

OBTENÇÃO DO ETANOL DERIVADO DAS VAGENS DA ALGAROBA

SILVA, R. C. A¹; LIMA VASCONCELOS, M. M. ²; SILVA, C. G.³ SILVA, M. C. D.²;
RAMOS, L. P.¹

¹Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR

²Centro de Energias Alternativas e Renováveis – Departamento de Engenharia de Energias Renováveis
– Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB.

³Centro de Tecnologia – Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal da Paraíba, João
Pessoa - PB

RESUMO: Para contribuir com a redução do impacto do acúmulo dos gases de efeito estufa, tornar-se necessário a substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis renováveis derivados de biomassas nativas ou residuais. A algaroba (*Prosopis juliflora* Sw DC) é uma leguminosa arbórea tropical, de grande importância para região do semi-árido nordestino, principalmente devido a sua fácil adaptação às condições edafoclimáticas locais, pela grande quantidade de carboidratos presentes em sua composição, e pelos seus múltiplos usos como alimentação e sombreamento para os animais. Sabe-se atualmente que essa matéria-prima pode mais explorada do ponto de vista biotecnológico para obtenção de novos produtos. Em virtude desses aspectos, objetivou-se com esse trabalho, o estudo do aproveitamento das vagens da algaroba coletadas na região do Cariri Ocidental no Estado da Paraíba para a produção do etanol. Para sua obtenção foi aplicado o processo de fermentação alcoólica, na presença de levedura (*Sacharomyces cerevisiae*). O caldo foi extraído por prensa manual e logo em seguida a amostra foi caracterizada através de medidas físico-químicas. Iniciou-se a fermentação com 21,45 °Brix, sendo a mesma finalizada ao atingir 4°Brix. No processo de destilação obteve-se o etanol com 92°GL. Constatou-se que o etanol obtido a partir das vagens de algaroba agrega valor para o cultivo dessa biomassa, podendo ser utilizado pelos agricultores em minidestilarias gerando o desenvolvimento sustentável do semiárido.

Palavras-chave: Biomassa, Açúcares, Fermentação, Destilação

INTRODUÇÃO

Os gases de efeito estufa (GEEs) são decorrentes da intensificação de atividades antropogênicas no mundo. Tais atividades têm sido apontadas como fator de impacto direto sobre o clima em escala global. É notório a existência de um cenário favorável para o desenvolvimento de projetos de energia renovável, onde o principal desafio está em conciliar a demanda crescente de energia seguindo o caminho da sustentabilidade e descarbonização. Neste sentido, há uma grande motivação para as pesquisas acadêmicas, no intuito de buscar o aprofundamento dessas perspectivas e de realizar estudos de viabilidade para serem desenvolvidos projetos com esse

