



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

ACÁCIO MACEDO SALES

**ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA POLPA E DAS CASCAS DO ABACAXI
(*Ananas comosus L.*) PARA OBTENÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO**

Campina Grande - PB

2014

ACÁCIO MACEDO SALES

**ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA POLPA E DAS CASCAS DO ABACAXI
(*Ananas comosus L.*) PARA OBTENÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao curso de Química Industrial, do Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Químico Industrial.

Orientadora: Prof^a. Dra. Eliane Rolim Florentino

Campina Grande - PB

2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S163e Sales, Acácio Macedo.

Estudo do aproveitamento da polpa e das cascas do abacaxi (Ananas comosus L.) para obtenção do álcool etílico[manuscrito] / Acácio Macedo Sales. - 2014.

34 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Profa. Dra. Eliane Rolim Florentino, Departamento de Química".

1. Abacaxi. 2. Biocombustível. 3. Fermentação. I. Título.

21. ed. CDD 634.774

ACÁCIO MACEDO SALES

ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA POLPA E DAS CASCAS DO ABACAXI
(*Ananas comosus L.*) PARA OBTENÇÃO DO ÁLCOOL ETÍLICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao curso de Química Industrial, do Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Químico Industrial.

APROVADA EM 30 / 07 / 2014.

NOTA: 9,9 (Nove e nove décimos).

Eliane Rolim Florentino

Prof^a. Dra. Eliane Rolim Florentino (Orientadora)

Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Química, UEPB.

Isanna Menezes Florêncio

Dra. Isanna Menezes Florêncio (Examinadora)

Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Química, UEPB.

Elainy Virginia dos S. Pereira

Ms. Elainy Virginia Dos Santos Pereira (Examinadora)

Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Química, UEPB.

Campina Grande - PB

2014

A DEUS por guiar sempre meus passos e colocar pessoas maravilhosas na minha vida, aos meus pais Antonio Sales e Maria da Penha pelo apoio e incentivo e ao meu irmão André por toda paciência, à toda minha família que sempre me apoiou, à comunidade Teófilos no amor a DEUS e a minha namorada Safira por seu amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por está sempre ao meu lado ajudando-me a trilhar meu caminho, sabendo que Ele está presente em minha vida desde o começo quando minha historia começou a ser escrita dedicando especialmente a Ele, que me fez estar aqui hoje;

A minha mãe Maria da Penha por ser para mim de tão grande exemplo, e pelos anos de dedicação de sua vida para cuidar da minha, desde já lhe sou muito grato e feliz por ter uma mãe tão especial;

Ao meu pai Antonio pelo incentivo e ajuda em todo esse período da minha vida pelo carinho e atenção, por toda preocupação com meu desempenho me mostrando que sou capaz;

Ao meu irmão André pelo apoio e força, por está presente na minha caminhada;

Aos meus avós Sales, Tereza, Inácio (inmemorial), Honorina (inmemorial) pelo incentivo e amor, por poder fazê-los orgulhosos.

A minha namorada Safira, a qual encontrei nessa etapa tão importante da minha vida, pelos conselhos e pelo exemplo de dedicação e amor, meu imenso agradecimento;

A minha tia Juraci pelo exemplo de força e seus conselhos e à toda minha família pela atenção.

À comunidade teófilos, por me ajudar a perseverar na fé, pela paciência e compreensão das faltas nos grupos de oração;

À professora e orientadora Dr^a.Eliane, por toda colaboração, paciência, ajuda , todos os incentivos na área acadêmica especialmente na conclusão do curso.

À professora Dr^a.Isanna pela ajuda fundamental, sanando minhas dúvidas, incentivando à conclusão do curso, as suas palavras e conselhos vão ficar sempre na memória.

À professora Verônica Evangelista, que quando coordenadora do curso de química industrial proporcionou meios para o ingresso na iniciação científica acadêmica.

A todos os professores do centro de ciências e tecnologia (CCT), que me incentivaram à conclusão deste curso, estimulando a capacidade e a perseverança nas componentes mais complexas, meus agradecimentos.

