHO *et al*, 2013 e WACK *et al*, 1998.). A cana-de-açúcar ofereceu ao Brasil um futuro promissor para a produção de etanol, obtido por meio da fermentação alcoólica da sacarose do caldo de cana, sendo considerado um processo de primeira geração (Carvalho *et al*, 2013).

É possível produzir etanol de três maneiras: por destilação, sintética e fermentativa. A grande maioria das indústrias brasileiras utilizam a fermentação de açúcares seguida da destilação. A fermentação é a fase mais importante na produção de álcool e a levedura mais aplicada neste processo é a *Saccharomyces cerevisiae*, no qual realiza a fermentação do açúcar com o objetivo de conseguir energia química necessária para sua sobrevivência, sendo assim o etanol é um subproduto deste processo (Equação 1) (AMORIM *et al*, 2005).



O etanol produzido pelas leveduras pode ser obtido pelo processo de produção em aguardente com uma fermentação em batelada que não há recirculação do fermento, onde é mantido na dorna por decantação depois que a fermentação termina. Este processo é denominado fermentação em batelada sem centrifugação. Nesta fermentação, a temperatura não é levada em conta e a decantação do fermento ocorre com a floculação das leveduras causada pela infecção bacteriana. Estima-se que o rendimento fermentativo deste processo varia de 70% a 75% (AMORIM *et al.*, 1996).

Na década de trinta foram introduzidas a centrifugação e os tratamentos do fermento, da água e da acidez à fermentação em batelada, denominando-se fermentação em batelada com centrifugação. Com o uso das centrífugas foi possível aproveitar o fermento várias vezes, pois promove uma redução no consumo de açúcar pelas leveduras e, conseqüentemente, um aumento do rendimento fermentativo. Se este processo for conduzido de uma boa satisfatória, pode-se obter um rendimento médio de safra de até 92% (AMORIM et al. 2005).

Além do uso da centrifugação e configuração do biorreator, outros fatores devem ser levados em conta para a obtenção de um bom rendimento no processo fermentativo. Dentre estes é necessário que haja um controle correto das condições operacionais (tempo, temperatura, pH, acidez, quantidade de sacarose). Outro fator que afeta diretamente na fermentação é um elevado índice de infecção no meio reacional, pois diminui o rendimento das leveduras e isso levará a uma série de problemas como por exemplo a floculação e o aumento da espuma no fermento, desta forma a produção de etanol não será eficiente (STEINLE, 2013).

Dentro deste contexto, percebe-se a necessidade de se realizar um controle correto das condições operacionais no processo fermentativo e de fazer o tratamento adequado do fermento. Neste sentido, o objetivo do trabalho é evidenciar como os fatores citados anteriormente afetam no processo fermentativo e, conseqüentemente, no aumento da infecção, contribuindo para floculação do fermento, de forma a apresentar possíveis soluções para estes problemas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Fundamentação Teórica

2.1.1. Processo para a fermentação alcoólica

A produção de etanol a partir da cana-de-açúcar inicia na colheita desta planta e da extração do caldo. Posteriormente ocorre o tratamento do caldo para obter maior rendimento na reação de fermentação. Em seguida ocorre a fermentação alcoólica propriamente dita, em que será obtido o etanol contendo outros subprodutos e água. Para sua purificação é realizada a destilação, afim de obter um teor alcoólico de até 99%, dependendo de sua aplicação. Dentre as etapas citadas as que fazem parte da fermentação consistem nas etapas de colheita e extração, além do tratamento do caldo, as quais estão detalhadas abaixo.

2.1.1.1. Colheita e Extração

O processo da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar inicia com a colheita nas lavouras. O processo pode ser realizado por máquinas mecanizadas conhecidas como colhedoras. Após a matéria-prima ser colhida, o controle de tráfego auxilia no carregamento desta até a indústria, a fim de evitar que a cana se deteriore e haja um aumento de contaminação bacteriana (DIAS, 2008). Ao chegar na indústria, a cana picada deve ser rapidamente moída, pois o contato com o meio pode aumentar o índice de contaminação bacteriana, causando maior perda de açúcar (AMORIM et al, 1996).