perfil. A produção de etanol a partir da biomassa, é bastante favorável do ponto de vista ecológico e ambiental, uma vez que, além de ser um recurso renovável, reduz a poluição pela não liberação de CO₂ e sua formação advém de uma energia limpa e natural, a energia solar (MONTEIRO, 2011). Nesse contexto, uma nova fonte de sacarose vem motivando os pesquisadores no Nordeste do Brasil. A Algaroba (*Prosopis juliflora*) é uma leguminosa arbórea tropical, não oleaginosa, que se adapta em índices pluviométricos muito baixos, podendo crescer em solos pobres e ligeiramente salinos (SILVA, 2007). O Nordeste é região com a maior reserva algarobeira do país. Na região Centro-Sul do Estado da Paraíba está localizado o Cariri Ocidental, onde estão inseridos diversos municípios extremamente carentes de uma atividade socioeconômica alternativa. Nessa região, a algaroba representa a esperança de sobrevivência para agricultores e animais no meio rural, através do aproveitamento de suas vagens (SUASSUNA, 2007). As vagens da algarobeira são frutos palatáveis, aromáticos e doces, e o seu caldo é considerado um meio de cultura natural por apresentarem características específicas bastante favoráveis aos processos de fermentação (FIGUEIREDO, 2000). Devido a sua produtividade, (3 a 8 toneladas de vagens por hectare), a algarobeira torna-se bastante expressiva quando comparada a outras biomassas alternativas à cana-de-açúcar, apresentando um grande potencial para o uso da espécie no processo de obtenção de etanol (SILVA, 2007). Nesse contexto, a algaroba tem um grande valor econômico e social para população do semi-árido nordestino, pois além de servir de matéria-prima para produção do etanol, pode ser utilizada para produção de madeira, carvão vegetal, estacas, melaço, alimentação animal e humana, apicultura, reflorestamento, ajardinamento e sombreamento, o que a torna uma cultura promissora e alternativa para justificar o aprofundamento do tema (SILVA, 2009). Diante do exposto, o desenvolvimento do trabalho foi com o objetivo de verificar a viabilidade técnica das vagens de algaroba para a obtenção do etanol.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análises e Pesquisa de Bebidas Alcoólicas, do Departamento de Engenharia Química - UFPB, com o suporte do Laboratório de Produtos e Fermentos Destilados da Engenharia Química – UFPB e do Laboratório de Engenharia Bioquímica e de Medidas Físicas pertencente ao complexo de laboratórios de Engenharia de Alimentos (LEA) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. A vagem madura da algaroba (*Prosopis juliflora* Sw D.C.), proveniente dos municípios de Pocinhos e Sumé, sendo o primeiro, situado na Microrregião do Curimataú Ocidental, pertencente à Mesorregião do Agreste do Estado da Paraíba, e o segundo localizado na região central do Cariri Ocidental Paraibano. As vagens foram coletadas nas proximidades das árvores das algarobeiras, evitando as que apresentavam características indesejáveis.

Obtenção do Caldo da Algaroba

As vagens foram imersas em uma solução de hipoclorito de sódio durante 5 min e em seguida, foi feito o descarte do material residual sanitizante, enxaguando-se as vagens em água corrente. Essa metodologia inicial teve como objetivo, a prevenção de qualquer tipo de contaminação que poderia vir a ocorrer por meio de microrganismos estranhos ao processo. A fragmentação das vagens deu-se de forma manual. O propósito desse procedimento foi para obter uma melhor extração e concentração do caldo de algaroba. Ao final do processo, a massa total das vagens fracionadas foi pesada para serem posteriormente utilizadas no processo de hidratação. O processo de hidratação foi sob água aquecida a 60 °C. A proporção utilizada foi de 1:2 (m/v), a mistura foi mantida em repouso por 3 h. Na etapa seguinte, a parte líquida do processo de hidratação foi removida e as frações sólidas das vagens hidratadas, foram colocadas em uma prensa hidráulica manual. Em seguida, foram realizadas as medições da temperatura, dos sólidos solúveis totais (SST) e dos açúcares redutores totais (ART) do caldo.

Fermentação alcoólica

Para o processo de fermentação, utilizou-se o procedimento tradicional para produção de aguardente de cana-de-açúcar, raízes e frutos exóticos, com algumas adaptações apropriadas às características particulares das vagens da algaroba (SEBRAE, 2012). Para a preparação do inóculo, reservou-se 1,5 L do caldo para ser aquecido sob temperatura de 30°C após ser atingida a temperatura, a levedura foi adicionada e a proporção utilizada, foi de 20 g L⁻¹ do caldo total. No decorrer da fermentação alcoólica, foi realizado um estudo das velocidades de transformações físico-químicas que ocorrem no processo, conferindo-se assim a evolução dos sólidos solúveis totais, pH, temperatura e o teor alcoólico. Após 14 h a fermentação alcoólica foi finalizada, seguindo-se então, para as análises físico-químicas do caldo fermentado.

Análises Físico-Químicas

A metodologia utilizada para determinação dos açúcares redutores totais (ART), foi descrita por Miller (1959). O método baseia-se na redução do ácido 3,5 a ácido 3- amino-5 nitrosalicílico, concomitantemente com a oxidação do grupo aldeído do açúcar a grupo carboxílico, que após aquecimento, a solução torna-se avermelhada, sendo lida no espectrofotômetro a 540 nm conforme procedimento da EMBRAPA CNPAT. O ART foi calculado pela Equação 1:

$$ART = Abs \times F \times V_{\text{diluição}}$$

Em que:

ART – é o teor de açúcares redutores totais,

Abs – é a Absorbância,

F – é o fator de conversão de Abs em ART e

F diluição – é o fator de diluição.

