

Elaboração de fermentados a partir do figo-da-india

Roseany de Vasconcelos Vieira Lopes^[1] e Flávio Luiz Honorato da Silva^[2]

RESUMO

O uso do fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) para produção de fermentado (vinho) foi estudado. Esse fruto é desperdiçado com o corte da palma forrageira que é uma planta abundante no Nordeste do Brasil, e enfrenta dificuldades socioeconômicas. Sendo assim, é muito importante a busca de alternativas que possam minimizar estes sérios problemas. A metodologia consistiu na produção do fermentado da polpa e do fruto integral. Um reator em batelada foi usado com agitação mecânica e nele adicionado o suco do fruto clarificado e o inóculo (levedura) a 30 °C. A análise de °Brix, concentração de biomassa (g L^{-1}), acidez total (g 100 mL^{-1}), pH, concentração de etanol (v v^{-1}) e metanol mostrou que os vinhos estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira para vinhos de frutos.

Palavras-chave: fruto da palma, vinho, fermentação alcoólica

ABSTRACT

The use of the cactus pear fruit (prickly pear) for production of wine was studied. This fruit is wasted with the cut of the cactus pear, which is an abundant plant in the Northeast of Brazil and it faces socioeconomic difficulties. Then, it is very important the search of alternatives that can minimize this serious problems. The methodology consisted of the production of fermented from the pulp and the integral fruit. A bath reactor was used with mechanical agitation and were added the juice of the fruit clarified and the yeast inoculum (yeast) at 30 °C. The analysis of °Brix, biomass concentration (g L^{-1}), total acidity (g 100 mL^{-1}), pH, ethanol concentration (v v^{-1}) and methanol showed that the wines are within the standard limits established by the Brazilian legislation for fruit wines.

Keywords: prickly pear, wine, alcoholic fermentation

1- INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a fermentação de vinhos é proveniente de mostos de uvas, que são utilizadas como matérias-primas principais para produção de vinhos. Porém, muitos grupos de pesquisa estudam a conveniência de frutos diferentes de uvas, a exemplos de maçã (Joshi & Bhutani 1991; Joshi et al., 1991), manga (Reddy & Reddy, 2005), laranja (Corazza et al., 2001), jabuticaba (Asquiere et al., 2004), cajá e cacau (Dias, 2001), com a finalidade de produzir vinhos. Sendo assim, o presente estudo busca a valorização e conveniência do fruto da palma

forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill), conhecido como figo-da-índia, para produzir o fermentado desse fruto, pouco utilizado na alimentação humana além de muito perecíveis, e da palma forrageira (raquete), que comumente é cortada e servida como alimento para bovinos. Assim, se pode incrementar o aproveitamento de uma espécie abundante na região mais seca do país, a Caatinga.

O fruto da palma forrageira é ovóide, grande, amarelo ou roxo e com espinhos no pericarpo, possui elevado valor nutritivo, apresentando também na sua composição fibras, carboidratos solúveis e cálcio, sendo rico em

vitaminas (principalmente A e C) e magnésio. A polpa, amarelo-ouro tem aparência porosa, com pequenas e numerosas sementes pretas (Pimienta-Barrios, 1990; Saénz et al., 1998; Askar & El-Samahy 1981). Tem sabor doce, com leve acidez e bastante refrescante (Lopes, 2005), motivo do interesse em ampliar a diversificação de consumo, aproveitando o alto potencial e agregando valor ao produto, que neste trabalho é o fermentado do fruto (vinho).

Fermentado de frutos é a bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida da fermentação alcoólica do mosto de frutos sadios, frescos e maduros, com concentração máxima de metanol de $0,5 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$ de álcool anidro (Brasil, 1997).

A fermentação alcoólica de suco de frutos produz álcool etílico como produto principal e muitos outros componentes secundários, como aldeídos, metanol, álcoois superiores, ácidos e ésteres que contribuem para a qualidade organoléptica do vinho. A natureza e qualidade destes componentes dependem da matéria-prima, fermentação e envelhecimento (Dato et al., 2005).

Vinhos que não são provenientes da uva devem obrigatoriamente ser rotulados com a denominação fermentado (vinho) acompanhada do nome do fruto do qual se originou, como exemplos: fermentado (vinho) de abacaxi, fermentado de laranja, fermentado de caju, fermentado do figo-da-índia, entre outros, com sabores característicos de cada fruto (Brasil, 1997). Os vinhos ou fermentados de frutos são divididos em três classes no que se refere à quantidade de açúcares residuais. A primeira classe apresenta os vinhos do tipo seco, com até 5 g L^{-1} , a segunda entre $5,1$ e 20 g L^{-1} são os do tipo demi-sec e a terceira e última é a classe dos vinhos suaves com mais de $20,1 \text{ g L}^{-1}$ (Rizzon & Meneguzzo 2002; Aquarone et al., 2001).

