



ANÁLISE DO PERFIL DE PRODUÇÃO DE ETANOL EM USINAS LOCALIZADAS NA REGIÃO DA GRANDE DOURADOS - MS

¹ Alencar Ferri, ²Marcelo Augusto de Souza Costa³, Margareth Batistote¹, Marco Hiroshi Naka

² Graduando em Tecnologia em Produção Sucroalcooleira, Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Glória de Dourados/MS

³ Centro de Pesquisa em Biodiversidade, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados/MS

¹ Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Católica Dom Bosco UCDB, Campo Grande/MS
Alencar@uems.br

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

O processo de produção de álcool combustível no Brasil apresentam várias etapas e fatores que interferem no processo fermentativo e produção de etanol nas usinas. Conhecer o perfil, as etapas e o controle do processo fermentativo para a produção de etanol das usinas implantadas na região da Grande Dourados é importante para obter um bom rendimento e garantir um produto de qualidade. O trabalho visa analisar as etapas de produção de etanol em usinas sucroenergéticas instaladas na região da Grande Dourados no estado de Mato Grosso do Sul. O levantamento junto as usinas foi realizado através das entidades representativas do setor sucroenergético, e por questionário enviado on-line. Os dados mostraram que as usinas possuem capital nacional e internacional tem grande capacidade de moagem sendo destilarias autônomas e usinas e produzem etanol, açúcar e bioenergia. Utilizam água captado de rio, a cana é desfibrinada, a extração ocorre moenda ou difusor, o tratamento do caldo é físico-químico. Na fermentação as linhagens mais utilizadas foram: Catanduva-1, Pedra-2, Barra Grande 1 e Reg Instan, com 18ºBrix, temperatura 30°C a 35°C, o pH de 4,5 a 2,6, o tempo de fermentação 8 a 10 horas, o antibiótico mais utilizado foi monensina. Os insumos utilizados foram antiespumantes, desinfetantes e bactericidas de uso diário, contaminantes as bactérias do grupo (Gram+) com índice de contaminação de 1×10^7 a 1×10^{11} , o fermento tratado com ácido sulfúrico. As usinas analisadas produzem etanol anidro e hidratado, obtidos através de ciclo hexano e peneira moleculares, o excedente é exportado para São Paulo.

PALAVRAS- CHAVE: Grande Dourados, Produção de etanol, sucroenergético

PROFILE ANALYSIS OF ETHANOL PRODUCTION IN PLANTS LOCATED IN REGION OF THE GREAT DOURADOS – MS

ABSTRACT

The production of fuel ethanol in Brazil have several steps and factors that interfere with fermentation and ethanol production in plants. Knowing the profile, the steps and control the fermentation process to produce ethanol from industry implanted in the Grande Dourados region is important for a good performance and ensure a quality

product. The work analyzes the steps of production ethanol sugar-energy industry installed in the Grande Dourados region in the state of Mato Grosso do Sul. The survey was conducted with the industry through the representative bodies of the sugarcane industry, and questionnaire sent online. The data showed that the plants have national and international capital has large crushing capacity with mills and distilleries autônomas and produce ethanol, sugar and bioenergy. Use of river water abstracted, the protein was removed from sugarcane, extraction occurs milling or diffuser, the juice treatment is physical chemist. In the fermentation the most commonly used strains were Catanduva-1 Pedra-2 Barra Grande 1 and Reg Instan with 18 °Brix, 30 °C to 35 °C, pH 4.5 and 2.6; fermentation time 8 to 10 hours the most commonly used antibiotic monensin was. The inputs used were anti-caking agents, disinfectants and bactericides daily, contaminants using bacteria group (Gram +) with infection rate of 1×10^7 a 1×10^{11} , the yeast treated with sulfuric acid. The plants analyzed produce anhydrous and hydrous ethanol, obtained through molecular sieve and cyclohexane, the surplus is exported to São Paulo.

KEYWORDS: Grande Dourados, ethanol production, sugar-energy industry

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar e o melaço são matérias-primas para a produção de açúcar e álcool. No Brasil, são mais de 300 usinas de açúcar e álcool que processam quase 400 milhões de toneladas de cana por ano. Cada tonelada de cana produz em média, 140 kg de bagaço, dos quais 90% são usados para produzir energia térmica e elétrica. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e seus derivados, com cerca de 30% do total colhido em todo o mundo, seguido pela Índia, China, Tailândia e México (MAPA, 2007; UDOP, 2013).

O setor sucroenergético tem apresentado expansão de desenvolvimento em vários estados brasileiros, sendo que o estado de Mato Grosso do Sul apresenta um enorme potencial para o crescimento do setor sucroenergético. Isto ocorre em parte porque o estado apresenta uma vasta área territorial e, além disso, por possuir clima subtropical e solo propício para o cultivo da cana-de-açúcar. Outro fator importante para este crescimento foi a criação de programas de incentivos fiscais (FAMASUL, 2009).

No Mato Grosso do Sul, o setor sucroenergético tem apresentado crescimento significativo, principalmente na região Sul do estado, em terras antes destinadas à pecuária e em áreas de pastagens degradadas, que agora estão sendo substituídas pela cana-de-açúcar (CENTENARO, 2012).

A produção industrial de álcool e açúcar envolve um inúmeras etapas, vários procedimentos e equipamentos. A tecnologia do álcool abrange diferentes operações unitárias que tem por objetivo a transformação das várias substâncias fermentescíveis em álcool. Estas operações são de natureza química, bioquímica e física (SILVA et al., 2011). Fundamentalmente, para a produção de etanol é necessário o conhecimento das condições do processo e dos fatores que podem alterar a produção.

O processamento da cana é iniciado com a moagem, extraindo-se o caldo que servirá de matéria-prima para a produção de etanol. Para o processo de produção do álcool, após o preparo do mosto e do inóculo, inicia-se a fermentação alcoólica que pode ser descrita em três fases: preliminar, tumultuosa e final (MOREIRA et al., 2008).