O teor de sólidos solúveis totais do caldo fermentado foi medido em °Brix por densimetria, utilizando-se um sacarímetro de Brix, proveta graduada de 250 mL. A leitura foi corrigida segundo a metodologia descrita por Brasil (2005) para a temperatura do caldo a 25 °C. Para a determinação do pH foi utilizado o pHmetro digital da marca Tecnal modelo TEC-2 (BRASIL, 2005). Para a determinação da temperatura foi utilizado termômetro digital tipo espeto da marca HG modelo AF1104. Para a determinação do teor alcoólico, utilizou-se um ebuliômetro.

Cálculo da produtividade (g L⁻¹ h⁻¹)

Para saber a quantidade de álcool produzido por hora, foi utilizada a seguinte Equação (2).

$$\text{Produtividade (g L}^{-1}\text{ h}^{-1}\text{)} = \frac{P(\text{g/L})}{T(\text{h})}$$

Em que:

P - é a concentração de etanol (g L⁻¹) e

t - é o tempo de fermentação (h)

Rendimento teórico (Y_{p/s})

Para determinar a conversão (da sacarose) do fermentado em etanol foi utilizada a Equação (3).

$$Y_{p/s} = \frac{P - P_0}{S_0 - S}$$

Em que:

S - é a concentração final de substrato (g L⁻¹),

S₀ - é a concentração inicial de substrato (g L⁻¹),

P - é a concentração final de produto (g L⁻¹) e

P₀ - é a concentração inicial de produto (g L⁻¹).

Percentual de conversão (%)

O percentual de conversão do fermentado em etanol antes da destilação foi calculado pela Equação 4

$$\text{Conversão (\%)} = \frac{P}{S_0 \times 0,511} \times 100$$

Em que:

P - é a concentração de etanol experimental,

S₀ - é a concentração inicial de substrato (°Brix) e

0,511 - é o fator de conversão de sacarose em etanol.

Produção de etanol por quilograma de vagem

A produtividade de etanol por quilograma de vagem foi calculada pela Equação 5

$$Pq = \frac{42 \times P}{S_0} / 100$$

Em que:

Pq – é a produção por quilograma ($L \text{ kg}^{-1}$),

P – é a concentração de etanol obtida experimentalmente,

S₀ – é a concentração inicial de substrato (°Brix) e

42 – é a concentração de substrato por litro de caldo proveniente de um quilo de vagem.

Obtenção da Solução hidroalcoólica

Para a destilação do caldo fermentado, foi utilizado um alambique artesanal, dimensionado para fornalha e com uma caldeira cuja capacidade é de 25 L úteis. O mesmo é confeccionado em cobre, possuindo um conjunto composto de caldeira – coluna de destilação de álcool – capitel e condensador. A solução hidroalcoólica foi retirada pela saída do condensador do alambique em provetas de 250 mL.

Concentração de álcool no destilado

Para determinação das concentrações de álcool após a destilação no alambique, utilizou-se um alcoômetro de Gay Lussac mergulhado em uma proveta graduada de 250 mL. Os resultados das leituras, foram então corrigidos à temperatura de 20°C. No intuito de atender as especificações da ANP para o uso do álcool em combustíveis, inseriu-se os destilados recém-obtidos do alambique, em um micro destilador com o objetivo de obter um maior teor alcoólico na solução. O equipamento utilizado foi um Micro destilador marca Nova Orgânica, com capacidade máxima de destilação de 50 mL. Em seguida, o etanol foi caracterizado de acordo com a Resolução da ANP nº 19, de 15/04/2015 (DOU, 2015) que estabelece parâmetros para a certificação do Etanol Hidratado Combustível (EHC).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes da fermentação o volume inicial do caldo foi de 16,13L com 21,45°Brix e a quantidade de fermento granulado seco utilizado ao final do processo de inoculação foi 322,6g. O final da fermentação foi considerado, quando o meio atingiu o valor de 4°Brix na temperatura de 28 °C com tempo aproximado de 14 h e volume final do caldo fermentado de 13,6 L. A temperatura do mosto permaneceu entre 26 a 35 °C durante o processo. Com relação ao tempo de fermentação Leite Filho (2016), também finalizou com 14 h a fermentação iniciada com 20 °Brix para produção do etanol a partir das vagens de algaroba. Muniz (2009) finalizou a fermentação do caldo de algaroba com um tempo médio de 18 h, variando as concentrações de leveduras em 10, 15 e 20 g L⁻¹ e a quantidade de substrato em 10, 15, 21 °Brix.

