



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS**



TESE

**AGUARDENTE BIDESTILADA DE ALGAROBA ENVELHECIDA EM BARRIS
DE DIFERENTES MADEIRAS**

HERMEVAL JALES DANTAS

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Fevereiro, 2013

**AGUARDENTE BIDESTILADA DE ALGAROBA ENVELHECIDA EM BARRIS
DE DIFERENTES MADEIRAS**

HERMEVAL JALES DANTAS

Tese de Doutorado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Processos.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Desenvolvimento de Processos

ORIENTADORES

Prof. Dr. Mario Eduardo R. Moreira Cavalcanti Mata

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Fevereiro, 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

D192a Dantas, Hermeval Jales.
Aguardente bidestilada de algaroba envelhecida em barris de diferentes madeiras / Hermeval Jales Dantas. – Campina Grande, 2013.
166 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2013.

"Orientação: Prof. Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata, Prof.^a Dr.^a Maria Elita Martins Duarte".
Referências.

1. Aguardente - Destilação. 2. *Prosopis Juliflora*. 3. Tosta. 4. Aeração. 5. Fermentação. I. Mata, Mário Eduardo R. M. Cavalcanti. II. Duarte, Maria Elita Martins. III. Título.

CDU 663.5:582.736.1(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO

HERMEVAL JALES DANTAS

AGUARDENTE BIDESTILADA DE ALGAROBA ENVELHECIDA EM BARRIS
DE DIFERENTES MADEIRAS

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata
Orientador Prof. Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata

APROVADO

Maria Elita Martins Duarte
Orientadora Prof.^a Dra. Maria Elita Martins Duarte

APROVADO

Clovis Gouveia da Silva
Prof. Dr. Clovis Gouveia da Silva - Examinador

Aprovado

Flávio Luiz Honorato da Silva
Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva – Examinador

Aprovado

Renato Fonseca Aragão
Prof. Dr. Renato Fonseca Aragão – Examinador

Aprovado

Manoel Ferreira Alves
Prof. Dr. Manoel Ferreira Alves – Examinador

Aprovado

Fevereiro, 2013

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Mario Eduardo R. Moreira Cavalcanti Mata, pela orientação, incentivo, valiosas sugestões e por tornar possível a realização deste trabalho.

À professora Dra. Maria Elita Martins Duarte, pela orientação, paciência e por me permitir absorver um pouco do seu conhecimento.

Aos professores Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva, Dr. Renato Fonseca Aragão, Dr. Clóvis Gouveia da Silva e Dr. Manoel Ferreira Alves, pelas valiosas contribuições e sugestões realizadas neste trabalho.

Ao Dr. José Rildo pelo apoio, amizade e explicações dos casos na jornada deste trabalho e incentivo.

Aos funcionários, em especial Flavio, Jaziel, Luciene, Antônio, Júlio, Silas e aos vigilantes da noite.

À CAPES, pela bolsa concedida.

À secretária da Coordenação de Pós-Graduação, Maria de Fatima, pela atenção, colaboração e amizade.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a finalização deste trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xix
ABSTRACT	xx
1 - INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS	4
2.1 GERAIS	4
2.2 ESPECÍFICOS	4
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 História das aguardentes	5
3.2 Matéria-prima para produção de aguardente	7
3.2.1 Vagem da algarobeira	7
3.2.2 Cana-de-açúcar	10
3.3 Processo de produção da aguardente	11
3.4 Fermentação	11
3.5 Microrganismos que contaminam a fermentação alcoólica	13
3.6 Utilização de leveduras selecionadas na produção de aguardente	15
3.7 Técnicas de identificação de leveduras	18
3.8 Destilação	19
3.9 Envelhecimento	21
3.10 Secagem e termo tratamento da madeira para envelhecimento	23
3.11 Contaminantes e defeitos da aguardente	27
3.12 Análise sensorial da aguardente	31
4 - MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1 Produção do fermento de algaroba para aguardente	34
4.1.1 Caracterização físico-química da vagem de algarobeira	34
4.1.2 Seleção e liofilização da levedura do caldo da algaroba	34
4.1.2.1 Extração do caldo da vagem de algaroba e preparo do meio de cultivo para o crescimento das leveduras selvagens	35
4.1.2.2 Meio de cultivo, fases de propagação e isolamento de	35

leveduras	
4.1.2.3 Análise genética de identificação de leveduras da algaroba	36
4.1.2.4 Análises de viabilidade celular	37
4.2 Parâmetros da cinética de fermentação	37
4.2.1 Cálculo da produtividade	38
4.2.2 Eficiência bioquímica	38
4.2.3 Percentual de conversão	38
4.3 Processo de fabricação das aguardentes de algaroba	39
4.4 Efeito da velocidade de destilação e aeração na qualidade da aguardente	40
4.4.1 Influência da velocidade de destilação utilizando-se os parâmetros de vazão e temperatura do flegma e as mudanças físico-química dos congêneres da aguardente	41
4.4.2 Planejamento experimental para realização da aeração na aguardente de algaroba nova	42
4.5 Armazenamento e tosta dos barris	42
4.6 Análises físico-químicas da aguardente	44
4.7 Análise sensorial	44
4.8 Análise estatística	45
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 Caracterização físico-química das vagens e caldos antes e após extração	46
5.2 Seleção da levedura	50
5.2.1 Seleção e isolamento de linhagens de leveduras do caldo de algaroba	50
5.2.2 Identificação genética da levedura	51
5.3 Avaliação dos parâmetros da cinética de fermentação	53
5.4 Caracterização da aguardente bidestilada de algaroba	55
5.5 Planejamento experimental de verificação da influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre a qualidade da aguardente	58
5.5.1 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre a acidez volátil	59

5.5.2 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre os aldeídos	61
5.5.3 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre os ésteres	62
5.5.4 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre o teor alcoólico	63
5.5.5 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre o cobre	65
5.5.6 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre os álcoois superiores	66
5.5.7 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre a soma dos componentes secundários	68
5.6 Planejamento experimental para realização da aeração na aguardente bidestilada de algaroba	69
5.6.1 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre a acidez volátil	73
5.6.2 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre os aldeídos	74
5.6.3 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre os ésteres	75
5.6.4 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre o teor alcoólico	76
5.6.5 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre o cobre	78
5.6.6 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre os álcoois superiores	79
5.6.7 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre a soma dos	80

componentes secundários

5.7 Perfil físico-químico da aguardente bidestilada de algaroba armazenada no período de 6 meses nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho europeu tratados termicamente	82
5.7.1 Aguardente bidestilada de algaroba armazenada em barris de Algarobeira (<i>Prosopis juliflora</i> (SW) D.C.)	82
5.7.2 Aguardente bidestilada de algaroba armazenada em barris de Cerejeira	85
5.7.3 Aguardente bidestilada de algaroba armazenada em barris de Carvalho europeu	86
5.8 Influência dos tempos de tosta sobre as características físico-químicas da aguardente bidestilada de algaroba	88
5.8.1 Tosta 1	88
5.8.1.1 Teor alcoólico (Tosta 1)	88
5.8.1.2 Acidez volátil (Tosta 1)	89
5.8.1.3 Álcoois superiores (Tosta 1)	89
5.8.1.4 Aldeídos (Tosta 1)	90
5.8.1.5 Ésteres (Tosta 1)	91
5.8.1.6 Metanol (Tosta 1)	92
5.8.2 Tosta 2	92
5.8.2.1 Teor alcoólico (Tosta 2)	92
5.8.2.2 Acidez volátil (Tosta 2)	93
5.8.2.3 Álcoois superiores (Tosta 2)	94
5.8.2.4 Aldeídos (Tosta 2)	95
5.8.2.5 Ésteres (Tosta 2)	96
5.8.2.6 Metanol (Tosta 2)	97

5.8.2 Tosta 3	97
.8.3.1 Teor alcoólico (Tosta 3)	97
5.8.3.2 Acidez volátil (Tosta 3)	98
5.8.3.3 Álcoois superiores (Tosta 3)	99
5.8.3.4 Aldeídos (Tosta 3)	99
5.8.3.5 Ésteres (Tosta 3)	100
5.8.3.6 Metanol (Tosta 3)	101
5.9 Análise sensorial	102
6 – CONCLUSÕES	114
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Árvore da algarobeira (<i>Prosopis juliflora</i> (SW) D.C.).	7
Figura 3.2	Vagens de algaroba na planta.	9
Figura 3.3	Processo de fabricação de um barril de madeira	24
Figura 4.1	Fase de seleção e isolamento de leveduras do caldo de algaroba.	36
Figura 4.2	Inoculação e propagação de leveduras selecionadas	36
Figura 4.3	Despolpadeira	39
Figura 4.4	Barris tostadas	43
Figura 4.5	Ficha para avaliação sensorial da aguardente de algaroba	45
Figura 5.1	Aspecto microbiológico observado no microscópio e a formação de colônias de leveduras em placa de Petri isoladas do caldo de algaroba	51
Figura 5.2	Tipagem genética da levedura selecionada do caldo de algaroba	52
Figura 5.3	Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre a acidez volátil	60
Figura 5.4	Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os aldeídos	62
Figura 5.5	Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os ésteres	63
Figura 5.6	Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre o teor alcoólico	65
Figura 5.7	Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre o cobre	66
Figura 5.8	Diagrama de Pareto referente a influencia da vazão de destilação e temperatura do destilado nos congêneres de álcoois superiores	68
Figura 5.9	Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre a soma dos componentes secundários	69
Figura 5.10	Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre a acidez volátil	74

Figura 5.11	Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre os aldeídos	75
Figura 5.12	Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre os ésteres	76
Figura 5.13	Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre o teor alcoólico	77
Figura 5.14	Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre o cobre	79
Figura 5.15	Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre os álcoois superiores	80
Figura 5.16	Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre a soma dos componentes secundários	81
Figura 5.17	Teor alcoólico da aguardente com 1 minuto de queima nas madeiras de algarobeira, cerejeira e carvalho	88
Figura 5.18	Acidez volátil da aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	89
Figura 5.19	Álcoois superiores da aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	90
Figura 5.20	Aldeídos na aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	90
Figura 5.21	Ésteres na aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	91
Figura 5.22	Metanol na aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	92
Figura 5.23	Teor alcoólico na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	93
Figura 5.24	Acidez volátil na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	94
Figura 5.25	Álcoois superiores na aguardente com 2 minutos de queima, nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	95
Figura 5.26	Aldeídos na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	96

Figura 5.27	Ésteres na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	96
Figura 5.28	Metanol na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	97
Figura 5.29	Teor alcoólico na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	98
Figura 5.30	Acidez volátil na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	98
Figura 5.31	Álcoois superiores na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	99
Figura 5.32	Aldéidos na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	100
Figura 5.33	Ésteres na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	101
Figura 5.34	Metanol na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho	101
Figura 5.35	Perfil sensorial da aguardente mãe em triplicata	108
Figura 5.36	Perfil sensorial da aguardente de algaroba armazenada nas barricas de algarobeira com queima da aduela por 1, 2 e 3 minutos	109
Figura 5.37	Perfil sensorial da aguardente de algaroba armazenada nas barricas de carvalho com queima da aduela por 1, 2 e 3 minutos	109
Figura 5.38	Perfil sensorial da aguardente de algaroba armazenada nas barricas de cerejeira com queima da aduela por 1, 2 e 3 minutos	110
Figura 5.39	Perfil sensorial da aguardente mãe 1 e da aguardente de algaroba com aplicação de queima da aduela por 1 minuto nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira	111
Figura 5.40	Perfil sensorial da aguardente mãe 1 e da aguardente de algaroba com aplicação de queima da aduela por 2 minuto nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira	112

Figura 5.41 Perfil sensorial da aguardente mãe 1 e da aguardente de 112
algaroba com aplicação de queima da aduela por 3 minuto nas
barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Composição química da semente e da vagem da algarobeira	9
Tabela 3.2	Categorias de queima da madeira de tonéis para envelhecimento de bebidas	25
Tabela 4.1	Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ PC, para verificar a influência da velocidade de destilação na qualidade da aguardente	41
Tabela 4.2	Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ PC, para verificar a influência da aeração na qualidade da aguardente	42
Tabela 5.1	Composição físico-química das vagens de algarobeira coletadas nos municípios de Campina Grande e Serra Branca (Paraíba) e Afogados da Ingazeira (Pernambuco)	46
Tabela 5.2	Análise estatística dos parâmetros da composição físico-química das vagens de algaroba	47
Tabela 5.3	Composição das vagens antes e após ser realizada a prensagem	48
Tabela 5.4	Composição físico-química dos caldos na 1 e 2 prensagem	50
Tabela 5.5	Comportamento da linhagem de levedura isolada de vagem da algarobeira com duas outras <i>S. cerevisiae</i> no caldo de cana de açúcar	54
Tabela 5.6	Composição físico-química da aguardente bidestilada de algaroba proveniente da levedura selecionada desta pesquisa	55
Tabela 5.7	Resultados dos ensaios para verificação da influência da velocidade de destilação e da temperatura do destilado sobre a qualidade da aguardente	59
Tabela 5.8	Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre a acidez volátil	60
Tabela 5.9	Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os aldeídos	61
Tabela 5.10	Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os ésteres	63
Tabela 5.11	Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre o teor alcoólico	64
Tabela 5.12	Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre o	66

	cobre	
Tabela 5.13	Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os álcoois superiores	67
Tabela 5.14	Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre a soma dos componentes secundários	68
Tabela 5.15	Composição físico-química da aguardente bidestilada de algaroba proveniente da levedura selecionada	70
Tabela 5.16	Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ PC, para verificar a influência da aeração e do tempo de aplicação na qualidade da aguardente	72
Tabela 5.17	Efeito dos fatores vazão de aeração e do tempo de aplicação para a acidez volátil	73
Tabela 5.18	Efeito dos fatores vazão de aeração e do tempo de aplicação para os aldeídos	74
Tabela 5.19	Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para os ésteres	76
Tabela 5.20	Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para o teor alcoólico	77
Tabela 5.21	Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para a cobre	78
Tabela 5.22	Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para os álcoois superiores	80
Tabela 5.23	Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para a soma dos componentes secundários	81
Tabela 5.24	Perfil físico-químico da aguardente bidestilada de algaroba armazenada no barril de algarobeira	83
Tabela 5.25	Perfil físico-químico da aguardente bidestilada de algaroba armazenada no barril de cerejeira	85
Tabela 5.26	Perfil físico-químico da aguardente bidestilada de algaroba armazenada no barril de carvalho europeu	87
Tabela 5.27	Valores atribuídos para a aparência da aguardente bidestilada de	102

	algaroba e para as armazenada nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira	
Tabela 5.28	Valores atribuídos ao aroma da aguardente bidestilada de algaroba e as armazenada nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira	104
Tabela 5.29	Valores atribuídos ao sabor da aguardente bidestilada de algaroba e as armazenada nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira	105
Tabela 5.30	Valores atribuídos para a impressão global da aguardente bidestilada de algaroba e as armazenada nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira	106
Tabela 5.31	Coeficiente de concordância (CC) entre as médias dos atributos aparência, aroma, sabor e impressão global das aguardentes bidestiladas de algaroba (aguardente mãe) e as armazenadas nos barris de algarobeira, carvalho e cerejeira	107
Tabela 5.32	Análise de variância para aparência da aguardente bidestilada mãe e as armazenadas em barris de algarobeira, carvalho e cerejeira	113
Tabela 5.33	Análise de variância para o aroma da aguardente bidestilada mãe e as armazenadas em barris de algarobeira, carvalho e cerejeira	113
Tabela 5.34	Análise de variância para o sabor da aguardente bidestilada mãe e as armazenadas em barris de algarobeira, carvalho e cerejeira	113
Tabela 5.35	Análise de variância para a impressão global da aguardente bidestilada mãe e as armazenadas em barris de algarobeira, carvalho e cerejeira	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

a1 – Barrica de algarobeira com aplicação de termotratamento na superfície interna das aduelas com o tempo de 1 minuto

a2 – Barrica de algarobeira com aplicação de termotratamento na superfície interna das aduelas com o tempo de 2 minutos

a3 – Barrica de algarobeira com aplicação de termotratamento na superfície interna das aduelas com o tempo de 3 minutos

ADQ – Análise descritiva quantitativa

AR – Açúcares redutores

ART – Açúcares redutores totais

ATP – Trifosfato de adenosina

b1 – mãe*

b2 – mãe*

b3 – mãe*

C – conversão, %

c1 – Barrica de carvalho com aplicação de termotratamento na superfície interna das aduelas com o tempo de 1 minuto

c2 – Barrica de carvalho com aplicação de termotratamento na superfície interna das aduelas com o tempo de 2 minutos

c3 – Barrica de carvalho com aplicação de termotratamento na superfície interna das aduelas com o tempo de 3 minutos

ce1 – Barrica de cerejeira com aplicação de termotratamento na superfície interna das aduelas com o tempo de 1 minuto

ce2 – Barrica de cerejeira com aplicação de termotratamento na superfície interna das aduelas com o tempo de 2 minutos

ce3 – Barrica de cerejeira com aplicação de termotratamento na superfície interna das aduelas com o tempo de 3 minutos

CG – Cromatografia gasosa

CV – Coeficiente de variação

DL – Desgostei ligeiramente

DM – Desgostei muito

DM0 – Desgostei regularmente

DM1 – Desgostei muitíssimo
DMS – Desvio médio padrão
FB – Fibra bruta
f_d - fator de diluição
FID – Detector de ionização de chama
GI –Gostei ligeiramente
GM –Gostei muito
GM0 – Gostei regularmente
GM1 – Gostei muitíssimo
IFPE – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco
ITEP – Instituto de Tecnologia de Pernambuco
mãe* - Aguardente mãe armazenada por seis meses em botijão PET
MS – Matéria seca
MSD – Detector seletivo de massa
NGND – Indiferente
°GL - Graus GayLussac
PB – Proteína bruta
PCR – Reação da polimerase em cadeia
PET – Polietilenotereftalato
PIQs – Padrão de identidade e qualidade
SST – Sólidos solúveis totais (°Brix)
t – tempo, h
T- Temperatura (°C)
UFCG – Universidade Federal de Campina Grande
UFPB – Universidade Federal da Paraíba

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi produzir aguardente bidestilada de algaroba e armazená-la em três diferentes tipos de madeiras (algarobeira, carvalho e cerejeira) com aplicação de três níveis de tosta, exercido por diferentes tempos de queima, na superfície interna de cada barrica. Determinaram-se as características físico-químicas (teor de água, proteína, açúcares redutores, açúcares não redutores e açúcares totais, minerais, carboidratos e acidez total) das vagens de algaroba *in natura*, após a prensagem e do caldo da algaroba na primeira e na segunda extração. Do caldo da algaroba foi selecionada uma cepa de levedura, a qual foi isolada e analisada do ponto de vista genético, por meio da metodologia de amplificação de DNA por eletroforese usando-se como iniciador (GTG)₅ identificada como uma linhagem da *Saccharomyces cerevisiae*. Estudou-se a influência da velocidade de destilação e de aeração sobre os parâmetros físico-químicos, aplicando-se um planejamento fatorial 2² com três pontos centrais, na produção de aguardente bidestilada de algaroba. Utilizaram-se barricas de algarobeira, cerejeira e carvalho, com tempos de um, dois e três minutos de queima na superfície interna da aduela. Na vagem de algaroba foram encontrados valores de açúcares totais, proteínas e minerais, de 35,9, 8,46 e 7,8% respectivamente, o que comprova seu potencial para a produção de aguardente; uma extração foi conseguida a partir da vagem hidratada, com valores de 17,92, 15,36 e 2,56% de açúcares totais, açúcares não redutores e de açúcares redutores, respectivamente. Selecionou-se uma linhagem de levedura existente no seu caldo de algaroba caracterizada como sendo *Saccharomyces cerevisiae*. A aguardente bidestilada de algaroba se encontra dentro dos parâmetros físico-químicos analisados e exigidos pelo M.A.P.A (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) exceto quanto aos congêneres de álcoois superiores de 584,50 mg.100mL⁻¹ e soma dos componentes secundários de 627,29 mg.100mL⁻¹. Quanto ao contaminante carbamato de etila, foram registrados níveis abaixo de 50 µg.L⁻¹ quando se avaliou o efeito da velocidade de destilação e de 69,8 µg.L⁻¹ quando se utilizou a aeração, sendo esses valores inferiores aos 150 µg.L⁻¹ exigidos pela legislação. Dentre as aguardentes de algaroba submetidas a diferentes tipos de barricas estudadas (Algaroba, Carvalho e cerejeira) a de carvalho, submetida à queima da aduela por 2 minutos (c2) foi a que obteve melhor aceitação com valores de 74% para aparência, 76% para o aroma, 58% para o sabor e 64% para a impressão global.

Palavras-chave: *Prosopis juliflora*, tosta, aeração, destilação, fermentação

ABSTRACT

This study aimed to produce double-distilled spirits of algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) and store it in barrels made of three different types of wood (algarobeira', cherry tree and oak), subjected to three burning levels, during different times, on the inner surface of each cask. Physicochemical characteristics (water, protein, reducing, non-reducing, and total sugars, minerals, carbohydrates contents and as well as the total acidity) of the pod *in natura*, after pressing, and of the algaroba juice, in the first and second extractions, were determined. A yeast strain of the algaroba juice was selected, isolated and genetically analyzed through the DNA amplification by electrophoresis, using (GTG)₅ as a primer. The analyzed yeast was identified as a strain of *Saccharomyces cerevisiae*. The distillation speed and aeration influence on the physicochemical parameters of algaroba double-distilled spirit were analyzed, using a factorial design 2² with three central points. Casks of 'algarobeira', cherry tree and oak were used, subjected to one, two and three minutes of burning on the stave inner surface. Values of total sugars, proteins, and minerals of 35.9, 8.46 and 7.8%, respectively, were found in the algaroba pod, evidencing its potential in the production of spirit. An extraction was made from the hydrated pod, obtaining values of total, non-reducing, and reducing sugars of 17,92, 15,36 and 2,56%, respectively. A yeast strain of algaroba juice was selected and characterized as *Saccharomyces cerevisiae*. The double-distilled spirit made from algaroba is within the physicochemical parameters analyzed and required by the MAPA (Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply) except for the high congener of alcohols of 584.50 mg.100mL⁻¹ and the sum of the secondary components of 627.29 mg.100mL⁻¹. As for the contaminant ethyl carbamate, levels lower than 50 µg.L⁻¹ and equal to 69,8 µg.L⁻¹ were recorded by analyzing the effect of the distillation speed and aeration, respectively. These values are lower than 150 µg.L⁻¹, which is required by the legislation. The algaroba spirit stored in the oak barrel, of which stave was subjected to burning for 2 minutes (c2), had the best acceptance of appearance (74%), aroma (76%), taste (58%), and overall impression (64%).

Keywords: *Prosopis juliflora*, burning, aeration, distillation, fermentation

1 INTRODUÇÃO

Do Egito antigo têm-se as primeiras informações sobre a fermentação, cujos cidadãos inalavam, diretamente, do bico da chaleira, os vapores de líquidos fermentados, para tentar curar suas enfermidades. Entretanto, foram os gregos os primeiros a alcançar o processo de obtenção da “ácqua ardens”, conhecidos como água que pegava fogo ou aguardente. Nas mãos dos alquimistas, a bebida passa simbolicamente a ter propriedades medicinais e místicas, ganhando a denominação de “água da vida ou elixir da longevidade” (TRINDADE, 2006).

As bebidas alcoólicas são conhecidas desde a antiguidade, em que, cada nação tem sua bebida característica, preparada a partir de fontes próprias naturais de açúcares e amiláceos, tais como frutos, cana-de-açúcar, milho, trigo, arroz, batata, cevada, aveia, centeio, raízes e também folhas.

De acordo com a legislação brasileira, a bebida alcoólica é definida como produto refrescante, aperitivo ou estimulante destinado à ingestão humana no estado líquido, sem finalidade medicamentosa, exigindo que o produto destilado-retificado obtido de mosto fermentado, seja o álcool etílico (AQUARONE, 2001). Entre os tipos de bebidas alcoólicas, diversas são as classes de aguardente produzida e comercializadas como, por exemplo: aguardente de cana-de-açúcar (cachaça), pisco (uva), aguardente de frutas e tequila (agave).

A cachaça é uma bebida genuinamente brasileira que se vem destacando nos mercados interno e externo. A Instrução Normativa nº 13 estabelece os padrões de identidade e qualidade, pela legislação brasileira e determina que a cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% a 48% v/v, a 20 °C. Sendo obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g.L⁻¹ expressos em sacarose (BRASIL, 2005).

Um caminho não muito longínquo ao da cana-de-açúcar e cachaça, vem sendo estudado por diversos pesquisadores brasileiros, em especial no nordeste, com a possibilidade de extração e elaboração de diversos produtos de gêneros alimentícios e não alimentícios utilizando-se o fruto da algarobeira *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.

A algarobeira é uma planta xerófila, nativa de regiões áridas, indo do sudoeste americano até a patagônia, na Argentina, e a alguns desertos africanos (ARRUDA, 1994; SILVA, 1996). Seus frutos estão entre os alimentos mais antigos utilizados pelo homem

pré-histórico, no Novo Mundo. Até hoje constitui fonte de carboidratos e proteínas para muitos habitantes dos desertos do norte e sul do continente americano (HABIT, 1985).

Em cidades da região nordeste com baixos índices de desenvolvimento econômico e social, este fruto pode tornar-se ótima e nova perspectiva para os agricultores familiares com o objetivo de aproveitar ao máximo as possibilidades desta matéria-prima, na elaboração de produtos com alto valor agregado podendo destacar a fabricação da aguardente bidestilada de algaroba.

Segundo ALVES (2008) a algarobeira tem sido considerada um produto de reconhecido valor econômico, em praticamente todos os países da América do Sul, porém no Brasil suas aplicações ainda são bastante limitadas. Com o percentual médio de 45 % de sacarose e glicose na vagem, justifica seu aproveitamento como matéria-prima para os processos de fermentação e produção de aguardente (GOMES, 1991).

Tal como em frutos sacarinos, as vagens também carregam uma gama de microrganismos naturais de sua microrregião de produção, embora pouco exploradas em pesquisas. O uso de microrganismos na biotecnologia tem grande importância e interesse econômico em todo o mundo. Entre esses microrganismos a levedura *Saccharomyces cerevisiae* tem grande destaque nos processos fermentativos e muitas de suas cepas são especialmente exploradas e selecionadas para fermentação do pão, de cervejas, vinhos, queijos e para produção de álcool, glicerol e invertase (JAY, 2005; CARVALHO et al., 2006).

Assim como o suco da cana-de-açúcar, o caldo de algaroba contém todos esses componentes nutricionais, principalmente açúcares, que conduzem ao processo de fermentação natural. O aproveitamento do caldo de algaroba como meio de crescimento, despertou interesse devido à necessidade constante de se recorrer a pesquisa e ao desenvolvimento de novos produtos. Os microrganismos presentes neste meio podem ser selecionados e isolados através de técnicas microbiológicas adequadas.

As aguardentes devem, para se firmar no mercado, atender espontaneamente aos padrões de identidade e qualidade, sejam eles organolépticos ou físico-químicos exigidos pela legislação e ainda cobrir as exigências do cliente e do mercado consumidor. O aprimoramento da qualidade e da padronização da aguardente é essencial para que a bebida atenda aos padrões (MIRANDA et al., 2007).

Na elaboração de aguardente de qualidade devem-se levar em consideração os seguintes requisitos: características tecnológicas da matéria-prima utilizada, a levedura, que irá transformar os açúcares fermentescíveis em álcool etílico e congêneres, o

material de constituição do aparelho destilador e as variedades de barris usados para promover o amadurecimento do destilado.

Diante do mercado de bebida cada vez mais competitivo, o armazenamento em barris de madeira tem-se tornado uma prática comum entre os produtores. O envelhecimento é uma etapa do processo de produção da aguardente a qual pode ou não ser inserida durante a produção. Esta prática se tem tornado uma grande fonte para agregar valor ao produto visto que incorpora, à bebida, diversos compostos, oriundos da madeira, melhorando sensorialmente sua qualidade (ZACARONI, 2009).

O envelhecimento da aguardente é uma etapa fundamental, para a obtenção de um produto de qualidade, compatível com as exigências do mercado exterior como também para conquistar fatias importantes do nosso mercado interno, dado o significativo aumento do consumo de cachaças de qualidade (FARIA, et al., 2004).

Segundo PADOVAN et al. (2004) a redução do tempo de envelhecimento, pode representar alternativa válida, não só do ponto de vista da diminuição dos custos de produção, mas também como estímulo à adoção desse processo com vistas a incorporar à cachaça, características sensoriais de bebida envelhecida.

Além deste processo de seleção de uma linhagem especial que atenda aos requisitos necessários para a produção de uma bebida de alta qualidade, existem alguns contaminantes presentes no destilado que passaram a ter, definida e exigida, sua quantificação por legislação podendo destacar-se o carbamato de etila, acroleína, o chumbo, entre outros.

Neste contexto e como em outras bebidas de reconhecimento internacional, a aguardente de algaroba também deve passar por um processo de triagem da matéria-prima, seleção de leveduras, escolha de um tipo de destilador, maturação e envelhecimento em barris de madeira para estabelecer os próprios padrões de identidade e qualidade como destilado.

2 - OBJETIVOS

2.1 GERAIS

Produzir aguardente bidestilada de algaroba e estudar sua maturação em barris de madeira tratados termicamente.

2.2 ESPECÍFICOS

- Caracterizar a vagem de algaroba quanto aos parâmetros físico-químicos (teor de água, carboidratos, proteínas, minerais);
- Obter e caracterizar uma cepa de levedura a partir do caldo de algaroba;
- Estudar o processo de produção de aguardente de algaroba com três velocidades de destilação 0,100 L.min⁻¹, 085 L.min⁻¹, 070 L.min⁻¹ optando pela maior produção de ésteres em acetato de etila;
- Estudar o efeito da aplicação de três níveis de vazão de 2 L.mín⁻¹, 4 L.mín⁻¹ e 10 L.mín⁻¹ de ar nas aguardentes recém-destiladas verificando as principais mudanças químicas;
- Determinar as alterações físico-químicas (acidez volátil em ácido acético; ésteres em acetato de etila; aldeídos em aldeído acético; furfural, alcoois superiores, metanol, cobre, carbamato de etila, acroleína e soma dos componentes secundários) das aguardentes de algaroba bidestilada armazenadas pelo período de 6 meses em barris de Carvalho (*Quercus* sp.), Cerejeira (*Amburana cearensis*) e Algarobeira (*Prosopis juliflora*), confeccionados com a aplicação de 3 níveis de tosta 1 minuto, 2 minutos e 3 minutos;
- Avaliar, sensorialmente, quando ao sabor, aroma, textura e impressão global a aguardente armazenada em diferentes barris com diferentes níveis de tosta.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 História das aguardentes

Desde os antigos egípcios, caldeus, gregos e chineses, antes da era cristã, a destilação já era realizada. As primeiras menções sobre álcool na Europa datam do século XII. A produção de aguardente deve ter começado em vinícolas nas regiões produtoras de bebidas fermentadas, a partir de produtos amiláceos. Aparentemente, sua origem remonta ao século VII, quando Marcus Grecus teria destilado vinho tinto e condensado os vapores num elmo, denominado “alambikos” (PATARO et al., 2002).

Segundo BELTRAN (1996) a destilação foi uma das tecnologias desenvolvidas pelos alquimistas alexandrinos, cuja consideração se baseia nos estudos realizados sobre os textos produzidos na antiguidade, que chegaram à atualidade. A destilação também era utilizada em manufaturas como, por exemplo, na preparação de perfumes, arte para a qual os árabes muito contribuíram.

Além dos egípcios, os gregos também possuíam registro de como era produzida a aguardente, relatados no Tratado da Ciência pelo escritor Plínio, o velho, que viveu entre os anos de 23 e 79 DC. Com a utilização de um pedaço de lã conseguiu-se captar e condensar os vapores da resina de cedro no bico de uma chaleira, obtendo o que o se denominou de Al kuhu. Os árabes são considerados os descobridores dos equipamentos de destilação, semelhantes aos que conhecemos nos dias atuais (ALMEIDA, 2011).

Na Itália, o destilado de uva ficou conhecido como grappa; na Alemanha, o kirsch é o destilado da cereja; na Escócia e Irlanda, o destilado é produzido a partir da cevada sacarificada com a denominação de whisky; na Rússia, a vodka é o destilado do centeio; na China e ao Japão, o sakê do arroz, em Portugal, o destilado do bagaço de uva é denominado bagaceira (LIMA, 2001).

Na América do Sul os índios brasileiros já utilizavam bebidas alcoólicas, antes da chegada dos portugueses. Sabe-se que os ameríndios desconheciam o processo de destilação e que as bebidas por eles usadas eram produzidas por fermentação de mostos de caju, mandioca, banana da terra, milho, ananás, batata, jenipapo e mel de abelha. Tal processo foi utilizado na ativação ou iniciação do processo de fermentação consistindo, basicamente, na mastigação prévia dos frutos ou raízes usados como matéria-prima (CASCUDO, 1983; IHDE, 1984).

A história da cachaça no Brasil tem início no final do século XV e no início do século XVI, com a vinda dos portugueses e com o advento das primeiras plantações de cana-de-açúcar. Na Capitania de São Vicente, foi descoberto em certa ocasião, o "vinho" da cana-de-açúcar, conhecido como "garapa azeda da cana". Essa garapa vinha dos engenhos de rapadura e ficava ao relento, em cochos de madeira, onde fermentava com facilidade servindo apenas de alimento para os animais (VENTURINE FILHO, 2005).

Segundo o autor, este caldo azedo recebeu o nome cagaça passando então a ser fornecido aos escravos para que pudessem suportar melhor a pesada carga de trabalho nos canaviais. Como os portugueses já estavam com saudade da bagaceira e conheciam as técnicas de destilação, eles tiveram a ideia de destilar a cagaça, nascendo assim a cachaça.

A palavra "cachaça" apresenta uma controvérsia quanto à sua origem, pois foi atribuída primeiramente à pinga, que era utilizada para amaciar a carne de porco (cachaço, ou cachaça no feminino). Acredita-se, porém, que seja derivada da primeira fervura da cana-de-açúcar, a qual se eleva (alteia) e toma a forma de pescoço ou cachaço no tacho, além da própria palavra espanhola "cachaza". O fato é que a palavra cachaça praticamente não foi usada em nenhum outro país, existindo somente no Brasil para nomear a bebida destilada obtida do caldo da cana-de-açúcar (CUMBICA, 2008).

As características de qualidade, dentre elas sabor, aroma e cor, eram as mais variadas e algumas aguardentes de cana se destacavam por apresentar propriedades sensoriais peculiares resultantes de técnicas de fermentação, destilação e variedades da madeira na construção de toneis. Após o final da segunda guerra mundial ocorreu aumento da produção; foi quando surgiram as destilarias de maior porte e com elas a necessidade de conhecimentos técnicos e científicos, desde a cultura da cana-de-açúcar ao engarrafamento (LIMA, 1992). Até o início da década de 80, conceitos, credices e técnicas populares envolviam esta atividade de tal forma que cada alambique parecia produzir uma aguardente especial e diferente de todas as outras (SEBRAE, 2005).

Utilizando processos com melhores eficiências de extração a partir da vagem triturada e embebida a quente, SILVA (2002) desenvolveu um protótipo visando à fabricação de aguardente de algaroba. O desenvolvimento deste processo despertou interesse em outros pesquisadores na busca de novas investigações científicas, objetivando ampliar o leque de novos produtos derivados da algaroba.

3.2 Matéria-prima para produção de aguardente

STUPIELLO (1992) define qualidade da matéria-prima como o conjunto de características compatíveis com as exigências da indústria que devem atender a uma conjunção de parâmetros tecnológicos e microbiológicos que definam sua qualidade e exercem influência fundamental no processamento.

Dentre os fatores de qualidade da matéria-prima que influem no rendimento do processo de produção de aguardente, estão a variedade, o conteúdo de sólidos e de açúcares, o teor de impurezas e os fatores de estresse e deterioração, causados por atraso no processamento (CLARKE & LEGENDRE, 1999).

3.2.1 Vagem da algarobeira

A algarobeira é uma leguminosa arbórea, não oleaginosa, da família Mimosaceae. O gênero *Prosopis*, pertence à família Leguminosae, subfamília Mimosoideae, tem cerca de 44 espécies (Figura 3.1). São arbustos de tamanho médio ou árvores de grande porte, que podem atingir 20 metros de altura, com tronco de mais de um metro de diâmetro. Embora cresçam nas proximidades de água, diferentes espécies de *Prosopis* se desenvolvem em lugares secos, aos quais dificilmente outras plantas poderiam sobreviver. Podem tolerar e crescer com rapidez em solos salinos e em solos ácidos de baixa fertilidade (PERES & MORAES, 1991).



Fonte: SILVA (2007)

Figura 3.1 – Árvore da algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.)

De acordo com RIVEROS (1996), o gênero *Prosopis* tem-se tornado um dos recursos genéticos vegetais mais importantes, passíveis de oferecer alternativas e novas opções para o desenvolvimento das regiões áridas e semiáridas.

No nordeste brasileiro essa xerófita foi introduzida com a finalidade de ocupar as terras áridas e secas da região devido à sua rusticidade e por apresentar a importante característica de frutificar na época mais seca do ano. Com a demonstração da obtenção do destilado alcoólico do fermentado do caldo da vagem da algaroba, poderá proporcionar, aos moradores dessas regiões nova opção de renda com um produto de alto valor comercial (SILVA et al., 2003).

Conforme SILVA et al. (2002) a algaroba foi introduzida no Brasil há mais de 50 anos, sendo bem difundida no Nordeste, sobretudo por se constituir em uma das raras espécies capazes de possibilitar, aos animais e ao homem, subsídios necessários para driblar o fenômeno adverso e periódico da seca.

No Brasil sua produtividade média é de 9.000 kg.ha⁻¹ de vagem por ano, sendo a maior parte nas regiões secas do Nordeste, na qual se destaca o município de Soledade, PB (Fazenda Experimental de Pendência), podendo-se constatar o alto rendimento unitário, que é de 20 ton.ha⁻¹, para o pecuarista no semiárido (FIGUEIREDO, 1975). ZAKIA et al. (1989) citam produtividades de até 9,4 ton.ha⁻¹ano⁻¹ em algarobais de crescimento espontâneo, em várzeas do Rio Grande do Norte.

RIVEROS (1992) destaca que a produtividade pode variar de alguns quilos até 40 ton.ha⁻¹ e depende da disponibilidade hídrica para cada planta, fato comprovado posteriormente por ELFADL & LUUKKANEN (2003) quando avaliaram, no continente africano (Sudão) aumentos de até seis vezes a produtividade de algarobeiras sob irrigação.

Os indígenas sobremaneira na América Latina tinham, na algarobeira, um recurso natural significativo utilizando-a na preparação de farinhas, mel, aguardente, café, álcool, goma, curtição de couro (pelo seu elevado teor de tanino) e na tinturaria (GRADOS et al., 1994).

A espécie é utilizada para a produção de madeira, carvão vegetal, estacas, álcool, melação, alimentação animal e humana, apicultura, reflorestamento, ajardinamento e sombreamento tornando-se, por conseguinte, cultura de elevado valor econômico e social (VIEIRA et al., 1995).

Esta planta produz grande quantidade de vagens de excelente palatabilidade e boa digestibilidade, apresentando composição química variável, que está na dependência

do local onde é produzida (SILVA et al., 2003). Na vagem (Figura 3.2) a sacarose apresenta concentração de 29% dos açúcares totais (FIGUEIREDO, 1990).



Fonte: SILVA (2007)

Figura 3.2 – Vagens de algaroba na planta.

Na Tabela 3.1 se apresenta a composição centesimal da algaroba por vários autores. Verifica-se que as vagens inteiras se caracterizam por seu alto teor em carboidratos (açúcares e fibras) e as sementes pelo elevado teor em proteínas.

Tabela 3.1 – Composição química da semente e da vagem da algarobeira

Autores	Análises (g/100g)											
	Umidade		Cinzas		Proteínas		Extrato etéreo		Carboidratos		Fibras Totais	
	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V
FIGUEIREDO (1990)	-	-	4,4	4,3	36,3	5,6	5,7	4,9	53,6	75,2	-	-
SILVA et al., 1996	11,4	-	3,3	-	34,5	-	4,2	-	40,4	-	6,2	-
HOLMQUIST -DONQUIS & REY, 1997	-	-	-	4,2	-	14,5	-	3,2	-	59,6	-	44,1
MAHGOUB et al., 2005	-	9,3	-	4,0	-	12,0	-	2,6	-	-	-	-

S – sementes; V – vagem inteira; (-) - não analisado

SILVA et al. (2001) também encontraram, na vagem de algaroba, uma composição química variável de 25 a 28% de glicose, 11 a 17% de amido, 7 a 11% de proteínas e 14 a 20% de ácidos orgânicos, pectinas e demais substâncias.

3.2.2 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar constitui, sob os aspectos econômico e social, uma das principais culturas do país sendo utilizado desde o início da colonização, pelos portugueses com vista à produção de cachaça, açúcar e na alimentação animal. A partir da década de 1980 ela passou a ser empregada também na produção de álcool carburante (SILVEIRA et al., 2002).

Com uma área plantada de aproximadamente 6,6 milhões de hectares e produtividade média de 77,047 ton.ha⁻¹ tendo produzido, na safra 2007/2008, 658.181.799 de toneladas, nota-se uma ascensão de 19,2%, em relação à safra anterior, podendo-se afirmar que o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo (IBGE, 2008).

Segundo ANDRADE (2006) a cana-de-açúcar é uma gramínea tropical pertencente à classe das Monocotiledôneas, família Poaceae (Gramineae), gênero *Saccharum* e espécie *Saccharum spp.* O nome atual da espécie está relacionado ao fato de que todas as variedades de cana atualmente cultivadas em todo mundo, são destinadas a produção de açúcar, álcool, aguardente ou forragem. As principais espécies conhecidas têm sua origem na Oceania (Nova Guiné) e Ásia (Índia e China).

Existem diferenças de uma variedade para outra, porém isto não é fator limitante da qualidade, pois desde que a cana forneça o teor necessário de açúcar, todos os demais requisitos nutricionais das leveduras poderão, no momento da fermentação, ser suplementados pelo fabricante. Ao longo da história da cana-de-açúcar, esteve-se a necessidade de substituição contínua de variedades menos produtivas por outras mais ricas e produtivas (MAIA et al., 1994).

Em função das condições climáticas no Brasil têm-se duas épocas de colheita e moagem da cana-de-açúcar. No chamado Norte Açucareiro (Estados da Região Nordeste) a safra se inicia em agosto/setembro e vai até março/abril; no Sul Açucareiro (Estados produtores do centro-sul, incluindo Minas Gerais) a safra tem início em maio e se estende até novembro/dezembro. São essas, também, as principais épocas para

produção de aguardente já que nesse período a cana se apresenta madura, o que resulta em melhores rendimentos (ANDRADE, 2006).