À minha família acadêmica, jamais esquecerei: Andrea Melo, Hildernando e Ana Paula (Paulinha), fomos sustentáculo uns para os outros nessa etapa tão difícil de nossas vidas, nossa amizade e esforço fez com chegássemos até aqui me eterno agradecimento;

MUITO OBRIGADO!

**Em todas as circunstâncias, dai, graças,
porque esta é a vossa respeito a vontade
de DEUS em Jesus Cristo.
*1Ts 5-18.***

RESUMO

O abacaxizeiro possui um fruto com alta qualidade organoléptica e mineral, de áreas tropicais, ele apresenta sabor característico, sendo intitulado “rei das frutas”. A utilização do abacaxi (*Ananas comosus* L.) em fermentação, especificamente a polpa e as cascas, surgiu como uma alternativa ao aproveitamento de uma cultura bem produtiva no estado da Paraíba, rica em açúcares fermentáveis. Este trabalho avaliou o potencial fermentativo da polpa comparada com os resíduos, cascas, eliminadas no processamento do abacaxi, como também a sua viabilidade produtora na Paraíba. Num âmbito em que o petróleo é uma fonte esgotável, temos o álcool, oriundo da fermentação, como um excelente bicomcombustível, e a proposta do abacaxi se adequa por reaproveitar parte de seus resíduos. Foi feita a avaliação físico-química do fruto para a realização da fermentação, determinando-se o pH, teor de sólidos solúveis, a biomassa e teor alcoólico, tomando como fermentador a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Ao término deste estudo verificou-se a significância do abacaxi na obtenção do álcool etílico, a polpa apresentou teor alcoólico superior ao das cascas, mesmo assim essa apresentou valor considerável, tendo um rendimento regular ajustado pela levedura.

PALAVRAS-CHAVE: Fermentação. Abacaxi. Resíduos. Álcool etílico.

ABSTRACT

The pineapple fruit has a high organoleptic quality and mineral, tropical areas, it features distinctive flavor, being titled "King of Fruits". The use of pineapple (*Ananas comosus* L.) in fermentation, specifically the pulp and peel, emerged as an alternative to the use of a very productive crop in the state of Paraíba, rich in fermentable sugars. This study evaluated the potential of pulp fermentation compared with waste, husks, eliminated in the processing of pineapple, as well as his production feasibility in Paraíba. In a context where oil is an exhaustible resource, we have the alcohol derived from the fermentation as an excellent biofuel, and the proposal Pineapple is an excellent fit for reuse part of their waste. The physico-chemical evaluation of the fruit to carry out the fermentation was done by determining the pH, soluble solids, biomass and alcohol content, taking as a fermenter yeast *Saccharomyces cerevisiae*. At the end of this study verified the significance of pineapple in obtaining ethyl alcohol, the pulp showed alcohol content higher than the shells, even so this presented considerable values, having a good income adjusted by the yeast.