Determinação dos açúcares redutores totais (ART)

A determinação dos ART pelo do método do DNS, demonstrou que as concentrações inicial e final de sacarose foram de 148,9 e 37 g L⁻¹ respectivamente. Esse resultado revela que houve

um consumo de 74,76% do substrato em 14 h de fermentação. Muniz (2009) no seu trabalho com algaroba, obteve em 18 h de fermentação um consumo de ART de 97%. Já Silva (2009) trabalhando na produção de aguardente de algaroba, finalizou a fermentação com 32 h, obtendo um consumo de ART de 80%.

Evolução dos valores de sólidos solúveis totais (°Brix)

Medir o °Brix significa indicar o teor aproximado de açúcar no mosto antes e depois da fermentação; sendo assim, 10% de açúcar estão contidos em um mosto com 10 °Brix. Considerando que cada 2 °Brix produz aproximadamente 1°GL após a fermentação, os resultados descritos abaixo demonstram a quantidade de açúcar consumido durante a fermentação. A Figura 1 apresenta a evolução dos valores de sólidos solúveis totais a cada 2 h de fermentação. O perfil, evidencia que os açúcares foram consumidos em função do tempo de fermentação, o que foi demonstrado pela redução do °Brix de 21 para 4° Brix entre o início e o fim do processo, respectivamente, que pode ser considerado satisfatório para o processo de fermentação alcoólica.

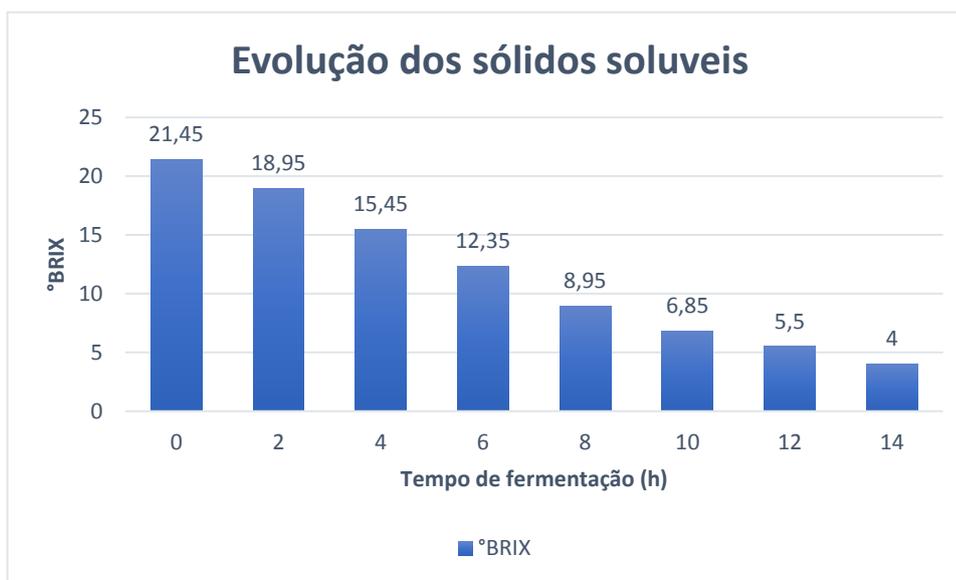


Figura 1: Evolução dos sólidos solúveis totais durante os ensaios de fermentação (°Brix)