Quanto mais madura estiver a cana mais o caldo será rico em açúcares. O teor de açúcares redutores nessa planta é de 1% e o de sacarose, em torno de 14%. Recomenda-se que não se faça a colheita dos talhões da matéria-prima com menos de 14% de açúcares ou 18 °Brix (LIMA, 2001).

De acordo com STUPIELLO (1987) a cana-de-açúcar possui, quando madura, a composição média de 10% fibras e 90% de caldo; neste último predominam de 70% a 90% (sólidos solúveis constituídos de sacarose); 65% a 80% de água; 2% a 4% de glicose e frutose; 3% a 5% de sais; 0,5% a 0,6% de proteína; 0,001% a 0,05% de amido; 0,05% a 0,15% de ceras e graxas e 3% a 5% de corantes.

3.3 Processo de produção da aguardente

As bebidas alcoólicas são classificadas em dois grupos: fermentadas e destiladas. Fermentadas são aquelas preparadas por fermentação e operações posteriores de clarificação e acabamento, dentre essas, se encontram o vinho obtido de uvas e outras frutas, os fermentados obtidos de grãos e de outras partes vegetais, os fermentados de seiva e os fermentados de mel. Destiladas são aquelas em que o mosto, após a fermentação, sofre algum processo de destilação (AQUARONE et al., 2001).

As bebidas alcoólicas fermento-destiladas se distinguem umas das outras pela presença de componentes secundários que irão formar um “buquê” característico de cada bebida. Esses componentes secundários se formam juntamente com o álcool etílico durante o processo de fermentação do mosto e mudam de caráter e proporção durante a destilação ocorrendo maturação posterior do produto (ALMEIDA & BARRETO, 1971).

3.4 Fermentação

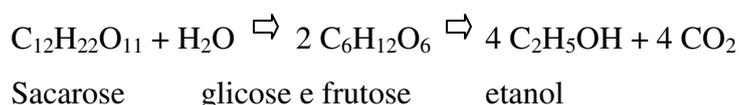
A fermentação é um processo espontâneo em razão da presença de microrganismos nos substratos. Por algum tempo foi considerado um processo metabólico exclusivo de microrganismo que, normalmente, ocorre na ausência de oxigênio. Além disto, é um processo no qual a fosforilação ocorre em nível de substrato. Segundo o autor, na biotecnologia o principal aspecto se refere a que produtos poderão ser obtidos a partir da fermentação (CADWELL, 1995).

No início da fermentação, quando o açúcar disponível para as leveduras é a sacarose, esta é quase imediatamente hidrolisada a glicose e frutose, pela ação da enzima invertase. A maioria das linhagens de leveduras é glicolítica, ou seja, fermenta a glicose em taxas mais rápidas que a frutose e outros monossacarídeos (SCHWAN & CASTRO, 2006).

Em sua maioria, os organismos fermentadores têm, em comum, o fato de metabolizar a fonte de carbono até o piruvato e, deste, sintetizar outros compostos orgânicos que retêm energia, tais como ácido lático (fermentação láctica), ácido acético (fermentação acética), etanol (fermentação alcoólica), ácido propiônico e outros (LEHNINGER, 1995).

O objetivo primordial da levedura, ao metabolizar anaerobicamente o açúcar, é gerar uma forma de energia (ATP trifosfato de adenosina) que será empregada na realização de diversos trabalhos fisiológicos e biossintéticos, necessários à manutenção da vida, ao crescimento e à multiplicação da espécie. O álcool etílico e o dióxido de carbono produzidos se constituem, tão somente, de produtos de excreção, sem utilidade metabólica para a célula em anaerobiose. O etanol e outros produtos de excreção podem ser oxidados metabolicamente gerando mais ATP e biomassa em condições de aerobiose (SCHWAN & CASTRO, 2006).

A fermentação é a segunda e principal etapa do processo de produção de aguardente. Nesta etapa o açúcar e outros compostos presentes no mosto são transformados em etanol, CO₂ e em outros produtos responsáveis pela qualidade e defeitos da bebida. As fermentações são conduzidas em recipientes próprios denominados dornas (JANZANTTI, 2004). Durante a fermentação alcoólica a sacarose é quebrada pela invertase (exoenzima) em glicose e frutose, produzindo 4 moléculas de etanol e 4 de CO₂.



A duração média de um processo fermentativo é de 24 horas. Em geral, a fermentação é conduzida pelo sistema convencional em batelada e consiste em se colocar o inoculo e todo o meio a ser fermentado na dorna de fermentação (PATARO et al., 2002).

NYKÄNEN (1986) verificou que mais de 1.300 compostos voláteis já foram identificados em bebidas alcoólicas. Apesar dessas informações, o sabor em um sistema complexo, tal como a cerveja, o vinho, o uísque, não pode ser inferido com base em análises; com poucas exceções, o sabor perceptível é resultante de uma combinação de vários componentes e não de um composto de impacto (COLE & NOBLE, 1995).

3.5 Microrganismos que contaminam a fermentação alcoólica

O inóculo natural (pé de cuba) é usualmente preparado, pelo método conhecido como fermento caipira, que consiste numa mistura de caldo de cana-de-açúcar não diluído, farelo de arroz, farinha de milho, ou soja, entre outros cereais, com adição de suco de limão ou laranja azeda para abaixar o pH. São feitas adições diárias de caldo de cana-de-açúcar (no período de cinco a sete dias) quando as leveduras estão se reproduzindo e o volume de massa celular está aumentando. Desta forma, o inóculo é obtido a partir da fermentação espontânea do caldo por microrganismos selvagens presentes no caldo da cana-de-açúcar, nos equipamentos e nas dornas de fermentação (LIMA, 1983; RIBEIRO, 2002).

Contudo, para se obter condições ótimas de crescimento da levedura, diversos fatores devem ser considerados. O pH ótimo para seu crescimento deve ser próximo a 4,5. Em relação às bactérias, estas são menos exigentes quanto à atividade de água; são mais resistentes à pressão osmótica, podendo crescer em altas concentrações de açúcar e sal, e requerem menores concentrações de nitrogênio. Além disto, e em função do comportamento anaeróbio facultativo, elas revelam uma capacidade de crescimento em valores reduzidos de potencial de oxirredução, oscilando entre 100 a 300mV (TORTORA et al., 2002; CARVALHO et al., 2006).

Na extração do caldo, muitos microrganismos são capazes de passar para a parte líquida formando a microbiota natural do mosto. Esta inoculação de microrganismo selvagem se dá por meio da matéria-prima, onde os microrganismos existentes estão no meio ambiente, nas superfícies de recipientes, utensílios e também de substratos utilizados para o preparo do inóculo ou pé-de-cuba (NOVAES et al., 1971; BOVI & MARQUES, 1983; YOKOYA, 1995; PEREIRA, 2006).

Leveduras fermentativas proporcionam características típicas em relação à tolerância às condições do meio durante todo o processo fermentativo, que vai desde a etapa do pé-de-cuba até o final da fermentação alcoólica. Nessas condições, esses

microrganismos são capazes de tolerar altas concentrações de açúcares, baixos valores de pH e altas concentrações de etanol (PATARO et al., 1998).

De acordo com GALLO & CANHOS (1991) o caldo de cana se constitui num ótimo substrato para o crescimento dos microrganismos face aos teores de nutrientes orgânicos e inorgânicos, alta quantidade de água, pH e temperatura favoráveis. Assim, uma ampla e variada microbiota bacteriana se encontra normalmente presente no mosto utilizado como matéria-prima para a produção de açúcar e álcool.

CABRINI & GALLO (1999) definiram levedura contaminante como qualquer levedura presente no processo fermentativo que não seja aquela selecionada para a condução da produção de álcool, que atua prejudicando e causando problemas operacionais, aumentando o tempo de fermentação.

Segundo MORAIS et al. (1997) verificou-se durante a multiplicação do fermento natural e no decorrer da fermentação para produção de aguardente de cana artesanal, varia de 12 a 48 horas, há uma sucessão de espécies de levedura, sendo a espécie predominante *S. cerevisiae*, *Candida sake*, *Kluyveromyces marxianus var. drosophilum* e leveduras apiculadas também são frequentes.

Na fermentação espontânea várias linhagens de *S. cerevisiae* competem entre si e com linhagens *não-Saccharomyces*. A capacidade de selecionar a linhagem da *S. cerevisiae* para dominar a fermentação depende, entretanto, de características de *não-Saccharomyces* e leveduras *Saccharomyces* presentes naturalmente na microbiota (LOPES et al., 2002).

Em geral, as leveduras utilizadas na fabricação de bebidas alcoólicas são linhagens de *S. cerevisiae*. Nas fermentações espontâneas um grande número de espécies pode estar envolvido, com predominância de *S. cerevisiae* (REED & NAGODAWITHANA, 1991; PATARO, 2000).

A espécie *Saccharomyces cerevisiae* se apresenta na natureza na forma oval ou esférica e, quanto ao padrão respiratório, é um anaeróbio facultativo, ou seja, tem a habilidade de se ajustar metabolicamente tanto em condições de aerobiose como de anaerobiose (ausência de oxigênio molecular). Os produtos finais da metabolização do açúcar irão depender das condições ambientais em que a levedura se encontra. Assim, enquanto uma porção do açúcar é transformada em biomassa, CO₂ e H₂O em aerobiose, a maior parte é convertida em etanol e CO₂ em anaerobiose, processo denominado fermentação alcoólica (TRABULSI & ALTERTHUM, 2004).

A presença de contaminantes na fermentação resulta em sérios prejuízos para as leveduras refletindo-se de modo direto sobre a produtividade e o rendimento do processo fermentativo. Em experimento visando à produção de álcool, constata-se maior formação de glicerol e de ácidos totais como resultado das contaminações ou desvios no metabolismo das leveduras, tal como queda no rendimento fermentativo (CAMOLEZ & MUTTON, 2005).

Segundo MAIA et al. (1993) entre as bactérias as espécies *Leuconostoc dextranicum*, *Leuconostoc mesenteroides* e *Streptococcus spp* se destacam como contaminantes da fermentação da aguardente de cana. Os microrganismos contaminantes da fermentação alcoólica com capacidade deteriorante, são restritos a poucos gêneros, o que se deve ao fato desse ambiente ser altamente seletivo permitindo o desenvolvimento apenas dos microrganismos resistentes a valores elevados de etanol e a pH baixo.

O grupo das bactérias lácticas é o mais frequentemente encontrado e adaptado às condições das dornas de fermentação das destilarias de álcool, sendo este o grupo, o que mais compromete o rendimento fermentativo por permanecer até o final do processo, interferindo no desempenho das leveduras (OLIVA NETO, 1990).

PATARO et al. (2002) mostraram que as populações de bactérias Gram negativas ocorrem em menor número e somente após 16 horas do início do processo fermentativo. As principais espécies identificadas foram: *Acetobacter aceti* (produtora de ácido acético), e espécies de *Aeromonas*, *Enterobacter* e *Serratia*.

3.6 Utilização de leveduras selecionadas na produção de aguardente

De acordo com MADIGAN et al. (2004) as leveduras são fungos unicelulares cuja a maioria foi classificada como ascomiceto. As células de levedura são geralmente esféricas, ovais ou cilíndricas. Reproduzem-se normalmente por brotamento ou fissão binária. São microrganismos anaeróbicos facultativos, capazes de metabolizar açúcares, produzindo dióxido de carbono e água, na presença de oxigênio. Em condições anaeróbicas, os açúcares são convertidos a etanol e dióxido de carbono (TORTORA et al., 2002).

As leveduras utilizadas na produção de bebidas alcoólicas devem apresentar as seguintes características: alta tolerância ao álcool e bom rendimento; fermentar rapidamente o meio e, portanto, minimizar o risco de contaminações; produzir a melhor concentração e balanço de compostos secundários desejáveis para a qualidade da bebida;

devem, ainda, apresentar estabilidade genética e, ao fim da fermentação, ser facilmente removidas do meio por floculação ou centrifugação (OLIVEIRA, 2001). A utilização de leveduras selecionadas tem sido pesquisada visando ao aumento da produtividade, vantagens tecnológicas e melhoria das características sensoriais da cachaça (PATARO et al., 2000; GUERRA et al., 2001).

O melhoramento dos atributos da aguardente e o aumento na eficiência do processo produtivo passam, necessariamente, pela seleção de uma ou mais linhagens de leveduras apropriadas, visto que a presença de diferentes linhagens e microrganismos contaminantes influencia negativamente o destilado, ao longo da safra e entre safras. Para tentar atenuar este problema, tem-se isolado da fermentação de cachaça linhagens de *S. cerevisiae* para serem utilizadas no preparo do fermento iniciador (PATARO et al., 2002).

NURGEL et al. (2002) encontraram, para a produção de vinho, que as utilizações de levedura comercial e selecionada da fermentação de vinho apresentaram maior capacidade fermentativa que a espontânea. Essas leveduras produziram maior quantidade de etanol, maior crescimento celular e também maior produção de compostos voláteis quando comparadas com a fermentação espontânea.

Diversos fatores afetam a ecologia microbiana da produção de vinho, inclusive a composição química do suco de uva e os processos de fermentação são os mais significativos; essa mistura das espécies e das linhagens diferentes existe a possibilidade das interações ocorrerem entre microrganismos individuais que determinarão, também, a ecologia final (FLEET, 2003).

ARRUDA (1994) por meio de pesquisa aplicada mostrou, pela primeira vez, simulação de processo de produção de etanol, em microescala, partindo do caldo extraído da vagem da algarobeira. Neste trabalho, foi comprovada a eficiência de fermentação na produção de álcool de algaroba, em que foi usado fermento selecionado comercial. O caldo é constituído de uma verdadeira fonte de microrganismos da qual podem ser extraídas bactérias e leveduras de interesse para a indústria (AGIDE, 1987).

O comportamento de diferentes leveduras, em função da concentração do açúcar e da diversidade de significância indicou, nos parâmetros, níveis considerados vantajosos ao usar as linhagens de levedura para tequila e outras bebidas, sugerindo que as pesquisas devem ser dirigidas para um programa de seleção das linhagens que possuam características apropriadas e desejáveis. Em particular, a seleção de linhagens específicas para a fermentação deve ser executada em função das características do

material bruto, a fim de tornar a vantagem principal da combinação de linhagens da fermentação substrato/levedura (ARRIZON et al., 2005).

SILVA et al. (2006) encontraram variações nos teores dos principais compostos secundários não resultando, porém, em diferenças perceptíveis em relação aos atributos de sabor e impressão global; entretanto, o propanol-1 apresentou correlação positiva com os atributos aroma, sabor e impressão global em quatro aguardentes de cana produzidas com quatro linhagens de leveduras *S. cerevisiae* isoladas de fermentações em fábricas de aguardente de cana de alambique, localizadas no estado de Minas Gerais.

Segundo ALVES (1994) a viabilidade celular é extremamente relevante para o desenvolvimento do processo fermentativo enquanto a tolerância da levedura ao produto da fermentação (etanol) é determinante na produção de álcool de fermentações em escala industrial.

Na produção de uísque, tal como em outras bebidas alcoólicas são utilizadas, para fermentação, leveduras específicas, como *S. cerevisiae*, enquanto o malte e outros cereais podem estar contaminados com grande variedade de organismos, leveduras e bactérias (WATSON, 1981).

O uso de fermentos secos para inocular está se transformando em prática comum na maioria de regiões produtoras de vinho. A inoculação de grande população de linhagens *S. cerevisiae* podia inibir o crescimento de outras linhagens de *Saccharomyces* e, também, espécie do não-*Saccharomyces*. Esta inoculação limita o crescimento de fermentos selvagens (SANTAMARIA et al., 2005).

De acordo com POZO-BAYÓN et al. (2003) os compostos voláteis podem ter maior influência na qualidade final dos vinhos. Com o progresso da tecnologia de bebidas, as linhagens de levedura foram sendo selecionadas segundo características desejáveis ao processo e ao produto.

Conforme VICENTE et al. (2006) a utilização de linhagens selecionadas com tais habilidades pode beneficiar a indústria brasileira da cachaça contribuindo para a redução dos custos de produção por menor tempo de fermentação e de separação mais fácil das células de leveduras do mosto fermentado no fim do processo de fermentação, aumentando os níveis dos compostos de sabor desejados na bebida.

3.7 Técnicas de identificação de leveduras

KERSTERS & DE LEY (1975) usaram com sucesso a eletroforese em geis de poliacrilamida de proteínas celulares, para a classificação e identificação de microrganismos.

Devido ao processo de propagação e à facilidade de manipulação por meio de técnicas da microbiologia, as leveduras podem ser selecionadas a partir de análises de tipagem genética usando marcadores moleculares para a devida confirmação do gênero e espécie (FERREIRA & CATAPÁGLIA, 1998). O crescimento a temperaturas elevadas em meios com altos teores de açúcares, a exigência de vitaminas, a susceptibilidade a certas substâncias inibitórias expostas no meio e a produção de determinados fatores metabólitos, são critérios usados na descrição e na classificação de leveduras.

Inúmeros trabalhos de pesquisa sobre seleção e identificação de novas linhagens provenientes de caldos naturais, têm sido desenvolvidos de forma a contribuir com os atuais sistemas de produção que usam processos de fermentação (SCAVUZZI, 2007).

Segundo KREGER (1994) uma população microbiana em condições naturais, contém muitas espécies de microrganismos. Com os recursos da microbiologia, torna-se possível selecionar, isolar, enumerar e identificar os microrganismos. As etapas seguintes tratam da sua classificação e caracterização. A ciência da taxonomia inclui a classificação (arranjo), a nomenclatura (nomes) e a identificação (descrição e caracterização) dos organismos vivos. A taxonomia é o meio pelo qual se chega ao sistema formal de organização, classificação e nomenclatura dos microrganismos.

De conformidade com KURTZMAN & FELL (1998) as metodologias aplicadas para a identificação de leveduras envolvem procedimentos, como o isolamento do ambiente natural, a determinação pelos métodos tradicionais, como os testes bioquímicos e fisiológicos, descrição e a comparação com organismos já conhecidos e, ocasionalmente, a avaliação de propriedades tecnológicas; obedecendo rigorosamente a protocolos padronizados, resulta na identificação da levedura.

Os métodos para a identificação de espécies de leveduras eram baseados nas análises fenotípicas, nos testes morfológicos, na assimilação de carboidratos e na fermentação de açúcares. Essas técnicas de identificação de levedura requerem 60 e 90 testes, levando de 2 a 4 semanas para sua conclusão. Assim, as análises de laboratório enfrentam dificuldades quando se tem um número elevado de leveduras isoladas (DEAK & BEUCHAT, 1993).

Diversos têm sido os trabalhos com a utilização de técnicas de biologia molecular nos estudos de microrganismos, principalmente leveduras. Dentre as técnicas utilizadas estão o RFLP (Random fragment length polimorfism) a PCR (Polymerase Chain Reaction) e o RAPD-PCR (Random amplified polimorfism DNA) (TOSTA, 2004).

A PCR, ou Reação da polimerase em cadeia, foi desenvolvida por Kary Mullis, em meados da década de 80, possibilitando um verdadeiro salto científico na área da biologia molecular, dada à sua rapidez, versatilidade e sensibilidade sendo que, atualmente, esta técnica possui, ainda, diversas derivações, como é o caso do Polimorfismo do DNA amplificado ao acaso ou RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA). A PCR consiste basicamente na amplificação de milhões de cópias de um trecho específico do DNA (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1998).

3.8 Destilação

A destilação é uma operação através da qual um líquido, por efeito de aquecimento, passa à fase gasosa e em seguida volta ao estado líquido, por meio de resfriamento. Quando se trata de uma única substância, o líquido destilado tem a mesma composição do líquido original; quando se trata da ocorrência conjunta de líquidos imiscíveis, o destilado encerra o líquido que tem ponto de ebulição mais baixo e no caso de líquidos perfeitamente miscíveis, os vapores destilados se compõem de uma mistura de vapores dos dois, com predominância daquele de maior volatilidade. Com uma série de destilações é possível separar os dois líquidos em estado de pureza, desde que não se forme mistura azeotrópica (LIMA, 2001).

De acordo com LIMA (2005) durante a destilação os compostos são separados de acordo com o ponto de ebulição característico de cada um. O destilado de cachaça é recolhido em três frações:

1. Cabeça: vapor condensado nos primeiros minutos da destilação correspondendo a 0,7 a 1% do volume total do vinho inicial. Esta fração contém produtos como metanol, acetaldeído, acetato de etila etc., mais voláteis do que o álcool, além de grau alcoólico acima de 65 °GL, devendo ser desprezada;
2. Coração: o álcool etílico, que apresenta ponto de ebulição de 78,5 °C, sai em grande quantidade. É a fração que será recolhida até que o teor alcoólico no tanque de recolhimento atinja o valor pré-estabelecido; em geral, 1,0-1,5 °GL acima do valor

pretendido para o engarrafamento. Nesta fração se concentram 80 a 90% do etanol contido no vinho. As moléculas das substâncias oleosas, como os álcoois superiores de três a cinco átomos de carbono presentes no vinho têm maior afinidade pelas moléculas de etanol (azeotrópicos) e saem ao longo de toda a destilação com perfil de concentração semelhante ao do próprio etanol. Esta é a fração que será comercializada.

3. Cauda: também chamada água fraca, pelo baixo teor alcoólico, apresenta um teor maior de produtos menos voláteis, como os ácidos acético e láctico, que só evaporam na fase final da destilação. Devido ao seu maior ponto de ebulição, esses estabelecem interações mais fortes com a água do que com o etanol, em que apenas 1% da acidez volátil do vinho é transferida para a cachaça.

DANTAS et al. (2007) verificaram, estudando a influência da velocidade aplicada no processo de destilação em três níveis, que os congêneres e contaminantes da aguardente não tiveram alterações significativas que pudessem inferir a maneira de condução da destilação como atributo de melhoramento na qualidade do destilado, em termos de aroma-sabor.

Segundo DIAS (2004) a destilação pode ser realizada em aparelhos descontínuos (destilação simples, através de alambiques) e em aparelhos contínuos (destilação sistemática, através de torres ou colunas de destilação). O desempenho desses aparelhos depende principalmente do desenho, da construção e das condições operacionais. Os aparelhos de destilação simples, os tradicionais alambiques, são construídos sobremaneira de cobre e os destiladores de colunas de aço inoxidável e cobre. O cobre é o metal de base para a fabricação de alambiques, em todos os constituintes: caldeira, capitel, tubo de condensação, serpentina e, em muitas vezes, a cuba de resfriamento.

O processo de aeração é um método bastante aplicado em pequenas destilarias de cachaça em que se faz circular a bebida recém-destilada, da base até o topo de um tonel, em forma de chuveiro, com o objetivo de reduzir os níveis de aldeídos que são componentes da fração cabeça do destilado, ou ainda, conhecido como um dos constituintes da ressaca ao aumentar os ésteres ou acetato de etila, o principal congêneres responsável pela qualidade aromática da aguardente (CARDOSO, 2006).

3.9 Envelhecimento

O envelhecimento em barris de madeira influi no aroma, sabor e na cor da aguardente, sendo etapa determinante para o desenvolvimento de sua qualidade sensorial. Durante o envelhecimento ocorrem inúmeras transformações incluindo as reações entre os compostos secundários provenientes da destilação, a extração direta de componentes da madeira, a decomposição de algumas macromoléculas da madeira (lignina, celulose e hemicelulose) e sua incorporação à bebida, além das reações de compostos da madeira com os componentes originais do destilado. (NISHIMURA & MATSUYAMA, 1989; SEGUR et al., 1990; MAIA, 1994).

Na produção da aguardente todas as etapas do preparo são determinantes contribuindo significativamente com o desenvolvimento dos aromas, mas as bebidas recém-destiladas possuem gosto picante e odor pungente, sendo necessário o processo de envelhecimento ou maturação em toneis de madeira, para tornar desejável seu aroma e paladar e também para desenvolver sua coloração típica (CARDELLO & FARIA, 1998). O whisky também possui sabor picante e odor pungente e desagradável, sendo o processo de envelhecimento ou maturação em toneis de carvalho, por determinado período, necessário para tornar seu aroma e sabor agradáveis (CLYNE et al., 1993).

Durante o envelhecimento ocorrem reações químicas que geram ácidos e aldeídos aromáticos, cor e leve decréscimo no teor alcoólico. A madeira dos toneis contribui, qualitativa e quantitativamente, com substâncias à bebida variando de acordo com o tipo de madeira e com as substâncias químicas nelas contidas, tornando a cachaça mais suave e agradável (ALCARDE et al., 2010) diferente do produto recém-destilado, que apresenta gosto ardente e seco (PADOVAN et al., 2004; CASTRO NETO et al., 2005).

São várias, no Brasil, no Brasil, as madeiras utilizadas na fabricação de barris para o armazenamento de aguardente; contudo, ainda existe grande carência de estudos sistemáticos para caracterização dos compostos extraídos de cada tipo de madeira durante o envelhecimento do destilado.

Ainda na etapa de envelhecimento são retirados e adicionados congêneres que agregam valor sensorial e, em contrapartida, financeiro ao destilado. Em função das peculiaridades existentes no processo de maturação, como: os aspectos da tanoaria (capacidade do recipiente, tipo de madeira, intensidade da sua queima, número de virtudes do tonel, etc.), os aspectos ambientais (temperatura e umidade) e o tempo de

guarda propriamente dito; um destilado pode ser detentor de características singulares que o valorize e o destaque em relação aos demais.

O carvalho é a principal madeira utilizada para o envelhecimento de bebidas. O carvalho branco americano (*Quercus alba*) e o carvalho europeu (*Quercus robur* e *Quercus petraea*) são tradicionalmente usados na manufatura de barris para envelhecimento de bebidas devido às suas propriedades de dureza, flexibilidade e impermeabilidade à água, bem como pela liberação de extrativos necessários à maturação de bebidas alcoólicas, conferindo cor e aroma suave à bebida (MIRANDA, 2005).

Para BOSCOLO et al. (1995) como o carvalho não é uma árvore nativa do Brasil, os tonéis fabricados com essa madeira são provenientes principalmente dos Estados Unidos e Escócia. A legislação dos EUA impõe que o whisky bourbon seja envelhecido em tonéis novos de carvalho, enquanto que a legislação escocesa não tem essa restrição.

Nosso país possui quantidade infindável de espécies de madeira com viabilidade de uso e que não podem ser desprezadas por apresentar uma ou outra característica que as tornem inutilizáveis. Todas as madeiras podem ser utilizadas para que se encontre uma composição de extratos capaz de promover qualidade de envelhecida à cachaça (CASIMIRO & CAMPOS, 2000).

Devido ao alto custo e às inúmeras reutilizações dos toneis de carvalho antes de serem utilizados na maturação de cachaça, um estudo sobre o efeito de diferentes tipos de madeiras brasileiras (amburana, bálsamo, jequitibá, ipê e jatobá) na composição química dessa bebida mostrou que a amburana foi a que mais se aproximou dos valores obtidos com toneis de carvalho (DIAS, 1997).

Quanto maior o grau alcoólico do destilado a ser envelhecido mais lento será a extração de taninos, de ácidos voláteis e de açúcares, visto que a degradação hidrolítica da madeira requer água (REAZIN, 1981).

Algumas substâncias podem ser consideradas referências no processo de envelhecimento. Durante a maturação de bebidas destiladas ocorre, normalmente, há diminuição do pH e das concentrações de álcool metílico e de álcool etílico enquanto há um aumento da acidez, da cor e das concentrações de acetato de etila, de aldeído acético, de acetona e dos compostos fenólicos (taninos) (CARDELLO & FARIA, 1997; SOUZA & DEL MASTRO, 2000).

A lignina, formada por monômeros aromáticos, tem estreita relação com o desenvolvimento de aroma e sabor nos destilados envelhecidos, porque liberam para a

bebida aldeídos aromáticos durante o período de maturação, porém apenas pequena fração da lignina é solúvel e, conseqüentemente, extraída durante o período de maturação (SINGLETON, 1995).

Quando a bebida é envelhecida em temperaturas mais elevadas e em recipientes menores, há maior extração e, em conseqüência, também maior concentração de componentes da madeira. Segundo TRINDADE (2006) bebidas envelhecidas em ambientes cuja temperatura varia de 9 a 15°C e a umidade relativa é próxima a 73%, apresentam aroma mais fino e agradável.

A temperatura de armazenamento e o tipo de tratamento sofrido pela madeira durante o processo de envelhecimento, geralmente reduzem o teor alcoólico da bebida. MAIA & CAMPELO (2006) mostram que essas perdas de etanol podem ser reduzidas durante o envelhecimento mantendo a temperatura da adega abaixo de 20°C e a umidade relativa do ar em torno de 85%; entretanto, ainda pode ocorrer perda de 1% ao ano. No Brasil são comuns perdas de álcool de 3 a 4% ao ano, seja pela qualidade dos toneis utilizados ou pela idade das madeiras em uso.

3.10 Secagem e tratamento térmico da madeira para envelhecimento

A secagem consiste em uma etapa de desidratação da madeira até que sua taxa de umidade se equilibre com a higrometria ambiente. Sem esta operação na tanoaria, o barril não possuirá condições de estancar os líquidos que nele serão armazenado. Em tanoaria, a secagem em estufa (artificial) é falha, pois transmite a bebida, caracteres gustativos e odorantes desagradáveis e, em geral, serve apenas como uma padronização do teor de água após a secagem de campo (CHATONNET, 1995).

De acordo com LEÃO (2006) a desidratação ao ar livre, por ser longa (geralmente não dura menos que 24 meses); é extremamente complexa e depende de variáveis como o clima (chuva, vento, sol, variações térmicas) manejo das pilhas e ainda de fatores biológicos (deposição de fungos e bactérias).

A lavagem da madeira pela água das chuvas durante a secagem permite a lixívia de alguns compostos hidrossolúveis como, por exemplo, dos elagitaninos e limita o aparecimento de fendas durante o processo de confecção dos toneis. Estudos demonstram que parte dos compostos é arrastada pela água das chuvas, durante seu estabelecimento no parque de secagem; esta lixiviação se situa, essencialmente, nos seis primeiros meses de secagem enquanto a madeira é verde e rica em água. Com o decorrer

do tempo e com a eventual redução na taxa de umidade, ocorre um aprisionamento dos compostos extrativos, por parte das fibras da madeira, em sua massa (LEÃO, 2006).

O carvalho possui, em seu estado recém-abatido, possui 65 a 75% de umidade. Após perder sua água livre durante o processo de secagem, suas dimensões mudam sendo que o volume é retraído. O teor de água médio da madeira utilizado para fabricação de barris, para a região de Bordeaux (França) é de 15%; nas regiões mais secas este teor cai para 12% e, em lugares de alta umidade relativa do ar, esses valores podem atingir 18% (VIVAS, 1993).

Na maturação a madeira sofre degradação pela ação do álcool e da água. Ocorre hidrólise da hemicelulose e da lignina, sendo que os produtos dessa hidrólise passam para o destilado (SHEREV & BRINK, 1980). A celulose parece não sofrer degradação pelo álcool, porém o tratamento do barril com fogo pode favorecer uma termólise da celulose e da hemicelulose, que se decompõem em açúcares, e que, por sua vez, podem ser desidratados e degradados pela alta temperatura, originando os furanos e piranos presentes nos destilados envelhecidos (SEFTON et al., 1990).

De acordo com REAZIN (1981) os barris empregados para o envelhecimento são termicamente tratados e durante o processo de envelhecimento, diversos compostos são extraídos da madeira, por influência da bebida interferindo, assim, nas características organolépticas do produto final. Portanto, para obter um produto de qualidade, parâmetros como a espécie da madeira, o tamanho, tratamento dos barris, condições ambientais e tempo de envelhecimento, devem ser observados, visto que irão influenciar nas interações entre a bebida e a madeira.

CAMPOS et al. (2004) avaliam as relações entre o tratamento térmico das madeiras (amburana e bálsamo) e as concentrações de fenólicos (ácidos vanílico e sirínico, siringaldeído, coniferaldeído e sinapaldeído) para o envelhecimento da cachaça e mostrou que cada madeira necessita de condições específicas durante o tratamento a fim de se obter uma extração mais efetiva dos compostos fenólicos presentes.

O calor é necessário para dar forma ao tonel; seu efeito gera uma flexibilidade às peças de madeira e permite que se curvem, originando sua forma típica para depois se efetuar a “cintragem” do barril, com cintas metálicas estando representado pela Figura 3.3. O processo de termo tratamento em tanoaria pode ser, então, dividido em duas etapas:



Fonte: MAUOSCAR (2012)

Figura 3.3 – Processo de fabricação de um barril de madeira

1. “Cintragem” das aduelas: ação do calor sobre as propriedades físicas e anatômicas da madeira por ocasião do processo de “curvagem” do tonel. O emprego do calor nessa fase do processo é destinado a possibilitar que aduelas se curvem. O barril pode ser “cintrado”, graças à presença de polímeros parentais termoplásticos: a lignina e as hemiceluloses (VIVAS, 1998).
2. Queima do tonel: A ação do calor sobre as propriedades químicas da madeira que implicam em significativas alterações sensoriais das bebidas. Este procedimento tem a função de dar, ao barril, sua forma definitiva, e degradar polímeros da madeira a fim de formar moléculas aromáticas através da quebra desses compostos, por pirolise e hidrotermolise (VIVAS, 1998; HUEZO, 2002).

Em função da duração e da temperatura que atinge o termo tratamento no tonel, pode-se classificar a queima aplicada ao barril em três categorias, abaixo relacionadas na Tabela 3.2. Existem diversas fontes de calor utilizadas durante este processo, que vão desde a mais antiga e tradicional – o braseiro – mas que também pode ser efetuada a gás, por resistência elétrica, vapor d’água e, até mesmo, por ondas infravermelhas (VIVAS, 1998).

Tabela 3.2 - Categorias de queima da madeira de toneis para envelhecimento de bebidas

Categorias de Queima no Barril		
Grau de Queima	Duração (minutos)	Temperatura (°C)
Queima Fraca	30	120-130
Queima Média	-M 35	160-170
	+M 40	180-190
Queima Forte	45	200-210

Fonte: VIVAS, 1998.

MIRANDA et al. (2006) indicaram que a irradiação da cachaça e do tonel não exercia influência sobre a composição dos componentes voláteis; no entanto, esses pesquisadores observaram alterações no teor de aldeídos, taninos e cobre e no parâmetro cor. A aceleração do processo de envelhecimento foi confirmada por meio da análise sensorial.

Além das alterações de cor, sabor, aroma e teor alcoólico, observou-se também, durante o processo de envelhecimento, um aumento no teor de extrato seco devido à extração dos compostos não-voláteis da madeira. A acidez volátil e a concentração de aldeídos também são acrescidas devido à oxidação do acetaldeído e do etanol. Outra reação que pode ocorrer é a esterificação dos álcoois e ácidos, produzindo ésteres e levando as bebidas envelhecidas a apresentar maiores concentrações dessas substâncias (MIRANDA et al., 2006).

Embora o Brasil possua, atualmente, várias espécies de madeira utilizadas para o envelhecimento, como amendoim (*Pterogyne nitens*), cerejeira (*Amburana cearensis*), cedro (*Cedrela fissilis*), jatobá (*Hymenaeae carbouril*), ipê (*Tabebuia* sp), freijó (*Cordia goeldiana*), garapa (*Apuleia leiocarpa*), bálsamo (*Myroxylon peruiferum*), vinhático amarelo (*Plathynemia foliosa*) e jequitibá (*Carinian legalis*) os barris de carvalho-europeu (*Quercus* sp) ainda predominam pois contemplam o maior número das propriedades citadas acima. No entanto, essa madeira é de difícil aquisição de vez que grande parte dos produtores reaproveita barris que anteriormente foram utilizados para o envelhecimento de uísque, conhaque, vinhos, entre outros. Outro entrave ao uso dos barris de carvalho é que não se encontram, no mercado, barris de distintas capacidades (MORI et al., 2003).

Uma das espécies que têm sido bastante estudadas quanto ao envelhecimento de aguardente de cana, é a *Amburana cearensis* A.C. Smith, pertencente à família Leguminosae Papilionoideae (Fabaceae) e popularmente conhecida como imburana-de-cheiro, cerejeira e cumaru (MAIA, 2004).

DIAS et al. (2002) observaram, buscando caracterizar bebidas armazenadas em barris de madeira brasileira (amburana, bálsamo, jequitibá, jatobá e ipê), comparada ao carvalho, que dentre as madeiras estudadas a amburana foi a que mais se aproximou dos valores obtidos em barris de carvalho, além de que a bebida adquiriu coloração avermelhada diferindo da coloração amarelo-dourado, obtido com o carvalho. Os compostos fenólicos predominantes em cada madeira foram siringaldeído e ácido elágico no jatobá; ácidos vanílico e siríngico e coniferaldeído no ipê; ácido vanílico e

gálico no jequitibá; siringaldeído, vanilina e ácido elágico no bálsamo; sinapaldeído e ácido vanílico na amburana e ácidos gálico e elágico no carvalho.

3.11 Contaminantes e defeitos da aguardente

CHERUBIN (1998) relata que a acidez de uma aguardente é de grande importância, constituindo um fator de qualidade, uma vez que durante sua produção os ácidos reagem com os álcoois presentes, aumentando a formação dos ésteres, que são um dos constituintes responsáveis pelo aroma (como visto anteriormente). O excesso de acidez promove sabor indesejado e ligeiramente “agressivo” em aguardente de cana, depreciando a qualidade da bebida.

MAIA (2005) descreve sobre a origem e os efeitos dos ácidos graxos de cadeia curta durante a fermentação, quando aerada, as leveduras ativam a produção de ácidos de cadeia longa, componentes membranares indispensáveis à reprodução celular. Com o esgotamento de oxigênio, a síntese é quase instantaneamente interrompida; neste momento, a célula pode conter ácidos com 4, 6, 8, 10 carbonos (referidos como ácido butírico, capróico, caprílico, cáprico). Esses ácidos são, então, secretados para o meio, como produtos secundários da propagação.

Os ésteres são produzidos durante a fermentação pelas leveduras e pela esterificação de ácidos graxos com etanol, sendo o acetato de etila o componente majoritário deste grupo e responsável pelo odor agradável das bebidas envelhecidas (LITCHEV, 1989; FARIA et al., 2003).

O metanol é um álcool particularmente indesejável na aguardente. É originado da degradação da pectina, um polissacarídeo presente na cana-de-açúcar. A molécula de pectina é um composto formado pela associação de centenas de moléculas de ácido galacturônico, que possuem fragmento de moléculas de metanol, as quais são liberadas durante o processo de fermentação. A formação de metanol é indesejável devido à sua alta toxidez. Deve-se evitar, portanto, uma fermentação conduzida na presença de frutas ricas em pectina, como laranja, maçã, abacaxi e outras, pelo fato de aumentarem acentuadamente a formação de etano (CARDOSO, 2006).

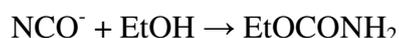
No organismo o metanol é oxidado a ácido fórmico e posteriormente a CO₂, provocando acidose grave (diminuição do pH sanguíneo), afetando o sistema respiratório e podendo levar ao coma e até mesmo à morte (MAIA et al., 1994).

CARDOSO et al. (2003) têm utilizado, na busca de soluções para controlar a contaminação do destilador por Cu^{+2} , destiladores de colunas de aço inox, alumínio e porcelana em estudos de aguardente de cana; entretanto, observou-se que a ausência de cobre metálico no destilador e nas colunas conduz a um defeito organoléptico no produto, o qual apresenta aroma típico de sulfetos.

SIEBALD et al. (2002) revelaram que a contaminação da aguardente brasileira por íons de cobre é ainda considerada um entrave à exportação da bebida. O íon cobre em excesso no organismo causa hemólises, vômito, irritação gastrointestinal, diarreia, convulsão e sérias disfunções hepáticas. Portanto, o excesso de cobre pode ser tóxico por causa da afinidade do metal com grupos S-H de muitas proteínas e enzimas, sendo associado a doenças como a epilepsia, melanoma e artrite reumatoide e à perda de paladar (SARGENTELLI, 1996).

As primeiras evidências da influência dos compostos sulfurados nas propriedades organolépticas das bebidas foram observadas em cervejas. Recentemente, estudos têm sido conduzidos em vinhos, uísques, runs e em aguardente de cana, sendo que o composto que se acredita ser o maior responsável pelo odor indesejável presente em bebidas alcoólicas, é o dimetilsulfeto (DMS) (NASCIMENTO, 1997; CARDOSO et al., 2004).

Quando o cobre é empregado na parte ascendente do fluxo, como ocorre nos alambiques, pode ocorrer uma complexação por íons cianeto, com a formação de compostos, tais como: CuCN e $\text{Cu}(\text{CN})_2$, conduzindo a formação de carbamato de etila, seguindo as etapas (ANDRADE SOBRINHO et al., 2002; ARESTA et al., 2001).



Existem várias vias para a formação de carbamato de etila nas bebidas destiladas, geralmente envolvendo a reação entre o etanol e os precursores nitrogenados, tais como ureia, fosfato de carbamila e cianeto. Este último é considerado, junto com íons de cobre, o principal precursor de carbamato de etila durante e após o processo de destilação (ARESTA et al., 2001).

Os aminoácidos e os polissacarídeos, as dextranas e os polifenóis podem participar do processo de formação de precipitados em bebidas fermentadas e destiladas, denominados flocos, que não são prejudiciais à saúde nem ao sabor, mas depreciam seu aspecto visual. Além disto, os aminoácidos são possíveis precursores do carbamato de etila, como no caso da arginina, cuja degradação pelas leveduras produz ornitina e ureia (POLASTRO et al., 2001).

O carbamato de etila ou uretana é um composto considerado potencialmente carcinogênico. No Brasil, sendo um dos maiores produtores de destilados alcoólicos do mundo, torna-se imprescindível o conhecimento dos níveis de ocorrência do carbamato de etila nos destilados e principalmente na cachaça pois, além dos aspectos ligados à saúde pública, sua presença em concentrações superiores a $150 \mu\text{g.L}^{-1}$ constitui uma barreira para a exportação para a Europa e América do Norte (ANDRADE SOBRINHO et al., 2002).

O carbamato de etila ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OCONH}_2$) ocorre na forma de um cristal colunar incolor, inodoro, de sabor salino refrescante e levemente amargo ou na forma de um pó branco granular. Possui ponto de ebulição alto, entre 182 e 184°C , é solúvel em água, etanol, éter etílico e clorofórmio (BRUNO, 2006).

Segundo MACKENZIE et al. (1990) a posterior formação do carbamato de etila em destilados foi observada primeiro em brandis de frutas e atribuída a reações induzidas pela luz envolvendo o cianeto de hidrogênio. Contudo, RIFFKIN et al. (1990), reforçaram primeiro utilizando pequenos alambiques experimentais, um deles totalmente em cobre, cuja formação do carbamato de etila em recém destilados só ocorria na presença de cobre numa reação tempo dependente, que se completa após cerca de 48 horas.