KEYWORDS: Fermentation. Pineapple. Wastel. Ethyl alcohol.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Partes do abacaxi.	13
Figura 2 - Gráfico dos principais produtores mundiais do abacaxi.....	16
Figura 3 - Gráfico dos principais produtores de abacaxi do Brasil.....	17
Figura 4 - Abacaxi pérola-Ceasa.....	21
Figura 5 - Polpa do abacaxi	23
Figura 6 - Casca do abacaxi	23
Figura 7 - pHmetro digital.....	24
Figura 8 - Refratometro abbe	24
Figura 9 - Fermentado da polpa.....	25
Figura 10 - Fermentado das cascas.....	25
Figura 11 - Ebuliômetro.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões do abacaxi relativo ao cultivar	14
Tabela 2 - Características físico-químicas e químicas do abacaxi pérola	15
Tabela 3 - Resultado do teor de nutrientes das cascas e partes comestíveis do abacaxi. ...	18
Tabela 4 - Dados referentes à pesagem, volume e os rendimentos do mosto da polpa e das cascas.	27
Tabela 5 - Caracterização físico-química do mosto e do fermentado da polpa do abacaxi ..	28
Tabela 6 - Caracterização físico-química do mosto e do fermentado as cascas do abacaxi	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1.	Descrição da planta.....	13
3.1.1.	O fruto.....	14
3.2.	Origem.....	15
3.3.	Cultura e viabilidade econômica	15
3.4.	Fermentação Alcoólica	18
3.4.1.	Levedura	20
4	MATERIAIS E METODOS	20
4.1.	Matéria-prima	21
4.2.	Microrganismo.....	21
4.3.	Procedimento	21
4.3.1.	Recepção e seleção.....	21
4.3.2.	Lavagem e Pesagem	22
4.3.3.	Rendimento em relação ao fruto.....	22
4.3.4.	Extração da polpa e das cascas do fruto.....	23
4.3.5.	Caracterização físico-química do mosto da polpa e cascas.	23
4.3.5.1.	pH.....	23
4.3.5.2.	Sólidos solúveis totais (Brix°)	24
4.3.6.	Utilização da levedura comercial	24
4.3.7.	Chaptalização.....	24
4.3.8.	Fermentação	25
4.3.9.	Concentração de etanol (Teor alcoólico).....	25
4.3.10.	Concentração celular	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6	CONCLUSÃO	30
	REFERENCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O abacaxi é um fruto apreciado por ter sabor característico diferenciado, estando entre os principais frutos consumidos no mundo. Sob um aspecto nutricional o fruto apresenta alta propriedade organoléptica e mineral, rico em açúcares e ácidos, em relação à composição mineral o teor de potássio, cálcio e fósforo se despontam (GODIM, et al, 2004). O processamento industrial do fruto tem nos sucos e compotas seu destaque, apesar de que no Brasil prevaleça o consumo do fruto *in natura*, o abacaxi é um dos frutos de maior aproveitamento industrial.

O futuro das regiões nordestinas está ligado diretamente à economia do setor primário baseado numa seleção de cultivo, e essa que se adequa às péssimas condições encontradas nessas áreas, como a baixa fertilidade de suas terras, índice pluviométrico irregular, altas temperaturas a falta de água, além da cultura não poder necessitar de muitos insumos energéticos e seu manejo ser facilitado. O abacaxi é uma cultura que se ajustou às condições das áreas tropicais nordestinas e que alcança boa produtividade em suas terras, principalmente na Paraíba (IBGE, 2013).

A Paraíba é um dos principais produtores de abacaxi (VENTURINI FILHO, 2010) principalmente o cultivar pérola, chegando a ser o principal produtor em 2012 (IBGE, 2012), apesar dos números, o cultivo do abacaxi ainda divide área com a cana-de-açúcar cultivar importante para a região.

No processamento do abacaxi as cascas separadas da polpa retêm parte da mesma, que é desperdiçada ao final do processo. A fermentação alcoólica é uma relevante alternativa para a parte desperdiçada do abacaxi, como também para a própria polpa, utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* como fermentador.

Como forma de valorizar esta cultura este trabalho propõe contribuir para o desenvolvimento sustentável dessa região com uma nova forma de aproveitamento de tal, que não o consumo *in natura*, a produção de etanol pela fermentação alcoólica, alavancada pela necessidade da substituição do petróleo, não-renovável, por combustíveis renováveis que é o caso do etanol.

2 OBJETIVOS

Objetivo geral

- Avaliar o potencial fermentativo da polpa comparada com as cascas eliminadas no processamento do abacaxi (*Ananas comosus L.*).