Segundo Aquarone (1983) o valor final do °Brix pós-fermentação deve ser o mais próximo de zero possível, fato que não foi observado neste trabalho. O mesmo fato foi constatado por Arruda et al. (2003) no trabalho realizado com fermentado de banana utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, o consumo gradual dos sólidos solúveis totais durante todo o processo finalizou com um valor de °Brix em torno de 3,5. No estudo envolvendo o fermentado de mandacaru, Almeida et al. (2009) também verificaram uma redução gradativa no teor de sólidos solúveis totais, chegando ao final do experimento a um valor de °Brix em torno de 5,0

Evolução dos valores do teor alcoólico (°GL)

A temperatura de ebulição das amostras tem relação direta com a quantidade de álcool presente na mistura álcool-água por meio da diferença entre as temperaturas

de ebulição da água pura e da solução. Deste modo, com o auxílio de uma régua referencial, foram obtidos os valores de graduação alcoólica a partir das alíquotas de 50 ml que foram sendo colhidas de 2 em 2 horas. As evoluções dos valores do teor alcoólico foram percebíveis a partir do momento em que foram feitas medições com o ebulliômetro ao longo do ensaio de fermentação, o que possibilitou um melhor entendimento do perfil cinético demonstrado na Figura 2:



Figura 2: Evolução do teor alcoólico (°GL)

A perfil da Figura 2 evidencia o desenvolvimento satisfatório da fermentação, bem como a conversão dos açúcares em etanol. O teor alcoólico do fermentado no final do processo foi de 9 °GL, adequando-se ao índice de 8 a 9 que é considerado ideal para que se pudesse realizar a etapa da destilação alcoólica. Nunes et al. (2008), estudando a destilação do fermentado de abacaxi a partir de 13,5 L de mosto, obtiveram, teor alcoólico de 9,6° GL.

Análises Físico-Químicas

O conhecimento do pH, favorece o controle de contaminação por bactérias, ao seu efeito sobre o crescimento de leveduras e à formação de subprodutos (PATARO et al., 2002). Neste sentido os valores de pH foram medidos no início e no fim da fermentação, cujos valores encontrados foram 4,5 e 5,0. Para as leveduras o valor de pH considerado ideal é de 4,0 e 4,5. Apesar do aumento dos valores de pH para o processo fermentativo, pode-se considerar que tenha se aproximado de uma condição satisfatória para o desenvolvimento da fermentação. Leite Filho (2016) no seu trabalho de produção do etanol a partir das vagens de algaroba encontrou valores diferentes, com pH entre 3,6 e 4,2. Comportamento semelhante foi observado por Bortolini et al. (2001), em trabalhos com fermentados com kiwi, no qual verificaram uma faixa para o pH entre 3,82 a 4,45. O controle da temperatura é um fator de extrema importância, pois uma variação entre 25 a 33 °C permite atingir altos rendimentos por permitir uma fermentação mais eficiente e também por minimizar as perdas por evaporação (AQUARONE et al., 1983). A temperatura do mosto antes da fermentação foi de 30 °C chegando a 28 °C ao final do processo.

Produtividade

A produtividade calculada resultou em $5,09 \text{ g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para o tempo de fermentação de 14 h, o que correspondeu a uma concentração final de etanol de 71 g L^{-1} . O valor da produtividade foi superior aos valores encontrados por Almeida et al. (2006), que realizaram o estudo cinético da fermentação alcoólica na produção do fermentado de fruto de mandacaru, atingiram uma produtividade de $1,75 \text{ g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$, enquanto que Rocha (2008) chegou a $1,53 \text{ g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ em estudos com aguardente a partir do figo-da-índia. Esse resultado, foi próximo ao valor encontrado por Silva (2008), que obteve $6 \text{ g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ com aguardente de algaroba.

Rendimentos teóricos

Os rendimentos de conversão do substrato em produto foram calculados com base nos resultados $71, 148$ e $37,5 \text{ g L}^{-1}$ para a concentração de etanol, a concentração inicial e final do substrato, respectivamente. O valor do rendimento teórico foi de 64% para um teor inicial de sólidos solúveis totais de $21,45 \text{ }^\circ\text{Brix}$. Parente (2014) obteve resultados aproximados na produção de aguardente de abacaxi (40 a 50%) para um mosto inicial contendo $17 \text{ }^\circ\text{Brix}$. Silva (2009) obteve resultado próximo de 44% para um $^\circ\text{Brix}$ inicial de 17 na produção de aguardente de algaroba.