Como o carbamato de etila tem baixa volatilidade em soluções hidroalcoólicas, a contribuição do vinho para as quantidades presentes em bebidas destiladas não é significativa visto que, dificilmente, o carbamato de etila presente no vinho poderia destilar ou ser arrastado durante o processo de destilação. Por isso, os níveis de carbamato de etila nesses produtos foram associados a precursores nitrogenados que surgem durante a destilação (BRUNO, 2006).

Bruno et al. (2007) observaram ao estudar a influência do processo de destilação e da composição do destilador na formação de carbamato de etila em 26 aguardente de cana-de-açúcar, que existe relação entre a concentração do carbamato de etila, a geometria do destilador e o processo de destilação.

Diversos autores relatam, quanto à quantificação dessa substância em aguardentes de cana, que ANDRADE-SOBRINHO et al. (2002) obtiveram concentração média de 770 µg/L em 126 amostras comerciais analisadas. BARCELOS et al. (2007) obtiveram, trabalhando com diferentes aguardentes de cana do estado de Minas Gerais, níveis de carbamato de etila que variam de não-detectado a 643,5 µg/L, com apenas uma região não atendendo à legislação vigente (150 µg/L).

A acroleína, também conhecida como 2-propenal, é extremamente tóxica por todas as vias de administração e tem mostrado características mutagênicas, além de provocar a irritação no trato respiratório de animais e humanos. É formada durante o processo de fermentação por meio da desidratação do glicerol, podendo estar associada a bactérias termofermentativas (CARDOSO, 2006; AZEVÊDO et al., 2007).

Os álcoois superiores e a soma dos componentes voláteis ficaram fora dos padrões exigidos pela legislação. Fatores como lentidão em fermentação e aeração excessiva podem ter contribuído para a elevação desses níveis. Os álcoois superiores são álcoois com mais de dois átomos de carbono formado durante o processo oxidativo ou a partir do metabolismo dos aminoácidos, pelas leveduras (GALHIANE, 1989).

A natureza e a composição desses componentes voláteis dependem das características do material bruto, das cepas das leveduras, do processo de fermentação e da destilação (DATO et al., 2005).

VARGAS e GLÓRIA (1995), determinaram que 65% de 511 amostras de cachaças do estado de Minas Gerais, foram analisadas no período de 1989 a 1992 mas, não atenderam aos padrões estabelecidos na legislação nacional. Este percentual se manteve praticamente constantes, durante esses anos. Os parâmetros associados ao não atendimento aos padrões oficiais de identidade e qualidade da bebida foram cobre, acidez volátil, ésteres e álcoois superiores.

Os álcoois superiores são precursores importantes na formação de ésteres, os quais são associados ao aroma agradável. Isso pode ser produzido durante a fermentação alcoólica com conversão da cadeias de aminoácidos ramificada presente no meio (valina, leucina, isoleucina, tereonina e felanina) ou produção de novo substrato de açúcar (CLEMENT-JIMENEZ et al., 2005).

Um grupo de contaminantes que ainda nem tem definido os limites de segurança da saúde para o consumidor por legislação são os HPAs (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) compostos formados durante a combustão incompleta de material orgânico em elevadas temperaturas (KISHIKAWA et al., 2004; CAMARGO & TOLEDO, 2003).

Acredita-se que para sua formação estejam envolvidos dois processos distintos de reação: a pirólise e a pirossíntese (SIMONEIT, 2002). DILETTI et al. (2005) e TFOUNI (2005) afirmam que os HPAs são substâncias potencialmente carcinogênicas pertencentes à classe dos pró-carcinogênicos.

As bebidas alcoólicas, destiladas e fermentadas, podem sofrer contaminação por HPAs durante as etapas de produção, por meio da adição de caramelo (utilizado para a correção da coloração da bebida envelhecida) no produto final ou durante o período de maturação (GARCÍA FALCÓN & SIMAL GÁNDARA, 2005). No Brasil a legislação vigente determina que as águas destinadas ao consumo humano não tenham teor de benzo(a)pireno superior a $0,01 \mu\text{g.L}^{-1}$, não havendo limites para os demais alimentos (BRASIL, 1990).

3.12 Análise sensorial da aguardente

A análise sensorial é um exame utilizado para medir, analisar e interpretar o impacto que as características organolépticas dos alimentos, bebidas e materiais, produzem nos órgãos dos sentidos humanos e assim determinar como os produtos são percebidos. É um tipo de técnica importante para a avaliação da qualidade de produtos visto que não existe, ainda, um instrumento capaz de substituir os sentidos humanos na caracterização nem na avaliação de produtos na hora do consumo (JELLINEK, 1985).

Um consumidor pode facilmente perceber que duas bebidas são distintas, simplesmente provando-as, porém descrever as sensações percebidas no ato de consumir determinado produto e mesmo quantificá-las é uma tarefa mais trabalhosa (MAGNANI, 2009).

Considerando a cachaça, seu aroma e sabor característicos são derivados dos seus compostos secundários, produtos derivados principalmente da fermentação alcoólica que acompanham o destilado e, como todas as bebidas fermento-destiladas, são constituídos basicamente por álcoois, aldeídos, ácidos graxos e ésteres (FARIA et al., 2003).

De acordo com MAÇATELLI (2006) a análise química dos compostos presentes na cachaça não permite avaliar seus estímulos sensoriais, conforme são percebidos pelos consumidores. A determinação desses compostos é útil, sobretudo para entender o processo de fermentação e destilação, mas não permite avaliar sensorialmente a contribuição de cada composto ou suas ações sinérgicas na amostra.

Através da análise de aceitação e ADQ de marcas comerciais de cachaça, verifica-se que a cachaça mais aceita entre consumidores apresentou maior intensidade dos atributos gosto adocicado, aroma adocicado e ardência inicial, além de apresentar menor intensidade de gosto amargo, aroma irritante e ardência final; já para as cachaças menos aceitas observou-se maior intensidade dos atributos ardência final, aroma irritante e gosto amargo (JANZANTTI, 2004).

O mesmo autor relata que ao solicitar dos consumidores que informassem de que menos gostaram nas cachaças, os termos “agressividade”, “sabor forte alcoólico”, “gosto bem ardido”, “ardência”, “gosto ardido”, “gosto residual amargo”, “gosto amargo” e “gosto residual”, foram citados com grande frequência. Por outro lado, quando relatando o de que mais gostaram nas cachaças, os termos mais citados por eles, foram “sabor adocicado” e “sabor suave”.

A Identificação de substâncias químicas responsáveis pelo aroma de amostras de cachaça de alambique e de rum comercial tratada pelo processo de irradiação, por meio de análises instrumentais e sensoriais, afirmou haver forte correlação entre a concentração dos compostos voláteis analisados com a dose de radiação aplicada (0,150 e 300Gy), em todas as amostras. De acordo com os testes triangulares, apenas para aroma, todos os julgadores puderam distinguir nas amostras não irradiadas e irradiadas com 300 Gy, a cachaça envelhecida do rum e a cachaça não envelhecida do rum, porém, não foram observadas diferenças entre a cachaça não envelhecida e a envelhecida (SOUZA, 2006).

Considerando o processo de envelhecimento e apesar de identificadas muitas das reações químicas envolvidas nesta etapa, não há qualquer índice químico ou físico confiável para a medida dos compostos que assumem as características de aroma mais marcantes (PIGGOTT & CONNER, 1995). Por outro lado, uma técnica eficiente para determinar a intensidade dos principais descritores sensoriais de bebidas alcoólicas envelhecidas, como a cachaça, é a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).

A análise descritiva quantitativa (ADQ) é uma técnica de análise sensorial que proporciona uma descrição completa de todas as propriedades sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de um produto (STONE & SIDEL, 1993). Diversos são os trabalhos que utilizaram a análise descritiva quantitativa para a determinação do perfil sensorial de bebidas como: aguardente de cana e cachaça (CARDELLO; FARIA, 1998;

CARDELLO; FARIA, 2000; MARCELLINI, 2000; JANZANTTI, 2004; MORAES, 2004; YOKOTA, 2005; MAÇATELLI, 2006; SOUZA, 2006).

YOKOTA (2005) quantificou sensorialmente os atributos frequentemente percebidos pelos consumidores de 14 amostras de cachaça envelhecida por períodos entre 18 e 24 meses em tonéis de carvalho, amburana, jequitibá e angelim e determinou o número mínimo de julgadores treinados que possibilitasse uma avaliação sensorial descritiva confiável. Realizou Análise Descritiva Quantitativa das 14 amostras de cachaça envelhecidas e utilizou 13 atributos sensoriais para a caracterização do perfil das bebidas: aroma alcoólico, aroma de madeira, aroma de baunilha, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor alcoólico inicial, sabor alcoólico residual, sabor de madeira inicial, sabor de madeira residual, adstringência, coloração amarela e viscosidade.

A aplicação de técnicas de análise multivariada, tais como análise de fatores, análise de cluster, análises discriminantes, análise de componentes principais e análise por variáveis canônicas, para a redução de dados e problemas de classificação em análise sensorial tem sido de interesse em muitos trabalhos (ENNIS, 1988; POWERS, 1988; RENCHER, 2002; YOKOTA, 2005; CARNEIRO, 2005).

SILVA et al., 2010, desenvolveram uma nova metodologia para interpretação de dados para análise sensorial de alimentos, introduzindo um fator que medisse o índice de concordância dos provadores sobre determinado aspecto analisado, permitindo mais comparações e sendo mais indicada que a ACP .

A cromatografia em fase gasosa – olfatométrica (CG-O) também conhecida como sniffing, quantifica o impacto de compostos odorantes em alimentos usando o nariz humano como detector. O nariz humano é em geral, mais sensível do que qualquer detector instrumental e a olfatométrica é considerada ferramenta poderosa para a medida de qualquer composto odorífero (POLLIEN et al., 1997).

Os métodos de GC-O desenvolvidos até hoje podem ser classificados em três categorias; métodos de diluição, métodos de intensidade e métodos de frequência de detecção. Devido à variabilidade da sensibilidade do olfato humano, métodos que utilizam diferentes avaliadores são requeridos para a confiabilidade do resultado cujos princípios psicofísicos carecem ser aplicados para interpretação dos dados (FALCÃO, 2007).

4 – MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos – Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba e no Laboratório de Tecnologia de Bebidas do Instituto Federal de Pernambuco – Campus Afogados da Ingazeira – PE.

4.1 Produção do fermento de algaroba destinado à produção da aguardente

No Laboratório de Tecnologia de Alimentos – Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba foi desenvolvido o processo de seleção e isolamento do fermento de algaroba a partir das leveduras selvagens presentes no caldo e em seguida sua produção em processos fermentativos.

4.1.1 Caracterização físico-química da vagem da algarobeira

Os frutos da algarobeira, *Prosopis juliflora* (S.W.) D.C, foram coletados nas cidades de Serra Branca, Afogados da Ingazeira e Campina Grande. A colheita foi realizada nos meses de novembro e março de 2011 e as análises de caracterização das vagens quanto ao teor de água, foram determinadas pelo processo gravimétrico usando-se uma estufa a 105 °C com circulação forçada de ar, até peso constante, enquanto a proteína bruta foi calculada com base no nitrogênio total dosado por volumetria de acordo com o método Micro Kjeldhal descrito na metodologia oficial da AOAC (2008).

A fibra bruta foi determinada por processo gravimétrico após hidrólise ácida e alcalina da amostra de algaroba.

Os lipídios foram determinados por meio da extração com éter de petróleo em aparelho extrator tipo “Soxhlet” conforme metodologia descrita pela AOAC (2008).

Para o resíduo mineral fixo (cinzas), açúcares redutores e açúcares totais, foram usados os procedimentos analíticos conforme metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005).

4.1.2 Seleção e liofilização da levedura do caldo da algaroba

A levedura utilizada nesta pesquisa foi selecionada e isolada do próprio caldo de algaroba. Com a obtenção de uma linhagem pura de levedura, foram caracterizadas e

identificadas geneticamente, seu gênero e espécie. O critério de escolha foi aplicado para as linhagens identificadas como *S. cerevisiae*.

4.1.2.1 Extração do caldo da vagem de algaroba e preparo do meio de cultivo para o crescimento das leveduras selvagens

Depois de selecionada e fragmentada, a vagem foi embebida em água a 40 °C por 30 minutos, em seguida prensada com o objetivo de extrair o caldo das vagens de algaroba. O °Brix do meio foi determinado em refratômetro de bancada Abbe AR1000S.

O meio de cultivo foi preparado a partir do caldo de algaroba diluído, partindo-se de um volume de dois litros com °Brix inicial igual a 7, medindo por meio de um refratômetro Abbe AR1000S. Utilizou-se um sistema composto por um compressor de aquário da marca AIR PUMP AC-1000 com capacidade de vazão de 1,2 litros de ar por minuto, filtro de ar, mangueira de silicone e pedra porosa, que auxiliaram a promover a aeração no meio de cultivo e consequente proliferação da microbiota selvagem. Ao final de cada 24 horas era adicionado um xarope de algaroba. Por meio da evaporação, o caldo foi concentrando até 70 °Brix a uma temperatura de 90 °C. O xarope obtido possui açúcares redutores e sacarose não cristalizada diluída a uma concentração de 10 °Brix; este ciclo foi encerrado quando se alcançou massa celular suficiente para a etapa de isolamento das leveduras.

4.1.2.2 Meio de cultivo, fases de propagação e isolamento de leveduras

Os meios sintéticos ou artificiais utilizados para o isolamento foram preparados em tubos e placas a partir de meio completo, conforme se segue: peptona, 10 g; extrato de levedura, 10 g; K₂HPO₄, 0,5 g; dextrose, 20 g; agar, 20 g; água destilada 1.000 mL e com correção de pH para 4,5; em seguida, realizou-se a esterilização do meio a 121 °C, por 15 minutos em autoclave.

Esses meios foram utilizados para promover a propagação e o isolamento das leveduras presentes na massa celular, conforme relatado no subitem 4.1.2.1. Foi utilizada a técnica das diluições sequenciais por transferência de 1 mL das células crescidas para 9 mL de meio, visando à obtenção de colônias isoladas e puras de leveduras, conforme visualizado na Figura 4.1.

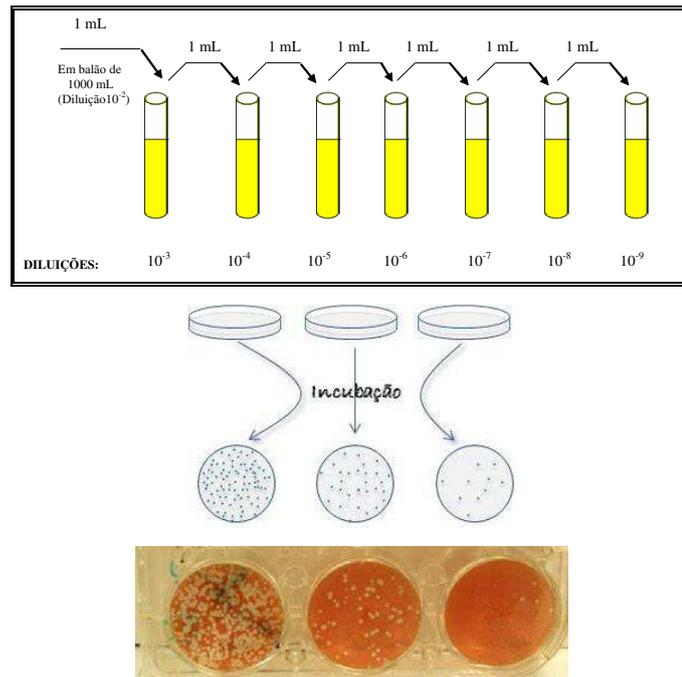


Figura 4.1 - Fase de seleção e isolamento de leveduras do caldo de algaroba

Com o auxílio de uma alça de platina, as células de levedura foram transferidas dos tubos de ensaios com maior diluição, para as placas de Petri e incubadas durante 48 h em estufa de cultura bacteriológica 410ND da marca Nova Ética, a 28 °C, para promover o desenvolvimento das unidades formadoras de colônias. A partir de uma unidade formadora de colônia pura, identificada como as características morfológicas da *S. cerevisiae*, foi realizada a repicagem para um tubo de ensaio e conduzida sua multiplicação para obtenção da massa celular suficiente para a identificação genética e para a produção de aguardente; na Figura 4.2 se encontra ilustrada a fase de multiplicação das leveduras selecionada da algaroba.

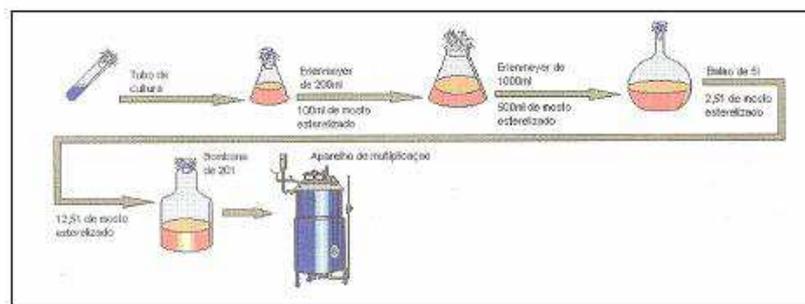


Figura 4.2 – Inoculação e propagação de leveduras selecionadas

4.1.2.3 Análise genética de identificação de leveduras da algaroba

As culturas mantidas em estoque sob refrigeração a - 4 °C, foram analisadas, do

ponto de vista genético, por meio da metodologia de amplificação de DNA por eletroforese, usando-se como iniciador (GTG)₅ segundo SCAVUZZI (2007).

4.1.2.4 Análises de viabilidade celular

O crescimento microbiano foi quantificado em câmara de Neubauer segundo metodologia recomendada por LOPES (2005).

Foram realizados testes de pureza microbiana no fermento, por meio de análise qualitativa, com o objetivo de se observar a estabilidade da cultura em relação à presença de microrganismos contaminantes.

A viabilidade celular foi determinada utilizando-se o azul de metileno em uma câmara de Neubauer, sendo viáveis as que não absorveram o corante e inviáveis aquelas que o absorveram, ou seja, estarão mortas aquelas que apresentarem coloração azul (REINA, 2003).

O resultado da contagem é expresso em número de células por mililitro de acordo com a população quantificada a partir da Equação 1:

$$N = \frac{n \cdot f_d \cdot 1000}{0,004} \quad (1)$$

em que,

N - n° de células.mL⁻¹

n - média do número de células

f_d - fator de diluição

4.2 Parâmetros da cinética de fermentação

Para verificar o desempenho da nova linhagem selecionada *S. cerevisiae* do caldo de algaroba, efetuou-se um ensaio fermentativo em condições similares ao aplicado na indústria de aguardente, utilizando caldo de cana com condições pré-definidas de concentração de sólidos solúveis a 15 °Brix, e confrontando com outras duas cepas *S. cerevisiae*, uma da marca Fleischmann e outra CA11 específica produção de cachaça.

A cinética de fermentação foi conduzida seguindo-se da padronização do inóculo com concentração inicial de 10⁸ células.mL⁻¹ para as três cepas. Em recipientes de vidro com capacidade para 2,5 litros foram colocados 2000 mL de mosto que fermentaram em condições ambientais, sem agitação e aeração. Foram realizadas coletas de amostras de

60 mL nos tempos 0, 24 e 48 horas.

Os parâmetros investigados para cada ensaio da cinética de fermentação foram; produtividade, rendimento do produto e percentual de conversão.

4.2.1 Cálculo da produtividade

Para saber a quantidade de álcool produzido em um determinado tempo, em hora, foi utilizada a Equação 2.

$$P = \frac{Ce}{t} \quad (2)$$

em que:

P – Produtividade, $\text{gL}^{-1}\text{h}^{-1}$

Ce - concentração de etanol, gL^{-1}

t - tempo de fermentação, h

4.2.2 Eficiência bioquímica

Para determinar a conversão do substrato (açúcar) do fermentado em produto (etanol) foi utilizado a Equação 3.

$$Y_{p/s} = \frac{(Cex / S_0 - S)}{0,6474} \times 100 \quad (3)$$

em que:

$Y_{p/s}$ - Rendimento adimensional

S - concentração final de substrato, gL^{-1}

S_0 - concentração inicial de substrato, gL^{-1}

Cex - concentração de etanol experimental (gL^{-1})

4.2.3 Percentual de conversão

O percentual de conversão no fermentado para produção do etanol antes da destilação, foi calculado pela Equação 4.

$$C = \frac{Cex}{S_0 \cdot 0,511} \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

C – conversão, %

C_{ex} - concentração de etanol experimental

S_0 - concentração inicial de substrato (ART)

0,511 – fator de conversão de açúcar em álcool

4.3 Processo de fabricação das aguardentes de algaroba

O sistema de processamento das vagens de algarobeira para obtenção do destilado alcoólico da algaroba obedeceu às seguintes etapas; colheita, seleção, pesagem, quebra, prensagem, preparo do mosto e fermentação, de acordo com a metodologia descrita por SILVA (2002).

Inicialmente, foi realizada a colheita das vagens de algaroba nas cidades citadas anteriormente, nos estados da Paraíba e Pernambuco. Sequencialmente, foi realizada uma seleção manual das vagens de algaroba excluindo-se as que apresentavam infestações por pragas, danos mecânicos, mofos, palhas e atrofiamento, em seguida, as vagens foram partidas utilizando-se uma despoldadeira, conforme a Figura 4.3, pois, em testes preliminares se constatou ser a melhor maneira de se obter pedaços uniformes e com tamanhos de aproximadamente 2 cm de comprimento e ainda com velocidade superior à da quebra manual.

Para obtenção do caldo de algaroba o material, após sair da despoldadeira, foi embebido com água na temperatura de aproximadamente 70 °C por 30 minutos; em seguida, submetido a prensagem em uma prensa hidráulica manual com capacidade máxima de pressão de 15 toneladas aplicando-se uma pressão de 4 toneladas para facilitar a extração dos açúcares, conforme método de extração descrito por SILVA (2002). A proporção utilizada foi de 1:1,5 (1 kg de vagem de algaroba para 1,5 kg de água).



Foto: Hermeval Jales Dantas

Figura 4.3 – Despoldadeira

A hidratação das vagens ocorreu em duas etapas. A primeira foi realizada com o produto “in natura”; já na segunda etapa, o resíduo obtido da primeira prensagem foi embebido novamente com água (proporção de 1:1) e submetido a uma nova prensagem, para extrair mais açúcar existente aumentando, assim, a eficiência da extração.

Após a prensagem da vagem e a filtração do material, o caldo obtido, denominado mosto, passou por uma diluição com a finalidade de se ajustar ao parâmetro exigido de concentração de sólidos solúveis, para fermentação. A fermentação foi realizada em dornas de aço inoxidável inoculando-se, no interior de cada dorna, a levedura oriunda do processo de seleção do próprio caldo de algaroba.

Após a fermentação o vinho foi conduzido para um alambique que possui capitel e caldeira de cobre, possuindo uma capacidade útil de 18 litros de fermentado. Realizou-se a primeira destilação sem cortes, ou seja, capturando todo o destilado, não havendo separação das frações do flegma, denominando-se aguardente monodestilada.

Em continuação, a aguardente monodestilada retornou à caldeira do alambique para se efetuar uma nova destilação, onde, quando então foram separados as frações de cabeça, o coração e a calda. A este processo se denomina bidestilação, culminando na obtenção da aguardente bidestilada de algaroba que, especificamente, engloba apenas a fração de coração do destilado.

A aguardente obtida nesta etapa foi denominada “aguardente mãe” e destinada para o armazenamento em botijão PET (Polietilenotereftalato) com capacidade de 10 litros e barris termicamente tratados mantidos por período de seis meses; a aguardente mãe passa, neste período a ter a denominação de “mãe*”. Foram coletadas amostras no tempo zero e seis meses de armazenamento e realizadas as análises físico-químicas, conforme descrito no item 4.6.

4.4 Efeito da velocidade de destilação e aeração na qualidade da aguardente

Foram aplicados dois planejamentos experimentais distintos, um foi para verificação da influência da velocidade de destilação sobre a qualidade da aguardente e o outro sobre a importância da aplicação da aeração na qualidade da bebida.

4.4.1 Influência da velocidade de destilação utilizando-se os parâmetros de vazão e temperatura do flegma e as mudanças físico-química dos congêneres da aguardente

Foram testadas três velocidades de destilação predefinidas de acordo com os ensaios realizados no alambique, quando foram conseguidas vazões de flegma de 0,070, 0,085 e 0,10 L.min⁻¹ conforme regulagem da vazão de gás no queimador. Na destilação a vazão da flegma foi acompanhada utilizando-se uma proveta graduada de 1 litro e um cronômetro digital (DANTAS et al., 2007).

Com o objetivo de se obter amostras mais representativas e uniformes, realizou-se a fermentação com caldo a 17 °Brix e volume de aproximadamente 240 litros em uma dorna de aço inoxidável com capacidade de 500 litros. A destilação foi realizada em alambique de cobre com caldeira de capacidade útil de 32 litros. Foram colocados, na caldeira, 32 litros de fermentado e em seguida acendido o queimador a fogo brando com o objetivo de obter um aquecimento uniforme na caldeira e, conseqüentemente, no vinho até início do gotejamento da flegma foram abertos os circuitos de refrigeração do deflegmador e condensador.

Quanto à obtenção do destilado, foram separados no início de cada ensaio, 350 mL de flegma podendo considerá-lo a fração de cabeça; em seguida, continuou-se a destilação até chegar ao ponto e corte da fração de coração que foi fixado quando a concentração alcoólica atingisse 38% v/v da flegma. Nesta ocasião o volume de destilado acumulado registrado foi de 4 litros do corpo; desta forma se retirou, do coração 0,5 litro para se proceder às análises físico-químicas do destilado, conforme item 4.6.

Na matriz experimental foram fixados, dois números de níveis, um nível inferior (-), um superior (+) e um ponto central (0) que é a média algébrica dos níveis inferior e superior; na Tabela 4.1 se encontra o planejamento experimental.

Tabela 4.1 – Matriz de planejamento experimental 2² + 3 PC para verificar a influência da velocidade de destilação na qualidade da aguardente

Ensaio	vazão do destilado (L.min ⁻¹)	temperatura (°C)
1	-1(0,070)	-1(25)
2	+1(0,100)	-1(25)
3	-1(0,070)	+1(45)
4	+1(0,100)	+1(45)
5	0(0,085)	0(35)
6	0(0,085)	0(35)
7	0(0,085)	0(35)

Uma matriz de planejamento fatorial foi estabelecida para reduzir o número de ensaios, destinados, à verificação da influência da aplicação da aeração sobre a qualidade da aguardente; utilizaram-se compressores de ar normalmente usados em aquários, mangueira e pedra porosa, para promover uma distribuição melhor do ar, no interior do destilado. Utilizou-se o volume de 2,0 litros de aguardente bidestilada de coração para cada ensaio, em recipiente de vidro com capacidade de 2,5 litros. Após a aplicação da aeração foi coletado 0,5 litro de amostras para a realização das análises físico-químicas e sensoriais.

4.4.2 Planejamento experimental para a realização da aeração na aguardente de algaroba nova

Na Tabela 4.2 está representado o planejamento experimental para verificar a influência da aeração na qualidade da aguardente de algaroba.

Tabela 4.2 – Matriz de planejamento experimental $2^2 + 3$ PC, para verificar a influência da aeração na qualidade da aguardente

Ensaio	vazão de ar (L.min ⁻¹)	tempo (h)
1	-1(2,0)	-1(2)
2	+1(10,0)	-1(2)
3	-1(2,0)	+1(6)
4	+1(10,0)	+1(6)
5	0(6,0)	0(4)
6	0(6,0)	0(4)
7	0(6,0)	0(4)

4.5 Armazenamento e tosta dos barris

A aguardente foi armazenada durante o período de seis meses, em três tipos de barril em duplicata, carvalho (*Quercus sp.*) com capacidade máxima de quatro litros, amburana (*Amburana cearensis*) com capacidade máxima de sete litros e algarobeira (*Prosopis juliflora*) com capacidade máxima de sete litros; em todos os barris foram colocados cinco litros de aguardente de algaroba bidestilada, menos no de carvalho que utilizou-se sua capacidade máxima de 4 litros.

A aplicação dos níveis e tempos de tosta foi conduzida da seguinte forma: utilizou-se um maçarico com três tempos de queima, os quais foram de um minuto, dois

e três minutos, com a aplicação da chama diretamente na superfície interna da madeira de cada barril. Na Figura 4.4 estão apresentados os barris, antes e após a aplicação da queima.

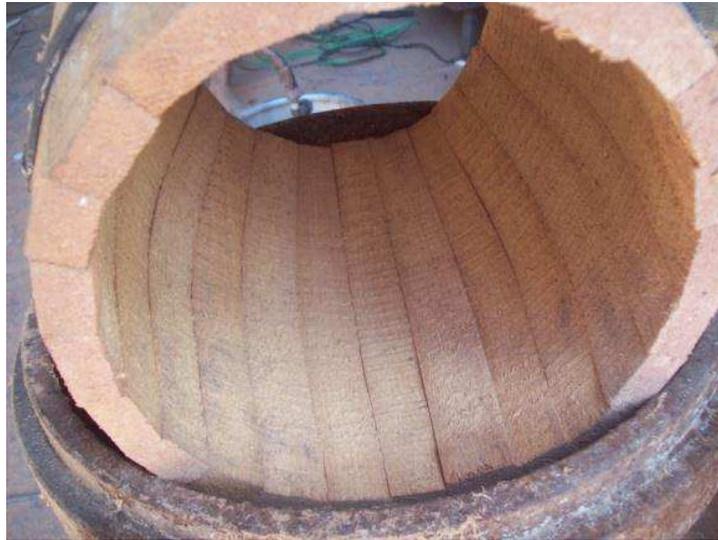


Figura 4.4 – Barris tostados

Foto: Hermeval Jales Dantas

Antes de colocar a aguardente nos barris foi realizada uma análise de caracterização físico-química da aguardente, conforme a descrição no subitem 4.6. Esta caracterização físico-química também foi realizada no sexto mês, tal como sua análise sensorial, descrita no subitem 4.7.

4.6 Análises físico-químicas da aguardente

Realizaram-se, no Laboratório de Toxicologia do ITEP, todas as análises exigidas pela Instrução Normativa nº. 13 de 29 de junho de 2005, do Ministério da Agricultura. Por esta instrução devem ser analisados as aguardentes e os parâmetros: acidez volátil em ácido acético; ésteres em acetato de etila; aldeídos em aldeído acético; furfural, álcoois superiores, metanol, cobre, carbamato de etila, acroleína e soma dos componentes secundários.

A determinação dos contaminantes orgânicos e álcoois superiores foi realizada por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-FID). O carbamato de etila foi realizado também por cromatografia gasosa com detector seletivo de massas (CG-MSD) e o teor alcoólico foi analisado por decímetro eletrônico (ANTO PAAR), e a acidez por volumetria de neutralização. O cobre foi quantificado por espectrofotometria de absorção atômica, com forno de grafite.

4.7 Análise sensorial

Para a realização da análise sensorial fez-se o recrutamento de 50 (cinquenta) provadores, por meio de uma ficha cadastral e de um termo de consentimento para que estudantes e servidores se tornassem voluntários visando participar no processo de avaliação da aguardente bidestilada de algaroba maturada em barris termicamente tratados conforme apresentado na Figura 4.5.

Na análise sensorial das aguardentes maturadas nos barris termicamente tratados foi aplicado o teste em escala Hedônica de 9 pontos para avaliação de preferência para os atributos: aparência, aroma, sabor e impressão global, onde foram utilizadas as expressões desgostei muitíssimo e gostei muitíssimo nas extremidades conforme a Figura 4.5.

PROVADOR: _____ IDADE _____

DATA: ____ / ____ / ____

Código: _____

Você está recebendo quatro amostras de aguardente bidestilada de algaroba armazenada em diferentes barris. Por favor, observe, aspire e prove cada amostra e avalie cuidadosamente os atributos: **aparência, aroma, sabor e impressão global**. Utilize a escala abaixo para demonstrar o quanto você **gostou** ou **desgostou**.

- 1 – Desgostei muitíssimo
- 2 – Desgostei muito
- 3 – Desgostei regularmente
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 5 – Indiferente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 7 – Gostei regularmente
- 8 – Gostei muito
- 9 – Gostei muitíssimo

Códigos	Aparência	Aroma	Sabor	Impressão Global

Comentários: _____

Figura 4.5 – Ficha para avaliação sensorial da aguardente bidestilada de algaroba e a sua armazenagem nos diferentes barricas.

4.8 Análise estatística

Os dados experimentais obtidos na análise sensorial foram analisados estatisticamente com o uso do programa computacional Consensor 1.1 (SILVA et al., 2010).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização físico-química das vagens e caldos antes e após extração

Na Tabela 5.1 estão dispostos os resultados da composição físico-química das vagens de algarobeira dos municípios pesquisados.

Tabela 5.1 - Composição físico-química das vagens de algarobeira coletadas nos municípios de Campina Grande, Serra Branca (Paraíba) e Afogados da Ingazeira (Pernambuco)

Parâmetros	Campina Grande	Serra Branca	Afogados da Ingazeira
Teor de água	16,97333 ± 0,068a	14,70000 ± 0,052b	13,07000 ± 0,062c
Proteínas	8,46000 ± 0,026b	7,50333 ± 0,020c	9,67000 ± 0,043a
Lipídeos	1,32667 ± 0,029ab	1,41333 ± 0,065a	1,23000 ± 0,05b
Acidez total	1,01000 ± 0,01b	1,06000 ± 0,01a	1,02000 ± 0,01b
Minerais	3,08667 ± 0,032a	2,69000 ± 0,07b	3,1333 ± 0,015a
Fibra bruta	7,80667 ± 0,035c	9,71333 ± 0,035a	8,17667 ± 0,0057b
Açúcares redutores	2,62333 ± 0,025b	2,32667 ± 0,025c	2,78333 ± 0,028a
Açúcares não redutores	33,30333 ± 0,068a	30,08000 ± 0,081b	25,59000 ± 0,186c
Açúcares totais	35,92667 ± 0,046a	32,43667 ± 0,030b	28,47333 ± 0,047c
Carboidratos	70,15334 ± 0,025c	73,69334 ± 0,075a	73,01000 ± 0,08b
Valor calórico total	326,39330 ± 0,21c	337,50670 ± 0,655b	341,79000 ± 0,500a

** significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo a nível de 5% de probabilidade ($0,01 < p < 0,05$)

ns não significativo ($p > 0,05$)

Os percentuais seguidos das letras a, b, e c, representam as variações correspondentes à análise estatística de cada parâmetro da vagem. Nota-se que as vagens obtidas nas cidades de Campina Grande e Afogadas da Ingazeira têm maiores percentuais de proteínas e minerais, e estão bem além da necessidade, conjuntamente com os açúcares fundamentais, para o sucesso do desenvolvimento dos processos fermentativos. Percebe-se também que o Teor de água, Proteína, Fibra bruta, Açúcares redutores, Açúcares não redutores, Açúcares totais, Carboidratos e Valor calórico total apresentam diferenças significativas em função da coleta nas diferentes localidades.

Com relação aos açúcares totais, fica evidente que existem, em todas as amostras, diferenças estatísticas significativas em nível de 1% de probabilidade, sendo as vagens adquiridas em Campina Grande as que apresentaram maior valor de açúcares totais, de 35,92%. Outros pesquisadores encontraram valores bem superiores a esses, tais como SILVA (2009) com 41,57% em Campina Grande e 46,69% em Picuí, demonstrando uma variação deste componente em período e locais diferentes. Outros estudos confirmam essas variações na composição das vagens, pois foram encontrados valores de açúcares totais de 41,30% por ALVES (2008) e 44,07%, SOARES (2006).

Na Tabela 5.2 estão apresentados os resultados da análise estatística aplicada aos valores encontrados nas análises físico-químicas quando usado o teste de Tukey em nível de 5% e 1% de probabilidade.

Tabela 5.2 - Análise estatística dos parâmetros da composição físico-química das vagens de algaroba

Parâmetros	Teste F	DMS	CV
Teor de água	3052,1853**	0,15401	0,41
Proteínas	3498,0110**	0,07968	0,37
Lipídeos	10,0044*	0,12584	3,80
Acidez total	21,0000**	0,02506	0,97
Minerais	65,0108 **	0,11360	1,55
Fibra bruta	3680,1733**	0,07233	0,34
Açúcares redutores	230,1111 **	0,06629	1,03
Açúcares não redutores	2921,4470**	0,31106	0,42
Açúcares totais	23615,1761**	0,10532	0,13
Carboidratos	2486,0548 **	0,16346	0,09
Valor calórico total	782,0470 **	1,23329	0,15

** significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a nível de 5% de probabilidade ($0,01 < p < 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$)

Percebe-se que o parâmetro lipídeos foi o único que apresentou diferença estatística significativa em nível de 5% de probabilidade ($0,01 < p < 0,05$) entre as cidades em que foram adquiridas as vagens. Todos os outros parâmetros analisados diferem estatisticamente em nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo teste Tukey, demonstrando a singularidade da matéria-prima, de acordo com sua origem.

SILVA (2009) encontrou valores de lipídeos de 2,94% na (cidade de Patos – PB) bem superiores a todos os encontrados neste trabalho que pode ser atribuída a um quantitativo maior de sementes presentes nas vagens. ALVES (2008) ao determinar as características físico-químicas das vagens de algaroba em cidades paraibanas encontrou resultados semelhantes concluindo haver diferenças significativas entre as amostras em função do local e do período de coleta, porém as mesmas podem ser aplicadas como substrato para fermentações e usadas para a seleção de cepas de leveduras.

Para promover a retirada dos açúcares e nutrientes oriundos das vagens de algaroba, diversos processos foram testados. A utilização de uma prensa hidráulica por acionamento manual ou automática, podendo ser considerada uma alternativa de sucesso e viável para sua extração, conforme estudos realizados por SILVA (2009) e ALVES (2008).

De acordo com SILVA (2009) ao aplicar pressão média de 477,20 kgf.cm⁻² chegou-se ao rendimento médio em caldo de 71,93% com percentual médio de sólidos solúveis totais de 20,87%, faixa na qual se obtém os melhores rendimentos na fermentação alcoólica com caldo de algaroba; desta forma, adotou-se esta configuração para se realizar os ensaios visando à extração do suco da vagem.

Estão apresentados na Tabela 5.3, a composição físico-química da vagem *in natura* e após a segunda prensagem, que foi a última aplicada. Percebe-se que depois da segunda prensagem os parâmetros proteínas e minerais, ainda ficam dispostos nas vagens, em um quantitativo, correspondente a praticamente metade destes componentes. Ou seja, 50,54% das proteínas e 45,13% dos minerais permanecem na torta de algaroba e não foi repassado para o caldo de algaroba, o que qualifica e torna possível o aproveitamento deste resíduo para elaboração de produtos alimentícios e rações.

Tabela 5.3 – Composição das vagens antes e após ser realizada a prensagem

Componentes	vagem (<i>in natura</i>)	resíduo prensagem
Teor de água (%)	11,49 ± 0,135	41,52 ± 0,280
Minerais totais (%)	2,26 ± 0,138	1,02 ± 0,115
Proteínas totais (%)	7,40 ± 0,081	3,74 ± 0,241
Açúcares redutores (%)	2,82 ± 0,026	0,72 ± 0,023
Açúcares não redutores (%)	28,81 ± 0,079	2,10 ± 0,058
Açúcares totais (%)	31,63 ± 0,07	2,83 ± 0,036
Fibra Bruta (%)	11,45 ± 0,03	15,67 ± 0,110

Mais concretamente constata-se que após a prensagem o teor de proteínas constante no resíduo foi de 3,74% que pode ser aproveitado para outras finalidades. Outros pesquisadores envolvidos em projetos que culminaram com as potencialidades de uso deste fruto, como alimento encontraram, em vagens maduras, valores inferiores, como FIGUEIREDO (1990) quando obteve 5,58% de proteína e superiores com valores de proteína de 9% e 14,56%, respectivamente, obtidos por SILVA et al. (2007) e HOLMQUIST-DONQUIS e REY (1997).

UCHOA et al. (2008) realizaram a caracterização de resíduos de frutos tropicais tais, como caju (1,16% e 1,78%), goiaba (1,16% e 2,14%) e maracujá (0,96% e 2,52%) com vista à sua utilização para elaboração de pós alimentícios e encontraram, em todos, percentagem de proteínas e minerais inferiores quando comparadas às quantificadas no resíduo das vagens de algaroba neste trabalho.

Diversos estudos têm sido realizados no sentido de aproveitamento dos resíduos industriais do processamento de alimentos visando à redução do impacto ambiental e ao desenvolvimento de tecnologias que agreguem valor aos produtos obtidos (KOBORI e JORGE, 2005; LAUFENBERG et al., 2003; PELIZER et al., 2007). Em se tratando de resíduos processados e transformados em pós, decorrentes da produção da aguardente de algaroba, em várias oportunidades foram realizadas pesquisas que comprovaram a possibilidade do seu aproveitamento em produtos farináceos e panificáveis, conforme SILVA (2009).

Pode-se notar, ainda, na Tabela 5.3, que a fibra bruta, após a segunda extração, foi de 15,67%, significando que este subproduto é uma fonte riquíssima deste componente que pode servir na elaboração de cereais. SILVA et. al. (2007) encontraram ao estudar a caracterização da farinha da vagem de algaroba, valores de 7,5% de fibra alimentar.

Para FREITAS e MORETTI (2006) a tendência de consumir mais alimentos saudáveis no lugar de doces e guloseimas demasiadamente processadas, tem angariado espaço para o desenvolvimento de produtos com ingredientes funcionais, tais como os cereais.

Estudos relatam que o consumo de fibra alimentar pode reduzir risco de doenças nas populações, destacando-se a prevenção de doenças cardiovasculares e gastrointestinais, câncer de cólon, hiperlipidemias, diabetes, obesidade, constipação intestinal e hemorroidas, entre outras (CHAU e HUANG, 2004).

Em relação ao processo de extração de açúcares totais, não redutores e redutores, foram extraídos, respectivamente 91,05%, 92,71% e 74,47%, dos valores originais. BORGES (2004) obteve, nas vagens de algaroba, valores superiores aos deste trabalho, para açúcares totais de 42,1%, dos quais 3,04% eram de açúcares redutores e 39,1 % açúcares não-redutores.

Na Tabela 5.4 estão os valores da composição físico-química dos caldos das vagens de algaroba das 1^a e 2^a prensagens.

Tabela 5.4 – Composição físico-química dos caldos de algaroba nas 1^a e 2^a prensagens

Componentes	1 ^a Prensagem	2 ^a Prensagem
Proteínas totais (%)	1,13 ± 0,113	0,44 ± 0,049
Açúcares redutores (%)	1,56 ± 0,040	1,00 ± 0,015
Açúcares não redutores (%)	11,84 ± 0,062	3,52 ± 0,045
Açúcares totais (%)	13,40 ± 0,025	4,52 ± 0,030
Minerais totais (%)	0,71 ± 0,021	0,24 ± 0,006
Cloretos em NaCl (mg/100g)	170 ± 0,006	60 ± 0,006
Sódio (mg/100g)	68,12 ± 0,110	24,89 ± 0,07
Cálcio (mg/100g)	27,56 ± 0,577	12,36 ± 0,561
Ferro (mg/100g)	7,61 ± 0,146	11,23 ± 0,106
Fósforo (mg/100g)	21,11 ± 0,451	28,95 ± 0,326

Percebe-se uma extração maior de quase todos os componentes na primeira prensagem, com exceção dos elementos ferro e fósforo que, após a segunda prensagem, foram de 11,23 mg e 28,95 mg.