Este trabalho teve por objetivo estudar a viabilidade técnica da produção do fermentado do fruto da palma forrageira (figo-da-índia) utilizando a metodologia de planejamento fatorial e análise de superfície de resposta para verificar as influências das variáveis °Brix e concentração de levedura sobre o % de conversão e produtividade do processo.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Engenharia Bioquímica na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

2.1 - Matéria-prima

Foram utilizados como matéria-prima frutos da palma forrageira, colhidos na microrregião do Curimataú Ocidental, nos municípios de Pocinhos e Soledade, cujo clima segundo a classificação de Koppen (www.emepa.org.br/ee_pendencia.php), é do tipo BSh, ou seja, semi-árido quente.

2.2 – Recepção, limpeza e despulpamento

A metodologia utilizada consistiu na produção do fermentado de polpa do fruto e fermentado do fruto integral da palma forrageira. Os processos de produção utilizados para elaboração dos fermentados seguiram a metodologia utilizada para fabricação de vinhos de frutos (Hashizume, 1991; Rizzon et al., 1994), com pequenas adaptações, devido às características próprias do fruto da palma forrageira que é exótico e tipicamente nordestino. Inicialmente os frutos foram selecionados de acordo com o estado de maturação e conservação, em seguida passaram por uma seleção para eliminar os que estavam parcialmente deteriorados verdes ou muito maduros.

Após a remoção dos espinhos, os frutos foram lavados com água clorada a 3%, permanecendo em repouso durante 15 min, objetivando prevenção à contaminação microbiológica e depois lavados novamente em água corrente.

Finalizada a limpeza e sanitização, os frutos foram encaminhados para o processo de despulpamento, onde foram preparados dois tipos de polpa, ou seja, a polpa do fruto e o fruto integral (polpa + casca). A extração da polpa foi realizada com o auxílio de um liquidificador doméstico, depois filtrada e acondicionada em embalagens de polietileno de baixa densidade contendo aproximadamente 3,5 L. Em seguida, fez-se a identificação e armazenou-se em freezer.

2.3 – Preparação da polpa para fermentação

A polpa foi clarificada utilizando-se uma solução de gelatina a 10% (comercial, incolor e inodora, Royal[®]), adicionando-se 6 mL L⁻¹, que é uma quantidade de gelatina duas vezes superior comparado a outros processos de fabricação de vinhos como vinho de laranja (Corazza et al., 2001), vinho de caju (Torres Neto, 2006), vinho de cajá (Dias, 2001). Após a adição da gelatina a polpa foi levada à geladeira por 24 h para promover uma melhor floculação da pectina, já que essa proporciona a produção de metanol. Cessado o tempo de clarificação, as polpas foram novamente filtradas em tecidos de algodão 100%, previamente limpos e esterilizados em estufa.

Após a clarificação, como acontece em muitos processos de produção de fermentado (vinho), a exemplo do fermentado de cajá (Dias, 2001), fermentado de caju (Torres Neto et al., 2006), fermentado de laranja (Corazza et al., 2001) entre outros tipos de fermentados de frutas é realizada a etapa de chaptalização, que é a adição de sacarose para se chegar a graduação alcoólica desejada. Neste trabalho a chaptalização ocorreu de acordo com a variação de °Brix especificadas nas Tabelas 1 e 2 das matrizes dos planejamentos fatoriais, houve também casos em que não foi preciso chaptalizar o mosto.

A sulfitação foi realizada com a finalidade de desinfetar a polpa, evitando reações oxidativas como, degradação de vitaminas, degradação de carotenóides, reações de escurecimento com compostos fenólicos e proliferação de microrganismos (Borenstein, 1987). O metabissulfito de potássio (K₂S₂O₅), foi adicionado aos mostos numa concentração de 3 gramas para cada 10 L de suco clarificado. A adição de nutrientes, fósforo (KH₂PO₄) e nitrogênio [(NH₄)₂SO₄] foi realizada visando suplementar, satisfatoriamente, as necessidades dos microrganismos.

A adição de nutrientes minerais causa um efeito estimulante aos fermentos e contribui a um aumento na eficiência de fermentação e com a melhoria da qualidade dos vinhos. As dosagens de minerais contribuem com o metabolismo dos fermentos como os ativadores de enzimas. Se a quantidade de nutrientes for insuficiente, o fermento conduz uma lenta fermentação ou mesmo a impossibilidade de reprodução (Kotarska et al., 2005).

2.4 – Microrganismo

Foi utilizada a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, fermento biológico comercial da marca Fleischmann[®] (70% de umidade), com viabilidade de 90% e em média de 10⁷ células mL⁻¹.