Percentual de conversão

A fermentação do extrato de algaroba produziu $71,3 \text{ g L}^{-1}$ de etanol para uma concentração inicial de sacarose de $148,9 \text{ g L}^{-1}$. Assim, a eficiência atingida no processo foi de 93,65 %, valor consideravelmente maior do que os resultados encontrados por Silva (2002) em estudos de extração do caldo de algaroba para a produção de aguardente, obtendo apenas 72 %. Enquanto Muniz (2009), obteve 74,3% de conversão em seus estudos de fermentação alcoólica do caldo da algaroba. No entanto, o valor obtido nesta pesquisa, foi um pouco inferior ao encontrado por Fontan (2011), ao investigar a produção de vinho de melancia, quando alcançou um percentual de conversão de 94%.

Produção de álcool por quilo de vagem

O valor referente à produção de etanol por quilo de vagem foi de $0,2 \text{ L kg}^{-1}$. O resultado foi relevante pois, a produção média de etanol por quilograma de cana de açúcar é de $0,085$ a $0,09 \text{ L kg}^{-1}$ (LEITE FILHO, 2016) A Tabela 1 resume os resultados de produtividade, rendimento teórico, percentual de conversão, produção de álcool por quilo de vagem (Pq), $^\circ\text{Brix}$, temperatura, pH, densidade do caldo de algaroba, ART e a concentração de álcool no fermentado.

Tabela 1 -Resultados da produção do álcool por quilograma da vagem de algaroba.

Tempo (h)	Temp (°C)	pH	Art (g/L)	SST (°Brix)	Etanol °GL	Etanol (g/L)
0	29,00	4,5	148,905	21,45	0	0
14	30,50	5,0	37,58	4	9	71,262
	Pq (L/kg)	Yp/s	Produtividade (g/Lh)	Conversão (%)	Densidade (g/ml)	
	0,2	0,64	5,09	93,65	1,066	

Destilação

A destilação foi realizada em um alambique de cobre adaptado, com o objetivo inicial de se recuperar uma fração hidroalcoólica. A Figura 3 apresenta o perfil da destilação do fermentado no alambique em que, alíquotas de 250 mL foram retiradas sequencialmente para a leitura do teor alcoólico. Observa-se que o destilado teve inicialmente na primeira alíquota, um teor alcoólico de 64,5°GL. A partir da segunda alíquota, ocorreu em média, uma diminuição de 4,9°GL em relação à alíquota anterior. Esse decréscimo do teor alcoólico das alíquotas se deu em função do tempo de destilação no alambique, sobretudo, pela aproximação do ponto azeotrópico e pela diminuição da concentração de álcool no fermentado de algaroba.