A fermentação é uma das etapas mais importantes e sem dúvida a mais

crítica do processo. Nesta fase, há a necessidade de focar atenção no controle da contaminação. A origem da contaminação microbiológica pode ser proveniente da cana-de-açúcar, sujidades vindas do campo ou mesmo proveniente de equipamentos e utensílios mal higienizados que são utilizados no processo. Os micro-organismos epifíticos (crescem e vivem sobre a superfície vegetal) da bainha da cana sendo na maioria *Lactobacillus* e *Bacillus*, sugerindo a possibilidade de ser esta a principal origem da contaminação do caldo de cana. Além disto, deve se considerar a cana deteriorada pela queima, o tempo de estocagem e a deterioração com pragas e moléstias (CEBALLOS-SCHIAVONE, 2009).

O controle microbiológico é um instrumento importante para manter o equilíbrio entre as populações microbianas em meio favorável às leveduras. Os antibióticos são microbicidas específicos que possuem ação seletiva sobre as bactérias principais que causam contaminação no processo fermentativo (SILVA, 2010).

Para que se estabeleçam condições favoráveis para as leveduras, podem ser adicionados nutrientes e antibióticos e a temperatura deve ser mantida num nível adequado em torno de 30°C a 32°C. Os nutrientes e suas respectivas quantidades devem ser adicionados como elementos corretivos, dependendo do tipo de mosto. Para um bom desenvolvimento do fermento, é necessário acrescentar fontes de nitrogênio, fósforo, sulfato de magnésio, sulfato de cobalto, sulfato de manganês e sulfato de amônio. Os nutrientes funcionam como suplementos e são importantes para um bom crescimento do fermento e para o processo, visto que o caldo de cana é pobre nestes nutrientes. Logo, é imprescindível a adição destes compostos, a suplementação de farelo de arroz, torna a fermentação mais eficiente (MOREIRA et al., 2008).

Neste sentido, a utilização de agentes antimicrobianos reduz os danos causados pelos contaminantes. Tais medidas devem ser somadas a limpeza das moendas, tubulações, instalações da fermentação entre outros procedimentos (RODRIGUES et al., 2009).

Para o desenvolvimento do setor sucroenergético na região sul do estado, aliado aos avanços tecnológicos para a produção industrial do álcool e açúcar, faz-se necessário conhecer e aprimorar as etapas de produção bem como o desenvolvimento de novos processos biotecnológicos e equipamentos voltados para as operações específicas de produção. Pois, os resultados e informações relativas ao controle de etapas da produção devem ser acurados o suficiente, para estimular o aprimoramento da empresa a subsidiar o setor sucroenergético na tomada de decisões com vistas para a melhoria do processo de produção.

O presente trabalho visa avaliar o crescimento econômico do setor sucroenergético e suas principais etapas da produção de etanol em usinas implantadas na região da grande Dourados no MS, devido ao enorme potencial que este setor tem apresentado para o agronegócio no estado.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa se propõe averiguar as etapas do processo de produção de etanol combustível em usinas implantadas na região da Grande Dourados, identificar as principais etapas do processo de produção, bem como verificar como a matéria-prima cana-de-açúcar é processada até a obtenção dos principais produtos de valor agregado, e como estes processos podem ser importantes ferramentas para alavancar o desenvolvimento do setor sucroenergético na região.

Através de uma abordagem qualitativa a pesquisa foi realizada junto as usinas localizadas na região da Grande Dourados/MS durante a safra de 2012/2013, para analisar o perfil de produção de etanol das usinas que fazem parte da região analisada. Os procedimentos para as coletas de dados constituiu de uma análise documental e um questionário na pesquisa de campo.

A pesquisa consistiu basicamente no uso de um questionário, o qual foi elaborado após um levantamento dos dados mais relevantes a serem considerados na formação do perfil das usinas na região considerada. Durante este processo, ou seja, no desenvolvimento do questionário, foram consultadas como base documental entidades representativas do setor sucroenergético, tais como: Associação de Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul (BIOSUL), União dos Produtores de Bioenergia (UDOP) e Grupo de Estudo em Gestão Industrial do Setor Sucroalcooleiro (GEGIS), para melhor conhecimento, entendimento e organização dos dados.

Para o desenvolvimento da pesquisa de campo, foi elaborado um questionário contendo 45 questões objetivas e 49 questões subjetivas, sendo enviado para cada representante técnico da usina por meio de correio eletrônico as usinas que fazem parte da região pesquisada.

A região da Grande Dourados é constituída por 13 municípios com usinas implantadas. Das 13 usinas inquiridas, sete responderam os questionários, e a devolutiva das respostas dos questionários ocorreram em um período de 90 a 120 dias. Os dados foram tabulados e foram expressos por usina, sendo que cada usina respondeu o questionário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Unidades industriais implantadas na região da Grande Dourados serão denominadas através das letras A a G, como mostra o quadro 1. Os dados mostram que as usinas pertencem a grupos econômicos diferentes, onde três são de capital estrangeiro e quatro são de sociedade anônima. Este dado corrobora com o estudo de (CENTENARO,2012), que afirma que no estado de Mato Grosso do Sul, em anos recentes, diversas empresas internacionais, com destaque para as grandes *tradings* e grupos asiáticos, realizaram investimentos importantes para o setor.

Ao comparar o estado de Mato Grosso do Sul e o Brasil, o capital estrangeiro no estado representou aproximadamente 44% do total de cana moída no ano de 2007, enquanto que no Brasil era de 12% em 2008 (BIOSUL, 2011). Em um período de quatro anos, entre 2006 e 2010, o Produto Interno Bruto (PIB) do Mato Grosso do Sul aumentou de R\$ 425 milhões para R\$ 1,143 bilhão, o que representou um crescimento de 168,9%. Destaca-se também que o número de empregos gerados pelo estado de Mato Grosso do Sul foi de aproximadamente 29 mil diretos e 87 mil indiretos (CENTENARO, 2012). Os dados mostram que o setor colabora com uma parcela de 18% quanto ao desenvolvimento econômico do estado do MS.