2.5 – Fermentação e trasfega

Após a preparação da polpa para a fermentação, o fermento em g L⁻¹ de levedura foi adicionado de acordo com as quantidades adequadas (Hashizume, 1991) e especificadas nas Tabelas 1 e 2 das matrizes dos planejamentos fatoriais. Após a adição da levedura, iniciou-se a fermentação, que foi conduzida em reator batelada de polietileno, com agitadores magnéticos e capacidade de 5 L. As análises da fermentação foram realizadas em intervalos de três horas, baseado em estudos cinéticos de fermentação alcoólica, como o processo de produção de fermentado de caju (Torres Neto et al., 2006). O término de todas as fermentações se deu quando as concentrações de °Brix alcançaram valores em torno de 3,5, que corresponde a 37,0 g L⁻¹ de sacarose, com a finalidade de se obter fermentados suaves. As seguintes análises foram feitas: decaimento de substrato (°Brix), a produção de células (biomassa), o produto (etanol), o pH e a acidez total.

Finalizada a fermentação, os fermentados foram levados à geladeira por 24 h para facilitar a decantação da levedura, devido ao fato da levedura ser mais solúvel no mosto do fruto da palma forrageira sob baixas temperaturas. Após a decantação da levedura foi feita a primeira trasfega dos vinhos de um reator para kitassatos de 1000 mL, com o auxílio de uma bomba a vácuo, rolha com saída superior e mangueiras de conexão e sucção, descartando assim a levedura.

2.6 – Filtração, engarrafamento, pasteurização e armazenamento

Após a trasfega, os vinhos foram filtrados e engarrafados. Após o engarrafamento, os fermentados foram pasteurizados em banho-

maria a 65°C por 30 min, depois resfriados e conservados em garrafas para envelhecimento.

2.7 - Planejamento Fatorial

Para o fermentado do fruto integral foi utilizado o planejamento fatorial $2^2 + 3$ experimentos no ponto central, totalizando 7 experimentos, apresentados na Tabela 1 (matriz de planejamento). As variáveis de entrada

estudadas foram: concentração inicial de °Brix e a concentração inicial de levedura. Entre parênteses na Tabela 1 são os valores reais dos níveis codificados das variáveis controladas (variáveis de entrada).

Tabela 1. Matriz do Planejamento fatorial 2^2 e dados experimentais do percentual de conversão e da produtividade para os ensaios do fermentado do fruto integral

Ensaio	Conc. °Brix	Conc. Lev. (g L ⁻¹)	Conv. (%)	Prod. (g L ⁻¹ h ⁻¹)
1	-1 (8,0)	-1 (5,0)	81,3	0,67
2	+1 (14,0)	-1 (5,0)	69,1	2,28
3	-1 (8,0)	+1 (25,0)	87,8	2,90
4	+1 (14,0)	+1 (25,0)	44,9	5,89
5	0 (11,0)	0 (15,0)	80,0	1,90
6	0 (11,0)	0 (15,0)	78,0	2,63
7	0 (11,0)	0 (15,0)	72,2	2,18

Para o fermentado da polpa do fruto foi utilizado o planejamento fatorial com configuração estrela $2^2 + 3$ experimentos no ponto central + 2K, totalizando 11 experimentos (Tabela 2). Inicialmente o planejamento fatorial do fermentado da polpa do fruto foi semelhante ao vinho do fruto integral, porém como o resultado desse planejamento não foi satisfatório, visto que o modelo não foi estatisticamente significativo, foi necessária a expansão do planejamento para configuração estrela.

Tabela 2. Matriz do Planejamento fatorial 2^2 e dados experimentais do percentual de conversão e da produtividade para os ensaios do fermentado da polpa do fruto da palma forrageira

Ensaio	Conc. °Brix	Conc. Lev. (g L ⁻¹)	Conv. (%)	Prod. (g L ⁻¹ h ⁻¹)
1	-1 (8,0)	-1 (5,0)	72,0	0,7
2	+1 (14,0)	-1 (5,0)	68,0	1,5
3	-1 (8,0)	+1 (25,0)	57,0	3,3
4	+1 (14,0)	+1 (25,0)	27,0	3,6
5	0 (11,0)	0 (15,0)	86,0	1,7
6	0 (11,0)	0 (15,0)	100	2,8
7	0 (11,0)	0 (15,0)	87,0	3,0
8	-1,4142 (7,0)	0 (15,0)	100	2,3
9	+1,4142 (15,0)	0 (15,0)	54,8	2,5
10	0 (11,0)	-1,4142 (1,0)	72,9	0,39
11	0 (11,0)	+1,4142 (29,0)	60,0	0,32

Onde: Conc. °Brix – corresponde à concentração de °Brix; Conc. Lev – corresponde à concentração de levedura; Conv. – corresponde a conversão; Prod. – corresponde a produtividade

As variáveis respostas para ambos os fermentados foram: % de conversão que é a quantidade produzida de etanol no fermentado em relação ao máximo que se pode produzir estequiometricamente e produtividade que é a quantidade de etanol produzida por tempo de

fermentação. O % conversão e a produtividade (g L⁻¹ h⁻¹), foram calculados a partir das Equações 1 e 2.

$$\% \text{ Conversão} = \frac{Q_{Exp}}{Q_{Teo}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Produtividade (g/L.h)} = \frac{Q_{Exp}}{t} \quad (2)$$

Onde:

Q_{Exp} = Concentração de etanol experimental;

Q_{Teo} = Concentração de etanol máxima teórica (estequiométrica);

t = Tempo de fermentação (h).