5.2 Seleção da levedura

5.2.1 Seleção e isolamento de linhagens de levedura do caldo de algaroba

Com base nos princípios microbiológicos para obtenção de leveduras puras isolou-se uma linhagem com características adequadas para a produção de aguardente, seguindo a metodologia de OLIVEIRA (2003). Esta linhagem foi então multiplicada e direcionada às fermentações de caldo de algaroba visando à obtenção da aguardente bidestilada.

Em se tratando dos aspectos fisiológico e microbiológico para a seleção da levedura, foram elencadas a formação de espuma e a reprodução assexuada, em forma de brotos observados nas condições oferecidas sinalizando que a biomassa produzida no

caldo de algaroba tem todas as características e o mesmo comportamento de leveduras do gênero *Saccharomyces*.

Após a aplicação da técnica de diluição, ocorreu um processo natural de seleção em que grande parte das leveduras é eliminada pelo aumento gradativo de diluições enquanto outras se vão sobressaindo até permanecer, no meio, apenas aquelas com alto poder de tolerância.

Na Figura 5.1 é encontrada a linhagem de levedura isolada do caldo de algaroba. Pode-se notar que as colônias formadas apresentam uniformidade e aspecto das bordas regular e lisa, características que denominam uma cultura pura.

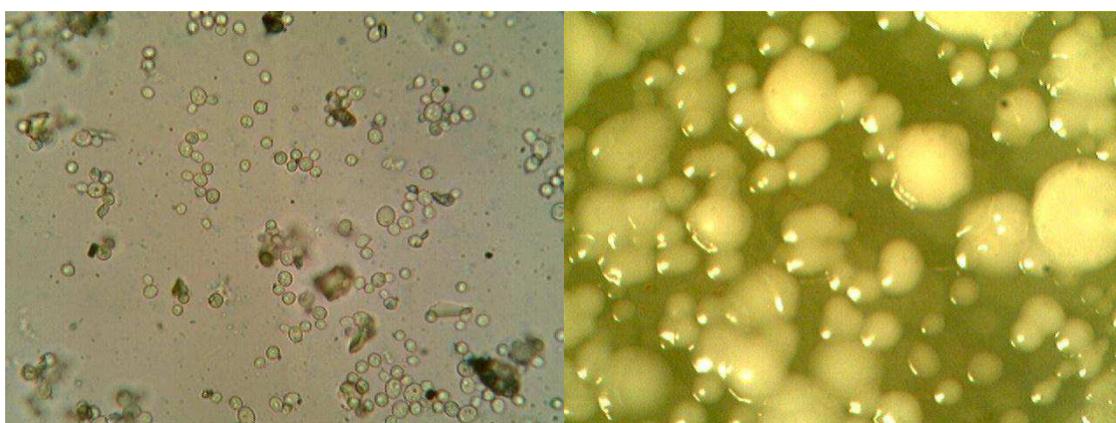


Figura 5.1 – Aspecto microbiológico observado no microscópio e a formação de colônias de leveduras em placa de Petri isoladas do caldo de algaroba

5.2.2 Identificação genética da levedura

A tipagem genética foi determinada a partir de uma levedura pura, da espécie *S. cerevisiae* como padrão para a efetiva identificação por eletroforese, que pode ser visualizada na Figura 5.2.

A fluorescência observada a partir da levedura padrão localizada na parte central mostra, da esquerda para direita, a semelhança e a igualdade da levedura pura com as leveduras selvagens isoladas do caldo de algaroba. É fácil constatar que se trata de leveduras do mesmo gênero, pela similaridade do aspecto apresentado, exceto as colunas 1, 2 e 3, que pertencem ao gênero *Dekera bruxellensis* e é uma levedura contaminante em meios fermentativos.

Esta levedura tem sido detectada como o principal contaminante em diversos processos fermentativos, dentre eles o de produção de etanol combustível, apresentando uma capacidade surpreendente de crescimento e adaptação naqueles substratos. Apesar da grande importância da levedura *Dekkera bruxellensis* como contaminante de vários processos fermentativos, pouco se sabe sobre suas características genéticas e raros trabalhos relatam a diversidade genética desta levedura.

SOUZA-LIBERAL et al. (2007) verificaram que a dinâmica de crescimento da população de *Dekkera* pode aumentar mais rapidamente que a de *S. cerevisiae* em sistemas contínuos industriais, pelo fato de possuir a capacidade de se adaptar ao substrato. Normalmente, não é o que ocorre com as leveduras *Dekkera* visto que possuem taxa de crescimento mais lenta que a de *S. cerevisiae* quando ensaiada em meio rico e suplementado (ABBOTT et al., 2005; CIANI et al., 2003).

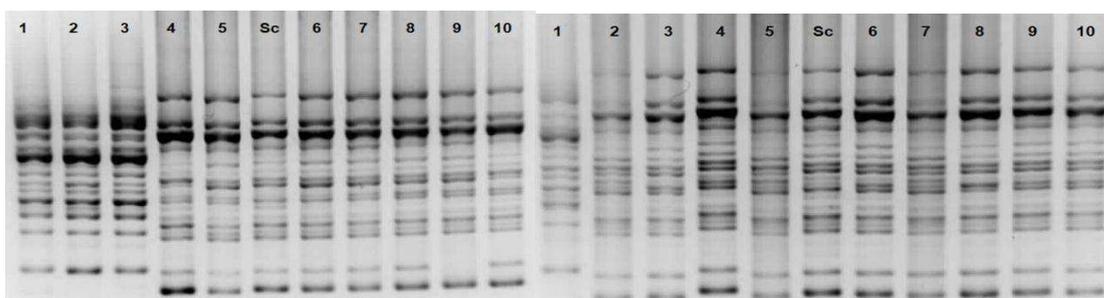


Figura 5.2 – Tipagem genética da levedura selecionada do caldo de algaroba

A tipagem genética apenas confirmou que as leveduras observadas diretamente no microscópio eram, na verdade, do gênero *S. cerevisiae*. O mais importante é que as leveduras foram selecionadas de linhagem do gênero/especie *S. cerevisiae* conforme fato confirmado na análise de amplificação de DNA, conferindo a identidade genética da levedura usada neste trabalho.

LOUREIRO e MALFEITO-FERREIRA (2003) destacam que dentre as inúmeras espécies de leveduras existentes a da espécie *S. cerevisiae* é a mais usada mundialmente quando se trata de processos fermentativos industriais; assim, suas aplicações nos processos de fermentação se encontram bem estabelecidas.

ALVES (2008) selecionou e isolou diversas linhagens de levedura a partir do caldo de algaroba e estudou, dentre elas, os parâmetros cinéticos fermentativos em meio de cultivo de caldo de cana-de-açúcar e de algaroba observando melhor desenvoltura no

processo fermentativo da linhagem ALG – 3, que é uma *S. cerevisiae* identificada por tipagem genética.

5.3 Avaliação dos parâmetros da cinética de fermentação

Na Tabela 5.5 encontram-se os dados sobre o perfil fermentativo da linhagem de levedura selecionada e isolada da vagem da algarobeira comparada com outras duas *S. cerevisiae*, a UFLA CA11 e a de panificação (Fleishmann). Ao iniciar a fermentação, a levedura de panificação apresentou viabilidade celular inicial de 91% e Concentração celular de $1,79.10^8$ células.cm⁻³, o fermento da algarobeira atingiu a maior concentração e viabilidade celular com $2,29.10^8$ células.cm⁻³ e 95%, respectivamente; e a menor concentração e viabilidade celular foi obtida com a levedura UFLA CA11 que registrou valores respectivamente de $1,03.10^8$ células.cm⁻³ e 88%. Concentração celular similar foi reportado por OLIVEIRA et al. (2011) ao pesquisarem o processo fermentativo do mosto de cagaita, que registraram uma população inicial de leveduras entre 10^6 e 10^8 cel.cm⁻³.

Na Tabela 5.5, estão dispostos os valores de consumo de ART e a produção de etanol (g.L⁻¹) em função das 48 horas de fermentação alcoólica. Percebe-se que a levedura de panificação converteu todos os Açúcares Redutores Totais (ART) de 14,72% e concentração de leveduras de 67,89 g.L⁻¹ no período de 24 horas, superando as cepas de algaroba e de CA11. ALVES et al. (2011) informaram que avaliaram três cepas de *S. cerevisiae* (UFLA CA11, UFLA CA1174 e UFLA CA1183) em mosto de lichia e demonstraram que o consumo do açúcar do mosto foi mais rápido pela levedura UFLA CA11. Já ALVES (2008) isolou linhagens a partir do caldo de algaroba e em estudo dos parâmetros cinéticos fermentativos, verificou que as leveduras denominadas de ALG 3 e ALG4 tiveram melhor desempenho que a levedura de panificação Fleishmann.

Observa-se, através dos dados experimentais da Tabela 5.5 que, dentre as leveduras estudadas, a levedura de panificação, teve um desempenho melhor do que as leveduras da algarobeira e de CA11, apresentando maior produtividade de 2,83 g.L⁻¹.h⁻¹ e 96,82 % de eficiência de fermentação e de conversão,. No entanto, resultados inferiores também são relatados na literatura por ALMEIDA (2007), que ao estudar o fruto do mandacaru, obteve uma conversão de 91,82%. Já FONTAN (2011), na produção de vinho de melancia, obteve percentual de conversão de 94,0% para uma produtividade de 1,65 g.L⁻¹.h⁻¹. No trabalho realizado por ROCHA (2008), com a produção de aguardente

a partir do fruto da palma forrageira obteve-se baixos valores de produtividade ($1,19 \text{ g.L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) e conversão de 88,0%. Contudo, produtividade bem superior de $5,047 \text{ g.L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ foi relatada por SILVA (2009) estudando o comportamento de duas linhagens de leveduras, a ALG3 e a levedura de panificação em meio fermentativo de caldo de algaroba, confirmou que em todos os ensaios do planejamento, a levedura de panificação supera a ALG3 em produtividade e conversão.

Tabela 5.5. Comportamento da linhagem de levedura isolada de vagem da algarobeira com duas outras *S. cerevisiae* no caldo de cana de açúcar

Cinética de fermentação		Linhagens <i>S. cerevisiae</i>		
		Algaroba	Panificação	CA11
Mosto 0h	ART (%)	14,72	13,72	14,28
	Etanol (%)	0	0	0
	Viabilidade (%)	95	91	86
	Concentração celular (células.cm ⁻³)	$2,29 \cdot 10^8$	$1,79 \cdot 10^8$	$1,03 \cdot 10^8$
Mosto fermentado 24h	ART (%)	8,81	0	7,70
	Etanol (%)	3,6	8,6	3,5
	Etanol (g.L ⁻¹)	28,42	67,89	67,89
	Viabilidade (%)	96	97	88
	Concentração celular (células.cm ⁻³)	$0,875 \cdot 10^8$	$1,355 \cdot 10^8$	$1,455 \cdot 10^8$
	Produtividade (g.L ⁻¹ .h ⁻¹)	1,18	2,83	1,15
	Eficiência da fermentação (%)	94,08	96,82	209,54
	Conversão, %	51,87%	96,82	52,58
Mosto fermentado 48h	ART (%)	3,43	0	2,96
	Etanol (%)	6,1	8,6	6,2
	Etanol (g.L ⁻¹)	48,16	67,89	48,95
	Viabilidade (%)	92	88	90
	Concentração celular (células/ cm ⁻³)	$4,785 \cdot 10^8$	$1,095 \cdot 10^8$	$1,855 \cdot 10^8$
	Produtividade (g.L ⁻¹ .h ⁻¹)	1,00	0	1.02
	Eficiência da fermentação (%)	83,45	0	84,60
	conversão, %	64,01	0	67,06

ALVES (2009) estudou o desempenho fermentativo de leveduras selecionadas e isoladas a partir do caldo de algaroba, e observou que as leveduras denominadas de ALG3 e ALG4 tiveram os maiores valores para eficiência bioquímica e conversão respectivamente, ALG3 (87,7% e 86,7%) e ALG4 (92,1% e 88,5%) em 72 horas de fermentação. Nesse trabalho, as leveduras ALG3 e ALG4 são comparadas com o desempenho da levedura de panificação (Fleischamnn), que apresentou desempenho inferior, sendo de 84,9% para a eficiência bioquímica e de 79,8% para a conversão.

5.4. Caracterização da aguardente bidestilada de algaroba

Na Tabela 5.6 estão discriminados os resultados das análises físico-químicas da aguardente de algaroba provenientes da dupla destilação.

Tabela 5.6 – Composição físico-química da aguardente bidestilada de algaroba proveniente da levedura selecionada desta pesquisa

Componentes	Coração	Limites
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100mL de álcool anidro	39,10	150
Teor alcoólico real em % v/v a 20 °C	38,40	36 – 54
Soma dos componentes secundários, em mg/100mL de álcool anidro	627,29	Mín.200 – Máx 650
Soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico, em mg/100mL de álcool anidro	584,50	***Máximo 360
Furfural, em mg/100mL de álcool anidro	2,8	5
Ésteres totais, expressos em acetato de etila, em mg/100mL de álcool anidro	2,07	200
Carbamato de etila, em µg/L	<50	150
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100mL de álcool anidro	1,62	30
Álcool séc-butílico, em mg/100mL de álcool anidro	<0,06	
Álcool n-butílico, em mg/100mL de álcool anidro	1,2	***Máximo 3
Álcool metílico, em mg/100mL de álcool anidro	231,17	**Máximo 700
Acroleína, em mg/100mL de álcool anidro	ND	5
cobre	4,8	5

** BRASIL (1997); *** BRASIL (2005)

Percebe-se, na Tabela 5.6, que a maioria dos componentes ou congêneres que definem a qualidade físico-química de um destilado, se encontra dentro dos padrões de identidade e qualidade de aguardente exigida pela legislação Brasileira e que somente soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico se apresentam fora.

Em referência ao teor alcoólico de 38,4% da aguardente bidestilada de algaroba, pode-se afirmar que se encontra dentro da faixa estabelecida pela legislação (BRASIL, 2005). Na elaboração da aguardente de Jabuticaba feita por ASQUIERI et al. (2009), foi encontrado valores de 39%, resultado este que se assemelha ao desta pesquisa. Um valor também semelhante foi obtido por SILVA et al. (2004) para aguardente da polpa de banana prata que foi um teor alcoólico de 38,3%. Em contrapartida, valores mais elevados foram relatados na análise de dez marcas de cachaças oriundas da zona da mata e sul de Minas Gerais com média de 42,6% (CANTÃO, 2006).

O valor da acidez acética de 39,10 mg.100 mL⁻¹, obtida na aguardente bidestilada de algaroba foi de aproximadamente quatro vezes inferior ao resultado encontrado por SILVA (2009), para aguardente de algaroba, sendo este valor de 178 mg.100 mL⁻¹, ressaltando-se que as condições de higiene aplicadas durante a fase de fermentação alcoólica do mosto foram positivas e atendem ao padrão de qualidade exigidos por lei (BRASIL, 2005).

CANTÃO (2006) analisando dez marcas de cachaça, encontrou uma alta variação da acidez acética, entre 20,08 a 193,73 mg.100 mL⁻¹, indicando que em algumas dessas cachaças pode ter havido contaminação. Já quando os trabalhos foram conduzidos com certo grau sanitário, GUIMARÃES FILHO (2003) ao elaborar aguardente de banana obteve valor de 41,37 mg.100 mL⁻¹. Igual procedimento foi feito por (SILVA JÚNIOR et al., 2006) para aguardente de abacaxi que encontrou uma acidez de 33,195 mg.100 mL⁻¹. Assim, torna-se necessário ressaltar que de acordo com VARGAS E GLORIA (1995) a alta acidez volátil é indicativo de contaminação microbiana advinda da falta de assepsia no processo e do não recolhimento da fração ideal do destilado. Essa substância é extremamente indesejável em níveis elevados, a acidez acética contribui negativamente para a qualidade da bebida nova. Para CHERUBIN (1998) o excesso de acidez promove sabor indesejado e ligeiramente “agressivo” em aguardente de cana, depreciando a qualidade da bebida.

Com base na Tabela 5.6, pode-se observar que o componente furfural 2,8 mg.100 mL⁻¹ se encontra dentro dos padrões. ZARCARONI et al. (2011) analisaram doze amostras de aguardentes comercializadas no sul do Estado de Minas Gerais, encontrando concentrações bem superiores ao deste trabalho, 4,28 à 39,78 mg.100 mL⁻¹. A pirogênese ou uso de matéria-prima queimada, como no caso da cana-de-açúcar ou, ainda, à degradação da matéria orgânica no interior do alambique em aquecimento

destaca-se, como um dos principais responsáveis pela geração deste contaminante (MIRANDA et al., 2006).

Percebe-se que os congêneres ésteres $2,07 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ e aldeídos $1,62 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ se encontram com baixas concentrações no destilado, podendo sugerir boa separação das frações cabeça, coração e calda, uma vez que esses contaminantes registram sua maior participação no destilado na fração cabeça. Resultados semelhantes foram relatados com valores de $2,97 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ para ésteres e $1,63 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ para aldeídos, usando levedura comercial para a produção de aguardente de algaroba (SILVA, 2009). Já ASQUIERI et al. (2009) ao trabalharem com a casca e o bagaço da jaticoba para elaborar aguardente, encontraram valores bem superiores, de $357 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ para ésteres e $13,6 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ para aldeídos. TORRES NETO (2005) afirma que os aldeídos podem ser formados durante os processos fermentativos a partir de aminoácidos presentes no meio, pela oxidação do álcool metílico.

Conforme a Tabela 5.6, os teores de carbamato de etila menores que $50 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ e Acroleína não detectável, então, ficarem em conformidade e dentro das especificações exigidas por lei. Sugere-se, que o caldo da vagem da algarobeira, mesmo sendo rico em fontes proteicas, possa contar com uma quantidade diminuta de precursores que formam o carbamato de etila. Resultados semelhantes foram encontrados por BARCELOS (2006). em amostras de aguardentes do sul e zona da mata de Minas Gerais com variação de $30,78$ a $54,7 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

Diversos autores relatam sobre a quantificação dessa substância em aguardentes de cana. ANDRADE-SOBRINHO et al. (2002) obtiveram uma concentração média de $770 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ em 126 amostras comerciais analisadas. BARCELOS et al. (2007) trabalhando com diferentes aguardentes de cana do estado de Minas Gerais, encontraram nível máximo de $643,5 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ níveis de carbamato de etila em apenas uma região não atendendo à Legislação vigente que é de $150 \mu\text{g} / \text{L}$.

A acroleína, também conhecida como 2-propenal, é extremamente tóxica por todas as vias de administração e tem mostrado características mutagênicas, além de provocar irritação no trato respiratório de animais e humanos. É formada durante o processo de fermentação, por meio da desidratação do glicerol, podendo estar associada a bactérias termofermentativas (CARDOSO, 2006; AZEVÊDO et al., 2007). Na Tabela 5.6 está reportado o resultado de não detectável para a presença de acroleína na aguardente bidestilada de algaroba, estando em acordo com a legislação. Resultados superiores foram reportados por MACHADO (2010) que encontrou valores entre 1,3 a

5,2 mg.100 mL⁻¹ de acroleína em cachaças provenientes de cana-de-açúcar com adubação nitrogenada.

Os álcoois superiores são álcoois com mais de dois átomos de carbono formados durante o processo oxidativo ou a partir do metabolismo dos aminoácidos pelas leveduras (GALHIANE, 1989). Fatores como lentidão em fermentação, aeração excessiva pode contribuir para a elevação destes níveis. Observando o resultado de 584,50 mg.100 mL⁻¹ na Tabela 5.6, pode-se verificar que está bem superior ao limite máximo estipulado pela legislação. SILVA (2008) encontrou resultado semelhante ao usar a levedura ALG3 para elaborar aguardente de algaroba 522,09 mg.100 mL⁻¹; este parâmetro, encontra-se superior aos valores obtidos por SILVA et al. (2009) em aguardente de polpa de banana que foi de 196,1 mg.100 mL⁻¹; ou de ASQUIERI et al. (2009) que reportaram valor de 259,07 mg.100 mL⁻¹ em aguardente de jabuticaba. LARA (2007) relata valor de 410,1 mg.100 mL⁻¹ em aguardente de banana; e ALVARENGA (2006) um valor de 320,2 mg.100 mL⁻¹ em aguardente de manga. Porém, o valor obtido neste trabalho é inferior ao reportado por ALVES et al. (2008) que obteve um valor de 650 mg.100 mL⁻¹ para aguardente de goiaba.

Os álcoois superiores são precursores importantes na formação de ésteres, os quais são associados ao aroma agradável. Isso pode ser produzido durante a fermentação alcoólica com conversão da cadeia de aminoácidos ramificada presente no meio (valina, leucina, isoleucina, tereonina e felanina) ou produção de novo substrato de açúcar (CLEMENT-JIMENEZ et al., 2005).

5.5. Planejamento experimental de verificação da influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre a qualidade da aguardente

Na Tabela 5.7 se encontram os resultados experimentais das variáveis de resposta para os 7 ensaios utilizados. Percebe-se que as respostas para os seguintes contaminantes, tais como: a acroleína, álcool metílico, álcool n-butílico, álcool séc-butílico, carbamato de etila e furfural, não tiveram variações estatisticamente significativas.

Tabela 5.7 – Resultados dos ensaios para verificação da influência da velocidade de destilação e da temperatura do destilado sobre a qualidade da aguardente

Descriminação	Ensaio	1	2	3	4	5	6	7
	Vazão do destilado (mL.min ⁻¹)	0,070	0,100	0,070	0,100	0,085	0,085	0,085
	Temperatura (°C)	25	25	45	45	35	35	35
Acroleína em mg/100mL de álcool anidro		<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,9
Álcool metílico em mg/100mL de álcool anidro		0,8	0,7	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0
Álcool n-butílico em mg/100mL de álcool anidro		0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Álcool séc-butílico em mg/100mL de álcool anidro		<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100mL de álcool anidro		18,7	20,8	16,8	18,4	16,6	14,3	9,8
Carbamato de etila, em µg/L		<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Cobre em mg/L		19,5	30,5	8,8	10,6	23,3	15,4	16,3
Ésteres expressos em acetato de etila, em mg/100mL de álcool anidro		19,6	21	23,4	22,9	15,1	20	10,9
Furfural em mg/100mL de álcool anidro		<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<1,0	<0,9	<1,0
Soma dos alcoois superiores isobutílicos, isoamílicos e n-propílico em mg/100mL de álcool anidro		275	276	264	261	221	271	203
Teor alcoólico real em % v/v a 20 °C		47	48	50	49	45	49	44
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100mL de álcool anidro		38	33,8	24	24,7	40	24,3	27
Soma dos componentes secundários, em mg/100mL de álcool anidro		351	351	329	328	293	330	252

5.5.1 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre a acidez volátil

Os efeitos não são significativos em nível de 95% de confiança, quando se trata da aplicação do processo de destilação com vazão e temperatura dos destilados mensurados para verificação dos seus efeitos sobre a congênera acidez volátil. Na Tabela 5.8 se encontram os efeitos dos fatores calculados para a acidez volátil sobre a aguardente produzida. Percebe-se que os níveis de acidez volátil se encontram dentro dos padrões exigidos por lei e que suas baixas concentrações demonstram o bom controle do processo de fermentação. Resultados semelhantes foram portados por DANTAS et al. (2017) no valor de 24 mg.100 mL⁻¹, relatando que as amostras não sofreram influência aplicação das três velocidades de destilação de 0,70 L.min⁻¹, 1,10

L.min⁻¹ e 1,50 L.min⁻¹. Resultado inferior foi descrito por BIZELLI et al. (2000) com valor de 17 mg.100 mL⁻¹ ao aplicarem a dupla destilação, promovendo uma redução de 60,09% da acidez volátil.

Tabela 5.8 – Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre a acidez volátil

Fator	Efeito (Acidez volátil)	Erro padrão	p
Média	30,2571	2,592017	0,001351
Vazão do destilado	-1,7500	6,857834	0,815076
Temperatura do destilado	-11,5500	6,857834	0,190730
Vazão x Temperatura do destilado	2,4500	6,857834	0,744554

Observa-se, no gráfico de Pareto na Figura 5.3, que não houve efeito significativo da vazão e temperatura do destilado sobre a acidez volátil da aguardente produzida em nível de 95% de confiança. O coeficiente de determinação (R²) foi de 50,24%.

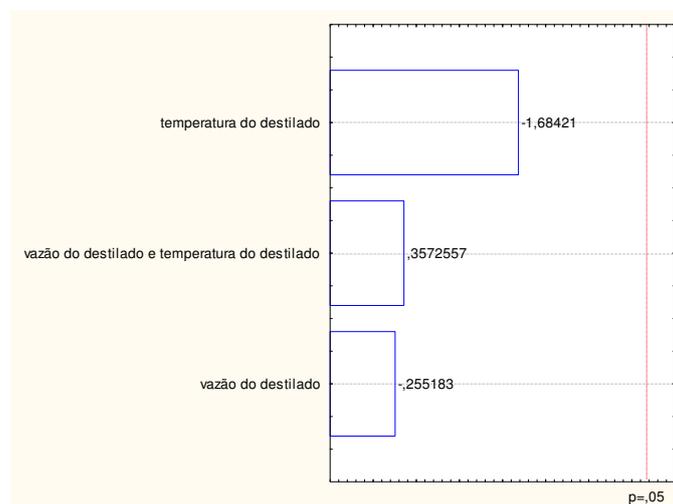


Figura 5.3 – Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre a acidez volátil

5.5.2 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre os aldeídos

Na Tabela 5.9 encontram-se os dados estatísticos da variação da vazão mássica e da temperatura sobre o contaminante aldeído, indicando que tanto a vazão do destilado, quanto temperatura do destilado, bem como sua interação não são significativos em nível de 95% de confiança. Observa-se que a variação das concentrações foi de 9,8 a 20,4 mg. 100mL⁻¹ de aldeídos, pois são valores bem inferiores aos dos limites máximos exigidos pela legislação que é de 30 mg.100mL⁻¹. Resultado inferior foi relatado por SCANAVINI (2010) aplicando os métodos de produção do conhaque e uísque para a destilação de cachaça e encontrou um valor baixo que foi de 7,79 mg.100mL⁻¹ em aldeídos utilizando a técnica de destilação do conhaque. Diversos autores relatam que teores elevados destes compostos contribuem para uma má qualidade da bebida (aguardente de cana-de-açúcar ALMEIDA & BARRETO, 1971; conhaque AMERINE et al., 1972; aguardente de cana-de-açúcar BOZA & HORII, 1998).

Tabela 5.9 – Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os aldeídos

Fator	Efeito (Aldeídos)	Erro padrão	p
Média	16,48571	1,808197	0,002789
Vazão do destilado	1,85000	4,784038	0,724775
Temperatura do destilado	-2,15000	4,784038	0,683619
Vazão x Temperatura do destilado	-0,25000	4,784038	0,961609

Percebe-se, no gráfico de Pareto na Figura 5.4, a não ocorrência do efeito significativo da vazão e temperatura do destilado sobre os aldeídos formados na aguardente produzida, em nível de 95% de confiança. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 10,6%.

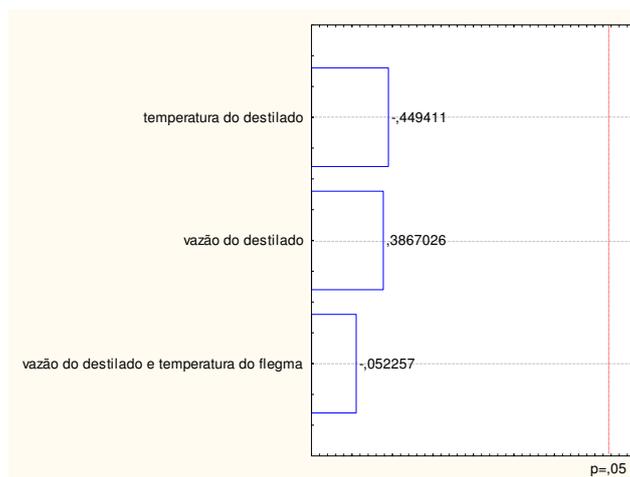


Figura 5.4 – Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os aldeídos

5.5.3 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre os ésteres

Na Tabela 5.10 estão apresentados os resultados estatísticos atribuídos à influência da aplicação de diferentes vazões de destilação e da temperaturas do destilado quanto aos ésteres que é um dos congêneres responsáveis pelo aroma da aguardente, verificando-se que eles não são significativos em nível de 95% de probabilidade. Na Tabela 5.7 onde estão os valores da pesquisa, nota-se que no ensaio 03 foi encontrado de acetato de etila 23,4 em mg/100mL de álcool anidro com a aplicação da vazão de destilação 0,070 mL.min⁻¹ para uma temperatura mantida, em 45 °C do destilado, sendo este valor, superior aos demais ensaios estudados, embora ele esteja bem abaixo dos limites estipulados pelas normas Brasileiras que é de 200 mg de acetato de etila /100mL de álcool anidro. DANTAS et al. (2007) trabalhando com uma vazão de destilação de 0,70 L.min⁻¹ em alambique industrial, obtiveram resultado semelhante que foi de 21,7 mg.100mL⁻¹, embora os autores tenham concluído por não ser possível identificar a influencia das diferentes vazões de destilação estudadas que foram de 0,7 L.min⁻¹; 1,1 L.min⁻¹ e 1,5 L.min⁻¹. Outros pesquisadores tais como LIMA (1999) afirma que para se produzir boas aguardentes, a destilação deva ser conduzida de forma mais lenta possível, respeitando os limites econômicos; MAIA (2006) recomenda que o destilado deve ser recolhido num intervalo de tempo de 150 a 160 minutos e que a vazão média durante a destilação seja de 1 L.min⁻¹; já CARDOSO (2006) afirma que se deve evitar que o alambique trabalhe com temperaturas muito altas, pois, propiciará a extração e formação de componentes secundários em concentrações não desejáveis na aguardente.

Tabela 5.10 – Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os ésteres

Fator	Efeito (ésteres)	Erro padrão	p
Média	18,98571	2,304458	0,003744
Vazão do destilado	0,45000	6,097023	0,945810
Temperatura do destilado	2,85000	6,097023	0,672043
Vazão x Temperatura do destilado	-0,95000	6,097023	0,886074

Na Figura 5.5 se encontra o gráfico de Pareto, no qual não há ocorrência do efeito significativo da vazão e temperatura do destilado sobre os ésteres formados na aguardente produzida em nível de 95% de confiança. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 7,6%, que é considerado muito baixo, indicando a sua não dependência.

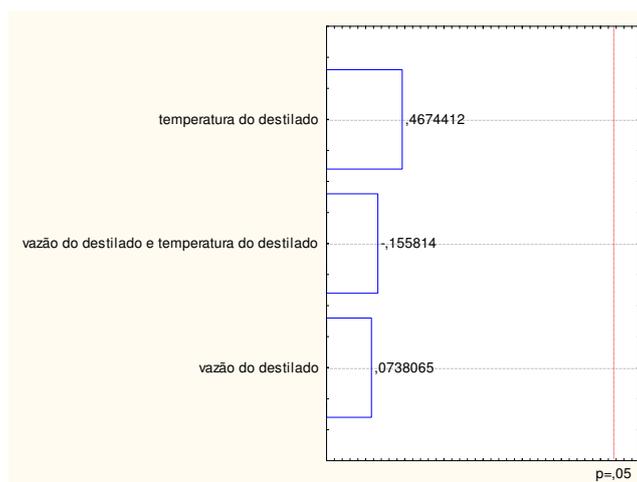


Figura 5.5 – Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os ésteres

5.5.4 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre o teor alcoólico

Na Tabela 5.11 estão dispostas as análises estatísticas dos efeitos dos fatores vazão e temperatura do destilado sobre o efeito do teor alcoólico, observando-se que não existem efeitos significativos em nível de 95% de confiança. Verifica-se que ao se elevar a vazão de destilação e a temperatura do destilado, o teor alcoólico não apresenta uma

variação significativa, pois se observa que as variações ocorridas no ponto central (vazão de destilação 0,085 mL.min⁻¹ e temperatura de 35°C do destilado) estão na ordem de 5 pontos percentuais em v.v⁻¹. (experimento 6 e 7). Assim, uma análise entre os outros valores que no máximo ocorre entre o experimento 3 (vazão de destilação 0,070 mL.min⁻¹ e temperatura de 45°C do destilado) e experimento 07 (vazão de destilação 0,085 mL.min⁻¹ e temperatura de 35°C do destilado) a diferença é de 6 pontos percentuais de v.v⁻¹, portanto não sendo significativos entre si. Assim, percebe-se que a vazão de destilação e a temperatura do destilado, nos níveis estudados não interferiram significativamente na produção do teor alcoólico da aguardente de algaroba para todos os ensaios, estando em conformidade com legislação Brasileira que estabelece um padrão onde os limites, se situam em um percentual mínimo de 36% v.v⁻¹ e máximo de 54% v.v⁻¹ (BRASIL, 2005). Estudos realizados por SCANAVINI (2010) encontrou também valores dentro da legislação e próximos aos encontrados neste trabalho obtendo, nas aguardentes produzidas, uma variação do teor alcoólico entre 39,97 e 44,53% v.v⁻¹, aplicando a técnica modificada de produção de conhaque em alambiques.

Tabela 5.11 – Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre o teor alcoólico

Fator	Efeito (teor alcoólico)	Erro padrão	p
Média	47,42857	1,084837	0,000026
Vazão do destilado	0,00000	2,870208	1,000000
Temperatura do destilado	2,00000	2,870208	0,536060
Vazão x Temperatura do destilado	-1,00000	2,870208	0,750551

Nota-se, na Figura 5.6, que o gráfico de Pareto demonstra a não ocorrência do efeito significativo da vazão e temperatura do destilado sobre o teor alcoólico formado na aguardente produzida em nível de 95% de probabilidade. O coeficiente de determinação (R²) foi de 16,83% que é muito baixo o que caracteriza a sua não significância desses parâmetros nem a interação entre eles.

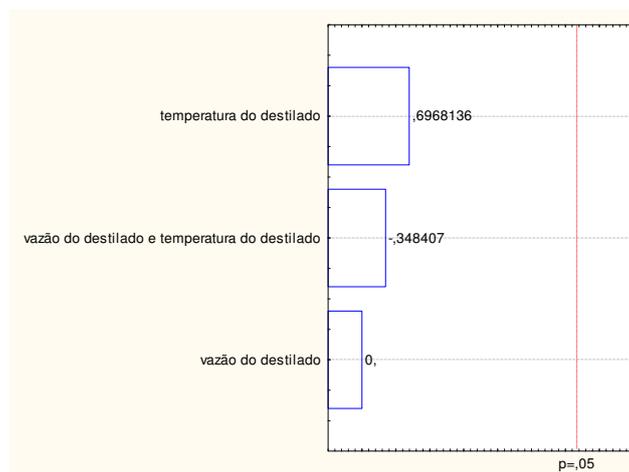


Figura 5.6 – Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre o teor alcoólico

5.5.5 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre o cobre

Na Tabela 5.12 estão dispostos os efeitos dos fatores calculados significativos em nível de 95% de confiança, tratando-se da aplicação do processo destilação com vazão e temperatura do destilado mensurado para verificação do seus efeitos sobre cobre. Percebe-se que em todos os ensaios, não ser possível notar a influência da aplicação das diferentes vazões de destilação e temperatura do destilado sobre o aumento ou redução do cobre que é o metal de constituição do aparelho destilador e que todas as aguardentes fabricadas, não atendem ao nível de 5 mg.L^{-1} de cobre exigidos pela legislação vigente. O ensaio 02 (vazão de destilação $0,100 \text{ mL.min}^{-1}$ e temperatura de 25°C do destilado) registrou valor de $30,05 \text{ mg.L}^{-1}$ que chega a ser mais que seis vezes o limite estabelecido por lei. Este metal é proveniente de uma má assepsia do alambique, pois nos alambiques confeccionados com cobre, há normalmente a formação do azinhavre, carbonato básico de cobre $[\text{CuCO}_3(\text{OH})_2]$, que, no momento da destilação, é arrastado pelos vapores ácidos e alcoólicos da cachaça (VILELA et al., 2007). Valores semelhantes foram encontrados por ALVES et al. (2008) $10,5 \text{ mg.L}^{-1}$ em aguardente de goiaba; GARBIN et al. (2005) encontraram excesso $10,22 \text{ mg.L}^{-1}$ de cobre em aguardentes provenientes da Microrregião de Três Passos (municípios de Bom Progresso, Campo Novo, Horizontina e Três Passos). AZEVEDO et al. (2003) analisaram 45 amostras de aguardentes e encontraram um nível de cobre 6,7% superior ao acima do permitido pelo Ministério da

Agricultura, Pecuária e do Abastecimento, indicando a falta de higienização por parte de alguns produtores

Tabela 5.12 – Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre o cobre

Fator	Efeito (cobre)	Erro padrão	p
Média	17,7714	1,363893	0,000976
Vazão do destilado	6,4000	3,608522	0,174238
Temperatura do destilado	-15,3000	3,608522	0,024021
Vazão x Temperatura do destilado	-4,6000	3,608522	0,292166

Nota-se, na Figura 5.7, que o gráfico de Pareto demonstra a ocorrência do efeito não significativo da vazão e temperatura do destilado sobre o cobre formado na aguardente produzida em nível de 95% de confiança e um coeficiente de determinação (R^2) para essa interdependência de 88,34%.

Assim constata-se que os parâmetros estudados de velocidade da destilação e da temperatura da flegma não interferiram na liberação do quantitativo de cobre do alambique para o processo de produção de aguardente de algaroba, onde o menor valor obtido foi de 10,6 mg/L.

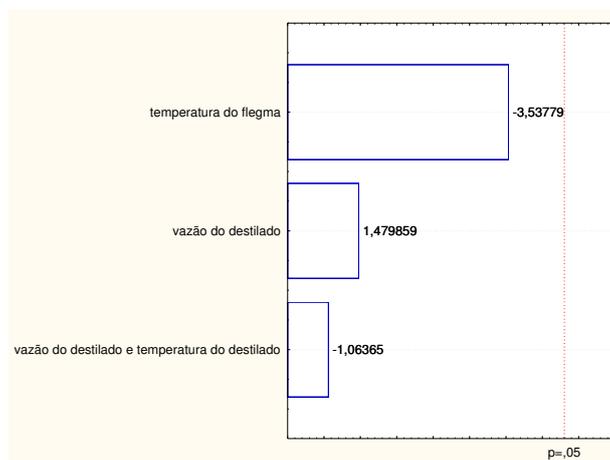


Figura 5.7 – Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre o cobre

5.5.6. Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre os álcoois superiores

Na Tabela 5.13 estão dispostos os efeitos dos fatores calculados que não são significativos em nível de 95% de probabilidade, tratando-se da aplicação do processo destilação com vazão e temperatura do destilado mensurado para verificação dos seus

efeitos sobre os álcoois superiores. De acordo com MAIA (2006) a aeração do mosto durante a fermentação favorece a formação de álcoois superiores. O mesmo efeito pode advir da presença de materiais porosos no mosto, que funcionam como fonte de oxigênio. Os ensaios 5 e 7, ambos, com aplicação de vazão de destilação de 0,085 mL.min⁻¹ e temperatura de 35°C do destilado registraram os menores valores para a soma dos álcoois superiores, respectivamente de 221 e 203 mg. 100 mL⁻¹. Observa-se em todos os ensaios que os níveis da soma dos álcoois superiores estão abaixo do valor de referência de 360 mg. 100 mL⁻¹ para soma dos álcoois superiores exigidos pela legislação Brasileira (BRASIL, 2005).

Tabela 5.13 – Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre os álcoois superiores

Fator	Efeito (alcoois superiores)	Erro padrão	p
Média	253,0000	15,23155	0,000475
Vazão do destilado	-1,0000	40,29888	0,981761
Temperatura do destilado	-13,0000	40,29888	0,768181
Vazão x Temperatura do destilado	-2,0000	40,29888	0,963537

O resultado dos ensaios sobre a influência da vazão de destilação e temperatura do destilado rebate os estudos do pesquisador LIMA (1999) que a destilação lenta e com menor aplicação de calor, originam-se destilados pobres em álcoois superiores.

Na Figura 5.8 encontra-se o resultado do gráfico de Pareto onde se observa a não ocorrência do efeito significativo na vazão e na temperatura do destilado, bem como a interação desses fatores sobre os álcoois superiores formados na aguardente produzida em nível de 95% de probabilidade, sendo o coeficiente de determinação (R^2) para essa correlação de 3,44%, considerado muito baixo o que explica a não influencia desses fatores.

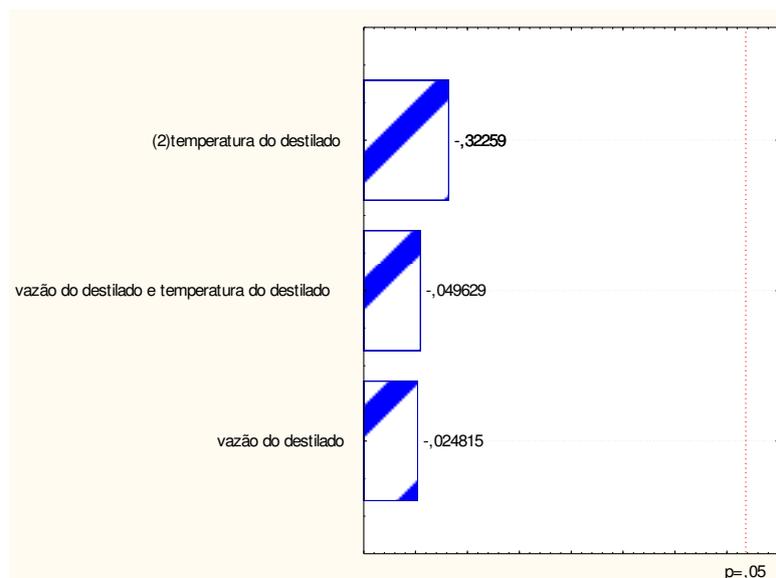


Figura 5.8 – Diagrama de Pareto referente a influencia da vazão de destilação e temperatura do destilado nos congêneres de álcoois superiores

5.5.7 Influência da velocidade de destilação e temperatura do destilado sobre a soma dos componentes secundários

Na Tabela 5.14 estão os resultados estatísticos da Tabela 5.7 relativo ao efeito dos fatores velocidade de destilação e temperatura da flegma, bem como a interação desses fatores calculados para um nível de significância de 95% de probabilidade, mensurado para verificação dos seus efeitos sobre a soma dos componentes secundários.