Nesse sentido, os dados identificados neste estudo sobre a entrada de capital estrangeiro confirmam a expansão de capital estrangeiro no setor sucroenergético no estado de Mato Grosso do Sul. Esses investimentos estão relacionados a alguns fatores, entre eles, destacam-se: incentivos fiscais do governo do estado (ICMS Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), facilidade de escoamento da produção devido à posição geográfica do Estado, terras férteis e abundantes, clima propício (estações bem definidas: verão quente e úmido; inverno seco e frio) (BIOSUL, 2011, CENTENARO, 2012). Estes dados corroboram com o estudo de que afirma que no estado de Mato Grosso do Sul, em anos recentes,

diversas empresas internacionais, com destaque para as grandes *tradings* e grupos asiáticos, realizaram investimentos importantes para o setor (CENTENARO, 2012).

Na avaliação da capacidade de moagem das usinas analisadas, os dados mostram uma alta capacidade produtiva, variando de 2,2 milhões a 5,0 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por safra. No Estado de Mato Grosso do Sul, a moagem passou de 9,7 milhões de toneladas no ciclo 2004/2005 para 37,2 milhões de toneladas no ano de 2012/2013, representando um incremento de 383,5%, o maior índice do País no período (CANA NEWS, 2013). Em relação à avaliação dos tipos de produtos gerados pelas usinas analisadas, as usinas produzem: açúcar, álcool e energia, sendo a bioenergia um dos mais novos produtos do setor.

O estado do MS em 2009 exportou açúcar para 22 países, sendo os principais compradores, Índia com 28,54%, Bangladesh 12,57%, Rússia 12,28% e Emirados Árabes Unidos 10,74%. A exportação de etanol em 2009 foi realizada somente para dois países, Holanda com 61,74% e Reino Unido 38,26%, segundo dados Anuário da Produção Agrícola e Pecuária de Mato Grosso do Sul (2010). Além dos produtos açúcar e etanol, as usinas terão capacidade de gerar em torno de 2.500 megawatts (MW) médios de “energia verde”, a partir do bagaço da cana-de-açúcar como fonte de matéria-prima para geração de energia elétrica (BIOSUL, 2012).

Além da preocupação ambiental, a cana-de-açúcar se mostra de grande importância para o país principalmente pelos seus dois produtos de grande peso comercial nacional: o açúcar e o etanol que se tornaram commodities nacionais. Neste ponto, o Brasil tem grandes possibilidades de produção devido a suas grandes áreas de terras que ainda podem ser exploradas comercialmente e suas condições edafoclimáticas propícias a cana-de-açúcar (ARGENTON, 2006).

Na avaliação de como as usinas processam seus produtos para a comercialização, as mesmas foram classificadas em usinas e destilarias autônomas. Uma destilaria autônoma produz apenas etanol, enquanto que uma usina associada ou mista produz tanto o etanol quanto o açúcar a partir da mesma matéria prima (RETRATO, 2009).

QUADRO 1 – Avaliação do perfil econômico e características do processo de produção de usinas implantadas na região da Grande Dourados

Usina	Capital	Matéria Prima	Capacidade moagem	Produto Gerado	Classificação Usina
A	Nacional	Cana de açúcar	2,5 milhões / t	Açúcar, álcool e energia	usina e destilaria autônoma
B	Nacional	Cana de açúcar	2,2 milhões / t	Açúcar, álcool e energia	usina e destilaria autônoma
C	Internacional	Cana de açúcar	5 milhões / t	Açúcar, álcool e energia	usina e destilaria autônoma
D	Nacional	Cana de açúcar	3 milhões / t	Açúcar, álcool e energia	usina e destilaria autônoma
E	Nacional	Cana de açúcar	4 milhões / t	Açúcar, álcool e energia	usina e destilaria autônoma
F	Internacional	Cana de açúcar	5 milhões / t	Açúcar, álcool e energia	usina e destilaria autônoma
G	Internacional	Cana de açúcar	5 milhões / t	Açúcar, álcool e energia	usina e destilaria autônoma

Fonte: Sites das Empresas e dados da pesquisa. **Elaborado pelos autores

Na obtenção quantidade e qualidade os derivados açúcar e etanol oriundos da cana-de-açúcar, faz-se necessário que a variedade de cana apresente características como: boa produtividade de colmos por hectare; alto teor de sacarose, baixo a médio teor de fibras; resistência a doenças e pragas; fácil despalha; boa adaptação aos diferentes tipos de solo e clima; ausência de florescimento, boa brotação de soqueira; rápido crescimento inicial e fechamento; ausência de rachaduras e curto período a ser utilizada pela indústria (FERNANDES, 2005).

Os dados apresentados no quadro 2 mostram as principais variedades de cana-de-açúcar utilizadas nas usinas avaliadas são: RB, PO, IAC e CTC. Tais siglas representam a origem da variedade: SP – São Paulo, RB- República do Brasil, PO – Promissora, IAC-Instituto Agrônomo de Campinas, CTC- Centro de Tecnologia Canavieira.

Para a escolha da variedade, leva-se em consideração sua produtividade, rusticidade e adaptação ao clima. Portanto, a produtividade da cana-de-açúcar é determinada por diversos fatores, dentre os quais se destacam: a variedade, o solo, o clima, práticas de cultivo e colheita. Sempre que possível, os fatores de produção devem ser adequadamente manejados e gerenciados pelo produtor, visando uma alta produtividade que minimize os custos, pois este é o objetivo de toda exploração comercial. Dessa forma, as variedades utilizadas pelas usinas avaliadas, estão de acordo com as estimativas apontadas por LYRA (2004) e UDOP (2013), que afirmam que as variedades mais utilizadas no estado de Mato Grosso do Sul são: RB 72454, RB 825236, RB 835054, RB 835089, RB845486, SP 81-3250, IAC, PO e CTC.

Outro fator importante no processo de produção do etanol é a água, os dados mostram que a mesma é captada de rios. A água é um fluido de suma importância que é aplicada em diversas operações unitárias durante o processo de produção de etanol, podendo ser utilizada na limpeza, extração, transporte, solubilizante, de aquecimento ou resfriamento e ainda, na forma de vapor (DA SILVA & TORREZÃO, 2011).