2.8 - Análises realizadas durante a fermentação alcoólica

Durante a fermentação alcoólica dos fermentados do fruto da palma forrageira, foram realizadas análises em períodos de 3h até o final da fermentação de: concentração de sacarose (g L^{-1}), correlação com o °Brix, concentração de biomassa (g L^{-1}), concentração de ácidos totais ($\text{g } 100\text{mL}^{-1}$), pH e concentração de etanol em volume, a vinte graus Celsius.

A análise da concentração de açúcares foi realizada através de um areômetro, e a concentração de sacarose, determinada pela Equação 3 (Torres Neto et al., 2006).

$$\text{Concentração de sacarose (g/L)} = \text{grau Brix} \times 10,13 + 1,445 \quad (3)$$

A determinação da concentração de biomassa (g L^{-1}) foi realizada por gravimetria. Retirou-se 20 mL da amostra do mosto para filtração em papel de 0,45 μm . Após a filtração o papel de filtro com a biomassa foi colocado na estufa. O cálculo da concentração de leveduras foi feito através da diferença entre as duas massas divididas pelo volume da amostra.

A acidez total foi determinada por titulação volumétrica de neutralização, onde foi usada uma solução de hidróxido de sódio 0,1 mol L^{-1} e, como indicador a solução alcoólica de fenolftaleína a 1%, expressa em 1 g/100 ml de acordo com a metodologia “acidez titulável de óleos e gorduras”.

A determinação da concentração de etanol (% de etanol em volume a 20 °C) nos fermentados do fruto da palma forrageira foi realizada utilizando-se um ebulliômetro. Foram transferidos 50 mL da amostra para a caldeira do ebulliômetro e, logo após encheu-se o condensador com água fria e acendeu-se a lamparina. Com um termômetro acoplado a

caldeira mediu-se a temperatura de ebulição da amostra, aguardando-se que a temperatura se estabilizasse em aproximadamente 5 min.

O cromatógrafo gasoso utilizado para análise da concentração de metanol foi da marca Varian CP-3380, equipado com uma coluna empacotada nas seguintes condições operacionais: temperatura de 130 °C, 160 °C e 86 °C para injetor, detector e coluna, respectivamente. Utilizou-se como gás de arraste o nitrogênio com uma velocidade de 20 mL 40 seg^{-1} .

O pH foi determinado pelo método potenciométrico em pHmetro digital.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Análises físico-químicas

Ao término da fermentação os resultados das análises mostram que os fermentados do fruto da palma são do tipo suave, pois possuem teores de açúcares residuais acima de 20 g L^{-1} , como determina a Legislação Brasileira (Brasil, 1997) sobre bebidas. A utilização de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) mostrou-se adequada para a obtenção de teores alcoólicos dentro dos padrões exigidos para uma fermentação alcoólica. Silva (1998) verificou que as concentrações ideais de leveduras para produção de etanol minimizando a sua utilização para o crescimento celular estão situadas em aproximadamente 20 g L^{-1} de levedura. Sendo assim, ao final da fermentação, o fermentado do fruto integral apresentou concentração de sacarose de 21,9 g L^{-1} . Os fermentados produzidos apresentaram teores de etanol, médios, de 10 por cento em volume de etanol, a 20°C, acidez total abaixo de 130 meq L^{-1} , pH médio de 3,5, que no produto confere maior resistência às infecções (contaminações por microrganismos) conforme Salton et al. (2000); concentrações de metanol abaixo de 0,2 mL 100 mL^{-1} de álcool anidro e um sabor delicado e agradável. Ambos os fermentados do fruto da palma apresentaram cor límpida e odor característico do fruto. A Tabela 3 apresenta os resultados das análises físico-químicas dos fermentados do fruto da palma forrageira e de fermentados de outros frutos.