Tabela 5.14 – Efeito da vazão de destilação e temperatura do destilado sobre a soma dos componentes secundários

Fator	Efeito (soma dos componente secundários)	Erro padrão	p
Média	319,1429	18,26799	0,000409
Vazão do destilado	-0,5000	48,33255	0,992396
Temperatura do destilado	-22,5000	48,33255	0,673268
Vazão x Temperatura do destilado	-0,5000	48,33255	0,992396

Verifica-se, na Figura 5.9, que o resultado do gráfico de Pareto implica na não ocorrência do efeito significativo da vazão e temperatura do destilado sobre a soma dos componentes secundários formado na aguardente produzida em nível de 95% de

confiança, obtendo-se um coeficiente de determinação (R^2) de 6,74% que é baixo e indica a não dependência desse fatores inviabilizando uma equação representativa para este parâmetro.

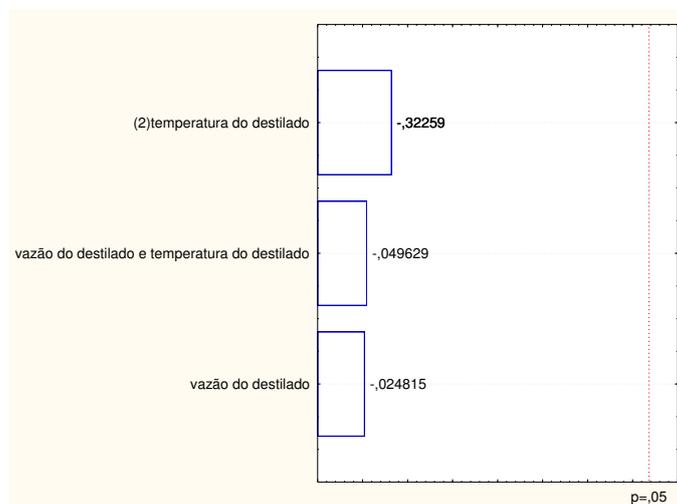


Figura 5.9 – Diagrama de Pareto referente a vazão de destilação e temperatura do destilado sobre a soma dos componentes secundários

5.6 Planejamento experimental para realização da aeração na aguardente bidestilada de algaroba

Na Tabela 5.15 estão discriminados os resultados das análises físico-químicas da aguardente de bidestilada de algaroba obtidas a partir da levedura selecionada com o objetivo de promover e verificar a influência da aeração no resultado final da aguardente.

Na Tabela 5.15 está disposto o valor de acidez volátil de 68 mg.100 mL⁻¹ atendendo os padrões de limites exigidos por lei. Resultados próximos, foram reportados por ALVES et al. (2008) de 63,2 mg.100 mL⁻¹ produzindo aguardente de goiaba e ALCARDE et al (2009) de 67,88 mg.100 mL⁻¹ fabricando aguardente mono destilada de cana de açúcar. Valor inferior também é relatado por GUIMARÃES FILHO (2003) ao produzir aguardente de banana utilizando *Saccharomyces cerevisiae* CA-1174, quando obteve uma acidez volátil de 41,37 mg.100 mL⁻¹.

Tabela 5.15 – Composição físico-química da aguardente bidestilada de algaroba proveniente da levedura selecionada

Componentes	Coração	Limites
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100mL de álcool anidro	68	150
Teor alcoólico real, em % v/v a 20 °C	57	38 – 54
Soma dos componentes secundários, em mg/100mL de álcool anidro	802	Mín.200 – Máx 650
Soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico, em mg/100mL de álcool anidro	720	***Máximo 360
Furfural, em mg/100mL de álcool anidro	2,8	5
Ésteres totais, expressos em acetato de etila, em mg/100mL de álcool anidro	9,4	200
Carbamato de etila, em µg/L	<50	150
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100mL de álcool anidro	1,3	30
Álcool séc-butílico, em mg/100mL de álcool anidro	13,6	10
Álcool n-butílico, em mg/100mL de álcool anidro	0,9	***Máximo 3
Álcool metílico, em mg/100mL de álcool anidro	291	**Máximo 700
Acroleína, em mg/100mL de álcool anidro	<0,7	5
cobre	22	5

** BRASIL (1997); *** BRASIL (2005)

Percebe-se na Tabela 5.15 que o parâmetro teor alcoólico está com 3 pontos percentuais em $v.v^{-1}$ acima limite máximo exigido por lei. Valores próximos a este foram encontrados por CASTRO NETO et al. (2005) ao estudaram o efeito da circulação forçada de ar no envelhecimento de aguardente de cana com teor alcoólico de 57% $v.v^{-1}$. Resultado superior é reportado por YOKOYA (1995) ao descreve que durante o processo de destilação do uísque escocês ocorre a separação das frações cabeça, coração e cauda, e que durante a etapa de maturação e envelhecimento da bebida, a fração coração recolhida, deve apresentar um teor alcoólico entre 62 a 64%, para que ocorra uma maior eficiência da interação entre a aguardente e a madeira.

A análise dos resultados reportados na Tabela 5.15, verifica-se que os parâmetros furfural 2,8 $mg.100\ mL^{-1}$, ésteres 9,4 $mg.100\ mL^{-1}$, carbamato de etila <50 $\mu g.L^{-1}$, Álcool n-butílico 0,9 $mg.100\ mL^{-1}$ e Acroleína <0,7 $mg.100\ mL^{-1}$ atendem aos padrões de identidade e qualidade para aguardente exigidos por lei (BRASIL, 2005).

O Decreto nº 2314 estabelece como coeficiente de congêneres ou componentes secundários não álcool, a soma de acidez volátil, expressa em ácido acético, aldeídos,

expresso em acetaldeído, ésteres, expresso em acetato de etila, álcoois superiores, expressos pelo somatório deles, e furfural, todos expressos em miligramas por cem mililitros de álcool anidro (BRASIL, 1997). Observa-se na Tabela 5.16, que a soma dos componentes secundários foi de 802 mg.100 mL⁻¹ e está bem acima dos 650 mg.100 mL⁻¹ exigidos pela legislação e o principal responsável pelo elevado valor, são os álcoois superiores. Perfil de aguardente com valores superiores deste parâmetro foram relatados por ALCARDE et al. (2009), sendo este de 890,75 mg.100 mL⁻¹ para aguardente mono destilada de cana-de-açúcar; MACHADO (2010) pesquisou a influência da adubação com fontes nitrogenadas sobre o plantio da cana-de-açúcar e armazenamento de aguardente em recipientes de vidro e bombonas plásticas de composição de polietileno de alta densidade (PEAD); ao aplicar ureia encontrou na aguardente analisada valor máximo em 760,92 mg.100 mL⁻¹ armazenado em vidro e 749,99 mg.100 mL⁻¹ em bombonas, já adubando a cana de açúcar com nitrato de amônio os valores foram de 813,74 mg.100 mL⁻¹ em vidro e 776,39 mg.100 mL⁻¹ nas bombonas.

Estão apresentados na Tabela 5.16 o resultado para a soma do álcoois superiores de 720 mg. 100 mL⁻¹ e percebe-se conforme fora exposto na Tabela 5.6, que a aguardente bidestilada de algaroba está fora dos padrões de identidade e qualidade para exigidos por lei. Para FIGANA (2005) a produção destes álcoois durante a fermentação alcoólica é influenciada principalmente pelas condições do meio, entre elas, a concentração de açúcares, o pH, o conteúdo e a fonte de nitrogênio disponível, a temperatura de fermentação, a aeração e a linhagem das leveduras.

A análise dos resultados obtidos para verificar a influência da aeração sobre a qualidade da aguardente foi realizada variando a vazão de ar e o tempo de exposição seguindo o planejamento fatorial 2² com três pontos centrais, totalizando 7 ensaios; as variáveis independentes estudadas foram: vazão de ar e tempo de exposição e as respostas, variáveis dependentes, foram acroleína, álcool metílico, álcool n-butílico, álcool séc-butílico, aldeídos, carbamato de etila, cobre, ésteres, furfural, soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico, teor alcoólico, acidez volátil e soma dos componentes secundários.

Na Tabela 5.16 se encontram os resultados médios experimentais das variáveis de resposta, para os 7 ensaios utilizados.

Tabela 5.16 – Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ PC, para verificar a influência da aeração e do tempo de aplicação na qualidade da aguardente.

Descriminação	Ensaio	1	2	3	4	5	6	7
	Vazão de ar (L.min ⁻¹)	2,0	10,0	2,0	10,0	6,0	6,0	6,0
Tempo (h)	2,0	2,0	6,0	6,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Acroleína em mg/100mL de álcool anidro	<0,7	<0,7	<0,7	<0,8	<0,7	<0,7	<0,8	<0,8
Álcool metílico em mg/100mL de álcool anidro	269	264	272	260	227	274	244	
Álcool n-butílico em mg/100mL de álcool anidro	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	
Álcool séc-butílico em mg/100mL de álcool anidro	11,4	11,4	11	11,4	11,4	11,4	11,4	
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100mL de álcool anidro	<1,3	<1,3	<1,3	<1,5	<1,3	<1,3	<1,5	
Carbamato de etila, em µg/L	<50	51	<50	<50	69,8	<50	58,8	
Cobre em mg/L	11,5	13,5	12	10	18,8	13,5	17,7	
Ésteres expressos em acetato de etila, em mg/100mL de álcool anidro	2,8	1,3	2,8	<0,9	1,9	2,5	<0,9	
Furfural em mg/100mL de álcool anidro	3,4	3,6	3,3	3,9	3,3	3,6	4,2	
Soma dos alcoois superiores isobutílicos, isoamílicos e n-propílico em mg/100mL de álcool anidro	650	683	658	731	682	668	734	
Teor alcoólico real em % v/v a 20 °C	54	52	54	48	53	54	48	
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100mL de álcool anidro	72,4	74,4	66,6	87,7	73,5	72,5	87,6	
Soma dos componentes secundários, em mg/100mL de álcool anidro	728	762	731	822	760	746	826	

Nota-se que a aplicação das diferentes vazões de ar 2, 4 e 10 L.min⁻¹ e tempos de exposição de 2, 4 e 6 horas tiveram pouca influência na mudanças dos valores para os congêneres acroleína < 0,8 mg. 100 mL⁻¹, álcool n-butílico 1,1 mg. 100 mL⁻¹, álcool séc-butílico mg. 100 mL⁻¹, aldeídos <1,5 mg. 100 mL⁻¹ e que estas aguardentes atendem aos limites exigidos pela legislação Brasileira (BRASIL, 2005).

CASTRO NETO et al. (2005) estudou o efeito da presença de ar no envelhecimento de aguardente de cana com circulação forçada, concluíram que a

presença de ar no sistema promoveu uma maior extração dos componentes da madeira ao longo do armazenamento.

5.6.1 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre a acidez volátil

Na Tabela 5.17 encontra-se a análise estatística para determinar a influencia dos fatores aeração, tempo de submissão, bem como a sua interação, sobre a acidez volátil na aguardente bidestilada de algaroba em nível de 95% de probabilidade. Observa-se que a aplicação da aeração elevou os níveis de acidez acética em seis ensaios e que somente o ensaio 03 (vazão do ar para aeração de 2 L.min⁻¹ e tempo de 6 h) registrou uma leve redução de 68 para 66,6 mg. 100 mL⁻¹. Resposta similar foi descrita por CASTRO NETO et al. (2005) com a elevação da acidez fixa de 19,34 para 38,68 em 150 dias de armazenamento de aguardente de cana com aplicação de circulação forçada. BORRAGINI (2009) também estudou o envelhecimento da cachaça com circulação forçada e aeração, constatando a ocorrência de elevação da acidez volátil de 23,97 para 54,79 mg. 100 mL⁻¹ em 150 dias de armazenamento. Outra explicação para este comportamento pode estar no trabalho de MOSER (2012) que nas análises de acidez volátil mostraram diferenças estatísticas significativas entre as médias, onde as mesmas tiveram um aumento para as doses de 6 mg/L/mês, 12 mg/L/mês e 18 mg/L/mês de respectivamente de 2,77%, 2% e 1,49%, ao longo de 60 dias de micro oxigenação na cachaça.

Na Figura 5.10 encontra-se o resultado do gráfico de Pareto, onde se observa a não ocorrência do efeito significativo da vazão de aeração e do tempo de aplicação sobre a acidez volátil formado na aguardente produzida, em nível de 95% de probabilidade.

Tabela 5.17 – Efeito dos fatores vazão de aeração e do tempo de aplicação para a acidez volátil

Fator	Efeito	Erro padrão	P
Média	76,38571	2,709077	0,000098
Vazão de ar	11,55000	7,167544	0,274897
Tempo de exposição	3,75000	7,167544	0,274897
Vazão de ar x Tempo de exposição	9,55000	7,167544	0,274897

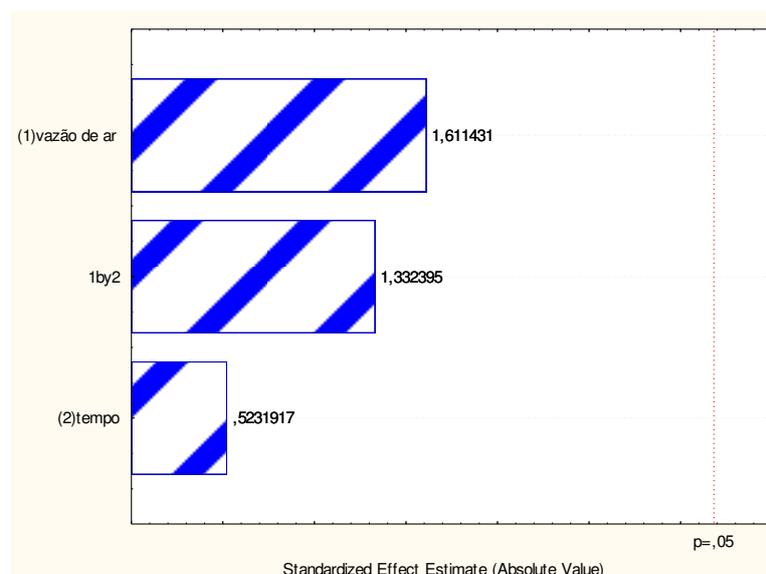


Figura 5.10 – Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre a acidez volátil

5.6.2 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre os aldeídos

Encontram-se na Tabela 5.18, a análise estatística dos efeitos sobre os parâmetros da vazão de aeração e do tempo de aplicação dessa aeração e também da interação desses fatores, onde se verifica que não existe diferenças significativas entre os fatores em nível de 95% de probabilidade para os aldeídos, advindos da aguardente bidestilada de algaroba.

Tabela 5.18 – Efeito dos fatores vazão de aeração e do tempo de aplicação para os aldeídos

Fator	Efeito	Erro padrão	P
Média	1,357143	0,035952	0,000041
Vazão de ar	0,100000	0,095119	0,370323
Tempo de exposição	0,100000	0,095119	0,370323
Vazão de ar x Tempo de exposição	0,100000	0,095119	0,370323

Conforme pode ser observado na Figura 5.11, o resultado do gráfico de Pareto indica a não ocorrência do efeito significativo dos parâmetros estudados de vazão e tempo de aplicação sobre os aldeídos da aguardente bidestilada de algaroba aerada.

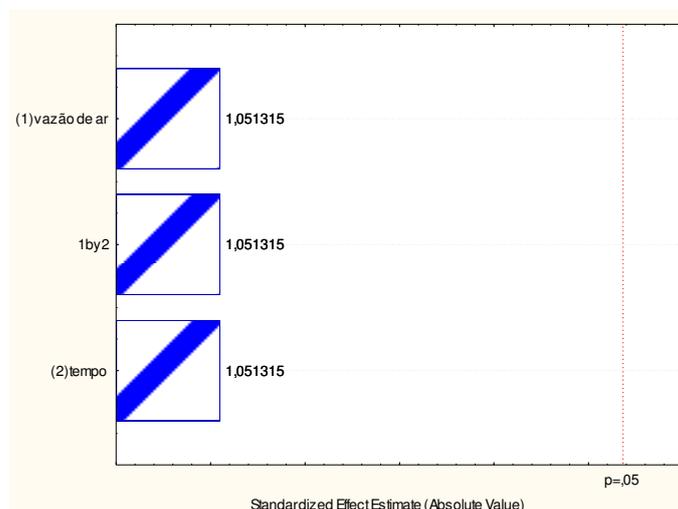


Figura 5.11 – Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre os aldeídos

5.6.3 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre os ésteres

Na Tabela 5.19 está disposta a análise estatística dos efeitos dos fatores vazão de aeração e do tempo de aplicação, além da interação dos fatores, sobre o congêneres acetato de etila, indicando que não existem diferenças significativas em nível de 95% de probabilidade, quando da aplicação desses fatores na produção de aguardente bidestilada de algaroba. Percebe-se nos resultados obtidos, que o valor inicial de $9,4 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ de ésteres na aguardente de algaroba foi reduzida em todos os ensaios estudados com a inserção de diferentes concentrações de ar $2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, $4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ e $10 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ e tempos de exposição 2, 4 e 10 horas. Efeito semelhante também foi informado por MOSER (2010) quando aplicou micro oxigenação em aguardentes, verificando que os valores tiveram uma redução para as doses de 6 mg/L/mês , 12 mg/L/mês e 18 mg/L/mês de respectivamente, 4,82%, 9,96% e 4,14% ao longo de 60 dias.

Tabela 5.19 – Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para os ésteres

Fator	Efeito	Erro padrão	p
Média	1,87143	0,254884	0,005221
Vazão de ar	-1,70000	0,674360	0,086108
Tempo de exposição	-0,20000	0,674360	0,786136
Vazão de ar x Tempo de exposição	-0,20000	0,674360	0,786136

Na Figura 5.12 o resultado do gráfico de Pareto reforça o que foi afirmado anteriormente não se verificando ocorrência de efeito significativo dos parâmetros da vazão e tempo de exposição na produção de aguardente bidestilada de algaroba sobre os ésteres.

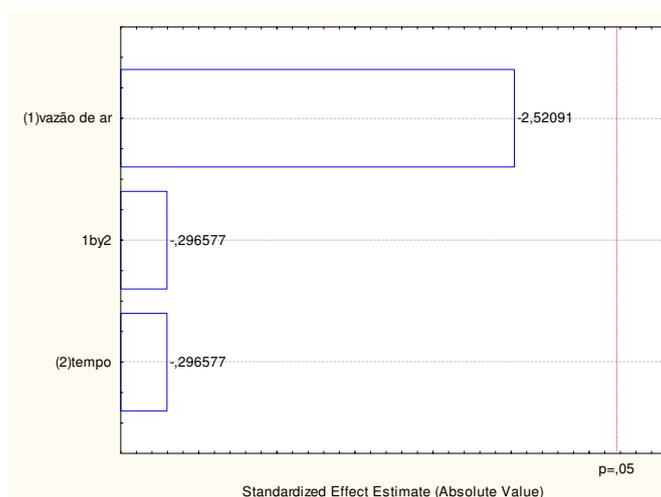


Figura 5.12 – Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre os ésteres

5.6.4 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre o teor alcoólico

Na Tabela 5.20 estão os efeitos dos fatores aeração e do tempo de aplicação e de sua interação entre os fatores sobre o teor alcoólico produzido durante a produção de aguardente bidestilada de algaroba, indicando que não existem diferenças significativas entre esses fatores em de nível de 95% de probabilidade. Percebe-se diante dos resultados, a redução do percentual de álcool em todos os ensaios com destaque para as maiores perdas de 9 %, no ensaio 07 (vazão de 6 L.min⁻¹ em 4 horas), também de 9% para o ensaio 04 (vazão de 10 L.min⁻¹ em 6 horas), e de 5% para o ensaio 02 (vazão de

10 L.min⁻¹ em 2 horas). BORRAGINI (2009) em suas pesquisas utilizou uma bomba elétrica para circulação e aeração de cachaça com vazão variando de 28 a 44 L.h⁻¹ e tempo de exposição de 106 horas por semana, e verificou uma pequena diminuição de 2,5% da graduação alcoólica no final de 180 dias de trabalho. Comportamento oposto foi encontrado por CASTRO NETO et al. (2005) informando aumento de 7,01% no teor alcoólico, em amostras envelhecidas com circulação forçada. Este episódio também foi observado por PIGGOTT et al. (1989) com o aumento em 22,5% no teor alcoólico ao final de seis meses de envelhecimento tradicional e atribui a responsabilidade ao clima seco, ocasionando maior evaporação da água em relação ao álcool.

Tabela 5.20 – Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para o teor alcoólico

Fator	Efeito	Erro padrão	P
Média	51,85714	0,996593	0,000016
Vazão de ar	-4,00000	2,636737	0,226536
Tempo de exposição	-2,00000	2,636737	0,503293
Vazão de ar x Tempo de exposição	-2,00000	2,636737	0,503293

Percebe-se, na Figura 5.13, que o resultado do gráfico de Pareto implica na não ocorrência do efeito significativo do teor alcoólico em função dos parâmetros de vazão de aeração e tempo de aplicação da aguardente bidestilada de algaroba.

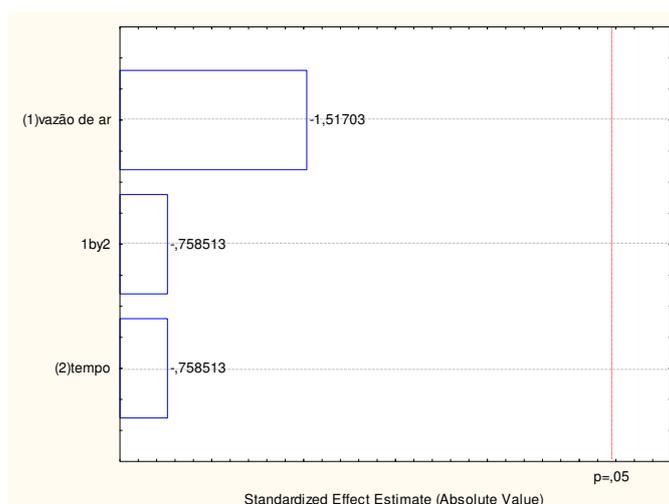


Figura 5.13 – Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre o teor alcoólico

5.6.5 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre o cobre

Na Tabela 5.21 encontram-se a análise estatística dos efeitos da aeração e do tempo de aplicação e de sua interação sobre o contaminante cobre produzido durante o processo de produção da aguardente bidestilada de algaroba, verificando-se que não existem diferenças significativa em nível de 95% de probabilidade para os parâmetros investigados. Nos resultados expostos, de contaminação por cobre que é um material de constituição do destilador foi de um valor de 22 mg.L⁻¹ bem acima do limite máximo de 5 mg.L⁻¹ exigido pela legislação (BRASIL, 2005). Nota-se uma grande redução para os níveis de cobre em todos os experimentos de aeração e principalmente nos extremos dos níveis estudados tais como o ensaio 01 (vazão de 2 L.min⁻¹ em 2 horas de exposição) 11,5 mg.L⁻¹ e ensaio 04 (vazão de 10 L.min⁻¹ em 6 horas) 10 mg.L⁻¹. Verifica-se em uma análise comparativa que existe uma diferença de 0,5 mg de cobre entre a aplicação da maior e menor vazão e tempo de exposição. Apesar de alcançar a maior redução da concentração de cobre em 50% entre os ensaios, o ensaio 04, ainda assim, está 2 vezes superior ao limite de 5mg.L⁻¹ e portanto a aguardente está inadequada para o consumo humano segundo a legislação Brasileira vigente (BRASIL, 2005). De acordo com SANTOS (2009) existe a possibilidade de remover parte significativa do cobre utilizando carvão ativado e resina de troca iônica. O autor conseguiu reduzir o cobre em aguardentes de cana-de-açúcar em 54% e mais que 95% de íons Cu⁺⁺ utilizando respectivamente esse carvão ativo e a resina de troca iônica,.

Tabela 5.21 – Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para a cobre

Fator	Efeito	Erro padrão	P
Média	13,85714	1,648768	0,003534
Vazão de ar	0,00000	4,362230	1,000000
Tempo de exposição	-1,50000	4,362230	0,753641
Vazão de ar x Tempo de exposição	-2,00000	4,362230	0,677781

Na Figura 5.14 se encontra o resultado do gráfico de Pareto do contaminante cobre, quando submetido a vazões de aeração e do tempo de exposição dessa aeração na produção de aguardente bidestilada de algaroba, percebendo-se que não ocorre um efeito significativo dos parâmetros analisados.

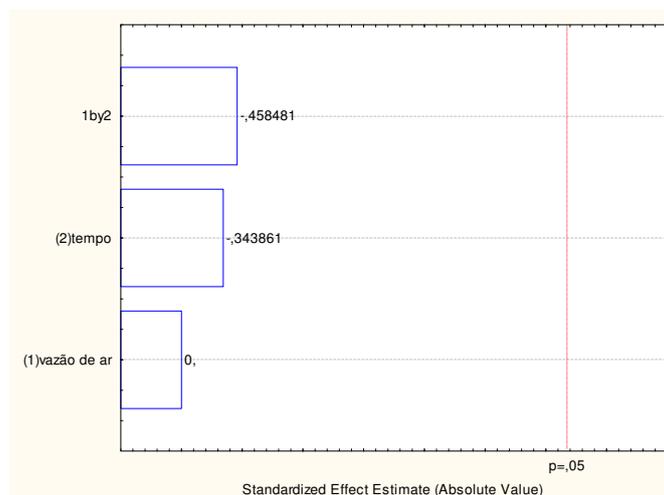


Figura 5.14 – Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre o cobre

5.6.6 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre os álcoois superiores

Segundo a Tabela 5.22, os valores para os fatores calculados não são significativos a nível de 95% de confiança, quando da aplicação do processo de aeração da aguardente bidestilada de algaroba usando-se os parâmetros de controle de vazão e tempo mensurados para verificação dos seus efeitos sobre os álcoois superiores. Os álcoois superiores são produtos metabólicos decorrentes do crescimento das leveduras e do aproveitamento de aminoácidos como fonte de nutrientes amoniacais. Sua formação é também influenciada pelas condições do meio de fermentação, da quantidade e viabilidade do inóculo, da temperatura e do teor alcoólico final do mosto fermentado (MIRANDA et al., 2008). Constata-se uma tendência de redução das concentrações de alguns congêneres, tais como, nos ésteres, teor alcoólico e cobre ao introduzir diferentes vazões de ar e tempo de exposição nos destilados. Verifica-se situação semelhante, onde, os níveis de álcoois superiores também foram reduzidos de $720 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ para $650 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ no ensaio 01 (vazão de $2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ em 2 horas de exposição) e $658 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ no ensaio 03 (vazão de $2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ em 6 horas de exposição). Percebe-se um efeito de aumento das concentrações somente nos ensaios 04 (vazão de $2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ em 2 horas de exposição) $731 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ e ensaio 07 (vazão de $2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ em 2 horas de exposição) $734 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$, comportamento também foi descrito para acidez volátil nestes ensaios. Observa-se que todas as amostras apresentaram teores de álcoois superiores acima do limite estabelecido pela legislação brasileira ($360 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) (BRASIL, 2005).

Tabela 5.22 – Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para os alcoois superiores

Fator	Efeito	Erro padrão	P
Média	686,5714	11,46987	0,000010
Vazão de ar	53,0000	30,34641	0,179057
Tempo de exposição	28,0000	30,34641	0,424225
Vazão de ar x Tempo de exposição	20,0000	30,34641	0,556931

Nota-se, na Figura 5.15, que o resultado do gráfico de Pareto implica na não ocorrência do efeito significativo dos parâmetros analisados da vazão e tempo de exposição da aguardente bidestilada de algaroba ao processo de aeração sobre os congêneres alcoois superiores.

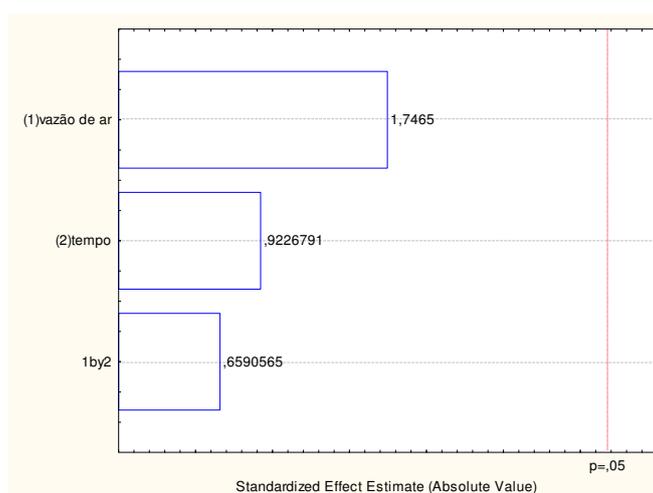


Figura 5.15 – Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre os alcoois superiores

5.6.7 Influência da aeração e do tempo de aplicação sobre a soma dos componentes secundários

Na Tabela 5.23 encontra-se a análise estatística, em nível de 95% de probabilidade, dos efeitos da aeração e do tempo de exposição dessa aeração, bem como a interação desses fatores para a soma dos componentes secundários formados durante a produção de aguardente bidestilada de algaroba, observando-se a não existência de diferenças significativas entre os experimentos estudados. Percebe-se nos resultados

apresentados pela Tabela 5.16, que a aplicação da aeração conseguiu diminuir as concentrações em cinco ensaios dos setes pesquisados, entretanto, não atendeu aos limites exigidos por lei para este congêneres 650 mg.100 mL⁻¹. Nota-se que o ensaio 01 (vazão de 2 L.min⁻¹ em 2 horas de exposição) resultou na maior redução do valor para este contaminante de 802 mg.100 mL⁻¹ para 728 mg.100 mL⁻¹. Percebe-se elevação das concentrações da Soma dos Componentes Secundários nos ensaios 04 (vazão de 10 L.min⁻¹ em 6 horas de exposição) 822 mg.100 mL⁻¹ e 07 (vazão de 6 L.min⁻¹ em 4 horas de exposição) 826 mg.100 mL⁻¹, efeito semelhante fora confirmado para acidez acética e álcoois superiores,

Tabela 5.23 – Efeito dos fatores calculados vazão de aeração e do tempo de aplicação para a soma dos componentes secundários

Fator	Efeito (acidez)	Erro padrão	P
Média	62,5000	14,01038	0,000013
Vazão de ar	31,5000	37,06799	0,190365
Tempo de exposição	28,5000	37,06799	0,457881
Vazão x Temperatura do destilado	62,5000	37,06799	0,497962

Nna Figura 5.16, está o resultado do gráfico de Pareto onde confirma a não ocorrência do efeito significativo da vazão e tempo de exposição da aguardente bidestilada de algaroba sobre a soma dos componentes secundários.

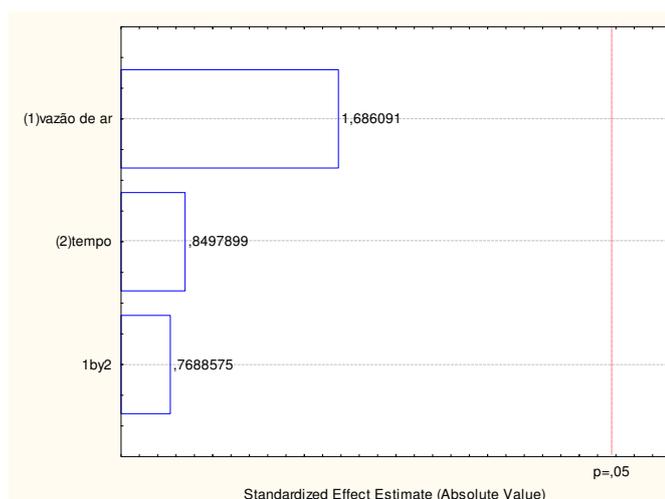


Figura 5.16 – Diagrama de Pareto referente a aeração e tempo de aplicação sobre a soma dos componentes secundários

5.7 Perfil físico-químico da aguardente bidestilada de algaroba armazenada no período de 6 meses, nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho europeu, tratados termicamente

Diversas são as madeiras utilizadas para armazenagem e maturação de destilados pelo mundo. Com o intuito de verificar as alterações físico-químicas ocorridas na fase de armazenagem em bebidas destiladas e em especialmente na aguardente bidestilada de algaroba, foram construídos barris de diferentes madeiras, tais como: algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.), cerejeira (*Amburana cearensis* Fr. Allem) e carvalho (*Quercus sp.*). Ainda foi aplicada, na superfície interna de cada barril, uma queima por meio de bico de chama e com tempos distintos de aplicação.

Após a caracterização da aguardente bidestilada de algaroba denominada de destilado “mãe” uma parte foi acondicionado em recipiente de polipropileno, e a outra, adicionada em cada barril para ser armazenada por um período de 6 meses.

5.7.1 Aguardente bidestilada de algaroba armazenada em barris de Algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.)

Na Tabela 5.24 estão dispostos os resultados da análise físico-química da aguardente bidestilada de algaroba armazenada em barris de algarobeira quanto a álcool metílico, aldeídos, ésteres, soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico, teor alcoólico e acidez volátil.

Percebe-se que, o contaminante álcool metílico no destilado mãe, teve pequena elevação, significativa, de 231,17 mg.100mL⁻¹ para 246,83 mg.100mL⁻¹ no período de 6 meses; quando armazenado na bombona plástica sabe-se que sua formação se deve a degradação da pectina em meio fermentativo. Para a constatação do valor crescente deste contaminante sugere-se que a relação temperatura e umidade relativa no ambiente de armazenagem, possa ter contribuído para esta finalidade.

O metanol sofreu redução significativa nos barris termicamente tratados e todos se encontram dentro do limite máximo de 700 mg.100mL⁻¹ estabelecido por lei (BRASIL, 1997). Pode-se inferir, também, que a tosta com tempo de aplicação de 3 minutos conseguiu reduzir este contaminante em 17% em relação à concentração inicial.

Na Tabela 5.24 percebe-se que os congêneres aldeídos e ésteres aumentaram durante o armazenamento, exceto na tosta de 3 minutos, quando se obteve uma redução

de acetaldeído; nota-se que a tosta de 3 minutos resultou em uma elevação de 611% em acetato de etila na aguardente bidestilada de algaroba. Segundo MIRANDA et. al. (2008) a aguardente envelhecida apresentará maior concentração de ésteres, pois além das reações de esterificação entre os álcoois e os ácidos da bebida, os ésteres são um dos principais compostos extraídos da madeira, pelos destilados.

Tabela 5.24 – Perfil físico-químico da aguardente bidestilada de algaroba armazenada no barril de algarobeira

Descriminação	Tempo de tosta					
	Destilado mãe*	Destilado mãe	Sem queima	1 min	2 min	3 min
Álcool metílico em mg/100mL de álcool anidro	231.17b	246.83a	227.58c	213.19e	224.28d	191.39f
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100mL de álcool anidro	1.62de	1.70d	9.18b	12.49a	7.18c	1.58e
Ésteres expressos em acetato de etila, em mg/100mL de álcool anidro	2.07d	2.20d	4.80c	5.12b	4.96bc	8.18a
Soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico em mg/100mL de álcool anidro	584.50c	679.64a	527.58f	551.18e	576.71d	668.93b
Teor alcoólico real em % v/v a 20 °C	38.40a	33.41f	37.23d	35.00e	38.00b	37.87c
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100mL de álcool anidro	39.10f	71.88a	51.75e	53.19d	63.21c	65.01b

*

Ainda de acordo com a Tabela 5.24 a soma dos álcoois isobutílicos, isoamílico e n-propílico se encontra fora dos limites máximos exigidos por lei, antes e após a maturação, no período de 6 meses. Nota-se que a madeira sem a queima foi de 527,58 mg.100mL⁻¹ e com 1 minuto 551,18 mg.100mL⁻¹ e 576,71 mg.100mL⁻¹ com 2 minutos de tosta, ocasionou uma redução significativa nesses contaminantes quando comparado ao destilado mãe 584.50 mg.100mL⁻¹, sugerindo que esses tempos de tosta pouco contribuíram com a quebra e disposição desse congêneres para a bebida e que elementos presentes na madeira pudessem contribuir com o decréscimo desses contaminante porém

já na tosta de 3 minutos $668.93 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ se percebe efeito de acréscimo ao se tratar desses contaminantes em questão.

BRAGA (2006) encontrou, pesquisando a influência da temperatura na condução de dois processos fermentativos para obtenção de cachaça, valores de álcoois superiores aos destilados obtidos bem acima do limite máximo exigido por lei. O mesmo atribui, a presença de grande quantidade de aminoácidos no meio fermentativo, à elevação dos níveis deste contaminante.

Quanto ao teor alcoólico discriminado na Tabela 5.24, se encontra fora dos limites mínimos exigidos por lei, para ser considerada aguardente após o período de armazenagem. Somente na tosta de 3 minutos este constituinte se manteve dentro do limite mínimo, de 38% v/v. Segundo MIRANDA et. al. (2008) o grau alcoólico de uma aguardente armazenada em toneis de madeira pode sofrer oscilações em função da umidade relativa e da temperatura ambiente.

Os barris se encontravam em ambiente sem controle de umidade relativa e temperatura, mas com os resultados encontrados pode-se sugerir que ocorreu predomínio de umidade relativa elevada e baixa temperatura em média no período de armazenamento. NICOL (2003) relata que em ambiente de baixa umidade relativa a perda de água é favorecida enquanto que a alta umidade favorece a perda de álcool, através dos toneis.

A acidez volátil é um congênera de grande importância no diagnóstico da qualidade de bebidas recém-destiladas e envelhecidas. Na Tabela 5.24 este congênera se apresenta bem abaixo dos limites estabelecidos por lei; percebe-se, no entanto, que durante o armazenamento há um aumento da acidez volátil em função do tempo da tosta, sugerindo maior extração e incorporação de compostos que elevam a concentração do ácido volátil; com 3 minutos de tosta existe uma elevação de mais de 65% na acidez volátil.

PARAZZI et al. (2008) e MIRANDA et. al. (2008) associaram a oxidação do acetaldeído à incorporação de ácidos orgânicos não voláteis, de outros componentes secundários como os taninos e vários compostos fenólicos da madeira durante o processo de envelhecimento.

5.7.2 Aguardente bidestilada de algaroba armazenada em barris de Cerejeira

Estão expostos, na Tabela 5.25, os resultados da análise físico-química da aguardente bidestilada de algaroba armazenada em barris de cerejeira quanto ao álcool metílico, aldeídos, ésteres, soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico, teor alcoólico e acidez volátil.

Verifica-se que os níveis de metanol tiveram redução significativa nos barris sem e com a aplicação dos três tempos de tosta. Percebe-se uma redução significativa de 24,5% dos níveis deste contaminante, na aguardente armazenada no barril, com tempo de 1 minuto de queima, redução bem superior quando comparada com o tempo de 3 minutos aplicados no barril da algarobeira.

Tabela 5.25 – Perfil físico-químico da aguardente bidestilada de algaroba armazenada no barril de cerejeira

Descriminação	Tempo de tosta					
	Destilado mãe*	Destilado mãe	Sem queima	1 min	2 min	3 min
Álcool metílico em mg/100mL de álcool anidro	231.17b	246.82a	211.88e	174.34f	214.17d	223.52c
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100mL de álcool anidro	1.62e	1.70e	5.15b	2.21d	4.04c	7.28a
Ésteres expressos em acetato de etila, em mg/100mL de álcool anidro	2.07c	2.20c	2.91b	3.06b	3.09b	3.43a
Soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico em mg/100mL de álcool anidro	584.50d	679.64a	596.50c	647.64b	577.97e	561.97f
Teor alcoólico real em % v/v a 20 °C	38.40a	33.41f	36.23b	35.16d	35.92c	35.03e
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100mL de álcool anidro	39.10e	71.89a	58.01c	58.07c	56.84d	59.99b

Considerando a importância do aroma em bebidas destiladas, percebe-se que na Tabela 5.17 os contaminantes aldeídos e ésteres aumentaram durante o armazenamento em função do tempo de tosta aplicado; com 3 minutos de queima o congêneres acetato de etila teve aumento significativo de 65% em relação à aguardente mãe.

Tem-se na Tabela 5.25, os resultados para a soma dos álcoois isobutílicos, isoamílico e n-propílico como já relatado, encontra-se fora dos limites máximos exigidos por lei, antes e após a maturação, no período de 6 meses. Percebe-se que o barril sem e com a aplicação da tosta de 1 minuto, inferiu no acréscimo desses congêneres no destilado sugerindo pouca influência da tosta quando aplicada com baixa intensidade e concomitante interação do líquido na madeira; nota-se, no entanto, que um aumento do tempo de 2 e 3 minutos de tosta, contribuiu para uma redução significativa do congêneres, em torno de 6,53 e 22,53 mg, respectivamente.

Seguindo a Tabela 5.25, encontra-se o resultado para o teor alcoólico; em todos os barris ocorreu um decréscimo significativo, deixando a bebida fora dos limites mínimos exigidos por lei para ser considerada aguardente após o período de armazenagem, resultado este semelhante ao do armazenamento em algarobeira.

Outro congêneres de grande relevância na qualidade de destilados envelhecidos é a acidez volátil em que, na Tabela 5.25, estão dispostos seus resultados; este congêneres se apresenta bem abaixo dos limites estabelecidos por lei. Percebe-se um comportamento similar ao descrito anteriormente no barril de algarobeira; durante o período de armazenamento a acidez volátil aumenta progressivamente em função do tempo da tosta, sugerindo maior extração e incorporação de compostos que elevem a concentração do ácido volátil. Pode-se observar que em 3 minutos de tosta a concentração de acidez volátil aumentou em 53%.

5.7.3 Aguardente bidestilada de algaroba armazenada em barris de Carvalho europeu

Na Tabela 5.26 estão dispostos os resultados da análise físico-química da aguardente bidestilada de algaroba armazenada em barris de carvalho, quanto ao álcool metílico, aldeídos, ésteres, soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico, teor alcoólico e acidez volátil.

Percebe-se que o contaminante metanol sofreu redução significativa nos barris termicamente tratados, com exceção do tratamento com 2 minutos. Verifica-se que os aldeídos tiveram aumento crescente das tostas 2 e 3; com relação aos ésteres, só ocorreu aumento significativo na tosta 2.

Segundo ainda a Tabela 5.26, conclui-se que a soma dos álcoois isobutílicos, isoamílico e n-propílico se encontra fora dos limites máximos exigidos por lei, como relatados anteriormente no barril de algarobeira. Nota-se que, ao contrário da madeira de algarobeira, 1 e 2 minutos de tosta ocasionaram redução significativa nesses contaminantes quando comparados ao destilado mãe porém, em todas as tostas aplicadas os barris de carvalho ocasionaram aumento significativo desses congêneres e a tosta de 2 minutos alcançou o valor de 666,22 mg.100mL⁻¹ em relação aos 584,5 mg.100mL⁻¹ da aguardente mãe.