No que se referem à qualidade da água, as indústrias sucroenergéticas devem seguir legislações do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução 357/ 2004, a portaria Ministerial 518 de 26 de março de 2004, a Resolução 430 de 13 de maio de 2011, bem como as orientações do Manual de Conservação e Reuso de Água para a Indústria Sucroenergética da Agência Nacional de Águas (ANA, 2009).

Nas etapas de preparo da cana a ser processada, cinco usinas utilizam o processo de desfibrilação. A limpeza a seco só foi utilizada por uma usina. No processo de extração do caldo quatro usinas analisadas utilizam a moenda e três usinas processam o caldo por difusor.

De acordo com a afirmação de NAZATO e colaboradores (2011), a moenda é viável em usinas que já possuem a infraestrutura de extração por moagem. Porém, para as novas usinas, mostra-se conveniente o advento do difusor, uma vez que ele apresenta vantagens extras. As vantagens da extração por difusor pode ser resumidas em uma maior eficiência, pois promove a ruptura em 94% das células da cana, além da instalação e da manutenção serem mais econômicas. Neste processo, o caldo apresenta-se mais rico em sacarose e parcialmente clarificado (SANTOS, 2010; NAZATO et al., 2011).

O tratamento do caldo é uma etapa importante do processo. Na avaliação do

tratamento do caldo, cinco usinas fazem o tratamento físico-químico, e duas fazem apenas o tratamento químico. O processo extração do caldo da cana consiste no processo físico de separação da fibra (bagaço), sendo feito, fundamentalmente, por meio de dois processos: moagem ou difusão (ALCARDE, 2007). Para remover as impurezas grossas, o caldo é inicialmente peneirado, e em seguida tratado com agentes químicos, para coagular parte da matéria coloidal (ceras, graxas, proteínas, gomas, pectinas, corantes), precipitar certas impurezas (silicatos, sulfatos, ácidos orgânicos, Ca, Mg, K, Na) e modificar o pH (ANDRADE & CASTRO, 2006). Também é utilizado o tratamento químico, faz a correção do pH, com a adição de ácido sulfúrico. Em casos especiais, também são adicionados fosfatos e sais de amônia. A acidez mais conveniente para a fermentação alcoólica é de 1 a 2 g de ácido sulfúrico por litro e pH de 4 à 5. Dessa forma, verifica-se que o tratamento físico-químico pode ser considerado o mais viável, pois permite a remoção de impurezas e o controle do pH, deixando o caldo mais limpo e livre de impurezas, sendo esta a conduta adotada em cinco das sete usinas pesquisadas (LIMA et al., 2001; MOREIRA et al., 2008).

QUADRO 2 – Análises das variedades de cana, controle monitoramento da matéria-prima e tratamento do caldo utilizado no processo fermentativo

Usinas	Variedade De Cana-de-açúcar	Captação da Água	Preparo da Matéria prima	Extração do Caldo	Tratamento do caldo
A	RB, PO, IAC,CTC	Rio	NR	Difusor	Químico
B	RB, PO, IAC,CTC	Rio	Desfibrilador	Moenda	Físico-químico
C	RB, PO, IAC,CTC	Rio	Limpeza a seco	Moenda	Físico-químico
D	RB, PO, IAC,CTC	Rio	Desfibrilador	Moenda	Químico
E	RB, PO, IAC,CTC	Rio	Desfibrilador	Moenda	Físico-químico
F	RB, PO, IAC,CTC	Rio	Desfibrilador	Difusor	Físico-químico
G	RB, PO, IAC,CTC	Rio	Desfibrilador	Difusor	Físico-químico

NR: não respondeu **Elaborado pelos autores.

Os estudos dos parâmetros fermentativos para a produção de etanol combustível com mosto a base de caldo de cana, são importantes à medida que os mostos são os principais substratos utilizados nas destilarias brasileiras para a produção de etanol combustível.

A busca por processos fermentativos mais eficientes, considerando os vários fatores que contribuem para melhorar a eficiência do processo, bem como a capacidade metabólica de utilização da sacarose pelas diferentes linhagens industriais, pode ser um dos fatores importantes para promover melhoria na eficiência. O quadro 3 apresenta a avaliação para o controle e monitoramento do processo de fermentação alcoólica.

As principais linhagens utilizadas foram Catanduva-1(CAT) e Pedra-2 (PE-). Duas usinas utilizam a linhagem Reg Instan (RI) e Santa Adélia (SA), sendo que estas leveduras podem ser utilizadas em forma de consórcio. Em seus estudos, Batistote e colaboradores (2010) observaram que as linhagens mais utilizadas nas

usinas, na safra de 2008 no Estado do Mato Grosso do Sul, foram as linhagens: Catanduva-1 (CAT), Pedra- 2 (PE), Barra Grande 1 (BG) e Fleishmann (FLE). Comparando as linhagens industriais utilizadas no estado, com as obtidas neste estudo, observou-se que as principais leveduras utilizadas no estado são Cat-1 e Pe-2. Na avaliação de linhagens de leveduras empregadas na indústria, os dados mostraram que as linhagens PE-2, CAT-1 e a BG-1 apresentaram uma notável capacidade de competir com leveduras selvagens, sobrevivendo e dominando o processo fermentativo (BASSO et al. 2008).

Na avaliação da concentração de graus Brix, todas as usinas analisadas produzem etanol na concentração de 18 °Brix. Na avaliação de Ceballos-Schiavone (2009), recomenda-se que o valor ideal para fermentação deve ser entre 18 e 22 graus Brix, que é o teor de sólidos solúveis no caldo. Pois, a concentração de 18 °Brix é o ideal para que se tenha uma produção máxima de etanol. Dessa forma, os resultados corroboram com os dados que a literatura recomenda.

A análise de temperatura variou na faixa de 30°C a 35°C para todas as usinas analisadas. A variação de temperatura em que é conduzida a fermentação representa uma etapa crítica do processo fermentativo. Em geral, as leveduras são capazes de executar eficientemente a fermentação alcoólica entre 28°C a 35°C (DIAS, 2008). A temperatura é uma das condições ambientais que mais afetam a atividade de micro-organismos, influenciando no crescimento, metabolismo, capacidade fermentativa e viabilidade celular em leveduras (BATISTA, 2001).