Tabela 3. Comparação dos fermentados (vinhos) do fruto da palma com outros fermentados da literatura

Fermentado	pH	Acidez total (g L ⁻¹)	Grau Brix	Álcool (%v v ⁻¹)
Fruta Integral deste trabalho	3,31	4,5	2,02	6,05
Polpa deste trabalho	4,0	5,0	3,62	5,5
Laranja (Corazza et al., 2001)	3,3	8,1	8,0	10,6
Jaboticaba (polpa e casca) (Asquiere et al., 2004)	4,0-3,3	3,3 - 7,8	3,9-8,7	10-13
Cajá (Dias et al., 2003)	2,56	-	0,0	12,0
Cacau (Dias, 2001)	3,58	-	0,0	11,5

Comparando-se os fermentados do fruto da palma forrageira, laranja (Corazza et al., 2001), jaboticaba (Asquiere et al., 2004), cajá (Dias et al., 2003) e cacau (Dias, 2001), verifica-se pela Tabela 3, que o pH e a acidez total nos fermentados são relativamente próximos, apenas o fermentado de laranja apresentou uma diferença mais significativa em relação à acidez total. Por outro lado, os teores alcoólicos de todos os fermentados, apresentam açúcares residuais acima de 20 g L⁻¹, pelo fato de terem sido produzidos vinhos suaves. As análises físico-químicas dos fermentados do fruto da palma e dos demais fermentados (vinhos) produzidos por outros pesquisadores, são relativamente semelhantes.

3.2 - °Brix e concentração de levedura

Através do planejamento fatorial, verificou-se a influência das duas variáveis de entrada (concentração de levedura e do °Brix) sobre os valores das variáveis respostas (% conversão e produtividade) do processo, buscando definir as faixas ótimas de operação dos processos, ou seja, faixas que maximizassem as respostas. As Tabelas 1 e 2 apresentam as matrizes de planejamento para os dois tipos de fermentado com as respostas (% conversão e produtividade), as quais foram obtidas a partir dos experimentos realizados com as combinações dos níveis estudados (fruto integral e polpa do fruto).

As Equações 4 e 5 apresentam os modelos empíricos codificados de 1^a ordem e as Equações 6 e 7 os modelos de 2^a ordem, das regressões dos dados experimentais ajustados para % conversão e a produtividade (g L⁻¹ h⁻¹) do fermentado do fruto integral e fermentado da polpa da fruto, respectivamente.

$$\% \text{ Conversão} = (73,33 \pm 2,11) - (13,72B \pm 2,79) - (4,45L \pm 2,79) - (7,7B \cdot L \pm 2,79) \quad (4)$$

$$\text{Produtividade} = (2,64 \pm 0,23) + (1,15B \pm 0,30) + (1,46L \pm 0,30) + (0,35B \cdot L \pm 0,30) \quad (5)$$

$$\% \text{ Conversão} = (91,00 \pm 4,50) - (12,2B \pm 2,76) - (9,3L \pm 2,76) - (10,8B^2 \pm 3,29) - (16,26L^2 \pm 3,29) - (6,5B \cdot L \pm 3,91) \quad (6)$$

$$\text{Produtividade} = (2,5 \pm 0,60) + (0,17B \pm 0,37) + (0,58L \pm 0,37) + (0,17B^2 \pm 0,44) - (0,85L^2 \pm 0,44) - (0,13B \cdot L \pm 0,53) \quad (7)$$

Onde B e L representam concentrações de °Brix e levedura (g L⁻¹), respectivamente.

Os coeficientes e os seus respectivos erros padrão em negritos são os estatisticamente significativos ao nível de 95% e 90% de

confiança para os vinhos do fruto integral e polpa do fruto, respectivamente.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os parâmetros das análises de variância (coeficiente de variação explicada R^2 e teste F)

para os ajustes dos modelos: 1ª ordem com 4 parâmetros, para % conversão e produtividade ($\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1}$) e quadrático com 6 parâmetros, para % conversão, respectivamente.

Tabela 4. Parâmetros da análise de variância para o percentual de conversão e produtividade (g/L h) para o fermentado do fruto integral

Parâmetros	% conversão	Produtividade ($\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1}$)
R^2	0,93	0,93
Teste F	12,53	12,86
$F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$	3,5	3,7

Tabela 5. Parâmetros da análise de variância para o percentual de conversão para o fermentado da polpa

Parâmetros	% conversão
R^2	0,804
Teste F	4,10
$F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$	3,5

Observa-se que os modelos do % conversão e produtividade apresentados nas Equações 4 e 5 são estatisticamente significativos, pois os coeficientes de variação explicada (R^2) são satisfatórios e a razão $F_{\text{calculado}}$ por F_{tabelado} está acima de 1, ao nível de confiança de 95% (Barros Neto et al., 1995).

Assim, podem-se construir as superfícies de resposta para análises das faixas ótimas de operação das variáveis de entrada que maximizem as respostas em estudo. Com relação aos modelos do percentual de conversão e produtividade apresentadas nas Equações 6 e 7, observa-se que, embora não haja evidência da falta de ajuste, os modelos obtidos não são significativos para realizar previsões, com o nível de confiança de 95%. Baixando o nível de confiança, apenas a Equação 6 é estatisticamente significativa, pois o coeficiente de variação explicada (R^2) é satisfatório e a razão $F_{\text{calculado}}$ por F_{tabelado} está acima de 1, ao nível de confiança de 90%, segundo Barros Neto et al. (1995). Sendo assim, pode-se construir apenas a superfície de resposta para % conversão, para o fermentado da polpa.