Objetivos específicos

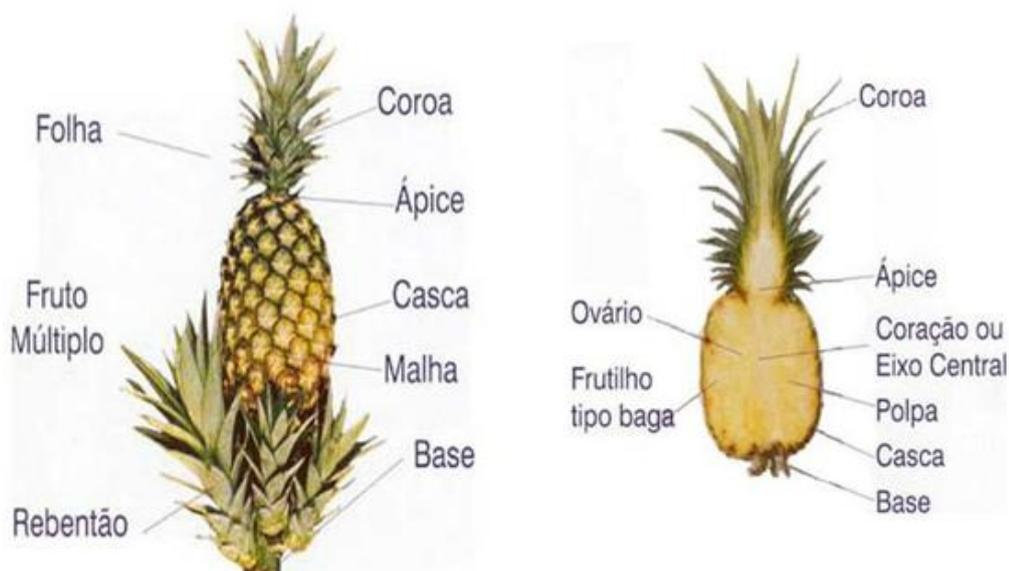
- Analisar a capacidade fermentativa do abacaxi;
- Estudar a viabilidade produtiva do fruto no estado da Paraíba;
- Realizar caracterização físico-química do mosto da polpa do abacaxi;
- Realizar caracterização físico-química do mosto das cascas do abacaxi;
- Comparar o potencial alcoólico do fermentado da polpa com o das cascas;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Descrição da planta

O abacaxizeiro é planta uma semiperene, que alcança um metro e meio de altura. Primeiro produz um único fruto situado no ápice; depois, com a ramificação lateral do talo aparecem outros frutos, de modo que a fase produtiva pode se prolongar por vários anos (Figura 1). O ciclo da planta é dividido em três partes: a primeira é a fase vegetativa ou de crescimento vegetativo (folhas), vai do plantio ao dia do tratamento de indução floral (TIF) ou da iniciação floral natural. Tem duração variável, mas corresponde ao período de 8 a 12 meses. A segunda, a fase da reprodução ou formação do fruto, tem duração estável para cada região, sendo de 5 a 6 meses. O fechamento do ciclo se dá de 13 a 18 meses, nas regiões quentes do Brasil. A terceira fase denomina-se de propagativa, de formação de mudas (filhotes e rebentões), sobrepõe-se, parcialmente à segunda fase. Do ponto de vista comercial o abacaxizeiro é explorado apenas de um a dois ciclos (PEREIRA; MELO,S/D).

Figura 1 - Partes do abacaxi.



Fonte: Kdfrutas.com.br – 2014.

3.1.1. O fruto

O abacaxi é uma fruta de clima tropical e subtropical que tem por nome científico *Ananas comusus*, pertencente à família das bromeliáceas, (subclasse das monocotiledôneas) que compreende, aproximadamente, 46 gêneros e cerca 1.700 espécies de plantas herbáceas, a maioria epífitas.

O fruto do abacaxizeiro é normalmente cilíndrico ou ligeiramente cônico, constituído por 100 a 200 bagas ou frutinhos fundidos entre si sobre o eixo central ou coração. A polpa apresenta cor branca, amarela ou laranja-avermelhada, sendo o peso médio dos frutos de um quilo, dos quais 25% é representado pela coroa (GIACOMELLI, 1981). Podem ocorrer variações significativas nas dimensões, dependendo do cultivar (Tabela 01).