Três usinas realizam o processo de fermentação em pH 4,0; três em pH 4,5 e uma em pH 2,6. Estudos realizados por LIMA e colaboradores (2001b), relata que as fermentações se desenvolvem numa ampla faixa de valores de pH, sendo a mais adequada entre 4,0 e 5,0.

Processos com variação de pH entre 4,5 e 5,0 são ideais para o desenvolvimento de fermentações alcoólicas puras, regulares, completas e rápidas com redução do desenvolvimento de micro-organismos prejudiciais, sobretudo bactérias lácticas e acéticas. O pH do caldo de cana-de-açúcar sadia e madura varia de 5,0 a 6,0 (RAMOS, 2009).

Quatro usinas analisadas realizam o tempo de fermentação de oito horas e três fazem o processo de fermentação em 10 horas. O tempo de fermentação não deve ultrapassar de 10 a 12 horas, pois um tempo acima destes, pode favorecer a contaminação com bactérias e leveduras selvagens (MONGELO, 2012).

Em relação à utilização de antibióticos no processo fermentativo, seis usinas utilizam o antibiótico Monensina sódica (Kamaron HJ), os dados mostram que o antibiótico Kamoram foi o mais utilizado talvez pelo seu maior espectro de ação bactericida e bacteriostático. Os antibióticos penicilina e a Virgiamicina são utilizados em apenas uma das usinas analisadas. Estes antibióticos podem também ser utilizados em conjunto, como se observa no caso das usinas B e C.

A molécula do antibiótico Kamoran tem como princípio ativo, a molécula Monensina Sódica Cristalina, que tem a função de agir seletivamente como bactericida e bacteriostático, atuando no controle de bactérias Gram-positivas. Ele é produzido através da fermentação da bactéria *Streptomyces cinnamonensis*, (SILVA, 2010).

Em relação à penicilina (antibióticos beta-lactâmicos), no Brasil, ela é bastante utilizada e isto pode estar relacionado ao seu baixo custo e também a sua ação na síntese da parede celular bacteriana, através de sua ligação com a proteína PBP. Outro sistema de ação da penicilina é a inativação de enzimas autolíticas na

parede celular, resultando na degradação da parede (SILVA, 2010). Em estudo realizado por VASCONCELOS e colaboradores (2004), em dornas de fermentação concluíram que o número de bactérias contaminantes foi mantido a níveis muito baixos, com adição de dois ou mais antibióticos. Dessa forma, a combinação de antibióticos pode ser uma alternativa interessante para o controle microbiano.

Na avaliação do tipo de processo fermentativo utilizado pelas usinas analisadas, duas utilizam o processo descontínuo alimentado, quatro usinas utilizam o processo descontínuo e uma usina o processo contínuo. No Brasil, os processos fermentativos podem ser realizados pelos processos descontínuos, descontínuo alimentado e contínuo, cada um deles com características específicas. Sendo que na maioria das usinas é realizado o processo de fermentação em batelada alimentada com reciclo de células de leveduras, de forma que contaminantes bacterianos são também reciclados e podem causar problemas devido à competição pelo mesmo substrato (MENEHIN et al., 2008; PACHECO, 2010).

QUADRO 3 - Avaliação para o controle e monitoramento do processo de fermentação alcoólica

Usina	Linhagem Industrial	Grau Brix (°)	Temperatura (°C)	Varição pH	Tempo de Fermentação (h)	Uso de Antibióticos (ppm)	Utilizam diferentes antibióticos	Tipo de processo Fermentativo
A	CAT-1	18	32 a 34	4,0	8	Monensina Sódica	Não	Contínuo
B	PE-2	18	30 a 35	4,0	8	Monensina Sódica e Virgiamicina	Sim	Descontínuo alimentado
C	SA	18	30 a 35	4,0	10	Monensina Sódica e penicilina	Sim	Descontínuo
D	RI	18	30 a 35	4,5	8	Monensina Sódica	Não	Descontínuo alimentado
E	CAT-1 e PE-2 Consorcio	18	30 a 35	2,6	10	Penicilina	Não	Descontínuo
F	CAT-1	18	32 a 34	4,5	10	Monensina Sódica	Não	Descontínuo
G	CAT-1	18	30 a 35	4,5	8	Monensina Sódica	Não	Descontínuo

Fonte: Sites das Empresas e dados do questionário. **Elaborado pelos autores.

Na avaliação do consumo de insumos utilizados pelas usinas analisadas, há uma diversidade de produtos utilizados durante o processo fermentativo, tais como: antiespumante, desinfetante e bactericidas. No que diz respeito à frequência de utilização destes insumos, os mesmos são utilizados diariamente como mostra a (Quadro 4).

Na avaliação dos desinfetantes, é citado o dióxido de cloro, que é um oxidante forte, desinfetante, bactericida, viruscida, esporicida e algicida. As características mais notáveis de dióxido de cloro é a sua capacidade para oxidar outras substâncias, por meio de um mecanismo de transferência de elétrons, quando o dióxido é reduzido a cloreto de hipoclorito ou sem produção de cloro gasoso (MENEHIN, 2008). Os antiespumantes atuam no controle de formação de espuma nos processos de fermentação em destilarias de álcool. São compostos

tensoativos de elevada eficiência, com excelente efeito residual (DIBERDIKATI QUIMICA, 2012).

A combinação de uso de insumos nos processos fermentativos tem o propósito de controle de contaminação. A usina A faz uso combinado de antidispersante e antiespumante. Talvez, o uso combinado de antidispersante e antiespumante promova um controle melhor da contaminação. No entanto, todos os cuidados devem ser tomados durante as várias etapas de produção de etanol.

Na análise dos grupos de bactérias que mais apresentam problemas de contaminação, as bactérias do grupo Gram (+) apresentaram o maior índice de contaminação nas usinas analisadas.