As Figuras 1 e 2 apresentam as superfícies de resposta mostrando os efeitos das variáveis: °Brix e concentração de levedura sobre o % conversão e a produtividade do fermentado do fruto integral, respectivamente.

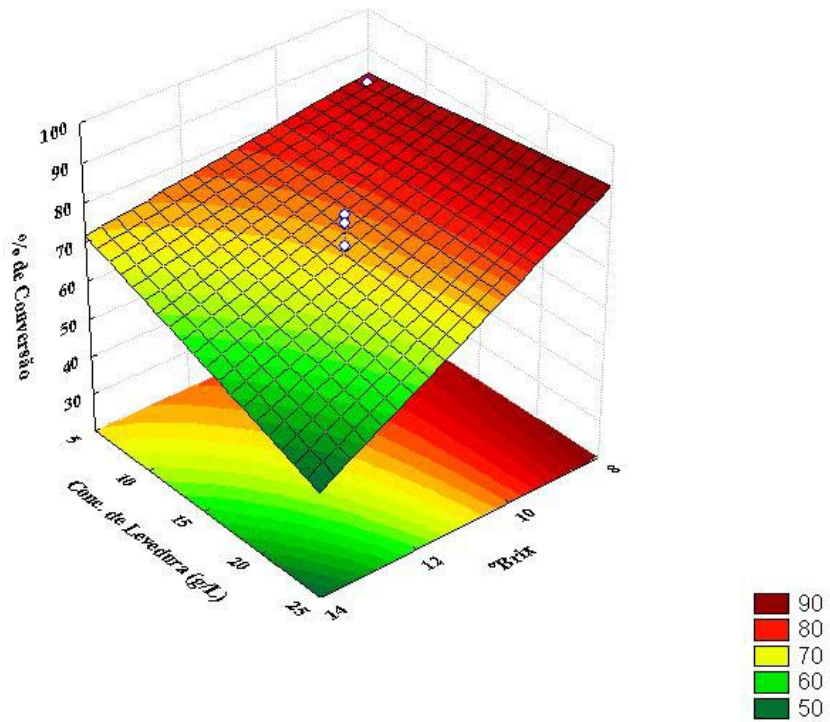


Figura 1 - Superfície de resposta: variação de % conversão em função das concentrações de °Brix e levedura para o fermentado do fruto integral.

Pode-se observar na Figura 1, que com o abaixamento do °Brix e valores médios de concentração de leveduras, o % de conversão da fermentação aumenta, chegando a valor máximo de 90%. Verifica-se que a influência do °Brix é

bem maior que a da concentração inicial de leveduras na resposta. Operando-se com °Brix fixado em 8 e concentração de leveduras em 15 g L⁻¹ (ponto central), obtêm-se % de conversão de 90.

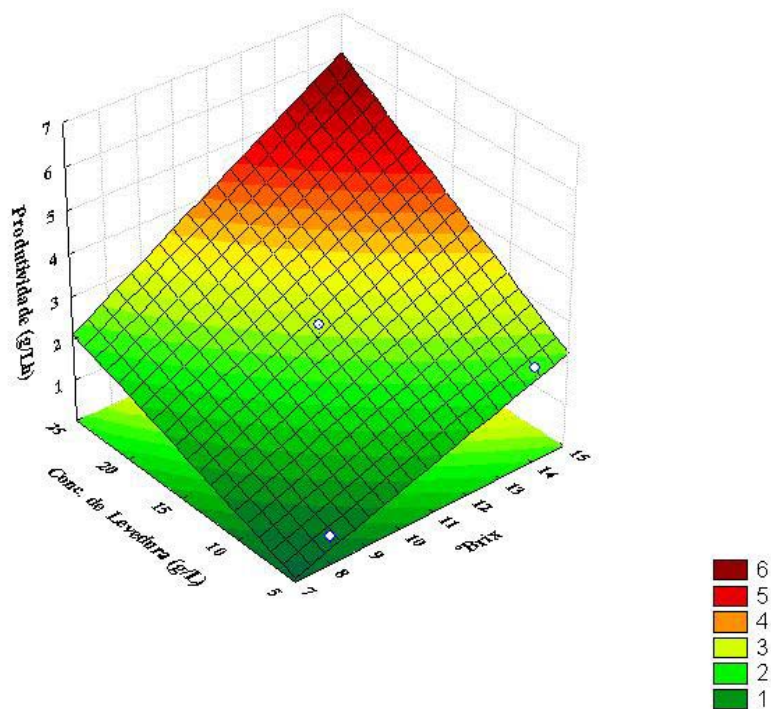


Figura 2 - Superfície de resposta: variação da produtividade (g L⁻¹ h⁻¹) em função das concentrações de °Brix e levedura para o fermentado do fruto integral.