A extração da matéria prima é realizada por moendas, geralmente constituídas por seis ternos. A cana antes de ser moída é jogada em uma mesa alimentadora e depois lavada. Esse processo é feito para que se elimine as impurezas minerais. Em algumas indústrias se faz também a retirada da palha por meio de ventiladores para evitar desgastes nos equipamentos (DIAS, 2008).

Os desfibradores auxiliam na extração do caldo de cana, no qual o intuito é retirar todo o açúcar na moagem. É por isto que as facas precisam estar bem afiadas e os martelos ajustados corretamente, o amassamento da cana provoca a perda de Açúcar Redutores Totais (AMORIM et al, 1996).

Além destes cuidados, a moenda acumula muito foco de contaminação se não for tratada da maneira correta. É essencial que seja lavado a cada 3 ou 4 horas com água quente abundantemente. Consegue-se extrair também a infecção com uma boa assepsia com uso de biocidas, sendo o mais utilizado pelas indústrias o quartenário de amônia com uma dosagem 40 ppm. É ideal que este procedimento seja realizado por 5 minutos com um intervalo de 25 minutos e assim sucessivamente (AMORIM et al,1996).

2.1.1.2 Tratamento do Caldo

O tratamento do caldo é realizado para que se elimine os bagacilhos e impurezas solúveis e insolúveis. Este processo é constituído por duas etapas: o tratamento físico e o químico (DIAS, 2008).

O tratamento físico tem por objetivo retirar as impurezas minerais e bagacilhos, por meio de peneiras rotativas e hidrociclones. Esses equipamentos auxiliam os decantadores e filtros evitando o desgaste dos mesmos e ainda contribuem para uma boa qualidade no caldo e na eficiência fermentativa (DIAS, 2008).

O tratamento químico é realizado para a retirada das impurezas solúveis e insolúveis, a neutralização do caldo contribui para evitar a inversão e decomposição da sacarose. Este tratamento é feito pela a adição de fosfato (ácido fosfórico), cal e polímero, os quais são responsáveis pelo acerto do pH entre 7,0 e 7,2 e as partículas formadas durante este processo serão extraídas por meio de decantação (DIAS, 2008).

Realiza o tratamento do caldo para recuperar a sacarose e obter um caldo clarificado com brix de 15%. Para ser utilizado na fermentação, este caldo precisa ser esterilizado e concentrado, para evitar um vinho de baixo teor alcoólico. O caldo é aquecido em evaporadores para diminuir a infecção e aumentar sua concentração de açúcares. Após isto, o caldo concentrado (mosto) está apto para ser utilizado na fermentação alcoólica (DIAS, 2008).

2.1.2. Tipos de fermentação

As indústrias brasileiras utilizam duas maneiras para a produção de etanol: fermentação em batelada alimentada e fermentação contínua.

2.1.2.1. Fermentação batelada alimentada.

Conhecida como o método Melle Boinot, este processo de fermentação teve início na década de 30, o qual utiliza o uso de centrífugas, tratamento em água e ácidos (AMORIM et al, 2005).

A inovação deste processo foi a utilização de tratamento em ácido no fermento onde o Ph varia entre 2,5 e 4,5. Conhecido como pé - de - cuba, a concentração deste creme de levedura varia entre 28 a 30%, o creme depois de tratado é encaminhado as dornas de fermentação para dar início a alimentação das leveduras com o caldo (mosto) (STECKELBERG, 2001).

Geralmente, este processo dura, em média, 5 horas para ser enchido com o fermento e mais 4 horas para ser alimentado com o mosto, o que depende do tamanho da dorna a ser alimentada. Juntamente com o fermento e o mosto, são adicionados, conforme a necessidade, o antiespumante e o dispersante, que são produtos químicos usados para controlar a infecção bacteriana e a espuma no fermento. A dorna é resfriada por serpentinas ou trocadores para manter a temperatura adequada para as células (DIAS, 2008).

Após o período de enchimento da dorna, que varia entre 8 a 13 horas, o vinho obtido é enviado a centrífugas para a recuperação das células. O vinho levedurado possui um grau alcoólico de 8 a 12% (v/v), e aproximadamente 11% de concentração de fermento (DIAS, 2008).