Tabela 5.26 – Perfil físico-químico da aguardente bidestilada de algaroba armazenada no barril de carvalho europeu

Descriminação	Tempo de tosta				
	Destilado mãe*	Destilado mãe	1 min	2 min	3 min
Álcool metílico em mg/100mL de álcool anidro	231.17c	246.82a	224.30e	239.52b	228.47d
Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100mL de álcool anidro	1.62c	1.70c	1.06d	2.34b	3.19a
Ésteres expressos em acetato de etila, em mg/100mL de álcool anidro	2.07b	2.20b	2.10b	3.60a	2.40b
Soma dos álcoois isobutílicos, isoamílicos e n-propílico em mg/100mL de álcool anidro	584.50e	679.64a	599.00d	666.22b	601.79c
Teor alcoólico real em % v/v a 20 °C	38.40a	33.41e	35.24b	35.00c	34.80d
Acidez volátil, expressa em ácido acético, em mg/100mL de álcool anidro	39.10e	71.89a	59.64b	54.90d	56.94c

Quanto ao teor alcoólico discriminado, ele se encontra fora dos limites mínimos exigidos por lei; já a acidez volátil, conforme relatado nos barris anteriores, se apresenta bem abaixo dos limites estabelecidos por lei. Percebe-se, no entanto, durante o armazenamento, um aumento em função do tempo da tosta, apenas com a 2 e 3 minutos.

5.8 Influência dos tempos de tosta sobre as características físico-químicas da aguardente bidestilada de algaroba

5.8.1 Tosta 1

5.8.1.1 Teor alcoólico (Tosta 1)

Estão representados, na Figura 5.17, os resultados do teor alcoólico das madeiras de algarobeira, cerejeira e carvalho. Nota-se redução significativa do teor alcoólico principalmente na aguardente mãe* $33,41\% \text{ v.v}^{-1}$ e em todas as barricas com esse tempo de queima; verifica-se que a barrica de algarobeira apresentou maior perda $35\% \text{ v.v}^{-1}$ entre as barricas por evaporação de etanol. Todas as aguardentes armazenadas se encontram fora do limite mínimo, de $38\% \text{ v.v}^{-1}$, exigido pela legislação (BRASIL, 2005). CATÃO et al. (2011) confeccionaram barris com diferentes madeiras nativas para verificar qualidade da cachaça armazenada e informaram comportamento similar na barrica de jatobá que durante o armazenamento o teor de etanol reduziu de $43\% \text{ v.v}^{-1}$ para $40,38\% \text{ v.v}^{-1}$.

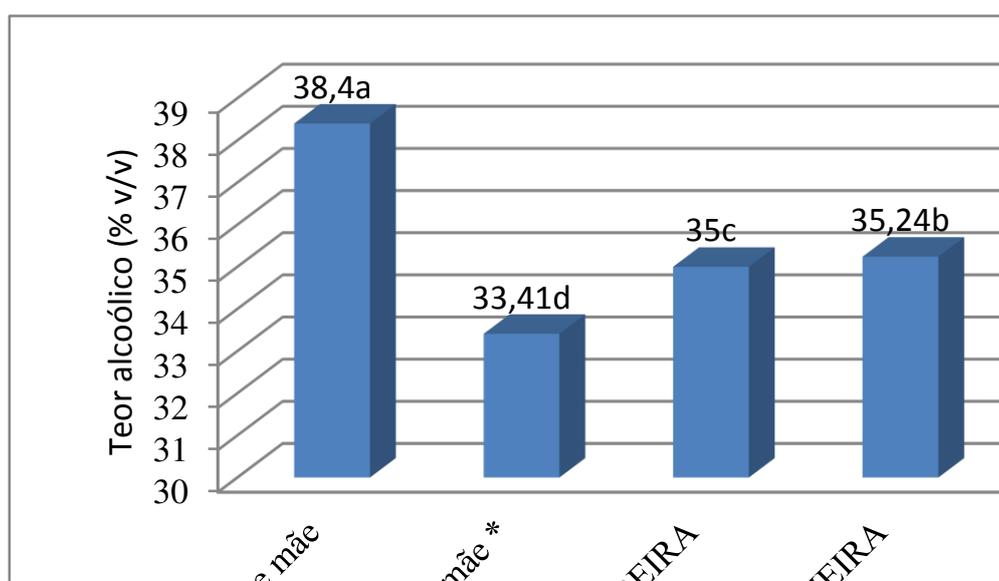


Figura 5.17 – Teor alcoólico da aguardente com 1 minuto de queima nas madeiras de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.1.2 Acidez volátil (Tosta 1)

Na Figura 5.18 se encontram os resultados quanto à acidez volátil da aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Percebe-se aumento significativo do ácido acético, em todos os barris com este tratamento, em que o carvalho (59,64 mg.100mL⁻¹) conseguiu inferir uma concentração maior dentre as madeiras. Resultado idêntico foi informado por MIRANDA et al. (2008) em que a acidez volátil da aguardente aumentou progressivamente ao longo do período de envelhecimento, sendo que ao seu final a aguardente apresentou 83,14 mg de ácido acético 100 mL⁻¹ etanol puro, contra um valor inicial de 8,17 mg de ácido acético 100 mL⁻¹ etanol puro.

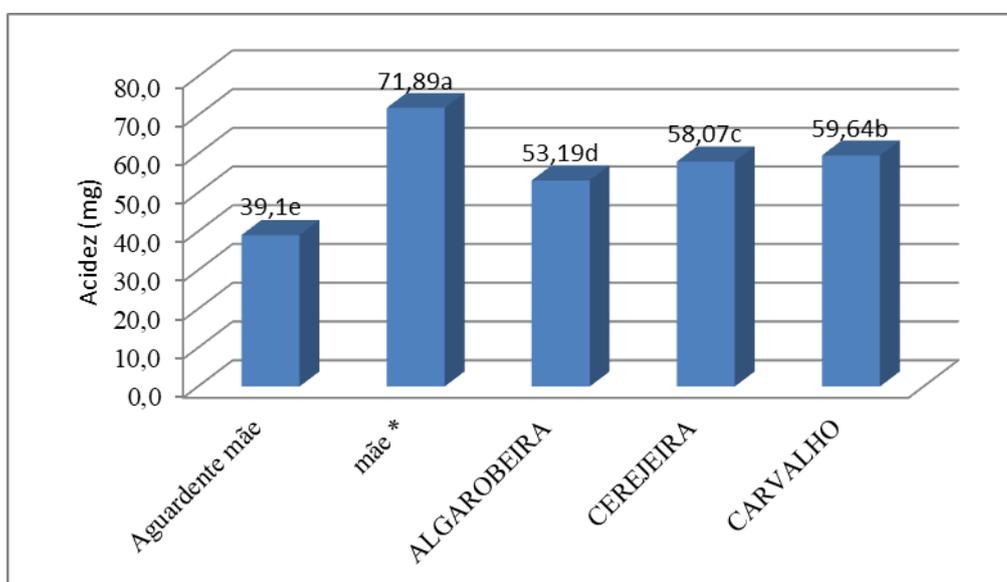


Figura 5.18 – Acidez volátil da aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.1.3 Álcoois superiores (Tosta 1)

Na Figura 5.19 se apresentam os resultados dos álcoois superiores na aguardente, nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho, com 1 minuto de queima. Observa-se que o barril de algarobeira conseguiu inferir uma redução significativa para este congêner, no valor de 33,32 mg, ao contrário do verificado nas outras duas madeiras, os quais colaboraram elevando este contaminante indesejado quando em elevada concentração; nesta concentração todas as aguardentes se encontram fora dos padrões exigidos por lei.

Comportamento semelhante ao das barricas de cerejeira e carvalho foi observado por MIRANDA et al. (2008) informaram a ocorrência de um ligeiro acréscimo no teor de álcoois superiores em função do tempo de envelhecimento. O acréscimo médio na concentração de álcoois superiores ao longo dos 390 dias de envelhecimento foi de aproximadamente 13%.

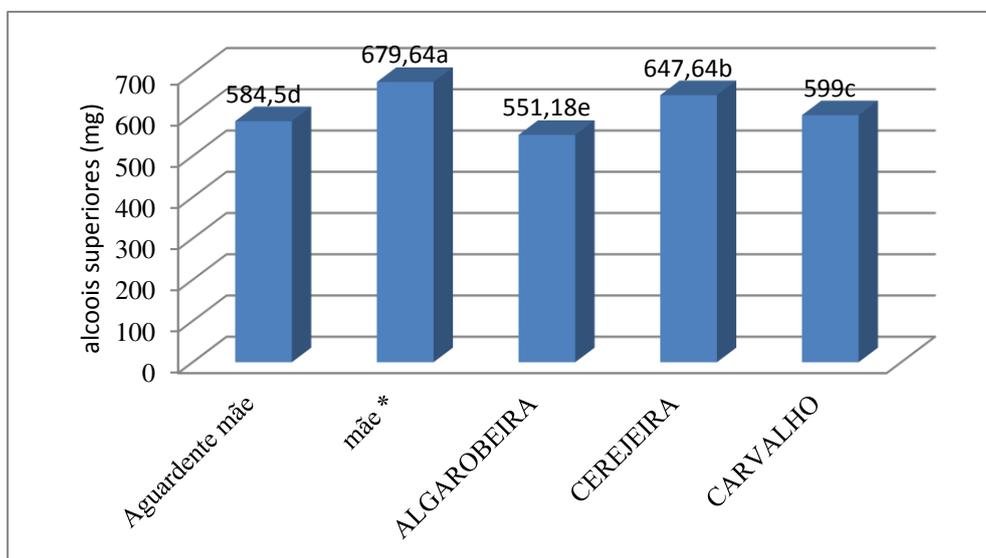


Figura 5.19 – Álcoois superiores da aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.1.4 Aldeídos (Tosta 1)

Apresentam-se, na Figura 5.20, os resultados do contaminante aldeído na aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho..

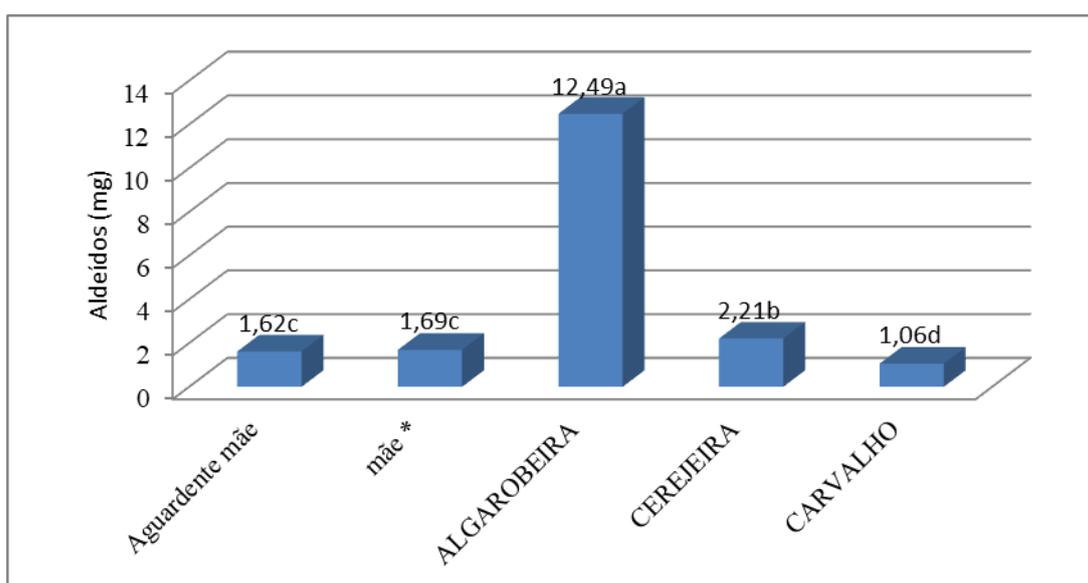


Figura 5.20 – Aldeídos na aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho.

Nota-se que, dentre as madeiras estudadas, o barril de algarobeira transferiu significativamente grande quantidade deste congêneres para o destilado, o que poderá favorecer a formação, em longo prazo, de ésteres, composto responsável pela qualidade do buquê da bebida.

MIRANDA et al. (2008) relata que o teor de aldeídos da aguardente aumentou 125% ao longo dos 390 dias de envelhecimento do destilado. O acetaldeído tem características de odor reportadas como “refrescante”, “frutado” e “verde”, contribuindo assim para o aroma final da aguardente (NÓBREGA, 2003).

5.8.1.5 Ésteres (Tosta 1)

Na Figura 5.21 encontram-se os resultados de ésteres na aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Percebe-se que assim como foi relatado com o congêneres aldeído, a barril de algarobeira superou as duas outras madeiras promovendo uma maior interação e agregação de ésteres na aguardente bidestilada. PARRAZI et al. (2008) estudou o perfil químico de aguardentes de cana-de-açúcar armazenadas em barris de carvalho por um período de 36 meses, verificou um pequeno acréscimo de acetato de etila entre o mês inicial de $26,26 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ para $28,82 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ no 6 mês e que continua elevando-se até registrar mais que o dobro da concentração inicial de $62,65 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ com 36 meses de armazenamento.

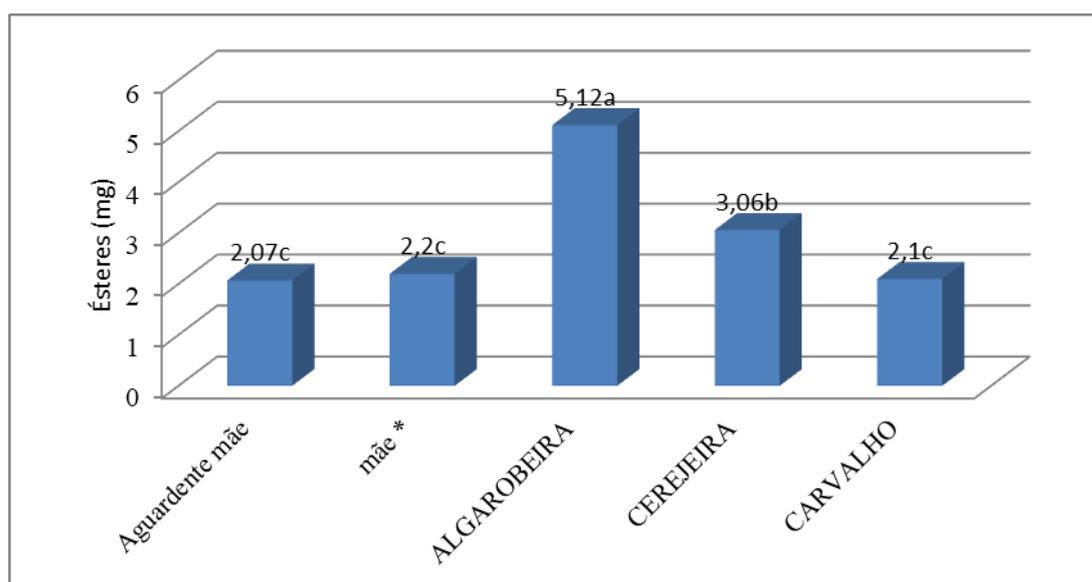


Figura 5.21 – Ésteres na aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.1.6 Metanol (Tosta 1)

Os resultados do contaminante tóxico metanol, estão apresentados segundo a Figura 5.22. Observa-se que todas as madeiras apresentaram redução significativa deste contaminante mas, quando comparado com a dos barris, a cerejeira obteve a maior redução. Comportamento inverso foi informado por PARRAZI et al. (2008) mostrando uma leve tendência de elevação deste contaminante de $3,93 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ para $4,35 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ em 36 meses de armazenamento.

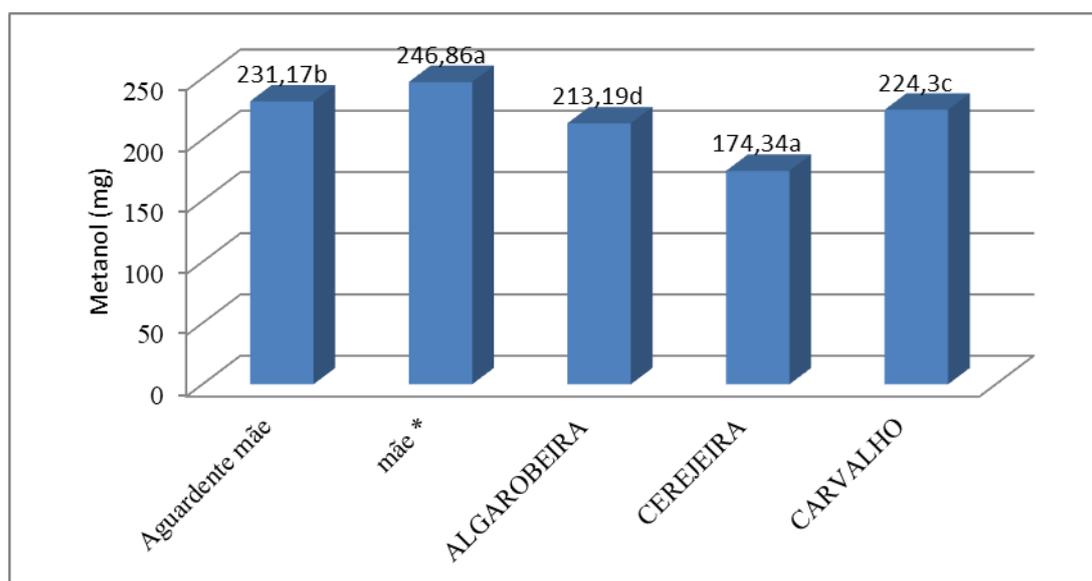


Figura 5.22 – Metanol na aguardente com 1 minuto de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.2 Tosta 2

5.8.2.1 Teor alcoólico (Tosta 2)

Estão representados na Figura 5.23, os resultados do teor alcoólico das madeiras de algarobeira, cerejeira e carvalho quando foram submetidas a uma Tosta da aduela dos Barris por 2 minutos. Percebe-se que os barris de cerejeira e carvalho sofreram uma perda de álcool por evaporação semelhante, à ocorrida na tosta 1, mas também permaneceram fora dos limites exigidos na lei; já no caso do barril de algarobeira ocorreu o inverso quando comparado com essas madeiras e com a própria tosta 1, apesar de uma redução significativa; e ainda assim, a aguardente bidestilada dentro do barril de

algarobeira teve um teor alcoólico de 38%, mantendo-se dentro, portanto, dos padrões legais exigidos por lei.

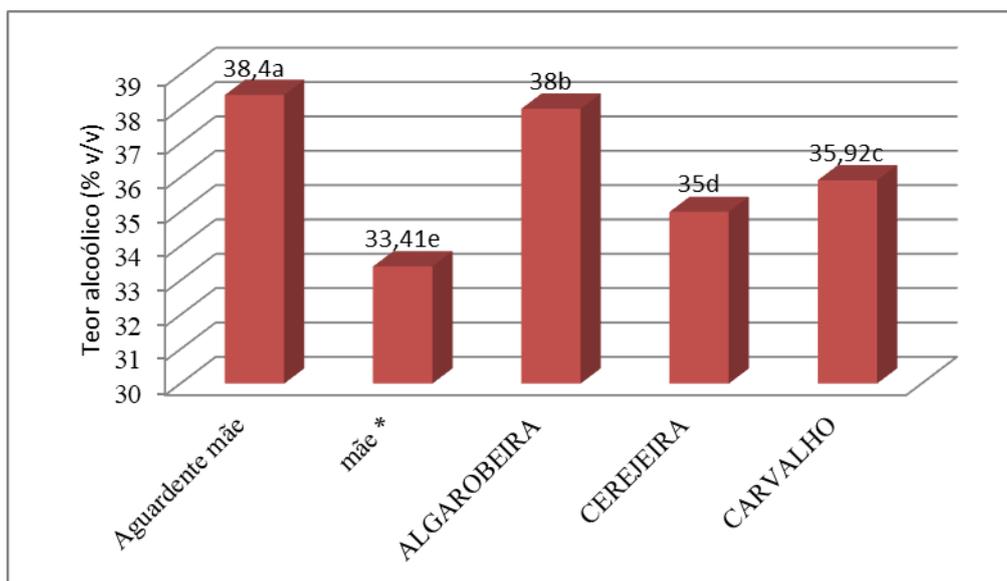


Figura 5.23 – Teor alcoólico na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.2.2 Acidez volátil (Tosta 2)

Encontram-se, na Figura 5.24, os resultados referentes à acidez volátil da aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Percebe-se comportamento semelhante ao ocorrido na tosta 1, com aumento significativo do ácido acético, em todos os barris com este tratamento. Porém o barril de algarobeira superou as outras duas madeiras e ainda registrou um aumento superior a 15%, na comparação com o barril de carvalho, vastamente utilizado para o envelhecimento e agregação de substâncias desejadas nas bebidas fermentadas e fermento-destiladas. ALCARDE et al. (2010) informam que as aguardentes envelhecidas nos tonéis de ararua (128,08 mg.100mL⁻¹) e jequitibá (124,18 mg.100mL⁻¹) apresentaram maior acidez volátil que as envelhecidas nos tonéis de amendoim (108,76 mg.100mL⁻¹), carvalho (104,94 mg.100mL⁻¹) e cerejeira (110,84 mg.100mL⁻¹), as quais, por sua vez, apresentaram-se mais ácidas que as envelhecidas nos tonéis de Cabreúva (94,55 mg.100mL⁻¹), grábia (94,72 mg.100mL⁻¹), ipê-roxo (93,84 mg.100mL⁻¹) e pereira (92,37 mg.100mL⁻¹).

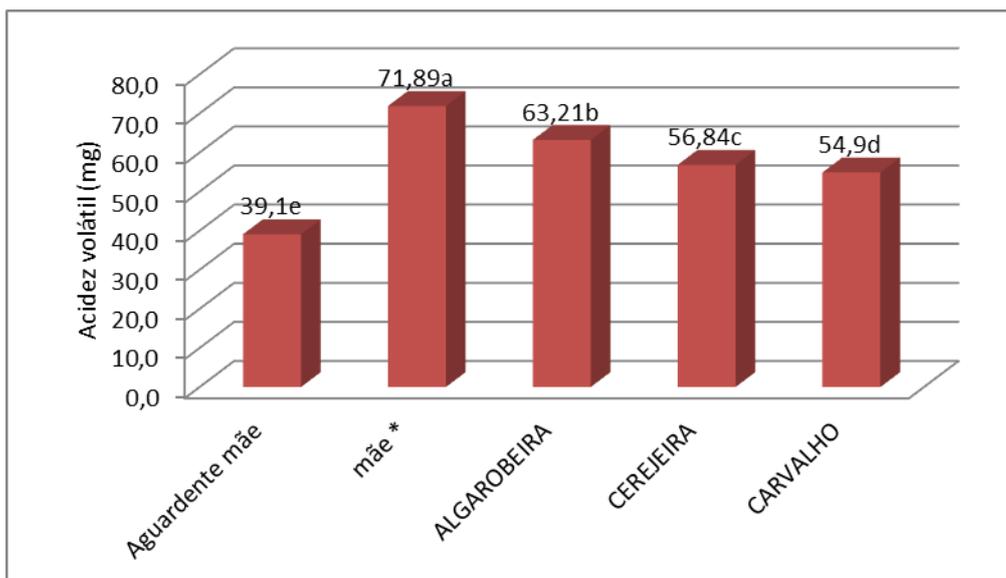


Figura 5.24 – Acidez volátil na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.2.3 Álcoois superiores (Tosta 2)

Na Figura 5.25 se apresentados os resultados dos álcoois superiores na aguardente, nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho, com 2 minutos de queima; Pode-se verificar que, com o ocorrido na tosta 1, novamente o barril de algarobeira conseguiu reduzir significativamente, em 1,3%, este congêneres; o barril de carvalho acrescentou significativamente pouco mais de 81 mg, tal como relatado na tosta 1, em que todas as aguardentes estão fora dos padrões de identidade e qualidade de 360 mg.100mL⁻¹ exigidos na lei. ALCARDE et al. (2010) informam que a aguardente envelhecida nos tonéis de grápia foi a que apresentou maior concentração de álcoois superiores 223,02 mg.100mL⁻¹. As aguardentes envelhecidas nos tonéis de carvalho (195,74 mg.100mL⁻¹), ipê-roxo (176,81 mg.100mL⁻¹) e pereira (188,04 mg.100mL⁻¹) apresentaram maior concentração de álcoois superiores que as envelhecidas nos tonéis de Cabreúva (168,40 mg.100mL⁻¹), cerejeira (159,64 mg.100mL⁻¹) e jequitibá (166,5 mg.100mL⁻¹). As aguardentes envelhecidas nos tonéis de amendoim (144,77 mg.100mL⁻¹) e araruva (138,12 mg.100mL⁻¹) foram as que apresentaram menor concentração de álcoois superiores.

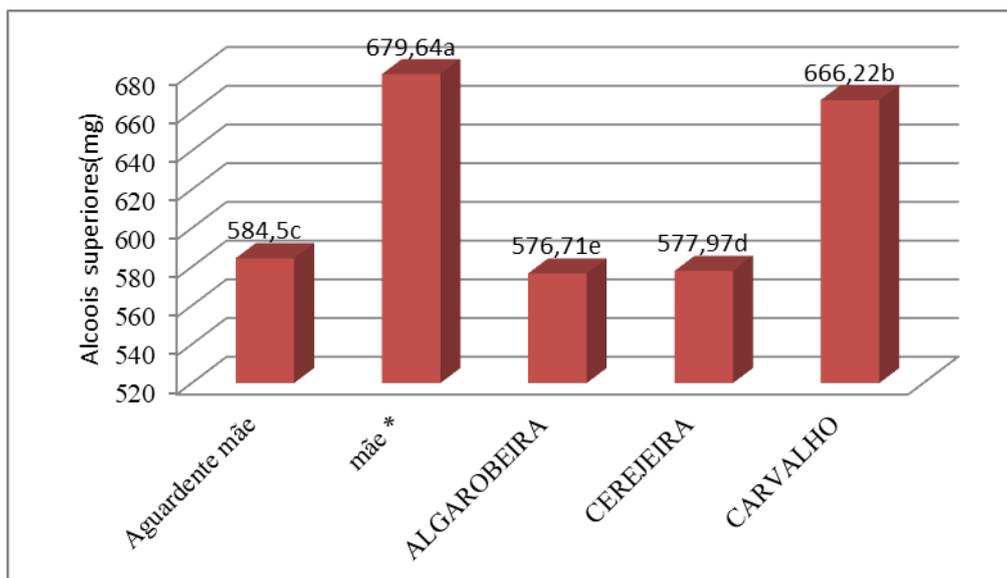


Figura 5.25 – Alcoois superiores na aguardente com 2 minutos de queima, nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.2.4 Aldeídos (Tosta 2)

Estão apresentados, na Figura 5.26, os resultados do contaminante aldeído na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Conforme relatado na tosta 1 este congêner, quando em elevados níveis, é extremamente indesejado em aguardentes novas mas seu aumento no período de envelhecimento favorecerá o desenvolvimento do buquê da bebida, isto é, novamente o barril de algarobeira, como conferido na tosta 1, foi o que melhor contribuiu para liberação deste congêner quanto ao destilado em relação aos outros barris. MIRANDA et al. (2006) estudaram o efeito da irradiação gamma (^{60}CO) na qualidade da cachaça e no tonel de envelhecimento, concluíram que existe diferença estatística entre os tratamentos e encontrou maior teor de aldeídos nos tonéis que foram irradiados, atribuiu essa resposta, a aceleração e exposição de maior superfície de contato nestes tonéis do que nas cachaças irradiadas ou não irradiadas em tonéis não irradiados.

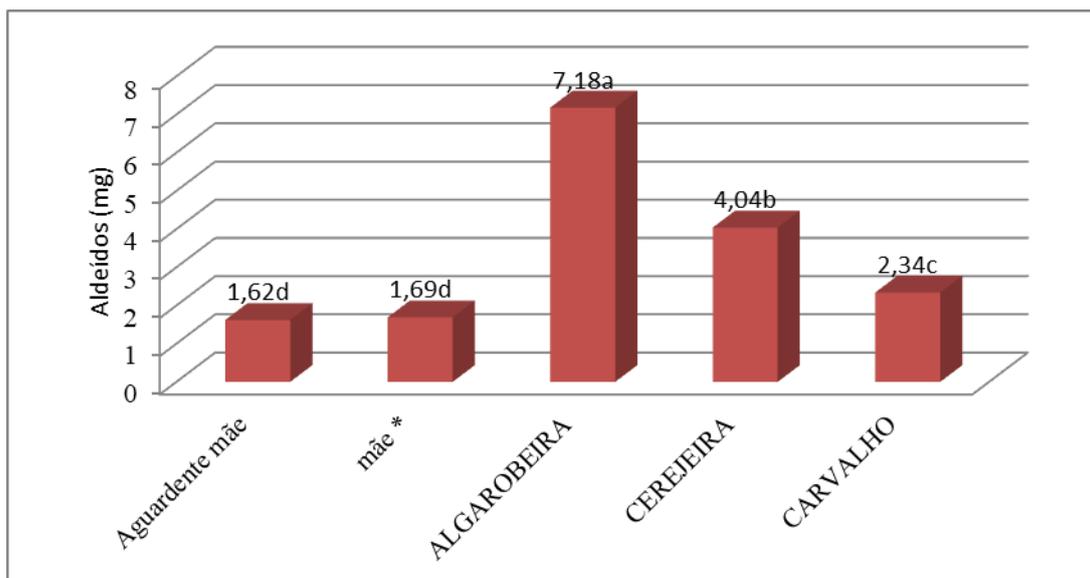


Figura 5.26 – Aldeídos na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.2.5 Ésteres (Tosta 2)

Na Figura 5.27 se encontram os resultados de ésteres na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Para este congêneres de grande relevância na maturação de destilados, verifica-se que, se reproduziu o mesmo perfil relatado na tosta 1, o barril de algarobeira promoveu ganho significativo em acetato de etila, bem superior aos dos outros barris.

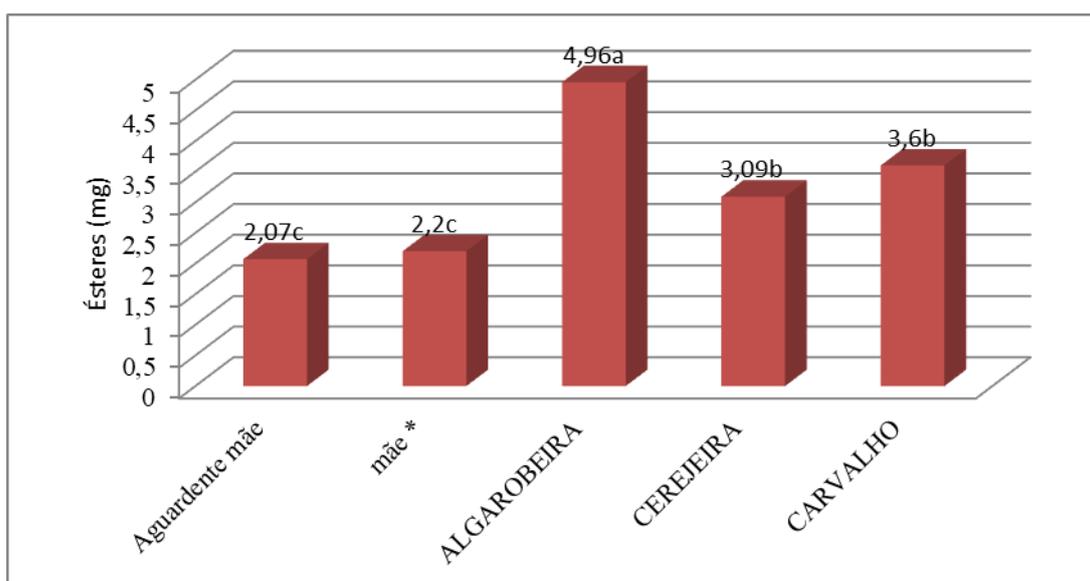


Figura 5.27 – Ésteres na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.2.6 Metanol (Tosta 2)

Na Figura 5.28 se encontram os resultados do contaminante álcool metílico na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Percebe-se um comportamento similar ao da tosta 1, cujos barris favoreceram a redução deste contaminante no destilado, com exceção da madeira de carvalho que, negativamente, aumentou em 3,6% este contaminante, no destilado.

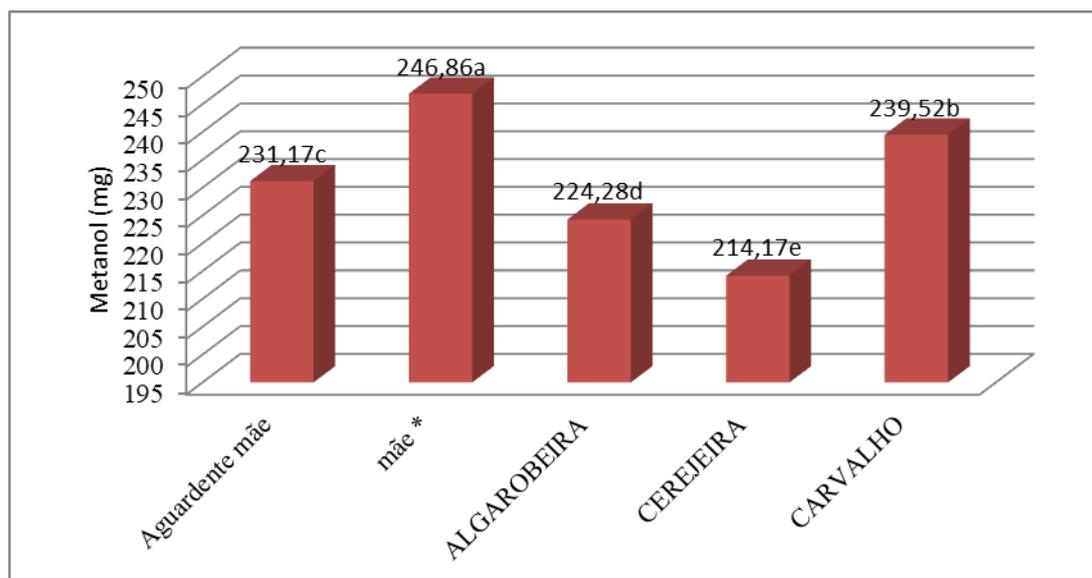


Figura 5.28 – Metanol na aguardente com 2 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.3 Tosta 3

5.8.3.1 Teor alcoólico (Tosta 3)

Apresentam-se, na Figura 5.29, os resultados do teor alcoólico da aguardente com 3 minutos de queima nas madeiras de algarobeira, cerejeira e carvalho. Percebe-se que os barris de cerejeira e carvalho sofreram perda de álcool por evaporação, semelhante ao ocorrido nas tosta 1 e 2, ficando fora, portanto, dos limites exigidos na lei. No caso do barril de algarobeira, ocorreu pequena redução bem próximo do limite mínimo exigido pela legislação porém, dentre os barris aplicados para a armazenagem da aguardente, a madeira de algarobeira evitou uma perda maior de álcool por evaporação.

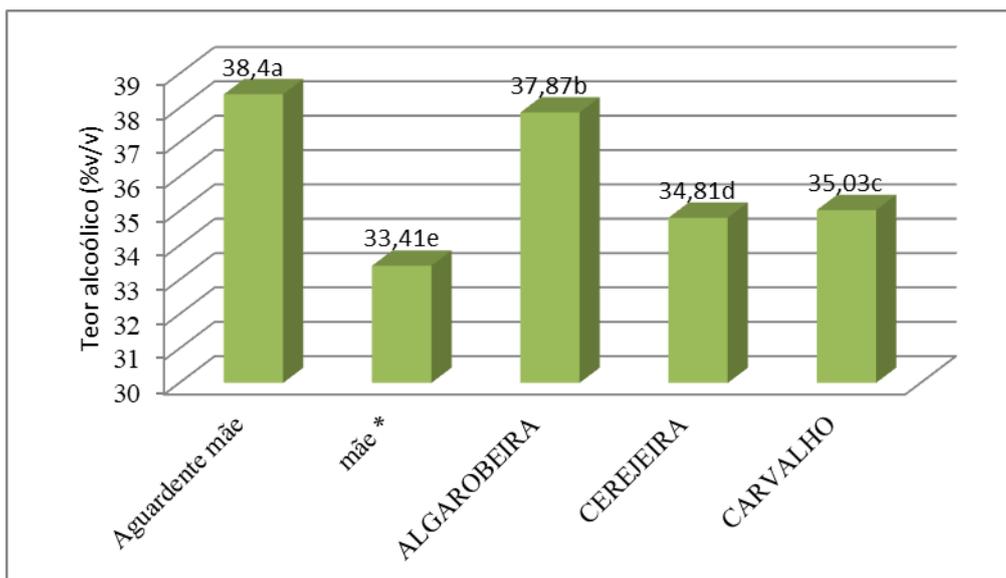


Figura 5.29 – Teor alcoólico na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.3.2 Acidez volátil (Tosta 3)

Na Figura 5.30 se encontram os resultados quanto à acidez volátil da aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Percebe-se comportamento semelhante ao ocorrido nas tosta 1 e 2, com aumento significativo do ácido acético, em todos os barris com este tratamento; entretanto, o barril de algarobeira liberou, para o destilado, uma quantidade maior de ácido bem superior à das outras duas madeiras.

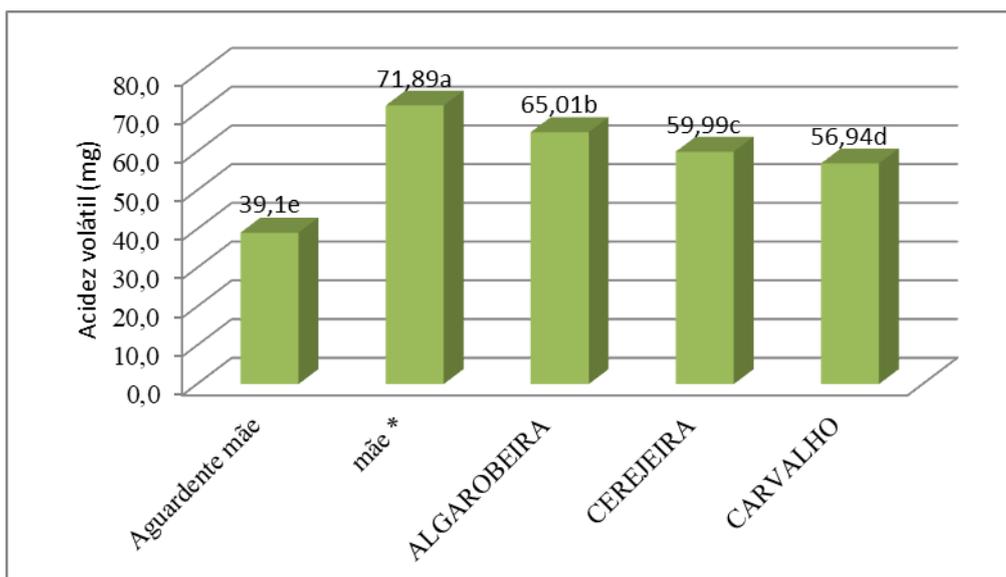


Figura 5.30 – Acidez volátil na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.3.3 Álcoois superiores (Tosta 3)

A Figura 5.31 apresenta os resultados dos alcoóis superiores na aguardente, nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho, com 3 minutos de queima. Nota-se que, nesta ocasião, o barril de algarobeira e carvalho aumentou significativamente esses contaminantes; comportamento similar foi observado para o barril de carvalho com tosta de 2 minutos; percebe-se, ainda, que o barril de cerejeira foi responsável pela redução de 3,85%.

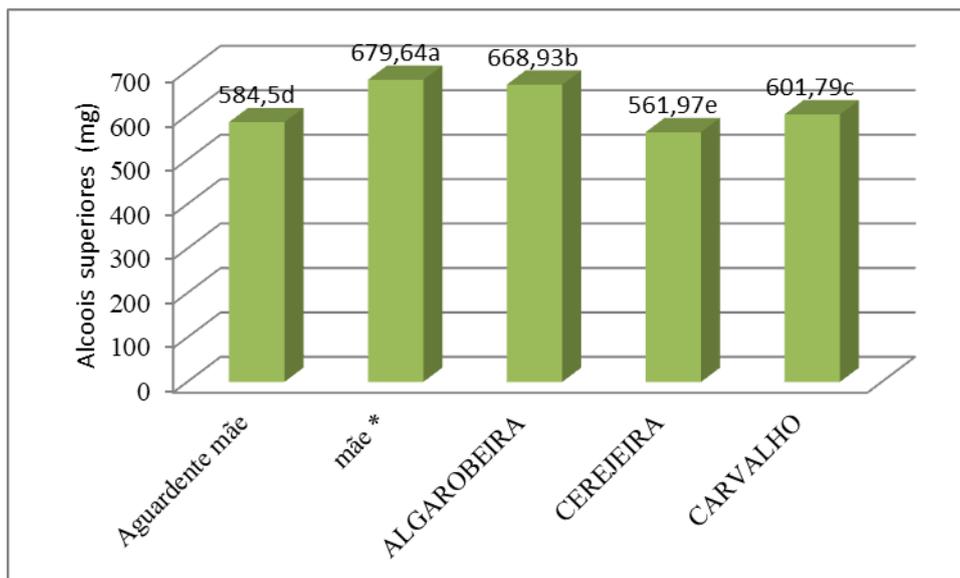


Figura 5.31 – Alcoóis superiores na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.3.4 Aldeídos (Tosta 3)

Estão apresentados, na Figura 5.32, os resultados do contaminante aldeído na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Nota-se que nesta tosta o barril de cerejeira superou a algarobeira, em se tratando da elevação deste congêneres mas é provável que o barril de algarobeira promoveu uma leve redução deste congêneres, não sendo significativo.

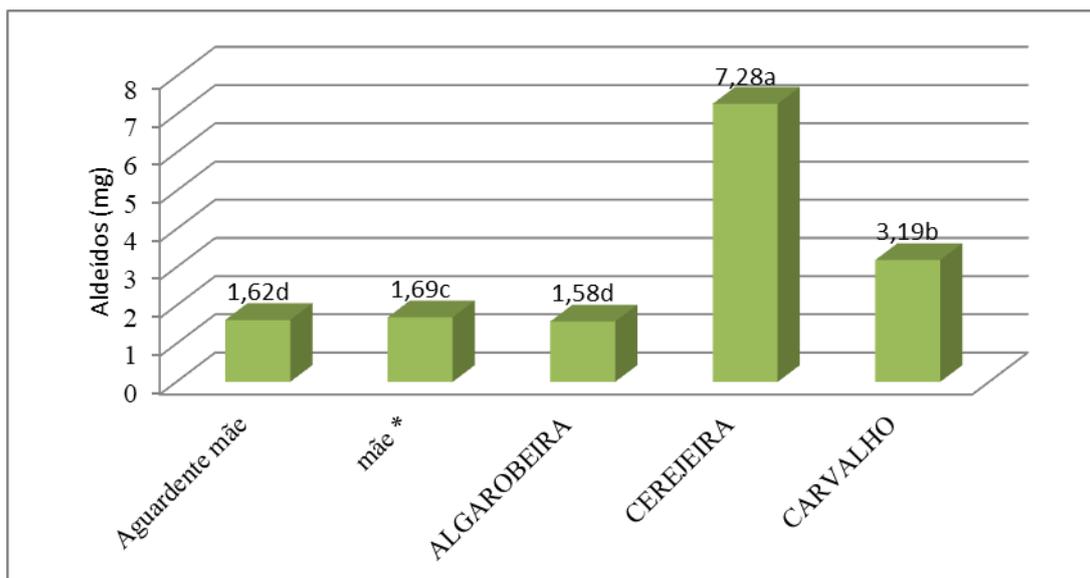


Figura 5.32 – Aldeídos na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.3.5 Ésteres (Tosta 3)

Na Figura 5.33 estão os resultados de ésteres na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Novamente se percebe, como relatado, que nas outras tostas o barril de algarobeira foi que mais favoreceu o destilado, em ganho significativo de acetato de etila. ALCARDE et al. (2010) relataram que aguardente envelhecida nos tonéis de grápia ($44,49 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) foi a que apresentou maior concentração de ésteres. As aguardentes envelhecidas nos tonéis de amendoim ($36,40 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) e araruva ($39,41 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) apresentaram maior concentração de ésteres que as envelhecidas nos tonéis de cabreúva ($27,12 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$), carvalho ($30,45 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$), cerejeira ($32,82 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) e jequitibá ($32,59 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$). As aguardentes envelhecidas nos tonéis de ipê-roxo ($23,07 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) e pereira ($22,98 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) foram as que apresentaram menor concentração de ésteres.