Na Figura 2, verifica-se que as duas variáveis de entrada (°Brix e concentração inicial de leveduras) influenciam na resposta (produtividade). Observa-se que com o aumento do °Brix e da concentração de leveduras, aumenta-se a produtividade do processo, chegando a valor máximo de $6,0 \text{ g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

A Figura 3 apresenta a superfície de resposta mostrando os efeitos das variáveis: concentrações de °Brix e concentrações de levedura sobre o % conversão do vinho de polpa do fruto da palma forrageira. Foi verificado que o % conversão chega ao máximo de 95%, ou seja, praticamente todo o substrato foi convertido em etanol.

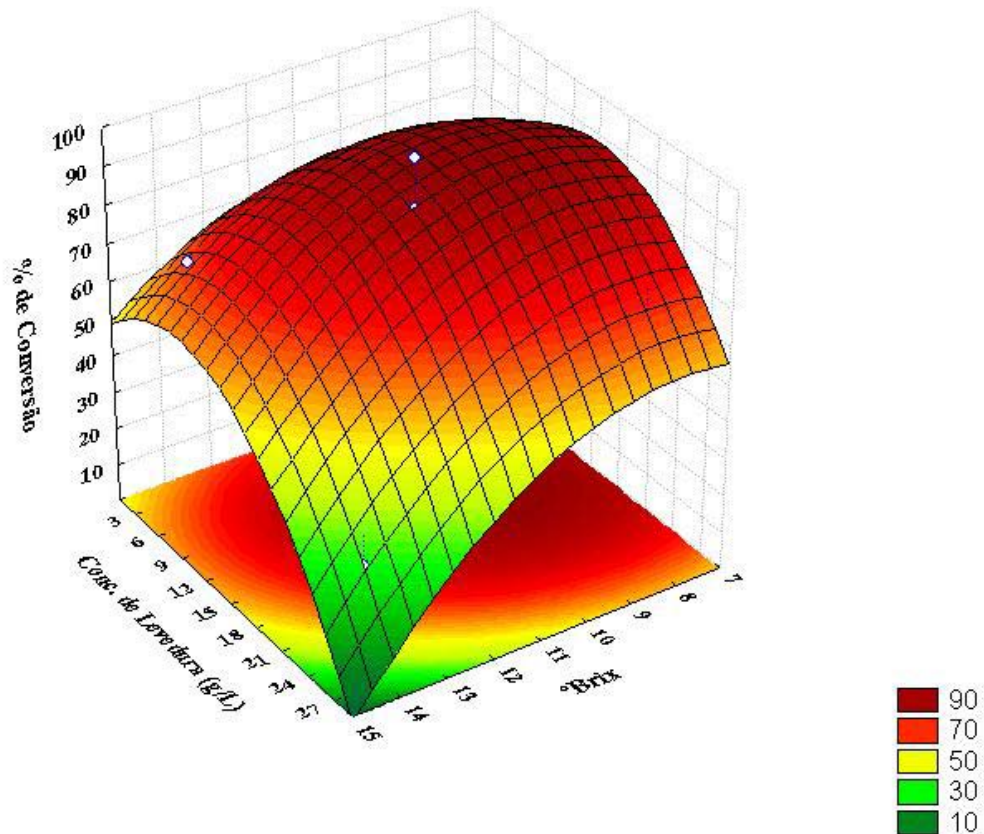


Figura 3 - Superfície de resposta: variação de % conversão em função das concentrações de °Brix e levedura para o fermentado da polpa do fruto integral.

4 - CONCLUSÕES

A produção do fermentado do fruto integral mostrou que maiores concentrações de levedura apresentam maiores resultados de produtividade, no entanto o % conversão independe da concentração de levedura. Por outro lado, elevadas concentrações de °Brix apresentaram menores resultados de percentual de conversão, porém maiores valores de produtividade.

Com relação ao fermentado da polpa do fruto da palma forrageira foi verificado que o

percentual de conversão chega ao máximo de 95% para menores concentrações de °Brix e para concentração de levedura fixada no ponto central (15 g/L).