No processo de centrifugação o vinho levedurado é enviado para uma centrífuga que contém fermento com concentração de 35% (v), após este o processo o mesmo fermento é encaminhado a

uma outra centrífuga contendo água tratada para realizar a reciclagem das células obtendo uma concentração de fermento entre 65% a 75%. O vinho delevedurado obtido no processo de centrifugação é encaminhado ao processo de destilação (DIAS, 2008). Na Figura 1 está apresentado o processo de fermentação batelada alimentada.

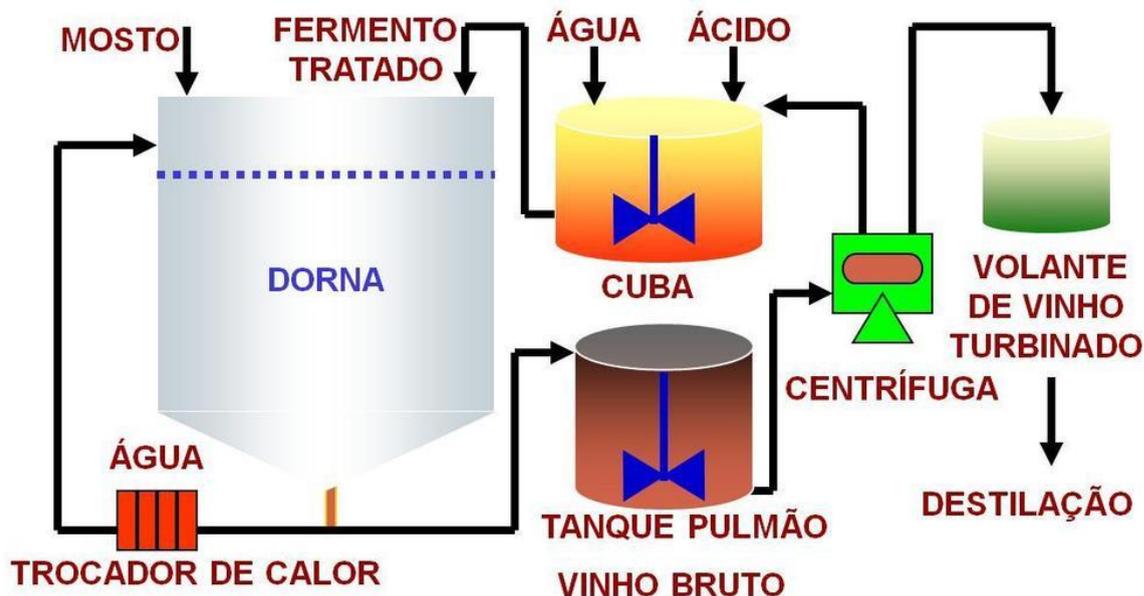


Figura 1. Esquema de fermentação alcoólica em batelada alimentada. Fonte: (RODRIGUES et al, 2010) Usina Vale Verde.

2.1.2.2. Fermentação contínua

A fermentação contínua surgiu de uma otimização das recentes dornas de fermentação em batelada, as quais são a junção das dornas com tubulações que partem do fundo e depois por cima da dorna seguinte (AMORIM et al, 2005).

O processo contínuo de fermentação geralmente tende-se de 3 a 5 dornas, conectadas em série para a reutilização do fermento. O processo se inicia na primeira dorna, que recebe o mosto vindo do tratamento do caldo e, em seguida, o fermento que foi enviado da cuba, proveniente das centrífugas. A temperatura das dornas é mantida por meio de trocadores de calor ou serpentinas (DIAS, 2008).

A segunda dorna é alimentada pelo produto enviado da primeira, que contém uma porcentagem de álcool, fermento, água, mosto e além dos outros produtos provenientes da fermentação. Cada dorna é alimentada de acordo com o produto das dornas anteriores, assim dando continuidade até chegar o processo final da fermentação, a obtenção do vinho levedurado. Assim, o processo seguinte é a separação do vinho levedurado e o vinho delevedurado na centrífuga (DIAS, 2008).