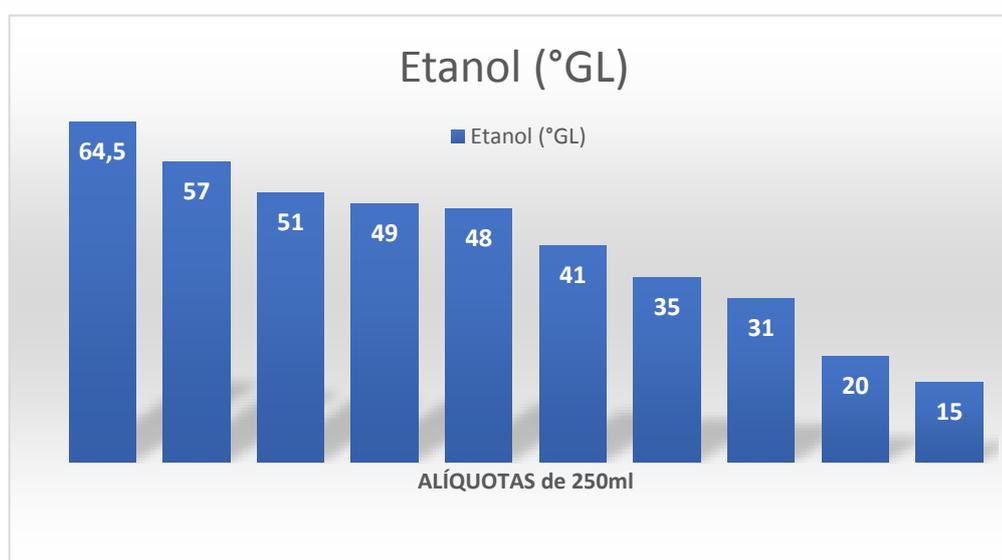


Figura 3: Perfil da destilação do fermentado

Obtenção do etanol hidratado carburante (EHC) por microdestilação

O etanol hidratado carburante (EHC), foi obtido a partir da segunda destilação, visando obter um álcool de qualidade superior ao advindo da destilação simples. Provavelmente esta segunda destilação, favorece a separação de frações indesejáveis de compostos voláteis com teores tóxicos (aldeídos, metanol, ácido acético). Desta forma, sugere-se que o álcool poderá estar isento de impurezas. Para determinar a quantidade de álcool extraída no micro destilador, as alíquotas de 250 mL foram inseridas no micro destilador na ordem do maior para o menor teor alcoólico. Cada alíquota apresentou um valor em °GL característico e o volume processado totalizou 2,5 L. A Tabela 2 sumariza os valores obtidos na ordem sequencial do processo.

Tabela 2 – Valores obtidos por microdestilação

Alíquota (°GL)	Volume das Alíquotas (ml)	Volume de álcool (50mL)	Volume total de álcool obtido de cada Alíquota (mL)
64,5	250	32,25	161,25
57	250	28,5	142,5
51	250	25,5	127,5
49	250	24,5	122,5
48	250	24	120
41	250	20,5	102,5
35	250	17,5	87,5
31	250	15,5	77,5
20	250	10	50
15	250	7,5	37,5
TOTAL			1028,75

Caracterização físico-química do etanol hidratado carburante

A acidez do etanol obtido foi de 28,2 mg de ácido acético, com condutividade elétrica de 282,33 $\mu\text{S}/\text{m}^{-1}$, massa específica de $809\text{kg}/\text{m}^{-3}$, teor alcoólico de 92°GL pode ser considerado adequado, embora tenha ficado 0,5°GL abaixo do limite pré-estabelecido pela ANP (Tabela 3), o que pode ser resolvido com uma segunda etapa de micro destilação. O pH foi de 6,22 e evidenciou ausência de resíduo por evaporação total de 100 mL de amostra. Com relação aos demais parâmetros todos atenderam à legislação vigente. Com os dados obtidos, constatou-se que há viabilidade técnica para produzir o etanol a partir do fermentado da vagem de algaroba, utilizando a levedura *Sacharomyces cerevisiae* como agente fermentativo, colocando, assim, mais um produto no mercado a ser ofertado pelos pequenos produtores rurais no intuito de gerar mais uma renda para a agricultura familiar.

Tabela 3 – Especificações do etanol pré-estabelecido pela ANP.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		RESULTADO
		EHC	NBR	ASTM/EM/ISO	
Aspecto		Límpido e Isento de Impurezas (LII)	Visual		Límpido
Cor			Visual		Incolor
Condutividade elétrica máx.	$\mu\text{S}/\text{m}$	300	10547	ISO 17308	282,33
Massa específica a 20°C	kg/m^3	805,2 a 811,2	5992 15639	D 4052	809
Teor alcoólico	% massa	92,5 a 94,6	5992 15639		92
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	6,0 a 8,0	-	-	6,22
Teor de etanol, min.	% volume	94,5		D5501	94,2
Resíduo por evaporação, máx.	$\text{mg}/100\text{mL}$	5	-	-	
Acidez total, máx. (em miligramas de ácido acético)	mg/L	30		ISO 17315	28,2