A contaminação bacteriana identificada em amostragens de processos industriais de fermentação alcoólica mostrou-se predominantemente como bacilos gram-positivos não esporulantes. Os gêneros mais frequentes nas amostragens foram *Lactobacillus* e *Bacillus*. Em relação às espécies predominantes destacaram-se *B. coagulans*, *L. fermentum*, *L. helveticus*, *B. stearothermophilus*, *L. plantarum*, *L. animalis*, *L. buchneri* (CHERUBIN, 2003). Comparando os resultados deste estudo com o grupo de bactérias Gram (+), observou-se que a predominância destes grupos de contaminantes corroboram com os dados da literatura.

Na avaliação do índice de contaminação por este grupo de bactérias presentes no processo de produção de etanol, observou-se que o índice de contaminação variou entre 1×10^7 a 1×10^{11} células/mL. Apenas uma usina não respondeu sobre o índice de contaminação do processo.

Para um adequado controle da contaminação, certos cuidados com a matéria-prima, a água de lavagem e do processo de extração do caldo, pode-se obter um caldo misto com pH ao redor de 5,5 e números de contaminantes inferiores a 10^7 ufc/mL (ANGELIS, 2010).

Em relação ao tipo de tratamento do caldo, todas as usinas avaliadas utilizam o ácido sulfúrico. O tratamento ácido exerce um efeito estressante à levedura, mas acaba sendo benéfica por controlar a contaminação. E outro que acaba sendo muito mais prejudicial à levedura e ao processo bem como a contaminação, podendo levar a redução da eficiência fermentativa, e assim prejudicando o rendimento de todo o processo (STECKELBERG, 2001).

O ácido sulfúrico, embora tenha papel fundamental na acidificação e descontaminação do meio, também é um dos responsáveis pela inibição e morte de células de *S. cerevisiae*. Portanto, esse procedimento pode comprometer a viabilidade das células (BROSNAN et al., 2000; BASSO et al., 2008; SILVA, 2010).

QUADRO 4 – Análise dos insumos, controle e monitoramento microbiológico do processo de fermentação alcoólica

Usinas	Insumos Utilizados	Frequência de utilização dos insumos	Contaminação bacteriana	Índice de Contaminação	Tratamento do caldo
A	ArtDisp (antiespumante)	Diária	Gram (+)	1×10^7	Ácido sulfúrico
B	NR	NR	Gram (+)	1×10^8	Ácido sulfúrico
C	Dióxido de Cloro (desinfetante)	Diária	Gram (+)	1×10^8	Ácido Sulfúrico

D	Dióxido de Cloro (desinfectante)	Diária	Gram (+)	1×10^{10}	Ácido sulfúrico
E	Dióxido de Cloro (desinfectante)	Diária	Gram (+)	NR	Ácido sulfúrico
F	Bactericida (Biocida)	Diária	Gram (+)	1×10^{11}	Ácido Sulfúrico
G	Dióxido de Cloro (desinfectante)	Diária	Gram (+)	1×10^7	Ácido Sulfúrico

Fonte: Sites das Empresas e dados do questionário. NR. Não respondeu **Elaborado pelos autores.

A avaliação das etapas de produção, obtenção e destino da produção de álcool produzidos nas destilarias implantadas na região da Grande Dourados estão apresentados no quadro 5. O tipo de etanol produzido é o anidro e hidratado. O álcool etílico anídrico é amplamente utilizado na indústria química como matéria prima para a fabricação dos ésteres e dos éteres, de solventes, tintas e vernizes, de cosméticos, de pulverizadores, dentre outros. Além disso, é utilizado como aditivo oxigenante à gasolina, proporcionalmente ao aumento da octanagem e redução/limitação das emissões dos gases precursores do efeito estufa, conforme demandado para alguns países pelo Protocolo de Quioto (ALESSI, 2004).

No Brasil, cerca de 80% da produção de etanol tem como destino o uso carburante, 5% são destinados ao uso alimentar, perfumaria e alcoolquímica e 15% para exportação. A diferença entre o etanol anidro e o hidratado é o teor de água contida no etanol. O etanol anidro é usado na produção da gasolina C, que é a única gasolina que pode ser comercializada no território nacional para abastecimento de veículos automotores. As distribuidoras de combustíveis adquirem o etanol anidro das destilarias e a gasolina A (“pura”) das refinarias, fazendo uma mistura desses dois na proporção que pode variar entre 20 e 25% de anidro. O etanol hidratado é usado diretamente no abastecimento de veículos automotores. É o álcool adquirido pelo consumidor no posto de abastecimento, para os veículos a etanol ou para os veículos com motor Flex-Fuel (ÚNICA, 2007).

Em relação a obtenção do etanol o processo ocorre através de peneira molecular e utilização do reagente ciclo hexano. Atualmente, por utilização da infraestrutura pré-existente nas usinas, a maior parte dos produtores de etanol anidro utilizam o processo de destilação azeotrópica com ciclohexano. No entanto outros processos têm sido propostos ao longo dos anos para desidratar o etanol (SMITH et al., 2003).

O uso industrial da peneira molecular como procedimento de desidratação é um processo mais recente, sendo o único método que não utiliza a destilação para a desidratação do álcool que alcançou o estágio industrial. Este método emprega sólidos porosos, como zeólitas, que em função da sua estrutura porosa e grande área superficial, são capazes de reter as moléculas de água, purificando o álcool hidratado alimentado ao equipamento (FROLKOVA, 2009).

Na avaliação da produção, o excedente é exportado para o estado de São

Paulo. A maior produção de etanol do Mato Grosso do Sul se concentra na microrregião de Dourados. O etanol local deixou de ser movimentado apenas no estado, passou a abastecer as demandas em outros estados e até mesmo do comércio de exportação (SILVA et al., 2012). Tal escolha pode estar relacionada ao fato da proximidade do estado do MS a dois importantes portos brasileiros: Santos e Paranaguá, o que facilita o escoamento para exportações (CENTENARO, 2012).