Por fim o vinho levedurado retorna a cuba para a recuperação das células e o delevedurado é enviado ao processo de destilação. E assim é feito constantemente. Na Figura 1 está apresentado o processo de fermentação contínua.



Figura 2. Esquema de fermentação alcoólica contínua. Fonte: (Rodrigues et al, 2010). Usina Vale do Paraíba.

As cubas levam em média de 1 e 2 horas para se realizar o tratamento. Ao realizar o tratamento do fermento, as células são enviadas às dornas de alimentação. A concentração do fermento dos pés de cuba tem aproximadamente 28% (V/V) (DIAS, 2008).

Para garantir que a fermentação tenha um elevado rendimento é preciso avaliar alguns fatores como: temperatura, acidez do mosto, pH, controle microbiológico, presença de outros micro-organismos, dentre outros.

2.1.3. Fatores que influenciam na fermentação alcoólica

2.1.3.1 Temperatura

A temperatura em relação ao mosto é de suma importância no processo de fermentação. Uma temperatura menor (27 °C - 26 °C) é provável que as leveduras não produzam etanol por conta do choque térmico. Este problema pode ser solucionado com a alimentação do mosto com uma temperatura maior. Contudo, uma temperatura muito elevada do caldo leva ao superaquecimento nas dornas aumentando a infecção (presença de outros micro-organismos) nas dornas e diminuindo o rendimento fermentativo. O ideal é manter a temperatura em média do caldo de 35°C, com esta temperatura consegue-se controlar a infecção em 10⁶/mL e aumentar o rendimento fermentativo (AMORIM et al, 1996).

Temperaturas altas prejudicam o comportamento das células, diminuem o grau alcoólico do vinho e aumentam o volume da vinhaça em relação ao volume de etanol produzido. Uma temperatura de 28°C pode obter um vinho de teor alcoólico de 13% em volume de 15°C. As usinas trabalham com uma temperatura de 35°C e o vinho produzido atinge um grau alcoólico de 8,5% e uma perda de vinhaça 0,02% em massa de etanol. Temperaturas menores acarretam em boas condições para o processo fermentativo, menor inibição das leveduras por etanol e diminuição na contaminação bacteriana (DIAS, 2008).

2.1.3.2. Mosto

O mosto é derivado do caldo de cana ou mel diluído, utilizado para a fermentação alcoólica, por ser bom no desenvolvimento das leveduras. A qualidade do mosto é essencial para um bom rendimento fermentativo e o açúcar existente no mesmo deve ser uma porção monitorada para que as leveduras não sejam prejudicadas pela inibição da alta concentração de açúcares (CALDAS et al, 2017; RIBEIRO et al., 1999; BARROS, 2018).

O excesso de concentração de açúcares leva ao aumento da velocidade da fermentação, ocasionando em perdas da atividade da condução dos açúcares e diminuindo a produção de etanol. Por outro lado, uma menor concentração de açúcares durante a alimentação acelera o crescimento das células juntamente ao um decréscimo gradual numa condição frequente (NEVES, 2003; STEINLE, 2013; BARROS, 2018).

2.1.3.3. Acidez e pH

A acidez presente no mosto, cuba e dorna devem ser controladas, pois um alto índice de acidez provoca o aumento de infecção bacteriana, afetando no rendimento fermentativo. As bactérias aumentam em pH entre 4 e 8, já as leveduras se desenvolvem em pH de 3 a 6, desta forma é preferível que o pH seja usado para selecionar as células, pois assim diminui a infecção bacteriana e aumenta o rendimento das leveduras (BARROS, 2018).

2.1.3.4. Outros fatores

Há também outros fatores que afetam diretamente o processo fermentativo como: a excelência da matéria-prima, grau alcoólico, os produtos químicos utilizados (ácidos, biocidas, antibióticos e dispersantes), infecção bacteriana (acarreta na floculação do fermento), a condição da centrifugação e os tipos de processo usados para fermentação (DIAS, 2008).