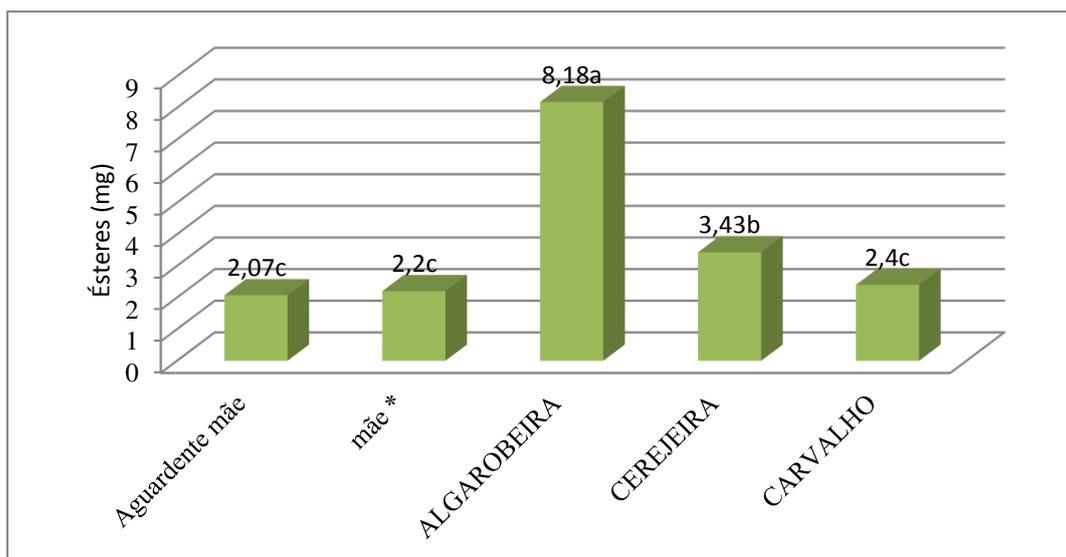


Figura 5.33 – Ésteres na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho

5.8.3.6 Metanol (Tosta 3)

Estão apresentados na Figura 5.34, os resultados do metanol na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho. Observar-se, conforme comentado anteriormente nas outras tostas, comportamento similar, em que os barris favoreceram a redução deste contaminante no destilado; o barril de algarobeira diminuiu a concentração metanol em praticamente 40 mg, redução bem superior aos demais barris.

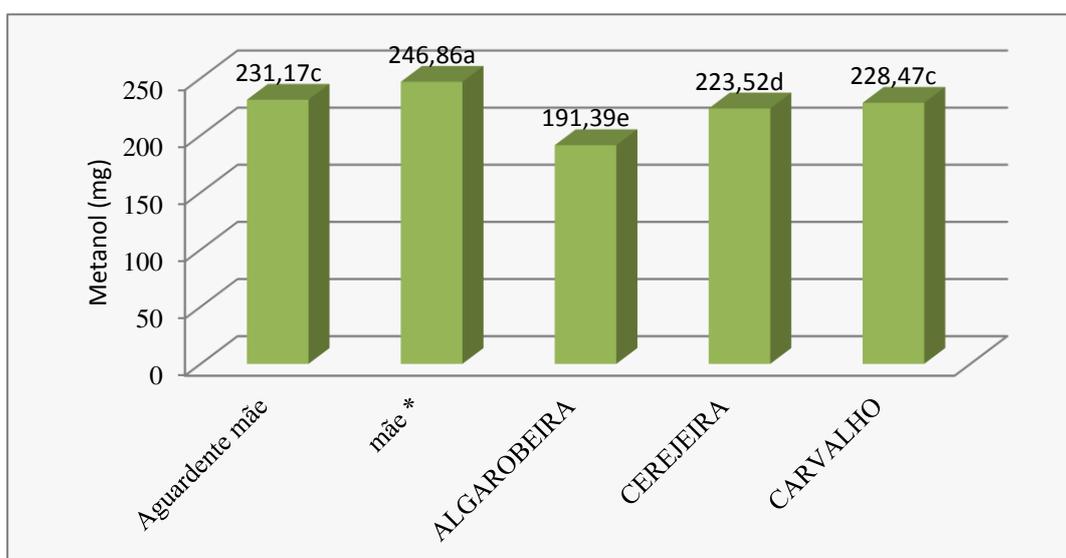


Figura 5.34 – Metanol na aguardente com 3 minutos de queima nos barris de algarobeira, cerejeira e carvalho.

5.9 Análise sensorial

Na Tabela 5.27 se apresentam os resultados da avaliação sensorial com os valores atribuídos pelos provadores não treinados correspondendo a uma escala hedônica com nove denominações, que vão do gostei muitíssimo até ao desgostei muitíssimo para as aguardentes bidestiladas de algaroba (aguardente mãe) e as armazenadas nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira. Percebe-se, após seis meses de armazenagem, que a aguardente mãe 1, foi a mais aceita no quesito aparência, obtendo frequência de 80% entre gostei “ligeiramente” e “muitíssimo”.

Tabela 5.27 – Valores atribuídos para a aparência da aguardente bidestilada de algaroba e para as armazenada nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira.

Escala hedônica	Aguardente mãe*	Barrica de algarobeira			Barrica de carvalho			Barrica de cerejeira		
		Tratamento Térmico (Tosta) – tempo de queima (minutos)								
	Média	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9 - Gostei muitíssimo (GM1)	9,6	3	2	8	4	8	4	5	6	4
8 - Gostei muito (GM)	16	6	11	9	21	20	14	21	14	13
7 - Gostei regularmente (GMO)	11	10	10	13	11	9	14	9	12	15
6 - Gostei ligeiramente (GL)	4,6	6	5	9	6	6	12	5	9	6
5 Indiferente (NGND)	3,6	10	10	7	5	6	4	3	5	9
4 - Desgostei ligeiramente (DL)	1	10	6	3	2	0	1	5	2	1
3 - Desgostei regularmente (DMO)	2,3	3	3	1	1	0	0	1	1	1
2 - Desgostei muito (DM)	2	2	2	0	0	1	1	1	1	0
1 - Desgostei muitíssimo (DM1)	0,3	0	1	0	0	0	0	0	0	1

a - Barrica de Algarobeira; c - Barrica de carvalho; ce – Barrica de cerejeira

Dentre as barricas estudadas, onde a aguardente bidestilada de algaroba foi envelhecida no barril de carvalho durante 6 meses, obteve a maior preferências no

aspecto aparência, quando ela foi armazenada na barrica de carvalho, e a aduela submetida a uma queima por 2 minutos, obtendo-se 74% de preferência no item “gostei ligeiramente” e “gostei muitíssimo”. Todas as aguardentes armazenadas em barricas de algarobeira registraram valores menores que 60% com relação ao parâmetro aparência.

Percebe-se que a aguardente armazenada na condição a3 (barrica de algarobeira com 3 minutos de queima na aduela) teve uma aceitação de gostei ligeiramente e muitíssimo na ordem de 60%; valor semelhante de 62% a esta aceitação também foi obtido pela aguardente de algaroba submetida a armazenamento em barrica de cerejeira com queima da aduela por 2 minutos (ce2). Nota-se maior predomínio quanto a preferência da aparência para os tratamentos c1, c2 e c3 (armazenamento da aguardente de algaroba em barrica de carvalho com queima da aduela, respectivamente por 1, 2 e 3 minutos) em relação as demais barricas.

Na Tabela 5.28, encontram-se os resultados para o quesito aroma, onde observa-se que as aguardentes de carvalho armazenadas nas condições c1 e c2 atingiram níveis de aceitação de 76%, e a aguardente de algaroba submetida ao tratamento a1 obteve a maior rejeição, com 20%, de desgostei ligeiramente a muitíssimo.

Observa-se que as aguardentes de algaroba armazenadas em barricas de algaroba submetidas a queima da aduela por 2 minutos (a2) e 3 minutos (a3) apresentaram frequência do item aceitação de gostei ligeiramente a muitíssimo, de 54% e 60%, respectivamente, superiores as aguardentes de algaroba armazenadas em barricas de cerejeira submetidas a queima da aduela por 1 minuto (ce1), com 41%, ce2 com 48% e ce3 com 50%; apenas 4% dos provadores desgostaram ligeiramente a muitíssimo, da aguardentes de algaroba armazenadas em barrica de carvalho no tratamento (c1).

Estão expressos, na Tabela 5.29, os resultados da avaliação sensorial referente ao parâmetro de aceitação do sabor das aguardentes bidestiladas de algaroba. Percebe-se que a aguardente armazenada na barrica de algaroba no tratamento (a2) obteve maior frequência de aceitação de gostei ligeiramente a muitíssimo, do sabor de 50% e a aguardente envelhecida por 6 meses no carvalho no tratamento c3 obteve apenas 40% de aceitação do seu sabor. Verifica-se também, que as aguardentes armazenadas nas barricas de algaroba no tratamento a2 teve 50% de aceitação do sabor, enquanto a aguardente armazenada na barrica de carvalho na condição c2 obteve 58% da aceitação do sabor e a aguardente de algaroba armazenada na barrica de cerejeira na condição ce2

alcançou uma aceitação do sabor de 52%. Essas aguardentes foram as que alcançaram os maiores valores de aceitação de sabor, dentre as estudadas.

Tabela 5.28 – Valores atribuídos ao aroma da aguardente bidestilada de algaroba e as armazenada nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira

Escala hedônica	Aguardente mãe	Barrica de algarobeira			Barrica de carvalho			Barrica de cerejeira		
		Tratamento Térmico (minutos)								
		Média	1	2	3	1	2	3	1	2
9 - Gostei muitíssimo (GM1)	4,6	3	7	6	11	13	5	8	6	5
8 - Gostei muito (GM)	13,3	8	10	13	14	18	12	7	8	12
7 - Gostei regularmente (GMO)	10,6	8	10	11	13	7	14	9	10	8
6 - Gostei ligeiramente (GL)	6,3	3	9	10	6	5	8	11	9	6
5 Indiferente (NGND)	3,6	11	6	4	3	3	4	8	6	7
4 - Desgostei ligeiramente (DL)	3,3	7	4	3	1	1	4	3	8	5
3 - Desgostei regularmente (DMO)	3,6	0	3	2	1	2	1	3	3	3
2 - Desgostei muito (DM)	2,6	9	1	1	1	1	2	3	0	4
1 - Desgostei muitíssimo (DM1)	0,3	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Tabela 5.29 – Valores atribuídos ao sabor da aguardente bidestilada de algaroba e as armazenada nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira.

Escala hedônica	Aguardente mãe*	Barrica de algarobeira			Barrica de carvalho			Barrica de cerejeira		
		Tratamento Térmico (minutos)								
		Média	1	2	3	1	2	3	1	2
9 - Gostei muitíssimo (GM1)	4	1	7	3	5	6	5	5	5	5
8 - Gostei muito (GM)	8,6	7	8	11	11	10	11	6	11	7
7 - Gostei regularmente (GMO)	10,3	6	10	8	12	13	9	6	10	11
6 - Gostei ligeiramente (GL)	9	7	1	10	11	7	8	6	6	6
5 Indiferente (NGND)	5,6	7	4	6	2	3	6	5	3	6
4 - Desgostei ligeiramente (DL)	7	8	10	3	2	4	4	8	8	5
3 - Desgostei regularmente (DMO)	4	4	4	3	2	4	2	4	3	6
2 - Desgostei muito (DM)	2,3	6	5	5	5	3	3	7	2	4
1 - Desgostei muitíssimo (DM1)	1	4	1	1	0	0	2	3	2	0

Na Tabela 5.30 estão dispostos os resultados da avaliação sensorial com os valores atribuídos pelos provadores não treinados para o tributo de impressão global das aguardentes bidestiladas de algaroba (aguardente mãe) e as armazenadas nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira. Observa-se, dentre as aguardentes armazenadas, que as aguardente armazenadas por 6 meses em barricas de carvalho, submetidas a queima da aduela por 1 minuto (c1) e por 2 minutos (c2), tiveram uma frequência de aceitação de impressão global de gostei ligeiramente a muitíssimo de 64%, e foram as que

apresentaram a melhor impressão global e a aguardente de algaroba armazenada em barrica de algaroba seguindo o tratamento a1 obteve uma avaliação negativa tendo uma análise, onde 22% dos provadores atribuíram o quesito desgostei ligeiramente e muitíssimo.

Tabela 5.30 – Valores atribuídos para a impressão global da aguardente bidestilada de algaroba e as armazenada nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira.

Escala hedônica	Aguardente mãe*	Barrica de algarobeira			Barrica de carvalho			Barrica de cerejeira		
		Tratamento Térmico (minutos)								
		Média	1	2	3	1	2	3	1	2
9 - Gostei muitíssimo (GM1)	3,6	1	5	3	4	6	5	3	5	3
8 - Gostei muito (GM)	12,3	7	9	7	14	14	11	9	10	10
7 - Gostei regularmente (GMO)	9,6	8	8	15	14	12	12	7	7	14
6 - Gostei ligeiramente (GL)	10	7	9	15	8	9	6	6	13	9
5 Indiferente (NGND)	6	8	6	3	4	3	6	10	5	6
4 - Desgostei ligeiramente (DL)	4,3	8	6	3	4	1	5	7	3	3
3 - Desgostei regularmente (DMO)	1,3	2	4	1	1	2	3	3	5	3
2 - Desgostei muito (DM)	2,3	6	3	2	1	3	2	3	1	2
1 - Desgostei muitíssimo (DM1)	0,3	3	0	1	0	0	0	2	1	0

Na Tabela 5.31 se encontram os resultados de comparação entre as médias verificando-se que, estatisticamente, existe diferença significativa entre os atributos

aparência, aroma, sabor e impressão global das aguardentes bidestiladas de algaroba (aguardente mãe) e as armazenadas nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira pelo período de 6 meses.

Observa-se no parâmetro Aparência da Tabela 5.31, que as notas atribuídas a aguardente armazenada nas barricas de algarobeira com aplicação de tosta (queima) nas aduelas de 1 minuto (a1) 5,68^c e 2 minutos (a2) 5,88^{bc} obteve médias, em valores absolutos, iguais as aguardentes armazenadas em barrica de cerejeira com aplicação de tosta (queima) nas aduelas de 3 minutos (ce3) 6,68^{abc} e aguardente mãe na 2 repetição 6,68^{abc} não diferindo estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade e reforçada pelo baixo valor do coeficiente de concordância entre os julgadores que foi de 22.87% (a1), 23.45% (a2), 33.69% (ce3) e aguardente mãe 29.87%. Percebe-se ainda que a aguardente armazenada em barrica de carvalho com aplicação de tosta (queima) nas aduelas de 2 minutos (c2) obteve a maior nota de 7,30^a para aparência e o segundo maior coeficiente de concordância dos julgadores que foi de 39,58%, no entanto, não existe diferença significativa da nota entre as aguardente de algaroba armazenadas em barricas tratadas com a queima da aduela por 1, 2 e 3 minutos, excetuando-se as aguardentes armazenadas em barricas de algaroba para os tratamentos a1 e a2.

Na Tabela 5.31 nota-se novamente que a aguardente bidestilada de algaroba armazenada na barrica de carvalho com aplicação de tosta de 1 minuto (c1) e 2 minutos (c2) nas aduelas superou as demais madeiras estudadas, obtendo os maiores coeficientes de concordâncias dos julgadores e notas, para aroma, impressão global e sabor respectivamente, no tratamento c1 (aroma 33.96% e 7,24^{ab}, impressão global 32.05% e 6,70^a e sabor 27,68% e 6,34^a) e c2 (aroma 37% e 7,34^{ab}, impressão global 30.17% e 6,70^a e sabor 23.83% e 6,32^a) e que os maiores coeficiente de concordância dos julgados e notas para aguardente de bidestilada de algaroba armazenada na barrica de algarobeira com aplicação de tosta com tempo de 3 minutos na aduela (a3) (aroma 28.32% e 6,70^{ab}; impressão global 33.82% e 6,26^{ab} e sabor 19.81% e 5,86^{ab}).

Tabela 5.31 – Coeficiente de concordância (CC) entre as médias dos atributos aparência, aroma, sabor e impressão global das aguardentes bidestiladas de algaroba (aguardente mãe) e as armazenadas nos barris de algarobeira, carvalho e cerejeira.

Discriminação	Tratamento	Aparência		Aroma		Sabor		Impressão global		
		M	CC%	M	CC%	M	CC%	M	CC%	
Aguardente mãe	Repetições	1	7,26 ^a +1,68	38.55%	6,26 ^{abc} +1,98	26.68%	5,7 ^{ab} +2,06	18.59%	6,36 ^{ab} +1,62	29.72%
		2	6,76 ^{abc} +2,00	29.87%	6,00 ^{ac} +2,06	28.48%	5,66 ^{ab} +1,96	19.15%	6,10 ^{ab} +1,95	25.17%
		3	7,14 ^a +1,70	31.91%	6,64 ^{ab} +2,07	25.65%	6,14 ^{ab} +2,13	17.76%	6,48 ^a +1,94	24.65%
Barrica de Algarobeira	Tosta	1 minuto	5,68 ^c +1,83	22.87%	5,34 ^c +2,27	21.26%	4,88 ^b +2,26	13.11%	5,12 ^b +2,19	16.73%
		2 minutos	5,88 ^{bc} +1,96	23.45%	6,48 ^{abc} +1,84	22.67%	5,72 ^{ab} +2,41	18.59%	5,98 ^{ab} +2,03	16.78%
		3 minutos	6,78 ^{ab} +1,55	28.16%	6,70 ^{ab} +1,70	28.32%	5,86 ^{ab} +2,15	19.81%	6,26 ^{ab} +1,73	33.82%
Barrica de Carvalho	Tosta	1 minuto	7,06 ^a +1,40	40.6%	7,24 ^{ab} +1,58	33.96%	6,34 ^a +2,03	27.68%	6,70 ^a +1,60	32.05%
		2 minutos	7,30 ^a +1,41	39.58%	7,34 ^{ab} +1,73	37%	6,32 ^a +2,04	23.83%	6,70 ^a +1,86	30.17%
		3 minutos	6,88 ^{ab} +1,36	36.26%	6,60 ^{ab} +1,74	29.1%	6,08 ^{ab} +2,19	19.24%	6,32 ^{ab} +1,92	23.45%
Barrica de Cerejeira	Tosta	1 minuto	6,92 ^{ab} +1,71	38.55%	6,32 ^{abc} +2,00	23.26%	5,14 ^{ab} +2,46	8.05%	5,58 ^{ab} +2,13	15.52%
		2 minutos	6,84 ^{ab} +1,59	30.76%	6,26 ^{abc} +1,79	22.47%	6,02 ^{ab} +2,22	20.59%	6,14 ^{ab} +1,98	22.83%
		3 minutos	6,68 ^{abc} +1,60	33.69%	6,10 ^{abc} +2,11	20.15%	5,80 ^{ab} +2,14	17.26%	6,28 ^{ab} +1,77	27.35%

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; M – média das notas; CC – coeficiente de concordância; DMS Aparência: 1,094 DMS Aroma: : 1,26; DMS Sabor: 1,43; DMS Impressão Global: 1,25; tosta: tempo de queima na aduela da barrica; aguardente mãe: aguardente de algaroba bidestilada armazenada em recipiente de vidro.

O perfil sensorial da aguardente mãe está representado na Figura 5.35, onde as regiões concêntricas, correspondentes aos escores da análise sensorial, variam de 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo). Pode-se destacar que aguardente mãe registrou médias superiores a 5, atribuídas pelos julgadores a todos os parâmetros (aparência, aroma, sabor, impressão global) e as notas estão muito próximas. Percebe-se que a aguardente mãe 3 obteve as melhores notas.

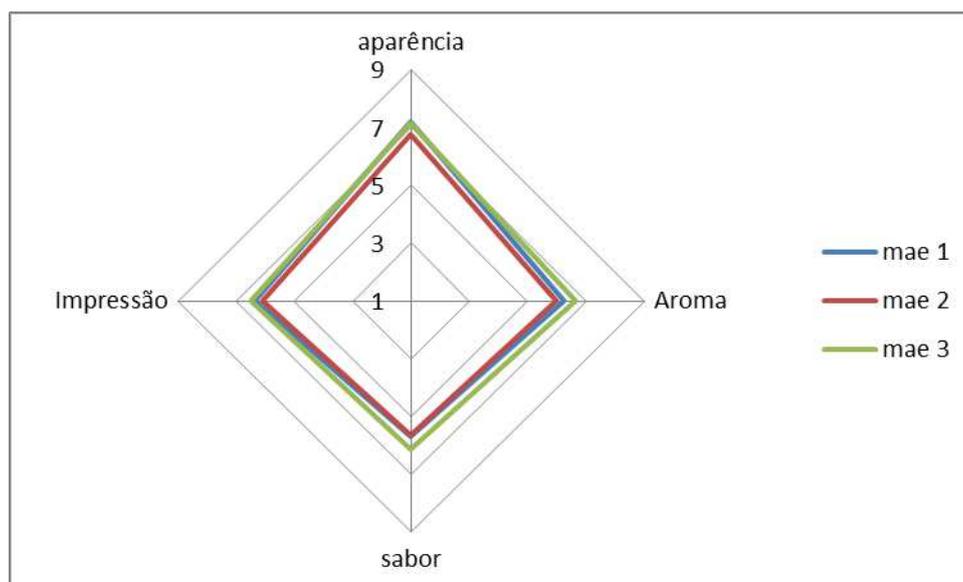


Figura 5.35 - Perfil sensorial da aguardente mãe em triplicata

Na Figura 5.36 se observa o perfil sensorial da aguardente de algaroba armazenada nas barricas de algarobeira com aplicação de 1, 2 e 3 minutos de queima na aduela. Verifica-se em todos os parâmetros analisados (aparência, aroma, sabor e impressão global) que a aguardente armazenada na barrica de algaroba com a queima da aduela por 3 minutos (a3) obteve as maiores notas, e a aguardente de algaroba armazenada na barrica de algaroba com a queima da aduela por 1 minuto (a1) as menores notas, já a aguardente de algaroba armazenada na barrica de algaroba por 2 minutos (a2) obtiveram notas intermediárias.

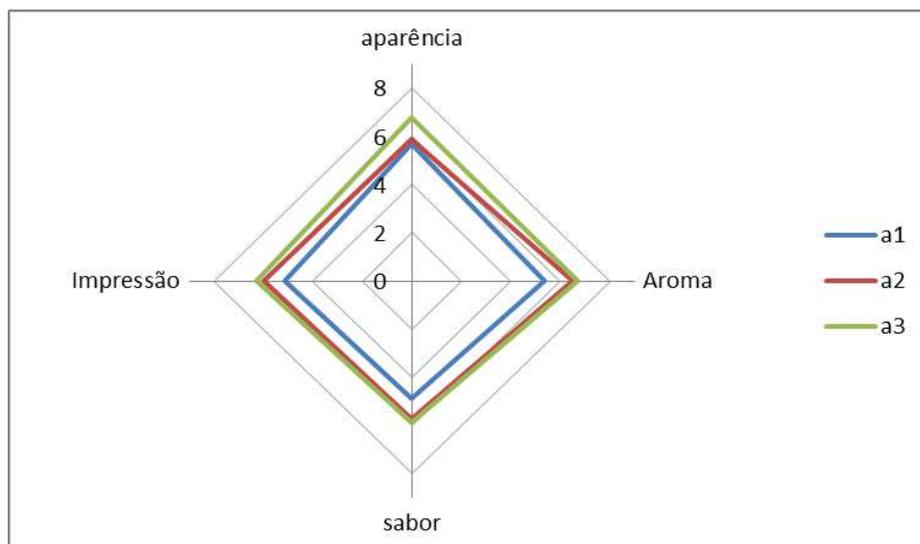


Figura 5.36 - Perfil sensorial da aguardente de algaroba armazenada nas barricas de algarobeira com queima da aduela por 1, 2 e 3 minutos.

Na Figura 5.37, encontra-se o perfil sensorial da aguardente de algaroba armazenada nas barricas de carvalho com diferentes tempos de aplicações da queima das aduelas. Constata-se nesta figura que a aguardente armazenada em barricas de carvalho com a aduela queimada por 1 (c1) e 2 minutos (c2) obtiveram as maiores notas dos avaliadores para os parâmetros aparência, aroma, sabor e impressão global, no entanto notas bem inferiores foram dadas pelos avaliadores para a aguardente de algaroba armazenadas em barrica de carvalho com queima da aduela por 3 minutos (c3).

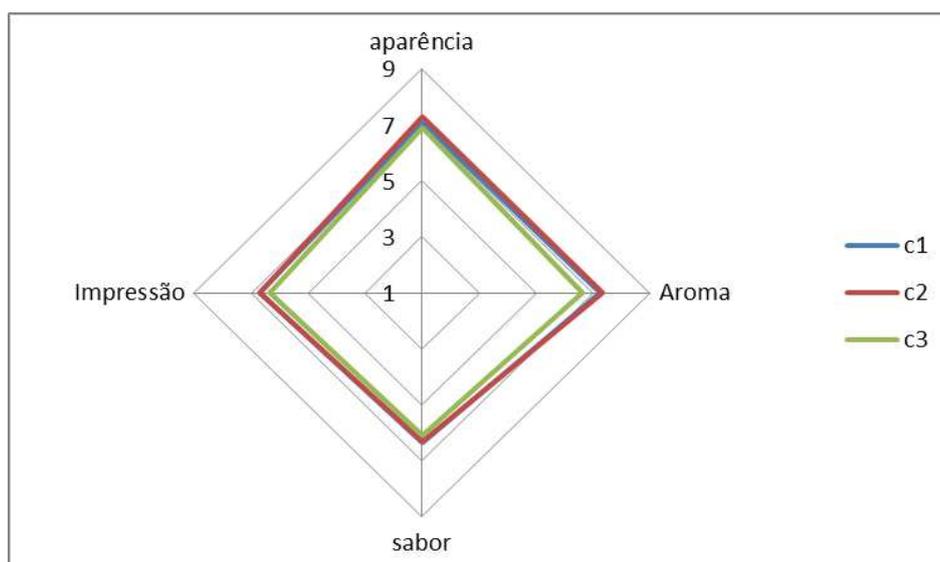


Figura 5.37 - Perfil sensorial da aguardente de algaroba armazenada nas barricas de carvalho com queima da aduela por 1, 2 e 3 minutos.

Encontra-se na Figura 5.38 o resultado do perfil sensorial da aguardente de algaroba armazenada nas barricas de cerejeira com aplicação de queima na aduela de 1, 2 e 3 minutos, onde se constata que a aguardente de algaroba armazenada em barricas de cerejeira com a aduela queimada por 1 minuto obteve as menores notas dadas pelos julgadores para o parâmetro sabor e impressão global, e se percebe pouca influência da aplicação dos níveis de tosta na aduela das barricas de cerejeira diante da sobreposição das linhas, nos parâmetros analisados de aparência e aroma.

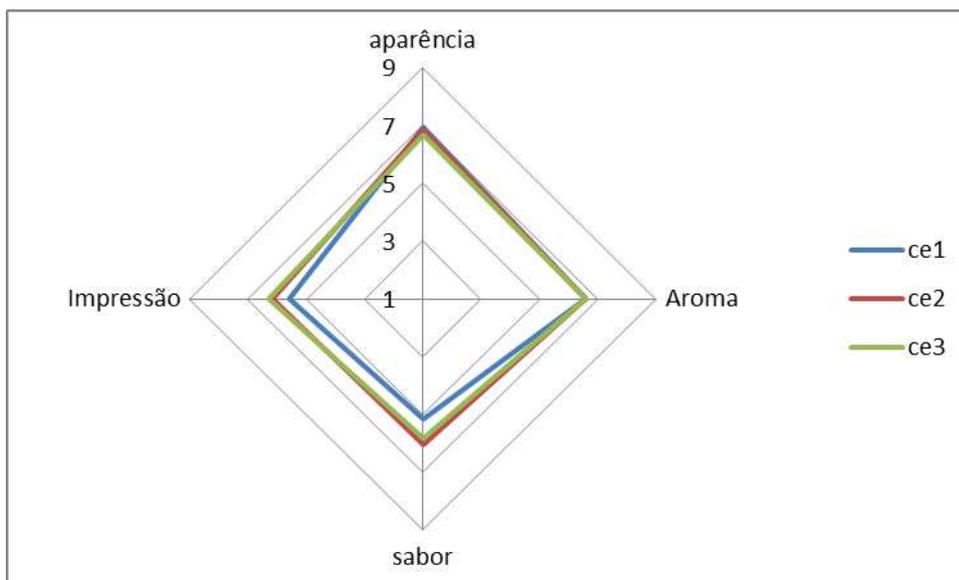


Figura 5.38 - Perfil sensorial da aguardente de algaroba armazenada nas barricas de cerejeira com queima da aduela por 1, 2 e 3 minutos.

Na Figura 5.39 encontram-se os resultados do perfil sensorial das aguardentes de algaroba quando as aduelas foram submetidas a queima por 1 minuto nas barricas de algarobeira (a1), carvalho (c1) e cerejeira (ce1). Percebe-se no perfil sensorial que a aguardente de algaroba armazenada na barrica de carvalho (c1) tiveram as maiores notas para os parâmetros aroma, sabor e impressão global, e as menores notas foram registradas para a aguardente de algaroba armazenada em barricas de algaroba (a1); constatando-se que a aguardente mãe 1 obteve maior nota no parâmetro aparência comparada com as demais aguardentes armazenadas nas diferentes barricas.

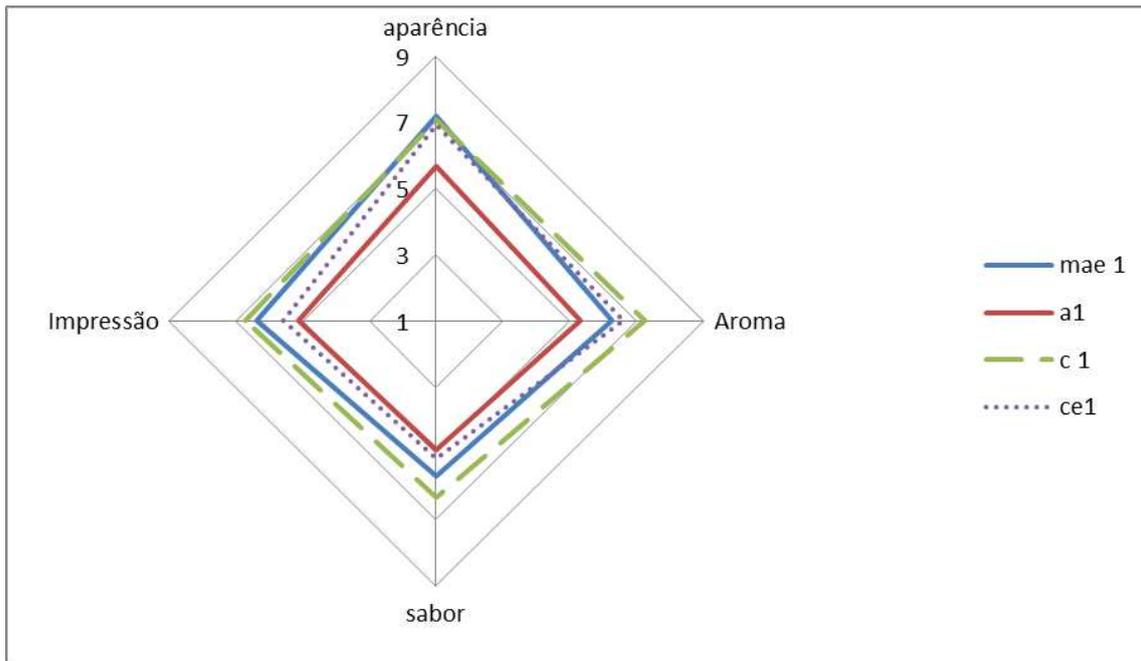


Figura 5.39 - Perfil sensorial da aguardente mãe 1 e da aguardente de algaroba com aplicação de queima da aduela por 1 minuto nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira.

Na Figura 5.40 se encontram os resultados do perfil sensorial para a aguardente de algaroba quando as diferentes barricas foram submetidas a uma aplicação da queima da aduela por 2 minutos, sendo a barricas de algarobeira caracterizada por a2, a barrica de carvalho por c2 e a barrica de cerejeira por ce2. Observa-se que a aguardente de algaroba armazenada em barrica de carvalho c2 por 6 meses, obteve as maiores notas em todos os parâmetros analisados aparência, aroma, sabor e impressão global. Este resultado é semelhante ao perfil sensorial anteriormente relatado da aguardente de algaroba quando se aplica na aduela dos barris uma queima por 1 minuto, evidenciando a potencialidade do carvalho de harmonizar o perfil sensorial das aguardentes. Percebe-se que a aguardente de algaroba armazenada em barrica de algaroba com queima da aduela por 2 minutos (a2) registra notas semelhantes a da aguardente de algaroba armazenada em barrica de cerejeira (ce2) concernente aos parâmetros aroma, sabor e impressão global.

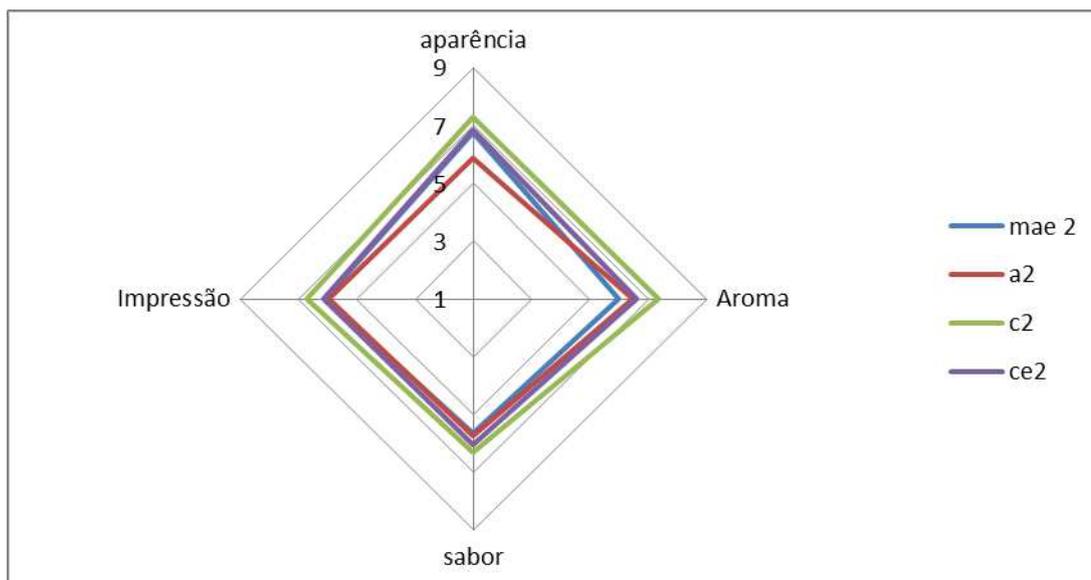


Figura 5.40 - Perfil sensorial da aguardente mãe 1 e da aguardente de algaroba com aplicação de queima da aduela por 2 minuto nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira.

Na Figura 5.41 observa-se que o perfil sensorial da aguardente de algaroba é pouco influenciado pela com aplicação da queima da aduela por 3 minutos nas barricas de algarobeira (a3), carvalho (c3) e cerejeira (ce3). Observa-se uma aproximação das notas diante da sobreposição das linhas no gráfico demonstrando pouca influencia do tempo de exposição das aduelas a queima no perfil da aguardente.

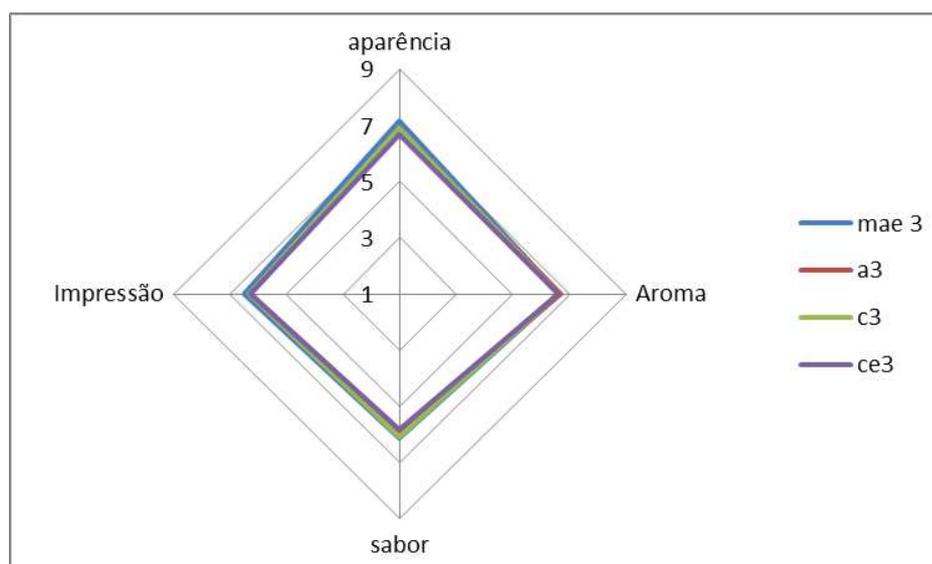


Figura 5.41 - Perfil sensorial da aguardente mãe 1 e da aguardente de algaroba com aplicação de queima da aduela por 3 minuto nas barricas de algarobeira, carvalho e cerejeira.

Nas Tabelas 5.32, 5.33, 5.34 e 5.35 se encontram as análises de variância e a comparação para as médias da análise sensorial com os valores atribuídos à aparência, aroma, sabor e impressão global, respectivamente, para as aguardentes bidestiladas de algaroba (aguardente mãe) e as armazenadas nos barris de algarobeira, carvalho e cerejeira.

Tabela 5.32 – Análise de variância para aparência da aguardente bidestilada mãe e as armazenadas em barris de algarobeira, carvalho e cerejeira

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F
Tratamentos	27391,53	1	27391,53	9650,914
Resíduos	133,59	11	12,14	4,279
Total	1668,88	588	2,84	

Tabela 5.33 – Análise de variância para o aroma da aguardente bidestilada mãe e as armazenadas em barris de algarobeira, carvalho e cerejeira

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F
Tratamentos	24884,16	1	24884,16	6746,909
Resíduos	159,16	11	14,47	3,923
Total	2168,68	588	3,69	

Tabela 5.34 – Análise de variância para o sabor da aguardente bidestilada mãe e as armazenadas em barris de algarobeira, carvalho e cerejeira

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F
Tratamentos	20218,82	1	20218,82	4249,138
Resíduos	106,29	11	9,66	2,031
Total	2797,90	588	4,76	

Tabela 5.35 – Análise de variância para a impressão global da aguardente bidestilada mãe e as armazenadas em barris de algarobeira, carvalho e cerejeira

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F
Tratamentos	22829,00	1	22829,00	6282,800
Resíduos	111,46	11	10,13	2,789
Total	2136,54	588	3,63	

6 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos é possível concluir que:

- As caracterização físico-química das vagens de algarobeira oriundas das cidades de Campina Grande, Serra Branca e Afogados da Ingazeira, apresentam diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade para os açúcares totais, proteínas e minerais mas, atendem às exigências necessárias para produção de fermento-destilados;
- Uma pressão superior a 400 Kgf.cm² aplicada as vagens de algaroba in natura consegue-se, uma extração de mais de 91% dos açúcares totais;
- O caldo de algaroba dispõe para o desenvolvimento das leveduras em processos fermentativos de 0,71% minerais, 27,56 mg.100mL⁻¹ de cálcio, 7,61 mg.100mL⁻¹ de ferro e 21,11 mg.100mL⁻¹ de fósforo;
- A levedura selecionada, isolada e identificada geneticamente do caldo de algaroba é do gênero *Saccharomyces cerevisiae* e na análise de DNA foi identificada a *Dekkera bruxellenxis*;
- Com a levedura de panificação *Saccharomyces cerevisiae* a produtividade foi de 2,83 gL⁻¹.h⁻¹, eficiência de fermentação de 96,82 % e 96,82% de conversão;
- A aguardente bidestilada de algaroba encontra-se dentro dos padrões de identidade e qualidade exigidas pela legislação, exceto quanto aos congêneres dos álcoois superiores, com 584 mg.100mL⁻¹;
- A velocidade de destilação e a temperatura do destilado não influenciaram sobre os congêneres existentes na aguardente produzida;
- As aguardentes de algaroba estudada dentro dos ensaios de velocidade de destilação e de temperatura do destilado atendem os padrões de identidade e qualidade para aguardente, exceto para o contaminante cobre;
- Os níveis das variáveis independentes, vazão de ar de 2, 6 e 10 L.min⁻¹ e tempo de exposição de 2, 4 e 6 horas, não exerceram influência significativa sobre os contaminantes da aguardente aerada;
- A aplicação da aeração ocasionou redução no teor alcoólico, de 57 %v/v a 48 %v/v;

- A madeira da algarobeira contribui positivamente sobre os congêneres de ésteres presentes no destilado, e, na redução de contaminantes indesejados, como o metanol na aguardente;
- A aguardente de algaroba bidestilada e armazenada em barrica de carvalho submetida a queima da aduela, por 2 minutos (c2) obteve, dos provadores a maior aceitação, com valores de 74% para aparência, 76% para o aroma, 58% para o sabor e 64% para a impressão global;
- A aguardente de algaroba bidestilada e armazenada em barrica de cerejeira submetida a queima da aduela, por 2 minutos (c2) obteve, dos provadores a maior aceitação, com valores de 82% para aparência, 66% para o aroma, 64% para o sabor e 70% para a impressão global;
- A aguardente de algaroba bidestilada e armazenada em barrica de algaroba submetida a queima da aduela por 3 minutos (a3) obteve dos provadores uma aceitação de 60% para aparência, 60% para o aroma, 44% para o sabor e 50% para a impressão global.
- As madeiras da algarobeira, do carvalho e da cerejeira podem ser utilizadas para a armazenagem de bebidas destiladas.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, D. A.; HYNES, S. H.; INGLEDEW, W. M. Growth rates of Dekkera/Brettanomyces yeasts hinder their ability to compete with Saccharomyces cerevisiae in batch corn mash fermentations. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 66, p. 641-647, 2005.