A produção dos fermentados do figo-da-índia é uma opção tecnicamente viável e de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIDEZ TITULÁVEL DE ÓLEOS E GORDURAS. Disponível em: <http://www.eafud.gov.br/catch.php?catchfile=/modules/fred/files/files/fred//Down/material/alimentos/det%20acidez.doc>. Acesso em: 30 de Outubro de 2006.
- AQUARONE, E., BORZANI, W., SCHMIDELL, W., LIMA, U.A., HASHIZUME, T. *Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos*. 1ª edição. São Paulo. Editora Edgard Blücher, 2001. 523p.
- ASKAR, A., EL-SAMAHY, S.K. Chemical composition of prickly pear fruits. *Deut Lebensm-Rundsch*, v.77, 1981, p.279-281.
- ASQUIERI, E.R., CANDIDO, M.A., DAMIANI, C., ASSIS, E.M. Fabricación de vino blanco y tinto de jaboticaba (*Mirciaria jaboticaba Berg*) utilizando la pulpa y la cáscara respectivamente. *Alimentaria*, v.355, n.1, 2004, p.97-109.
- BARROS NETO, B., SCARMINIO, J.S., BRUNS, R.E. *Planejamento e Otimização de Experimentos*. 1ª edição. São Paulo. Editora Unicamp, 1995. 401p.
- BORENSTEIN, B. The role of ascorbic acid in foods. *Food Technology*, v.41, n.11, novembro/1987, p.98-99.
- BRASIL, Decreto nº 2314. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1997.
- CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KOPPEN. Disponível em: www.emepa.org.br/ee_pendencia.php. Acesso em: 30 de Outubro de 2006.
- CORAZZA, M. L.; RODRIGUES, D. G.; NOZAKI, J. Preparação e Caracterização do Vinho de Laranja. *Química Nova*, v.24, n.4, agosto/2001, p.449-452.
- DATO, M.C.F., PIZAURO JÚNIOR, J.M., MUTTON, M.J.R. Analysis of the secondary compounds produced by *Saccharomyces cerevisiae* and wild yeast strains during the production of "Cachaça". *Brazilian Journal of Microbiology*, v.36, n.1, janeiro-março/2005, p.70-74.
- DIAS, D.R. *Elaboração de bebida alcoólica fermentada a partir de mostos de cajá (Spondias mombin) e cacau (Theobroma cacao)*. Lavras, 2001, 130p. (Dissertação) - Universidade Federal de Lavras.
- JOSHI, V.K.; BHUTANI, V.P. The influence of enzymatic clarification in fermentation behavior and qualities of apple wine. *Science des Aliments*, v.11, n.3, 1991, p.491-498.
- JOSHI, V.K., SANDHU, D.K., ATTRI, B.L., WALLA, R.K. Cider preparation from apple juice concentrate and its consumer acceptability. *Indian Journal of Horticulture*, v.48, 1991, p.321.
- KOTARSKA, K., CZUPRYNSKI, B., KLOSOWSKI, G. Effect of various activators on the course of alcoholic fermentation. *Journal of Food Engineering*, outubro/2005, p.1-7.
- LOPES, R.V.V. *Estudo da Produção do Vinho do Fruto da Palma Forrageira (Opuntia ficus-indica Mill)*. Campina Grande, 2005, 95p. (Dissertação) - Universidade Federal de Campina Grande.
- HASHIZUME, T. *Manual prático da fabricação de vinhos de frutas*. Campinas, 1991. ITAL-Instituto de Tecnologia de Alimentos.
- PIMIENTA-BARRIOS, E. *El nopal tunero*. 1ª Edição. Universidad de Guadalajara, México. Editora Jalisco, 1990. 246p.
- REDDY, L.V.A.; REDDY, O.V.S. *World Journal of Microbiology e Biotechnology*, v.21, n.8-9, dezembro/2005, p.1345-1350.
- RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MANFREDINI, S.; *Como Elaborar Vinho de Qualidade na Pequena Propriedade*. Bento Gonçalves, 1994. Embrapa.

RIZZON, L. A. ; MENEGUZZO, J .
Elaboração de Vinagre. Bento Gonçalves,
2002. (Documentos) - Embrapa Uva e Vinho.

SALTON, M.A.; DAUDT, C.E.; RIZZON, L.A.
Influência do dióxido de enxofre e cultivares de
videira na formação de alguns compostos
voláteis e na qualidade sensorial do destilado de
vinho. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.20,
n.3, dezembro/2000, p.302-308.

SÁENZ, C.; ESTÉVEZ, A.M.; SEPÚLVEDA,
E.; MECKLENBURG, P. *Plant Foods for
Human Nutrition (Formerly Qualitas
Plantarum)*, v.52, n.2, junho/1998, p.141-149.

SILVA, F.L.H. *Modelagem, Simulação e
Controle de Fermentação Alcoólica Contínua
Extrativa*. Campinas, 1998, 162p. (Tese) -
Universidade Estadual de Campinas.

TORRES NETO, A.B.; SILVA, M.E.; SILVA,
W.B.; SWARNAKAR, R.; SILVA, F.L.H.
Química Nova, vol. 29, n.3, maio-junho/2006,
p.489-492.

[¹]Doutoranda em Química, IQ/UnB, E-mail:
roseanyvieira@yahoo.com.br

[²]Prof. Dr. Engenharia de Alimentos,
UAEQ/CCT/UFMG, E-mail:
flavioluizh@yahoo.com.br