2.2. Pesquisa dos Artigos

A metodologia utilizada para este trabalho foi de revisão bibliográfica por meio de artigos científicos, dissertações e livros já publicados, pesquisados através de palavras chaves. Foram selecionados artigos de pesquisa publicados entre os anos 2016 a 2021 por meio da plataforma Google acadêmico utilizando as palavras-chave: pH, temperatura, acidez, dornas, batelada, rendimento, mosto e cana - de - açúcar. Com isto, avaliou-se os fatores que contribuem para um bom rendimento fermentativo, a fim de determinar quais fatores mais influenciam no processo de fermentação e indicar possíveis soluções para os problemas encontrados.

2.3. Análise dos Trabalhos

Após encontrar os trabalhos sobre os fatores que influenciam o rendimento na fermentação alcoólica, fez-se a Tabela 1 contendo os mesmos, em que foram avaliados o micro-organismo utilizado, regime de operação, condições operacionais, método para controle microbiológico e o rendimento.

Tabela 1. Análise das pesquisas realizadas dos artigos sobre os fatores que influenciam na Fermentação Alcoólica.

Autor	Microrganismo	Regime de operação	Condições de Processo	Controle Microbiológico	Rendimento	Fatores que mais influenciou
Pereira e Macri (2020)	<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	Batelada Contínuo	pH: 4,00 á 5,00 T= 31 á 34,5 °C t: 06 á 11 Horas	Antibióticos	Não citado	Tempo de fermentação
Moura e Silva (2018)	<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	Não citado	pH: ≤ 2,3 e > 2,3 Brix: ≤ 16,8° e > 16,8°	Não citado	82% a 92%.	Concentração Brix
Cabral (2020)	<i>Saccharomyce Cerevisiae CAT - 1</i>	Batelada	pH: 2,00 Brix: 26° T= 30°C t: 15 Horas	Mosto Esterelizado	Não citado	Mosto
Barros (2018)	<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	Batelada	Brix: 28°	Antibióticos	90,39%	Vazão do Mosto
Brandão (2019)	<i>Saccharomyce Cepa C2/00</i>	Batelada	pH: 4,50 T= 30°C t: 12/24 Horas	Não citado	90,78% a 94,12%	Temperatura
Veloso (2019)	<i>Saccharomyce Cepa Y-904</i>	Batelada	pH: 4,60 T= 28°C, 30°C, 32°C e 34°C t: 05 Horas	Não citado	Não citado	Temperatura
Oliveira (2021)	<i>Saccharomyce Cerevisiae PE - 2</i>	Laboratório (Batelada)	T= 30 °C t: 06 Horas Brix: 4°	Extrato de Orégano	73%	Extrato de Orégano
Neto (2019)	<i>Saccharomyce Cerevisiae PE - 2</i>	Laboratório (Batelada)	pH: 2,00 á 5,00 T= 30°C t: 11 Horas	Ácido Sulfúrico/ % Etanol	Não viável	Ácido Sulfúrico/ % Etanol
Silva . (2019)	<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	Laboratório (Batelada)	Brix: 25° T= 30°C	Mosto Esterelizado por feixe de elétrons	92% a 93%	Mosto Esterelizado por feixe de elétrons
Lopes (2019)	<i>Saccharomyce Cerevisiae CAT - 1</i>	Batelada	pH: 2,00 Brix: 20° T= 30°C t: 08 Horas	Ácido	90%	Tempo de fermentação
Santos (2016)	<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	Batelada Contínuo	pH: 3,00 á 4,00	Antibióticos	296,70 a 251,36 L/Ton Mel	Antibiótico
Begnini et al. (2019)	<i>Saccharomyce Cerevisiae</i>	Batelada	pH: 3,50 T= 28°C, 30°C, 32°C t: 12Horas	Antibióticos	Não citado	Condições do Processo

*T = temperatura, pH = potencial hidrogeniônico, Brix = Sólidos solúveis em solução de sacarose, t = tempo de fermentação

De acordo com GOLDEMBERG (2008) e MISAWA (2009), para que haja uma produção de etanol de qualidade são necessários alguns fatores no processo fermentativo, dentre eles: elevado rendimento na reação de produção do etanol em pouco tempo de fermentação, mínima produção de subprodutos como glicerol e ácido láctico, evitar a contaminação bacteriana e controlar as condições operacionais (Temperatura, °Brix - sólidos solúveis em uma solução de sacarose e pH).