AGIDE, G. N. Considerações sobre a algaroba. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 17, n. 1, p. 1-27, 1987.

AGNANI, B. D. **Estudo comparativo das características sensoriais do rum e da cachaça**. 2009, 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara.

ALCARDE, A. R.; BASSO, L. C. Efeito da trealose na manutenção da viabilidade celular de células de leveduras desidratadas pelo processo de liofilização. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 189-194, 1997.

ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A.; BELLUCO, A. E. S. Aspectos da composição química e aceitação sensorial da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de diferentes madeiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 226-232, 2010.

ALMEIDA, M. E. W.; BARRETO, H. H. C. Álcoois superiores em aguardente de cana por cromatografia gasosa. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 31, p. 117-123, 1971.

ALMEIDA, M. M. de. **Estudo da bioconversão do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) para produção de bioprodutos**. 2007, 145f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ALMEIDA, R. História da Cachaça: Um cálice de história. Disponível em: <<http://www.cachaca.com.br/frmcachaca.html>>. Acesso em: 01 mar. 2011.

ALVARENGA, L. M. **Efeito do tratamento enzimático da polpa na produção de aguardente de manga (*Mangifera indica* L.)**. 2006, 79f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ALVES, D. M G. **Fatores que afetam a produção de ácidos orgânicos bem como outros parâmetros da fermentação alcoólica**. 1994, 128f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ALVES, J. A.; LIMA, L. C. O.; NUNES, C. A.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Chemical, physical–chemical, and sensory characteristics of Lychee (*Litchi chinensis* Sonn) wines. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 76, n. 5, p. 330-336, 2011.

ALVES, J. G. L. F.; TAVARES, L. S.; ANDRADE, C. J.; PEREIRA, G. G.; DUARTE, F. C.; CARNEIRO, J. D. S. Desenvolvimento, avaliação qualitativa, rendimento e custo de produção de aguardente de goiaba. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, p. 64-68, 2008.

ALVES, M. F. **Potencialidades biotecnológicas da algaroba (*Prosopis juliflora* Sw, DC) para produção de fermento biológico**. 2008, 147f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

AMERINE, M. A.; BERG, H. W.; CRUESS, W. V. Brandy Production. In: _____. **The Technology of wine making**. 3º ed. Westport: The Avi publishing Company, 17: 600-644, 1972.

AMORIM, H. V. Seleção e identificação de leveduras do caldo de cana de açúcar. **Revista Fermentec News**. Piracicaba, v. 1, p. 1-12, 2005.

ANDRADE SOBRINHO, L. G. de.; BOSCOLO, M.; LIMA NETO, B. dos S.; FRANCO, D. W. Carbamato de etila em bebidas alcoólicas (cachaça, tiquira, uísque e grapa). **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6b, p. 1074-1077, 2002.

ANDRADE, L. A. de B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M. das G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras, Editora UFLA, 2006. 445 p.

APEX BRASIL. Agência de promoção de exportações e investimentos. Disponível em: <<http://www.apexbrasil.com.br/>>. Acesso em: 15 Nov. 2009.

AQUARONE, E. Generalidades sobre bebidas alcoólicas. In: LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. v. 4, cap. 1.

ARESTA, M.; BOSCOLO, M.; FRANCO, D.W. Copper (II) catalysis in cyanide conversion into ethyl carbamate in spirits and relevant reactions. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 2819–2824, 2001.

ARRIZON, J.; FIORE, C.; ACOSTA, G.; ROMANO, P.; GSCHAEDLER, A. Fermentation behavior and volatile compound production by agave and grape must yeasts in high sugar Agave tequilana and grape must fermentations. **Antonie Van Leeuwenhoek**, Dordrecht, v. 89, n. 1, p. 181-189, 2005.

ARRUDA, D. T. **Viabilidade técnica-econômica da produção de etanol e subproduto (ração) a partir da algaroba no semiárido da Paraíba**. 1994, 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

ASQUIERI, E. R.; SILVA, A. G. M.; CÂNDIDO, M. A. Aguardente de jabuticaba obtida da casca e borra da fabricação de fermentado de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29(4), p. 896-904, 2009.

Association of Official Analytical Chemists - AOAC. **Official methods of analysis**. 16a edição New York, USA, p. 211-289, 2008.

AZEVEDO, S. M.; CARDOSO, M. G.; PEREIRA, N. E.; RIBEIRO, C. F. S.; SILVA, V. F.; AGUIAR, F. C. Levantamento da contaminação por cobre nas aguardentes de cana-de-açúcar produzidas em Minas. Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 618- 624, 2003.

BARCELOS, L. V. F. **Teores de carbamato de etila e outros congêneres em diferentes aguardentes produzidas em Minas Gerais.** 2006, 63f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BARCELOS, L. V. F.; CARDOSO, M. G.; VILELA, F. J.; ANJOS, J. P. Teores de carbamato de etila e outros componentes secundários em diferentes cachaças produzidas em três regiões do estado de Minas Gerais: Zona da Mata, Sul de Minas e Vale do Jequitinhonha. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 1009-1011, 2007.

BELTRAN, B. H. R. Destilação: a arte de “extrair virtudes”. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 4, p. 24-27, 1996.

BIZELLI, L. C.; RIBEIRO, C. A. F.; NOVAES, F. V. Dupla destilação da aguardente de cana: teores de acidez total e de cobre. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 623-627, 2000.

BORGES, I. F. **Obtenção e caracterização do melado de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) e sua utilização em uma formulação alimentícia.** 2004, 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa.

BORRAGINI, M. C. **Envelhecimento da cachaça com circulação forçada e aeração.** 2009. 90f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista. Araraquara.

BOSCOLO, M.; LIMA NETO, B. S.; FRANCO, D. W. O envelhecimento de aguardente de cana-de-açúcar em tonéis de madeira. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, v. 6, n. 41, p. 30-33, 1995.

BOVI, R.; MARQUES, M. O. O tratamento ácido na fermentação alcoólica. **Álcool & Açúcar**, v. 3, n. 9, p. 3-10, 1983.

BOZA, Y.; HORII, J. Influência da destilação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18(4), p. 391-396, 1998.

BRAGA, V. S. **A influência da temperatura na condução de dois processos fermentativos para obtenção de cachaça**. 2006, 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BRASIL, Leis, decretos, etc. Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 de junho de 2005.

BRASIL, Portaria n. 36, de 19 de Janeiro de 1990. Aprova normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 de janeiro de 1990. disponível em; <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 25 de agosto de 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 2314, de 04 de setembro de 1997**: dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 04 de outubro de 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Consulta pública do Manual de Análise de Bebidas e Vinagre**, Brasília, 03, Dez. 2004. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,1040761&_dad=portal&_schema=PORTAL> Acesso em: 28, Agosto, 2008.

BRUNO, S. N. F. **Adequação dos processos de destilação e de troca iônica na redução dos teores de carbamato e etila em cachaças produzidas no estado do Rio de Janeiro**. 2006, 238f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BRUNO, S. N. F.; VAISTSMAN, D. S.; KUNIGAMI, C. N.; BRASIL, M. G. Influence of the distillation processes from Rio de Janeiro in the ethyl carbamate formation em

Brazilian sugar cane spiritis. **Food Chemistry**, London, v. 104, n. 4, p. 1345-1352, 2007.

CABRINI, K. T.; GALLO, C. R. Identificação de leveduras contaminantes no processo de fermentação alcoólica na Usina Santa Elisa. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 4, p. 48-50, 1999.

CADWELL, D. R. **Microbial physiology and metabolism**. Dubuque: Wm. C. Brown, 1995. 353 p.

CAMARGO, M. C. R.; TOLEDO, M. C. F. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Brazilian vegetables and fruits. **Food Control**, v. 14, p. 49-53, 2003.

CAMOLEZ, M. A.; MUTTON, M. J. R. Influência de microorganismos contaminantes sobre o processo fermentativo. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 23, n. 5, p. 42-47, 2005.

CAMPOS, J. O. S.; AQUINO, F. W. B.; NASCIMENTO, R. F.; COSTA, J. G. M.; KEUKELEIRE, D. D.; CASIMIRO, A. R. S. Influence and effect of thermal treatment in elaboration of regional wood extracts for cachaça. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, n. 1, p. 179-185, 2004.

CANTÃO, F. O. **Análise físico-química e avaliação da presença de cobre em aguardente de cana por aluminossilicatos**. 2006, 62p. Dissertação (mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Análise da aceitação de aguardentes da cana por testes afetivos e mapa de preferência interno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, p. 32-36, 2000.

CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante o envelhecimento em tonéis de carvalho (*Quercus alba* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, p. 169-175, 1998.

CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Modificações físico-químicas e sensoriais de cachaça de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 87-100, 1997.

CARDOSO, D. R.; ANDRADE-SOBRINHO, L. G.; LIMA NETO, B. S.; FRANCO, D. W. A rapid and sensitive method for dimethylsulphide analysis in Brazilian sugar cane spirits and other distilled beverages. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 15, n. 2, p. 277-281, 2004.

CARDOSO, D. R.; NASCIMENTO, R. F.; LIMA NETO, B. S.; FRANCO, D. W. Influência do material do destilador na composição química da aguardente de cana. Parte II. **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 165-169, 2003.

CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 446 p.

CARNEIRO, J. C. S. **Análise estatística multivariada aplicada a avaliação de alimento**. 2005, 89f. Tese (doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARVALHO, B. M.; BENTO, C. V.; ALMEIDA e SILVA, J. B. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 1ª. Parte- As leveduras. **Revista Analytica**. v. 25, p. 36-42, 2006.

CARVALHO, F. P. **Avaliação da interação de *Saccharomyces cerevisiae* na fermentação da cachaça artesanal**. 2004, 76f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CASCUDO, L. C. **História da alimentação no Brasil**. Belo Horizonte: Itatiaia/EDUSP, 1983. v. 1.

CASEMIRO, A. R. S.; CAMPOS, J. O. S. Importância dos barris de madeira no envelhecimento da cachaça. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, v. 10, n. 72, p. 50-52, 2000.

CASSINI, C. E. B. **Produção de aguardente de cana de açúcar por células imobilizadas**. 2004, 273 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CASTRO NETO, J. T.; BORRAGINI, M. C.; FARIA, J. B. Efeito da presença de ar no envelhecimento de aguardente de cana com circulação forçada. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 3, p. 239-243, 2005.

CATÃO, C. G.; PAES, J. B.; GOMES, J. P.; ARÚJO, G. T. Qualidade da madeira de cinco espécies florestais para o envelhecimento da cachaça. **Revista Brasileira de Engenharia e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 741–747, 2011.

CHATONET, P. La chauffe des barriques contrôlée: bientôt une réalité! **Revue des Oenologues**, Lattes, n. 90, p. 12-14, 1995.

CHAU, C. F.; HUANG, Y. L. Characterization of passion fruit seed fibres a potential fibre source. **Food Chemistry**, v. 85, n. 2, p. 189-194, 2004.

CHERUBIN, R. A. **Efeitos da adição de benzoato de sódio na fermentação alcoólica para produção de aguardente de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp*)**. 1998. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo. Piracicaba.

CIANI, M.; MACCARELLI, F.; FATICHENTI, F. Growth and fermentation behaviour of *Brettanomyces/Dekkera* yeasts under different conditions of aerobiosis. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v.19, p.419-422, 2003.

CLARKE, M.; LEGENDRE, B. R. Qualidade da cana-de-açúcar: impactos no rendimento do açúcar e fatores de qualidade. **STAB. Açúcar. Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 6, p. 36-40, 1999.

CLEMENT-JIMENEZ, J. M.; MINGORANCE-CAZORLA, L.; MARTINEZ RODRIGUEZ, S.; HERAS-VÁZQUEZ, F. J.; LASW e RODRÍGUEZ-VICO, F. Influence of sequential yeast mixtures on wine fermentation. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 98, n. 3, p. 301-308, 2005.

CLYNE, J. C.; CONNER, J. M.; PATERSON, A.; PIGGOTT, J. R. The effect of cask charring on Scotch whisky maturation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 28, p. 69-81, 1993.

COLE, V. C.; NOBLE, A. C. Flavor chemistry and assessment. In: LEA, A. G. H.; PIGGOTT, J. R. **Fermented beverage production**. London: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 361-385.

CUMBICA: história da cachaça. Disponível em: <http://www.cumbica.com.br> Acesso em: 13 Out. 2008.

DANTAS, H. J.; VILAR, F. de A.; SILVA, F. L. H. da.; SILVA, A. S. Avaliação da influência da velocidade de destilação na análise físico-química de aguardente de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 101-109, 2007.

DATO, M. C. F.; PIZAURO JÚNIOR, J. M.; MUTTON, M. J. R. Análise dos componentes secundários produzidos por *Saccharomyces cerevisiae* e leveduras selvagens durante a produção de cachaça. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 70-74, 2005.

DEAK, T.; BEUCHAT, R. Comparison of the SIM, API 20C, and id 32C systems for identification of yeast isolated from fruit juice concentrates and beverage. **Journal of Food Protection**, Iowa, v. 56, n. 7, p. 585-592, 1993.

DIAS, S. M. B. C. **Destilação**. Curso de Pós-graduação “Lato Sensu” (Especialização a distância) – Tecnologia da Cachaça. Lavras: Ufla/Faepe, 43 p, 2004.

DIAS, S. M. B. C. **Efeitos de diferentes tipos de madeira sobre a composição química da cachaça de cana envelhecida.** 1997, 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais.

DIAS, S. M. B. C.; MAIA, A. B. R. A.; NELSON, D. L. Utilização de madeiras nativas no envelhecimento da cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 46-51, 2002.

DILETTI, G.; SCORTICHINI, G.; SCARPONE, R.; GATTI, G.; TORRETI, L.; MIGLIORATI, G. Isotope dilution determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in olive pomace oil by gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1062, p. 247-254, 2005.

ELFADL, M. A.; LUUKKANEN, O. Effect of pruning on *Prosopis juliflora*: considerations for tropical dryland agroforestry. **Journal of Arid Environments**, v. 53, p. 441-455, 2003.

ENNIS, D. M. Multivariate sensory analysis. **Food Technology**, London, v. 42, p. 118-122, 1988.

FALCÃO, L. D. **Caracterização analítica e sensorial de vinhos Cabernet Sauvignon de diferentes altitudes de Santa Catarina.** 2007, 150f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FARIA, J. B.; FRANCO, D. W.; PIGGOTT, J. R. The Quality Challenge: Cachaça for Export in the 21 th Century. In PRICE, J.H.; STWART G.G. **Distilled Sprits Tradition and Innovation.** Nottingham-UK: Nottingham University Press, 2004. p. 215-221.

FARIA, J. B.; LOYOLA, E.; LÓPEZ, M. G.; DUFOUR, J. P. Cachaça, Pisco e Tequila. In: LEA, A.G.H.; PIGGOTT, J.R. (Eds.) **Fermented beverage production.** 2 ed. New York: Klumer Academic/Plenum Publishers, 2003. cap.15, p.335-363.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, CENARGEN, 1998. 220 p.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3ª ed. Brasília: Embrapa/Cenargen, 1998. 220p.

FICAGNA, E. 2005. **Influência do tempo de maceração na composição química do fermentado e do destilado de pêssego (*Prunus pérsica* L Batsch, cv chiripa)**. 2005, 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FIGUEIREDO, A. A. **“Lebensmitte lelremiscere relevante ineraltroffe der sceroten der algarobeira (*Prosopis juliflora* DC)”**. 1975, 105 f. Tese (Doutorado em Lebensmittelwissenschaft und Teknologie) Julius Maximilians - Universitat Wurzburg, Alemanha.

FIGUEIREDO, A. A. Mesquite: history, composition and food uses. **Food Technology**, v, 44, n. 11, p. 118-128, 1990.

FLEET, G. H. Yeast interactions and wine flavour. **International Journal of Food Microbiology**, Oxford, v. 86, n. 1-2, p. 11-22, 2003.

FONTAN, R.C.I.; VERÍSSIMO, L.A.A.; SILVA, W. S.; BONOMO, R. C. F.; VELOSO, C. M. Cinética da fermentação alcoólica na elaboração de vinho de melancia. **Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 203-210, 2011.

FREITAS, D. G. C.; MORETTI, R. H. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 2, p. 318-324, 2006.

GALHIANE, M. S. **Análise de aroma em bebidas por cromatografia gasosa de alta**

resolução. 1989, 99f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade de São Paulo, São Carlos.

GALLO, C. R.; CANHOS, V. P.; Contaminates bacterianos na fermentação alcoólica revisão. **Stab Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 9, p. 35-40, 1991.

GARBIN, R.; BOGUSZ JÚNIOR, S.; MONTANO, M. A. Níveis de cobre em amostras de cachaça produzidas na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1436-1440, 2005.

GARCÍA FALCÓN, M. S.; SIMAL GÁNDARA, J. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in alcoholic drinks and the identification of their potencial sources. **Food Additives and Contaminants**, v. 22, n. 9, p. 791-797, 2005.

GOMES, P. **Algarobeira: uma planta altamente nectarífera.** Rio de Janeiro, 1991, 82 p. Ministério da Agricultura, (Informativo Técnico).

GRADOS, N.; BRAVO, L.; SAURA, F. Composition and potential uses of Mesquite pods (*Prosopis pallida* L.). Comparasion with carob pods (*Ceratonia siliqua* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 65, n. 3, p. 303-306, 1994.

GUERRA, J. B.; ARAÚJO, R. A. C.; PATARO, C.; FRANCO, G. R.; MOREIRA, E. S. A.; MENDONÇA-HAGLER, L. C., ROSA, C. A. Genetic diversity of *Saccharomyces cerevisiae* strains during the 24 h fermentative cycle for the production of the arthisanal Brazilian cachaça. **Letters in Applied Microbiology**, v. 33, p. 106-111, 2001.

GUIMARÃES FILHO, O. **Avaliação da produção artesanal da aguardente de banana utilizando *Saccharomyces cerevisiae* CA-1174.** 2003, 82f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

HABIT, M. A. **The currint State of Knowdelge on prosopis tamarugo.** Rome: FAO, 1985. 464 p.

HOLMQUIST-DONQUIS, I.; REY, G. R. Propiedades funcionales de la proteína de cují (Prosopis juliflora). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. Caracas - Venezuela, v. 47, n. 4, p. 343-351, 1997.

HUEZO, J. A. **A compendium of the wine barrel**. Haro, España. Tonelleria Victória, 2002. 32 p.

IHDE, A. J. **The development of modern chemistry**. New York: Dover, 1984. 851 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. 1018 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola do Brasil: confronto das safras de 2007 e 2008 – Brasil. 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200803_4.shtm>. Acesso em: 25 jul. 2009.

JANZANTTI, N. S. **Compostos voláteis e qualidade de sabor da cachaça**. 2004, 200f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

JELLINEK, G. **Sensory evaluation of food-theory and practice**. Chichester, England: Ellis Horwood, 1985. p. 429.

KERSTERS, K.; DE LEY, J. Identification and grouping of bacteria by numerical analysis of their electrophoretic protein patterns. **Journal of General Microbiology**, v. 87, n. 1, p. 333-342, 1975.

KISHIKAWA, N.; MORITA, S.; WADA, M.; OHBA, Y.; NAKASHIMA, K.; KURODA, N. Determination of hydroxylated polycyclic aromatic hydrocarbons is

airborne particulates by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. **Analytical Sciences**, v. 20, p. 129-132, 2004.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, 2005.

KREGER, V. R. J. N. The yeasts: taxonomic study. **Elsevier Science**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 239-251, 1994.

KURTTZMAN, C. P.; FELL, J. W. **The yeast: a taxonomia study**. Amesterdan: Elsevier, 1998. 1055 p.

LARA, C. A. **Produção da aguardente de banana: emprego de enzimas pectinolíticas e efeito de fontes de nitrogênio e quantidade de inóculo na formação de alcoois superiores**. 2007, 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (a) the upgrading concept; (b) practical implementations. **Bioresource Technology**. Essex, v. 87, p. 167-198, 2003.

LEÃO, M. M. **Influência do termotratamento na composição química da madeira de amburana (*Amburana cearensis*), bálsamo (*Myroxylon balsamum*) e carvalho (*Quercus sp.*) e o impacto no aroma de uma solução modelo de cachaça**. 2006, 85f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. 1, 1995. 262 p.

LIMA, A. de J. B. **Avaliação do emprego de substâncias adsorvente na melhoria da qualidade de cachaça com excesso de cobre**. 2005, 64f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIMA, U. A. **Aguardente: fabricação em pequena destilarias**. Piracicaba: FEALQ, 1999, 187p.

LIMA, U. A. Aguardentes. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA, U.A. **Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: E. Blücher, 2001. v. 4, p.145-181.

LIMA, U. A. Aguardentes. In: AQUARONE, E.; LIMA, U. A.; BORZANI, W. **Biotecnologia – alimentos e bebidas produzidas por fermentação**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., v. 5, 1983, 243 p.

LIMA, U. A. Produção nacional de aguardentes e potencialidade dos mercados externos e internos. In: MUTTON, M. R.; MUTTON, M. A. (Ed.). **Aguardente de cana: produção e qualidade**. Jaboticabal: Fundação Estadual de Pesquisas Agrônômicas, 1992. p.151-163.

LITCHEV, V. Influence of oxidation process on the development of the taste and flavor of wine distillates. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.40, n.1, p.31- 35, 1989.

LOPES, C. A.; BROOCK, M. VAN.; QUEROL, A.; CABALLERO, A. C. *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast populations in a cold region in Argentinean Patagonia. A study at different fermentation scales. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, n. 4, p. 608-615, 2002.

LOPES, R. V. V. **Estudo cinético da produção de vinho do fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill)**. 2005, 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

LOUREIRO, V.; MALFEITO-FERREIRA, M. Spoilage yeasts in the wine industry. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 86, p. 23-50, 2003.

MAÇATELLI, M. **Determinação do perfil sensorial de amostras comerciais de cachaça.** 2006, 126f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Araraquara.

MACHADO, A. M. R. **Carbamato de etila, acroleína e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos: caracterização e quantificação em cachaças provenientes de cana-de-açúcar com adubação nitrogenada e acondicionada em vidro e “bombonas de Pead”.** 2010, 269f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MACKENZIE, W. M.; CLYNE, A. H.; MACDONALD, L. S. Ethyl carbamate formation in grain based spirits. Part II: The identification and determination of cyanide related species involved in ethyl carbamate formation in scotch grain whisky. **Journal of the Institute of Brewing**, London, v. 96, n. 4, p. 223-232, 1990.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J. **Microbiologia de Brock.** 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 608 p.

MAGNANI, B D. **Estudo comparativo das características sensoriais do rum e da cachaça.** 2009, 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Araraquara.

MAIA, A. B. R. A. **Tecnologia da cachaça de alambique.** SINDBEBIDAS E SEBRAE/MG. 2005. 129 p.

MAIA, A. B. R. Componentes secundários da aguardente. **STAB**, v. 12, n. 6, p. 29-34, 1994.

MAIA, A. B.; PEREIRA, A. J. G.; SCHAWBE, W. K. **Segundo curso de tecnologia para produção de aguardente de qualidade.** Belo Horizonte: UFMG; Fundação Cristiano Otoni, 1994. 65 p.

MAIA, A. B.; PEREIRA, A. J. G.; SCHWABE, W. K. **Primeiro curso de tecnologia para produção de aguardente de qualidade**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG e Fundação Cristiano Ottoni. 1993. 65 p.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z, 2004.

MARCELLINI, P. S. **Análise descritiva e quantitativa de aguardente de cana (*Saccharum spp*) comerciais e destiladas em alambiques de cobre e aço inoxidável**. 2000, 77f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

MAUOSCAR. Tanoaria como os barris de carvalho são produzidos. Disponível em: <http://mauoscar.com/2010/10/27/tanoaria-como-os-barris-de-carvalho-sao-produzidos/>. Acesso: 15 dezembro de 2012.

MIRANDA, M. B. **Avaliação físico-química de cachaças comerciais e estudo da influência da irradiação sobre a qualidade da bebida em tonéis de carvalho**. 2005, 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo. Piracicaba.

MIRANDA, M. B. de.; HORII, J.; ALCARDE, A. R. Estudo do efeito da irradiação gamma (^{60}CO) na qualidade da cachaça e no tonel de envelhecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 772-778, 2006.

MIRANDA, M. B.; MARTINS, N. G. S.; BELLUCO, A. E. S.; HORI, J.; ALCARDE, A. R. Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 84-89, 2008.

MIRANDA, M. B.; MARTINS, N. G. S.; BELLUCO, A. E. S.; HORII, J.; ALCARDE, A. R. Qualidade química de cachaças e de aguardentes brasileiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, p. 897-901, 2007.

MORAES, J. S. **Estudo comparativo das características sensoriais do rum e da cachaça**. 2004, 95f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, Araraquara.

MORAIS, P. B.; ROSA, C. A.; LINARDI, V. R.; PATARO, C.; MAIA, A. B. R. A. . Characterization and succession of yeast population associated with spontaneous fermentations during the production of Brazilian sugar-cane aguardente. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, London, v. 13, n. 2, p. 241-243, 1997.

MORI, F. A.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; CARDOSO, M. G. Utilização de eucaliptos e de madeiras nativas no armazenamento de aguardente de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 396-400, 2003.

MOSER, A. S. **Efeito da micro-oxigenação na qualidade química e sensorial da cachaça**. 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NASCIMENTO, R. F. **Aldeídos, ácidos e composto sulfurados em aguardente de cana-de-açúcar**. 1997, 130f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

NASCIMENTO, R. F.; MARQUES, J. C.; LIMA NETO, B. S.; KEUKELEIRE, D.; FRANCO, D. W. Qualitative and quantitative high-performance liquid chromatographic analysis of aldehydes in Brazilian sugar cane spirits and other distilled alcoholic beverages. **Journal Chromatogra**, v. 782, p. 13-23, 1997.

NICOL, D. A. Rum. In: LEA, A. G. H.; PIGGOTT, J. R. (Ed.). **Fermented beverage production**. 2 ed. New York: Klumer Academic/Plenum Publishers, 2003. cap.12, p. 263-287.

NISHIMURA, K.; MATSUYAMA, R. Maturation and maturation chemistry. In: PIGGOTT, J.R; SHARP, R.; DUNCAN, R.E.B. (Ed.) **The science and technology of whiskies**. New York: Longman, 1989, cap. 8, p. 235-264.

NÓBREGA, I. C. C. Análise dos compostos voláteis da aguardente de cana por concentração dinâmica do “headspace” e cromatografia gasosa-espectrometria de massas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Curitiba. v. 23, p. 210-216, 2003.

NOVAES, F. V.; STUPIELLO, J. P.; OLIVEIRA, A. J.; DELGADO, A. A.; OLIVEIRA, E. R.; AZEREDO-CESAR, M. A.; VALSECHI, O. **Tecnologia das aguardentes**. Piracicaba: ESALQ/USP. Departamento de Tecnologia Rural, 1971.

NURGEL, C.; ERTEN, H.; CANBAS, A.; CABAROGLU, T.; SELLI, S. Contribution by *Saccharomyces cerevisiae* yeasts to fermentation and flavor compounds in wines from cv. Kalecik karasi grape. **Journal Institute Brewing**, London, v. 108, n. 1, p. 68-72, 2002.

NYKÄNEN, L. Formation and occurrence of flavor compounds in wine and distilled alcoholic beverages. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 37, n. 1, p. 84-96, 1986.

OLIVA NETO, P. de. **Influência da contaminação por bactérias lácticas na fermentação alcoólica pelo processo de batelada alimentada**. 1990, 207f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OLIVEIRA, E. G. **Isolamento de leveduras selvagens de vagens da algarobeira**. Maceió, 2003, 12p. (Informativo do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL).

OLIVEIRA, E. S. **Características fermentativas, formação de compostos voláteis e qualidade da aguardente de cana obtida por linhagens de leveduras isoladas de destilarias artesanais**. 2001, 135f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OLIVEIRA, M. E. S.; PANTOJA, L.; DUARTE, W. F.; COLLELA, C. F.; VALARELLI, L. T.; SCHWAN, R. F.; DIAS, D. R. Fruit wine produced from cagaita

(*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. **Food Research International**. Barking, v. 44, n. 7, p. 2391-2400, 2011.

PADOVAN, F. C.; BORRAGINI, M. C. C.; FARIA, J. B. Efeito da circulação da aguardente de cana no tempo de envelhecimento em ancorotes de carvalho (*Quercus* sp.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara. v. 15, p. 267-271, 2004.

PARAZZI, C.; ARTHUR, C. M.; LOPES, J. J. C. BORGES, T. M. R. Avaliação e caracterização dos principais compostos químicos da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de carvalho (*Quercus* sp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28(1), p. 193-199, 2008.

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**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 37-43, 2002.

PATARO, C.; GUERRA, J. B.; PETRILLO-PEIXOTO, M. L.; MENDONÇA-HAGLER, L. C.; LINARDI, V. R.; ROSA, C. A. Yeast communities and genetic polymorphism of *Saccharomyces cerevisiae* strains associated with artisan fermentation in Brazil. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 89, p. 24-31, 2000.

PATARO, C.; SANTOS, A.; CORREA, S. R.; MORAIS, P. B.; LINARDI, V. R.; ROSA, C. A. Physiological characterization of yeasts isolated from artesian fermentation in aguardente distillery. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 104-108, 1998.

PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, Chile, v. 2, n. 1, p.118-127, 2007.

PEREIRA, J. A. M. **Cachaça de alambique**. Brasília. Coleção Tecnologia Fácil – 8. LK editor. 2006. 180 p.

PEREZ, S. C. J. A.; MORAES, J. A. P. V. Influência do estresse hídrico e do pH no processo germinativo da algarobeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 7, p. 981-988, 1991.

PIGGOTT, J. R.; CONNER, J. M. Whiskies. In. Lea, A.G.H.; Piggott, J.R. (eds.) **Fermented Beverage Production**. London: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 247-274.

PIGGOTT, J. R.; SHARP, R.; DUCAN, R. E. B. **The science and technology of whiskies**. New York: Longman, 1989. 410 p.

POLASTRO, L. R.; BOSO, L. M.; SOBRINHO, L. G. A.; LIMA NETO, B. S.; FRANCO, D. W. Compostos nitrogenados em bebidas destiladas: cachaça e tiquira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, p. 78-81, 2001.

POLLIEN, P.; OTT, A.; MONTIGON, F.; BAUMGARTNER, M.; MUÑOZ-BOX, R.; CHAINTREAU, A. Hyphenated Headspace-Gas Chromatography-Sniffing Technique: Screening of Impact Odorants and Quantitative Aromagram Comparisons. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 2630-2637, 1997.

POWERS, J. J. Uses of multivariate methods in screening and training sensory panelists. **Food Technology**, London, v. 42, p. 123, 1988.

POZO-BAYÓN, M. A.; PUEYO, E.; MARTÍN-ÁLVAREZ, P. J.; MARTÍNEZ RODRIGUEZ, A. J.; POLO, M. C. Influence of yeast strain, bentonite addition, and aging time on volatile compounds of sparkling wines. **American Journal of Enology and Viticulture**. Davis. v. 54, n. 4, 2003.

REAZIN, G. H. Chemical mechanisms in whiskey maturation. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 32, n. 4, p. 283-289, 1981.

REED, G.; NAGODAWITHANA, T. W. Baker's yeast production. In: Reed G, Nagodawithana TW (eds). **Yeast Technology**. Van Nostrand Reinhold, New York. 1991. p. 261-314.

REINA, M. **Técnicas de contage celular**. Beckmann, 2003, 32 p. (Boletim Técnico da Beckmann/Coulter, Co.).

RENCHER, A.C. **Methods of multivariate analysis**. Nova Iorque: Wiley Interscience. 2002.

RIBEIRO, J. C. G. M. **Fabricação artesanal de cachaça mineira**. 2 ed. Belo Horizonte: O Lutador, 223 p. 2002.

RIFFIKIN, H. L.; WILSON, R.; HOWIE, D.; MÜLLER, S. Ethyl carbamate formation in the production of pot still whisky. **Journal Institute Brewing**, London, v. 95, p. 115-119, 1989.

RIVEROS, F. The genus prosopis and its potential to improve livestock production in arid and semi-arid regions. In: FELKER, P. MOSS, J. **Prosopis: semiarid fuelwood and forage tree building consensus for the disenfranchised**. Washington: D. C, 1996.

RIVEROS, F. The genus Prosopis and its potential to improve livestock production in arid and semi arid regions. In: SPEEDY, A.; PUGLIESI, P. (ed), **Legume trees and other fodder trees as protein sources for Livestock**. FAO Animal Production and Health Paper 102, p. 257–276, 1992.

ROCHA, A. S. **Produção e avaliação físico-química da aguardente do fruto da palma forrageira (Opuntia ficus – indica Mill)**. 2008, 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SANTAMARÍA, P.; GARIJO, P.; LÓPEZ, R.; TENORIO, C.; GUTIÉRREZ, A. R. Analysis of yeast population during spontaneous alcoholic fermentation: Effect of the age of the cellar and the practice of inoculation. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 49–56, 2005.

SANTOS, M. C. R. dos. **Quantificação e remoção de íons de cobre em aguardente de cana-de-açúcar.** 2009, 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Engenharia de Mauá do Centro Universitário do Instituto de Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul.

SARGENTELLI, V. Aspectos do metabolismo do cobre no homem. **Química Nova**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 290-293, 1996.

SCANAVINI, H. F. Á. **Avaliação da influência das condições de destilação da cachaça na qualidade do produto final.** 2010, sn. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campinas, Campinas.

SCAVUZZI, J. A. **Cariotipagem de leveduras oriundas da fermentação alcoólica.** Recife, 2007, 21 p. (Boletim Bioprodutividade/Incubação e Inovação Tecnológica).

SCHWAN, R. F.; CASTRO, H. A. Fermentação alcoólica. In: Cardoso, M. G (Ed). **Produção de cachaça de cana-de-açúcar.** Lavras: UFLA, 2006. p. 101-135.

SEBRAE. **Estudo de viabilidade econômica:** simulação da produção de 60 mil litros de cachaça/safra. Belo Horizonte, 2005. 70 p.

SEFTON, M. A.; FRANCIS, L. I.; WILLIAMS, P. J. Volatile norisoprenoid compounds as constituents of oak woods used in wine on spirit maturation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 38, n. 11, p. 2045-2049, 1990.

SEGUR, M. C.; PAGES, J.; BERTRAND, A. Approche analytique de la dégustation des eaux-de-vie d'armagnac. In: BERTRAND, A. (Ed.) **Les eaux-de-vie traditionnelles d'origine viticole**, Paris, Lavoisier, 1990. p. 271-278.

SHEREV, R. N.; BRINK, J. A. Indústria de fermentação. In: SHEREV, R.N. (Ed.) **Indústrias de processos químicos.** 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980. cap.31, p. 469-495.

SIEBALD, H. G. L.; GERALDO, M. L.; MARCUS, H. C.; SILVA, J. B. B. Alguns aspectos toxicológicos da cachaça. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 59-62, 2002.

SILVA JÚNIOR, Z. P. et al. Características físico-químicas da cachaça de abacaxi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 20, 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBCTA, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, C. G. **Desenvolvimento de um sistema micro-industrial para fabricação de aguardente bidestilada de algaroba (*Prosopis juliflora* Sw DC)**. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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

SILVA, C. G. M.; MELO FILHO, A. B.; PIRES, E. F.; STAMFORD, T. L. M.; Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, n. 4, p 733-736, 2007.

SILVA, C. G. **Otimização da fabricação da aguardente de algaroba e aproveitamento dos resíduos sólidos em produtos alimentares**. 2009, 219f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, C. G.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D.; QUEIROZ, V. S. Extração e fermentação do caldo de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC) para obtenção de aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 51-56, 2003.

SILVA, C. L. C.; ROSA, C. A.; MAIA, A. B. R. A.; OLIVEIRA, E. S. Qualidade química e sensorial de cachaças produzidas com quatro linhagens de *Saccharomyces*

cerevisiae (floculantes, não-produtoras de H₂S e de referência). **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 405-422, 2006.

SILVA, F. S. A.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.. Nova metodologia para interpretação de dados de análise sensorial de alimentos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 967-973, 2010.

SILVA, J. H. V.; SILVA E. D.; FILHO J. J.; TOLEDO R. S.; ALBINO, L. F. T.; RIBEIRO, M. L. G.; COUTO, H. P. Valores energéticos e efeitos da inclusão da farinha da integral da vagem de algaroba (*Prosopis juliflora* Sw D.C.) em rações de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2255-2264, 2002.

SILVA, J. I. *Prosopis juliflora* as an Alternative Source of Food in the World's Semi-arid Areas. In: FELKER, P. MOSS, J. **Prosopis**: semi-arid fuelwood and forage tree building consensus for the disenfranchised. Washington: D.C, 1996.

SILVA, M. B. L. et al. Hidrólise enzimática da polpa e qualidade físico-química de aguardente de banana refugo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA, M. B. L.; CHAVES, J. B. P.; LELIS, V. G.; ALVARENGA, L. M.; ZUIM, D. R.; SILVA, P. H. Qualidade físico-química e sensorial de aguardentes de polpa de banana e banana integral submetidas à hidrólise enzimática. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 217-221, 2009.

SILVA, S. A.; SOUZA, G. A.; CONCEIÇÃO, M. M.; SHIVA PRASAD, A. L.; CAVALHEIRO, J. M. O. Estudo termogravimétrico e calorimétrico da algaroba. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 460-464, 2001.

SILVEIRA, L. C. I.; BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, M. W. Manejo de variedades de cana-de-açúcar predominantes nas principais regiões produtoras de cachaça de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 25-32, 2002.

SIMONEIT, B. R. T. Biomass burning – a review of organic tracers for smoke from incomplete combustion. **Applied Geochemistry**, v. 17, p. 129-162, 2002.

SINGLETON, V. L. Maturation of wines and spirits: comparison, facts and hypotheses. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 46, n. 1, p. 98-115, 1995.

SOARES, S. E. R. **Obtenção de açúcar mascavo a partir da vagem da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.)**. 2006, 92f. Estágio Supervisionado (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SOUZA, M. D. C. A. **Identificação, quantificação e comparação das substâncias químicas responsáveis pelos aromas da cachaça de alambique e do rum comercial tratados pelo processo de irradiação**. 2006, 137f. Tese (doutorado em Ciências e Tecnologia nuclear) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, M. D. C. A.; DEL MASTRO, N. L. Irradiation of cane sugar spirit. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 57, p. 257-259, 2000.

SOUZA-LIBERAL, A. T.; BASÍLICO, A. C. M.; do MONTE RESENDE, A.; BRASILEIRO, B. T. V.; da SILVA FILHO, E. A.; de MORAIS, J. O. F.; SIMÕES, D. A.; de MORAIS Jr, M. A. Identification of *Dekkera bruxellensis* a major contaminant yeast in continuous fuel ethanol fermentation. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 102, p. 538-547, 2007.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. New York: Academic Press, 2ed., 1993. 338 p.

STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, 1987. v. 2.

STUPIELLO, J. P. Destilação do vinho. In: MUTTON, M.J.R.; MUTTON, M.A. (Ed.). **Aguardente de cana: produção e qualidade**. Jaboticabal: Ed. FUNEP, 1992. p. 67-78.

TFOUNI, S. A. V. **Estudo do efeito do processamento na contaminação de cana-de-açúcar e derivados por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos**. 2005, 99 p. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TORRES NETO, A. B.; SILVA, M. E.; SILVA, W. B.; SWARNAKAR, R.; SILVA, F. L. H. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju. (*anacardium occidentale* l.). **Química Nova**, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 489-492, 2006.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R. CASE, C. L. **Microbiologia**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 827 p.

TOSTA, C. D. **Biotipagem de leveduras industriais através do sistema killer**. 2004, 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 4º edição. Editora Atheneu, São Paulo, 2004, 718p.

TRINDADE, A. G. **Cachaça: um amor brasileiro**. São Paulo: Melhoramentos, 2006. 160 p.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 15, n 2, p. 58-65, 2008.

VARGAS, E. A.; GLÓRIA, M. B. Qualidade da cachaça de cana (*Saccharum officinarum*, L.) produzida, comercializada e/ou engarrafada no Estado de Minas Gerais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.15, n.1, p.43-46, 1995.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de bebidas**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 500 p.

VICENTE, M. A.; FIETTO, L. G.; CASTRO, I. M.; SANTOS, A. N. G.; COUTRIM, M. X.; BRANDÃO, R. L. Isolation of *Saccharomyces cerevisiae* strains producing higher levels of flavoring compounds for production of “cachaça” the Brazilian sugarcane spirit. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 108, n. 1, p. 51–59, 2006.

VIEIRA, R. L.; GUERRA, N. B.; FREITAS, E. M. Sucedâneo do café a partir de *Prosopis juliflora* D.C. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 121-124, 1995.

VILELA, F. J.; CARDOSO, M. G.; MASSOM, J.; ANJOS, J. P. Determinação das composições físico-químicas de cachaças do sul de minas gerais e de suas misturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1089-1094, 2007.

VIVAS, N. Les phénomènes liés à la maturation du bois de chêne pendant son séchage. **Revue des Oenologues**, Lattes, n. 70, p. 17-21, 1993.

VIVAS, N. **Manuel de tonnellerie**. Paris: Editions Féret, 1998. 155 p.

WATSON, D. C. The development of specialized yeast strain for use in Scotch malt whisky fermentation. In: STEWART, G.G.; RUSSELL, I. **Current developments in yeasts research**. Oxford: Pergamon, 1981. chap. 2, p. 57-62.

YOKOTA, S. R. C. **Avaliação sensorial descritiva de cachaças nova e envelhecida por 18 ou 24 meses em barris de madeira por equipes com diferentes números de julgadores treinados**. 2005, 125f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

YOKOYA, F. **Fabricação da aguardente de cana**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologias “André Tosello”, 1995. 92 p.

ZACARONI, L. M. **Compostos fenólicos e cumarinas: certificação de um método analítico para caracterização e quantificação de aguardentes de cana envelhecidas**

em barris de diferentes espécies de madeira. 2009, 138f. Dissertação (mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ZACARONI, L. M.; CARDOSO, M. G.; SACZK, A. A.; SANTIAGO, W. D.; ANJOS, J. P. Caracterização e quantificação de contaminantes em aguardentes de cana. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 320-324, 2011.

ZAKIA, M. J. B.; PAREYN, F. G.; BURKART, R. N.; ISAIA, E. M. B. I. Incremento médio anual de algarobais no Seridó-RN. **IPA News**. Recife, n. 8, p. 1-4, 1989