CONCLUSÃO

Conclui-se que a produção do etanol derivado do fermentado da algaroba é tecnicamente viável. O mesmo atende à legislação vigente, mostrando ser uma alternativa como fonte energética de combustível veicular. As vagens da algaroba podem ser utilizadas como matéria-prima alternativa à cana-de-açúcar. A obtenção do etanol a partir das vagens da algarobeira poderá reduzir os impactos ambientais oriundos da utilização dos combustíveis não renováveis. Como também, poderá ser uma fonte adicional de renda e de esperança para o agricultor familiar dos municípios do Cariri Paraibano contra os impactos da seca.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Evolução do Mercado de combustíveis e derivados: 2000-2012**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?id=711>>. Acessado em: 25 julho 2016.

ALMEIDA, M.M.; CONRADO, L. de S.; SILVA, F.L.H. da; FREIRE, R.M.M.; VALENÇA, A.R. **Caracterização de frutos do mandacaru provenientes de duas cidades paraibanas**. Ver. Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.11, p.15-20, 2009.

ALMEIDA, M.M.D.; TAVARES, D.P.S.D.A.; ROCHA, A.S.; OLIVEIRA, L.D.S.C.; SILVA, F. L. H.; MOTA, J. C. **Cinética da produção do fermentado do fruto do mandacaru**. Rev. Brasileira de produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.8, n.1, p.35-42, 2006 ISSN: 1517-8595.

AQUARONE, E.; LIMA, U. de A.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação: biotecnologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. v. 5, 43 p.

ARRUDA, A.R.; CASIMIRO, R.S.; GARRUTI, D.S.; ABREU, F.A.P. **Processamento de bebida fermentada de banana**. Revista Ciência Agrônômica, v.34, n.2, p.161-167, 2003.

FIGUEIREDO, A. A. **Algaroba, Tecnologia, Produtos e Usos – Meio Século no Brasil**. Rio de Janeiro – UFRJ, 2000,17p.

LEITE FILHO, M. T. **Obtenção de álcool a partir do caldo extraído de vagens de algaroba (prosopis juliflora sw dc)**. Dissertação de Mestrado para Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG – PB, 2016.

MONTEIRO, A. F. S. **Avaliação das potencialidades de produção de bioetanol em Portugal**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.

MUNIZ, M. B. **Processamento das vagens de algaroba (Prosopis juliflora) pra produção de bioprodutos**. 2009. Tese de Doutorado em Engenharia de Processos – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB 2009.

NUNES, B. R. P.; HONORATO, F. L.; ALMEIDA, M. M.; SILVA, C. G.; SOUZA, K. S.; CAPITULINO, R. **Estudo da destilação de fermentados de frutos tropicais: cinética do processo fermentativo e caracterização físico-química da aguardente**. In: BRAZILIAN

MEETING ON CHEMISTRY OF FOOD AND BEVERAGES, 7, 2008, Lorena-SP. Lorena: EEL. 2008, v. 1, f.378.

PATARO, C.; GOMES, F.C.O.; ARAÚJO, R.A.C.; ROSA, C.A.; SCHWAN, R.F.; CAMPOS, C.R.; CLARET, A.S.; CASTRO, H.A. **Utilização de leveduras selecionadas na fabricação da cachaça de alambique.** Informe Agropecuário, EPAMIG, Belo Horizonte, v. 23, n 217, p. 37-43, 2002.

ROCHA, A.S. **Produção e avaliação físico-química da aguardente do fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus – indica* Mill).** 2008. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB. 2008

SEBRAE. **Cachaça Artesanal: Série Estudos Mercadológicos.** Relatório Completo. 2012

SILVA, C. G. M. **Processo biotecnológico para conversão de algaroba (*Prosopis juliflora* Sw D.C.) em etanol.** Tese (Doutorado em Nutrição). 2007, 104f. Universidade Federal de Pernambuco. Recife 2007.

SILVA, C. G. **Otimização das etapas de produção da aguardente de algaroba (*Prosopis juliflora* Sw DC) e aproveitamento dos resíduos resultantes em produtos alimentares.** 2009. Tese de Doutorado em Engenharia de Processo. Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, PB.