SOUZA (2013) retrata desta forma, que o fermento inserido no processo fermentativo precisa conter tolerância ao grau alcoólico produzido e ter resistência a acidez e a temperatura elevada.

Ao analisar os regimes de operação dos trabalhos presentes na Tabela 1, verifica-se que os autores LOPES (2019); MOURA e SILVA (2018) e BRANDÃO (2019), utilizaram pH entre a faixa de 2,00 e 4,50 em seus processos fermentativos. Estes valores são aplicados justamente porque as leveduras reagem bem nesta faixa de pH e auxilia o processo fermentativo no controle de bactérias invasoras. Estudos realizados por STEINLE (2013), comprovam que o pH acima desta faixa desenvolve o aumento das bactérias.

Outro fator que contribui na fermentação é a temperatura, como pode-se observar na Tabela 1 a faixa de temperatura aplicada ficou entre 28°C a 34,5°C, não havendo variação entre os autores BRANDÃO (2019); LOPES (2019); SILVA (2019) e OLIVEIRA (2021). Este parâmetro influencia diretamente no processo fermentativo, se for muito elevada diminui o rendimento das leveduras e reduz o grau alcoólico no vinho, fazendo assim que as leveduras floculem. A temperatura usada pelo autor BRANDÃO (2019) contribuiu positivamente para seu rendimento fermentativo obtendo eficiência de no máximo 94%.

Na tabela 1 percebe-se que a concentração de °Brix utilizada pelos autores BARROS (2018), MOURA e SILVA (2018); LOPES (2019); SILVA (2019) e OLIVEIRA (2021) variaram entre 4 e 28 de °Brix. Para a fermentação é ideal o controle da concentração de açúcares, uma quantidade maior provoca uma sobra de ART (Açúcares Redutores Totais) afetando no rendimento fermentativo, quando isto acontece significa que as células se esgotaram com o alimento. Uma quantidade baixa também prejudica no rendimento fermentativo, como é mostrado na Tabela 1 no trabalho de Oliveira (2021), que utilizou uma concentração de °Brix menor e obteve um rendimento de 73%, estando abaixo em relação aos autores que utilizaram uma concentração maior. Além disto, verifica-se na Tabela 1 que os autores que aplicaram uma concentração de °Brix entre 16 a 28 obtiveram um rendimento fermentativo na faixa de 82% a 94%.

Todos autores citados utilizaram o mesmo micro-organismo (*Saccharomyces cerevisiae*) para realizar a produção de etanol, mudando apenas as linhagens. Além disto, o regime de operação mais aplicado pelos autores presentes na Tabela 1 foi a batelada, pois a maioria dos trabalhos ocorreu em escala laboratorial. O processo de batelada alimentada é vantajoso devido à facilidade de operação, apresenta uma concentração alcoólica maior, é possível reciclar as células de leveduras e consequência disso ajuda a diminuir o tempo de fermentação. A vantagem da fermentação contínua é que os custos de montagem e automação são menores, porém gera problemas maiores de infecção bacteriana e diminui o rendimento fermentativo.

Outro fator importante no processo fermentativo é o controle microbiológico, fundamental na obtenção de um bom rendimento, pois no meio de cultura pode haver a presença de micro-organismos invasores, principalmente bactérias, que impedem o crescimento da levedura (fermento). Nos trabalhos de LOPES (2019) e NETO (2019) o controle microbiológico foi realizado por meio de ácido sulfúrico. NETO (2019), aplicou em seu trabalho o tratamento ácido juntamente com concentrações de grau alcoólicos altos, onde destacou que esse controle não foi viável, isso porque as células se enfraquecem em meio de concentrações de grau alcoólicos elevados. SANTOS (2016); BARROS (2018); PEREIRA *et al.* (2020), aplicaram antibióticos para

fazer o controle microbiológico no processo fermentativo. Apesar de serem o método de controle mais aplicado, os antibióticos são onerosos, por isso é recomendado utilizá-los juntamente com ácidos para diminuir os gastos no processo. OLIVEIRA (2019) utilizou extrato de orégano para combater a infecção bacteriana, no seu trabalho, os autores destacam que as células reagiram bem ao tratamento e foi eficaz em combater as bactérias invasoras. SILVA et al. (2019) utilizou mosto esterilizado por feixe de elétrons para minimizar a contaminação bacteriana, segundo o autor uma quantidade de 80 kGy (tratamentos radioativos) em determinado volume de fermento não seria necessária a utilização de agentes microbianos. O autor observou que o rendimento fermentativo foi favorável em seu processo fermentativo e o tratamento não inibiu a reação das células. Cabral (2020) inseriu em seu controle bacteriano mosto esterilizado para controlar a contaminação.