QUADRO 5 - Etapas do Processo de Produção, Obtenção e Destino da Produção no Estado do Mato Grosso do Sul

Usinas	Tipos de etanol produzido	Obtenção do etanol	Destino a Produção álcool
A	Anidro e Hidratado	P. molecular, ciclo e hexano	São Paulo
B	Anidro e Hidratado	P. molecular ciclo e hexano	São Paulo
C	Anidro e Hidratado	P. molecular, ciclo e hexano	São Paulo
D	Anidro e Hidratado	P. molecular, ciclo e hexano	São Paulo
E	Anidro e Hidratado	P. molecular, ciclo e hexano	São Paulo
F	Anidro e Hidratado	P. molecular, ciclo e hexano	São Paulo
G	Anidro e Hidratado	P. molecular, ciclo e hexano	São Paulo

Fonte: Sites das Empresas e dados do questionário, UNICA, 2012. ** Elaborado pelos autores.

CONCLUSÃO

Este estudo permitiu afirmar que o perfil econômico das usinas implantadas na região da Grande Dourados possui grupos com capital nacional e internacional, que a cana-de-açúcar é a principal matéria prima, as usinas apresentam grande capacidade de moagem, produzem açúcar, etanol e bionergia, e se classificam como destilarias autônomas e usinas.

Nas análises relacionadas as principais variedades de cana utilizadas foram: RB, PO, IAC, CTC, a água é captada de rio, a cana é desfibrinada, o processo de extração do caldo ocorre por moenda e difusor e o tratamento utilizado é o físico-químico.

Avaliação do controle e monitoramento do processo de fermentação, as principais linhagens utilizadas foram: Catanduva-1, Pedra-2, Barra Grande e Red Instan, em 18°Brix, a temperatura na faixa de 30°C a 35°C, o pH variou entre 2,6 a 4,5, o tempo de fermentação entre oito a 10 horas, o antibiótico mais utilizado foi monensina sendo que outros antibióticos podem ser utilizados em consórcio, em relação ao tipo de processo fermentativo a maioria utiliza processo descontínuo.

Na análise dos insumos os mais utilizados foram: antiespumante, desinfetantes e bactericidas sendo usados diariamente. No controle e monitoramento microbiológico o principal grupo de contaminante foram as bactérias Gram (+) com índice de contaminação variando entre 1×10^7 a 1×10^{11} , e o fermento tratado com ácido sulfúrico.

Os dados mostraram que o etanol produzido é hidratado e anidro, obtido através da extração por ciclo hexano e peneira molecular, sendo exportado para o Estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, A.R. **Processamento da cana-de-açúcar**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Brasília, 2007.

ANDRADE, S.A.C.; CASTRO, S.B. **Engenharia e tecnologia açucareira**. Departamento de Engenharia Química, CTG – UFPE, Pernambuco, 2006.

ARGENTON, P. E. **Influência das variáveis edafoclimáticas e de manejo no rendimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum – spp.*) na região de Piracicaba, São Paulo**. (Dissertação Mestrado) - Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 110p, 2006.

ANA. Agência Nacional de Aguas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; União das Indústrias de Cana-de-açúcar. **Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética**. Brasília, 2009.

ALESSI, V.F. Álcool: a vantagem continua. **Revista Quatro Rodas**. São Paulo, v. 289, p.89-92, 2004.

ANGELIS, D. F. **Contaminação bacteriana na fermentação alcoólica**. Disponível em: <http://www.cca.ufscar.br/~vico/Contaminacao%20bacteriana%20na%20fermentacao%20etanolica.pdf>. Acesso em 23 de agosto de 2010.

BASSO, L. C.; AMORIM, H. V.; OLIVEIRA, A. J. ; LOPES, L. M. Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil. **FEMS Yeast Research**, v.8, p.1155-1163, 2008.

BATISTOTE, M.; CARDOSO, C. A L RAMOS, D. D.; ERNANDES, J. R. Desempenho de leveduras obtidas em indústrias de Mato Grosso do Sul na produção de etanol em mosto a base de cana-de-açúcar. **Ciência e Natura**, v.32, p.83-95, 2010.

BIOSUL. Associação de Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul. Agroenergia: **realidade e perspectivas para o MS**. IN: Congresso De Tecnologia Da Cadeia Produtiva De Cana-De-Açúcar Do Mato Grosso Do Sul, 3, 2011. Campo Grande. Anais eletrônicos. Campo Grande: Canasul, 2009. Disponível em: www.opec-eventos.com.br/canasul/download/roberto_9.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2012

BIOSUL. Associação de Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul. **Safra: 2011/2012: Coletiva a imprensa**. 2012. Disponível em <www.biosulms.com.br/arqv/coletiva_encerramento_11_12.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2012.

BROSNAM, M. P.; DONNELLY, D.; JAMES, T.C.; BOUD, U. The stress response is repressed during fermentation in brewery strains of yeast. **Journal of Applied Microbiology**, v.88, p.746-755, 2000.

CANA NEWS. **PIB do setor sucroenergético em MS cresce 168,9% em quatro** **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 264 2014

anos. Disponível em <http://www.cananews.net.br/?p=noticia&sec=11&no=506>>. Acesso em 28 de abr de 2013.

CEBALLOS-SCHIAVONE, C. H. M. **Tratamento térmico do caldo de cana-de-açúcar visando a redução de contaminantes bacterianos - *Lactobacillus* - na produção de etanol e eficiência de tratamento do fermento por etanol.** (Dissertação de Mestrado) - Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil, p. 177, 2009.

CENTENARO, M., **Um estudo do sobre investimento direto externo no setor sucroenergético do estado de Mato Grosso do Sul.** (Tese de Doutorado)- Universidade do Vale do Rio dos sinos- Unisinos. São Leopoldo, p.194, 2012.

CHERUBIN, R. A. **Efeito da viabilidade da levedura e da contaminação bacteriana na fermentação alcoólica.** (Tese de Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, p.124, 2003.

DA SILVA, J.W.P.; TORREZÃO, M.E. Estudo sobre a utilização do policloreto de alumínio para a garantia da qualidade das águas de processo no setor sucroalcooleiro. **Cadernos De Pós-Graduação.** DAFAZU, Minas Gerais, v. 2, 2011.

DIAS, M, O. de 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.** (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p.282, 2008.

DIBERKATI QUÍMICA. **Insumos para fermentação alcoólica.** Disponível em: <<http://www.diberkatiquimica.com.br/insumos.php#ancora>>. Acesso em 16 de nov 2012.