Todos os fatores acima citados têm sua influência para a obtenção de um bom rendimento fermentativo, mas observado na Tabela 1, o fator que mais contribui para ter um bom rendimento fermentativo é a temperatura. É possível observar que em todos os trabalhos apresentados, os autores utilizaram em seus regimes de operação uma temperatura que favorecesse seus processos fermentativos. Vale ressaltar que uma temperatura elevada aumenta a infecção na presença de leveduras selvagens e diminui o comportamento das células fermentáveis, gerando floculação do fermento. É recomendado que a temperatura na fermentação esteja entre 30° a 35° para que as células se reproduzam e não floculem. (AMORIM et al, 1996).

3. CONCLUSÃO

A partir da análise dos trabalhos pode-se dizer que todos os fatores citados na Tabela 1 influenciam de forma significativa na fermentação, desde que sejam controlados para ajudarem no crescimento do fermento. A temperatura possui um papel importante no rendimento fermentativo e deve estar entre 30° a 35°. Acima desse valor, aumenta a proliferação de bactérias invasoras e abaixo diminui o rendimento das leveduras. Além disto, os operadores do processo devem trabalhar com faixa de temperatura e pH que favoreçam as leveduras, para diminuir a infecção bacteriana, pois pH com faixas maiores que 4,00 favorecem as bactérias.

4. REFERÊNCIAS

AMORIM, H.V.; BASSO, L. C.; ALVES, D. M. G. **Processo de produção de álcool - controle e monitoramento**. FERMENTEC/FEALQ/ESALQ-USP. Piracicaba, 1996.

AMORIM, H.V. Fermentação alcoólica: ciência e tecnologia. Piracicaba: Fermentec, 2005.

BARROS, J. **Análise multivariada nas interferências das sobras de açúcares redutores residuais fermentação alcoólica**. 2018. Dissertação (mestrado) - Universidade Tecnológica do Paraná. Campo Mourão, PR.

BEGNINI, M.L; FURTADO, D.B; LÚCIO, G.W; NETO, D.I; FERNANDES, S.M; FINZER, J.R.D. **Fermentação de caldo de cana em microdestilaria**. 2016. Universidade de Uberaba. Uberaba – SP.

BRANDÃO, A. **Avaliação do Processo de fermentação alcoólica em condições de altas concentrações de açúcares empregando leveduras de características floculantes**. 2019. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG.

CABRAL, G. **Fermentação alcoólica de melão com alta concentração de açúcar: efeito da esterilização do mosto e tratamento ácido da Levedura.** 2020. Dissertação Mestrado. Piracicaba – SP.

CALDAS.C; LARRAHONDO.J.; SILVA.J. **Cálculos fundamentais para o controle químico das indústrias de açúcar e de álcool.** Maceió - AL: Central analítica Ltda. 2017.

CARVALHO, L; BUENO, R; CARVALHO, M; FAVORETTO, A; GODOY, A. **Cana de açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, V.9, N.16; p.543,2013.

DIAS, M. O. S. **Simulação do processo de produção de etanol a partir do açúcar e do bagaço, visando a integração do processo e a maximização da produção de energia e excedentes do bagaço.** 2008. 253p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP.

LINEU, C. **Species plantarum: exhibentes plantas rite cognitae, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas.** Holmiae: Impensis Laurentii Salvii, 1753. v. 1. p. 54.

LOPES, L. **Avaliação dos efeitos causados por contaminações bacterianas em fermentações etanólicas de primeira geração utilizando metodologias multi – ômicas.** 2019. Tese Doutorado. Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP.

MOURA, A; SILVA, B. **Estudo da influência de teor alcoólico de dornas, Ph e Brix em processo fermentativo.** UniRV. 2018.

NETO, I. **Emprego do Etanol como substituto ou Adjuvante do ácido sulfúrico no tratamento das células em fermentação alcoólica contaminada por Lactobacillus fermentum.** 2019. Dissertação Pós Graduação. Universidade Federal São Carlos. Araras – SP.

NEVES, L. C. M. **Obtenção da enzima glicose 6-fosfato desidrogenase utilizando “Saccharomyces cerevisiae” W303-181.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003.

OLIVEIRA. A. **O uso de extrato de orégano no controle de bactérias da fermentação etanólica a partir de cana – de – açúcar.** 2021. Universidade Federal de São Carlos – Campus Araras/SP. 2021. Araras – SP.

PEREIRA, D; MACRI, R; GIMENEZ. A. **Fatores que afetam a fermentação alcoólica.** Revista ciência e tecnologia (Fatec – JB). Jabotical – SP. V.12. n. 1. 2020.

RIBEIRO, C.A.F; BLUMER, S.A.G; HORII, J. **Fundamentos de Tecnologia sucroalcooleira.** 2. ed. Piracicaba: 1999.

RODRIGUES, L; DANTAS, R; FINZER, J. **Utilização de produto natural durante a fermentação alcoólica visando uma produção que se enquadre nos parâmetros de atividade sustentável.** Universidade Federal Uberlândia, São Paulo. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-1-Esquema-da-fermentacao-alcoolica-centrifugacao-Usina-Vale-do-Paranaiba_fig2_277043706 il: Color.

RODRIGUES, L; DANTAS, R; FINZER, J. **Utilização de produto natural durante a fermentação alcoólica visando uma produção que se enquadre nos parâmetros de atividade sustentável.** Universidade Federal Uberlândia, São Paulo. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-2-Esquema-da-fermentacao-alcoolica-continua-Usina-Vale-do-Paranaiba_fig2_277043706 il: Color.

SANTOS. M. **Condução de fermentação etanólica contínua com uso de antibiótico.** 2016. Dissertação (mestrado). 2016. Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo – AL.

SILVA, E. **Esterilização do mosto para a produção de etanol.** 2019. Dissertação Mestrado. Instituto de pesquisas Energéticas e nucleares. Universidade de São Paulo. SP.

SOUZA, L. S. S. **Avaliação do processo de produção de etanol pela fermentação do caldo de mandioca (Manihot esculenta Grantz).** Belém: Universidade Federal do Pará, 2013.

STECKELBERG.C. **Caracterização de leveduras de processos de fermentação alcoólica utilizando atributos de composição celular e características cinéticas.** 2001. Tese doutorado - Campinas -SP, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.

STEINLE, L.A. **Fatores que interferem na fermentação alcoólica. Sertãozinho:** Universidade Federal de São Carlos. 2013.

VELOSO, I. **Modelagem e otimização da fermentação alcoólica em batelada alimentada a baixa temperatura.** 2019. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP.

WAACK, R; NEVES, M. **Competitividade no agribusiness brasileiro.** PENSA;FIA;USP. São Paulo, V.5.p.411.1998.

FACTORS THAT INFLUENCE THE FERMENTAL YIELD IN ETHANOL PRODUCTION: A REVIEW STUDY

Abstract. *Fermentation is the most important phase in the production of alcohol and the yeast most applied in this process is *Saccharomyces cerevisiae*, in which it carries out the fermentation of sugar in order to obtain chemical energy necessary for its survival, thus ethanol is a by-product of this process. To obtain a good yield in the process, it is necessary to have a correct control of operating conditions such as fermentation time, temperature, pH, acidity and amount of sucrose. In this sense, the objective of the work is to show how the mentioned factors affect the fermentation process through a literature review, in order to present possible solutions to these problems. When analyzing the works found, it was noticed that all factors influence the fermentation yield and yeast development, but mainly the pH and temperature (30 – 35°C), which must be in a range that does not favor the growth of invading bacteria.*

Keywords: *Yeast, Temperature, pH, Infection, Sugarcane.*