FAMASUL.**Federação da agricultura e pecuária de MS.** 2009. Disponível em <<http://www.famasul.com.br/index.php?ir=famasul/visualizar.php&comissao=9&pcodigo=129>>. Acesso 05 Março de 2012.

FERNANDES, O.W.B. **Avaliação de variedades de cana-de-açúcar para a produção de cachaça artesanal e interferência dos resultados no comportamento do produtor da região de Salinas-MG.** (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, p. 69, 2005.

FROLKOVA, A.K.; RAEVA, V.M, Bioethanol Dehydration.State of the Art. **Organic**

Technologies, v. 44, p.445-556, 2009.

SMITH, J.M.; VAN ESS, H.C.; ABBOTT, M.M. Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química, 5ª ed. Rio de Janeiro, **LTC – Livros Técnicos e Científicos**. Editora S.A, 2003.

LIMA, U. A.; BASSO, L.; AMORIM C. H. V. “Produção de Etanol” In: LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. & SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda v. 3, 2001.

LIMA, U.de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W. (Org.) **Biotecnologia Industrial. Processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Blucher, v.3, 2001b.

LYRA, P.H.N. **Avaliação do custo de implantação de um hectare de cana-de-açúcar para o médio produtor de Alagoas em áreas de tabuleiro em cana planta na safra 2002/2003**, UFAL- CECA, Rio Largo, p.32, 2004.

MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanco nacional de cana-de-açúcar e agroenergia. Secretaria de Produção e Agroenergia** – Brasília: MAPA/SPAEE, 2007. Disponível em: <http://www.udop.com.br/download/estatistica/publicacoes/balanco_nacional_cana_agroenergia.pdf> acesso em 12/12/2012.

MENEGHIN, S. P.; REIS, F.C.; ALMEIDA, G. P.; CECCATO-ANTONINI.S.R. Chlorine dioxide against bacteria and yeasts from the alcoholic fermentation. **Braz. J. Microbiol.** v.39 p. 337-343, 2008.

MONGELO, A. I. **Validação de Método Baseado em Visão Computacional para Automação da Contagem de Viabilidade de Leveduras em Indústrias Alcooleiras**. (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grande - MS, p.71, 2012.

MOREIRA A.L; ALMEIDA, W.S; SCABBIA, R.J.A., TEIXEIRA, R.R.P. Dosagem De Ácido Lático na produção de Etanol a partir da cana-de-açúcar. **Divulgação Técnica**, v.70, p.35-42, 2008.

NAZATO, C.; SILVA, D. F.C.; FERRAZ, S. C. U.; HARDER, M. N. C. Moenda x difusor: diferentes pontos de vista sobre o assunto. **Revista Bioenergia: Diálogos** v.1, p.129-139, 2011. Disponível em <<http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/index.>> Acesso em: 28 de abr de 2013.

PACHECO, T. F. **Fermentação Alcoólica com leveduras de características floculantes em reator tipo torre com escoamento ascendente**. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil, p.94, 2010.

RAMOS, J. A. **Identificação molecular de populações de *Saccharomyces***

cerevisiae em destilarias de cachaça no estado de Pernambuco. (Monografia de Especialização) – Programa de Pós-Graduação em Microbiologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, p. 55, 2009.

RETRATO da localização da produção sucroalcooleira brasileira. **Relatório Econômico**, n. 5,20 jan. 2009. Disponível em: <<http://www.siamig1.com.br/dmdocuments/Relat%C3%B3rio%20Econ%C3%B4mico%20n%C2%BA%20005%20-%2020-01-2009.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2009.

RODRIGUES, L. M.; DANTAS, R.; FINZER, J. R. D. Utilização de Produto Natural durante a Fermentação Alcoólica visando uma produção que se enquadre nos parâmetros de atividade sustentável. **FAZU em Revista**, v.6, p.53-82. 2009.

SANTOS, R. C. **Produção de etanol anidro: aspectos técnico-operacionais e econômicos para exportação.** (Trabalho de Conclusão de Curso) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Faculdade de Tecnologia Prof. Fernando Amaral de Almeida Prado, Araçatuba, p. 50, 2010.

SILVA, G. K. C. da. **Avaliação da ação de diferentes antibióticos sobre o crescimento de microrganismos contaminantes do processo fermentativo para a obtenção do etanol.** (Trabalho de Conclusão de Curso) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Faculdade de Tecnologia Prof. Fernando Amaral de Almeida Prado, Araçatuba, p. 51, 2010.

SILVA; F.C.; CESAR, M.A.A.; MORAES, J.; VILELA, M.; MENDES, C. Diagnóstico hídrico em destilarias de álcool em São Paulo. **Bioenergia em Revista:diálogos**, v. 1, p.1-2, 2011.

SILVA, R.H.B.; FERRARI, V.S.; CASASSOLA, V.C.; FORMIGONI, A.; RODRIGUES, E.F. **Análise do escoamento da produção de etanol na microrregião de Dourados-MS: Comparando os modais rodoviários e ferroviários.** 2012. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/artigos12/52316692.pdf> > Acesso 28 de fevereiro de 2014

SMITH, J.M.; VAN ESS, H.C.; ABBOTT, M.M. **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**, 5ª ed. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A, 2003.

STECKELBERG, C. **Caracterização de leveduras de processos de fermentação alcoólica utilizando atributos de composição celular e características cinéticas.** (Tese de Doutorado) – Faculdade Em Engenharia Química – FEQ, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil, p. 215, 2001.

UDOP - UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIONERGIA. **Relação de usinas de Mato Grosso do Sul. 2013.** Disponível:<http://www.udop.com.br/index.php?item=perfil&op=apresentacoes>> Acesso em 17 de novembro de 2012.

ÚNICA. União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. **Agroindústria da cana-de-açúcar.** 2007. Disponível em:

http://www.ie.ufrj.br/infosucro/biblioteca/bic_Unica_ProducaoUsoEtanol.pdf>
Acesso em 23 jul 2013

VASCONCELOS, J. N. ; LOPES, C. E.; FRANÇA, F. P. Continuous ethanol production using yeast immobilized on sugar-cane stalks. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 21, p.357 - 365, 2004.