Tabela 1 - Dimensões do abacaxi relativo ao cultivar

Cultivar	Peso médio do fruto com "coroa"(g)	"Coroa"	
		Peso Médio (g)	Comprimento médio (cm)
IAC Gomo-de-mel	1044	77,0	11,0
Cayenne	1660	220,0	16,7
Pérola	1212	121,0	20,4

Fonte: GRANADA, ZAMBIAZE, MENDONÇA, 2004 - adaptado.

Destaca-se entre as frutas tropicais pelo seu sabor característico e seus altos teores de açúcares simples que lhe conferem sabor mais adocicado, com qualidades sensoriais que o distinguem universalmente. É uma das frutas mais industrializadas no mundo, sua industrialização consome 2/3 de toda a produção mundial do fruto (VENTURINI FILHO, 2010).

O cultivar Pérola se destaca por seu consumo *in natura*, proveniente de uma planta de crescimento ereto e folhas longas, o fruto cilíndrico com cor verde-amarelada e polpa succulenta e amarelo-pálida (VAILLANT et al., 2001). Na tabela 2 esta descrita a caracterização físico-química do cultivar pérola em dois estágios de maturação.

Tabela 2 - Características físico-químicas e químicas do abacaxi pérola

Parâmetros	Fruta verde	Fruta madura
pH	3,6	4,5
Sólidos solúveis totais (° Brix)	11,6	16,2
Acidez total (% de ácido cítrico)	0,8	0,4
Açúcares redutores (%)	2,8	5,1
Açúcares totais (%)	9,7	15,0
Vitamina C (mg/100g)	32,0	9,0

Fonte: VENTURINI FILHO, 2010 – Adaptado.

3.2. Origem

Encontramos seu centro de origem na América do Sul (SOUZA; MELLETI, 1997) e não suporta clima muito frio, sua faixa ótima de temperatura se situa entre 22°C e 32°C com amplitude térmica de 8° e 14°. Ele foi disseminado no mundo pelos Espanhóis e Portugueses durante o século XVI. Navegadores carregavam os frutos durante a viagem e os consumiam como fonte de vitamina C e prevenção do escorbuto. O abandono das coroas nos vários portos de desembarque da África e da Ásia fez com que as mesmas se tornassem material de multiplicação (VENTURINI FILHO, 2010).

O abacaxizeiro foi encontrado por Cristovão Colombo na ilha de Guadalupe, em 1493, e depois em outras ilhas nas Índias Ocidentais, anos mais tarde foi levado para a Europa (AQUINO, 2006), onde se tornou bastante apreciado.

3.3. Cultura e viabilidade econômica

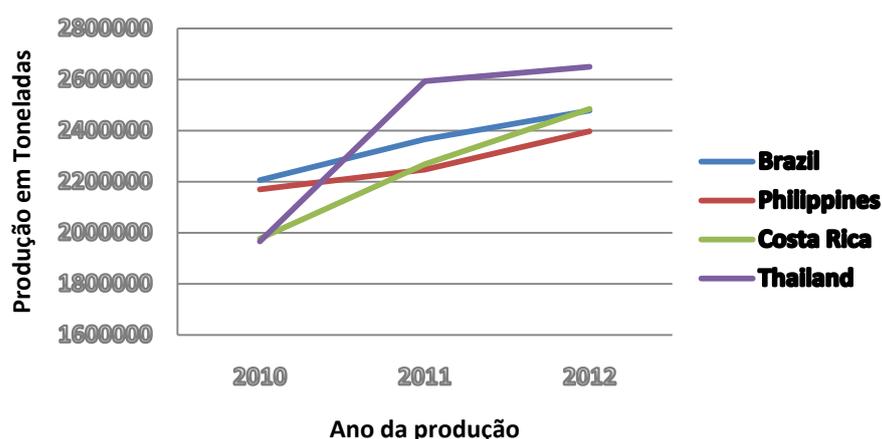
Os cultivares do abacaxi que apresentam maior destaque são o Smooth Cayenne e o Pérola, sendo que o primeiro representa cerca de 70% da produção mundial (PEREIRA; MELO, S/D).

Existem centenas de cultivares desenvolvidos no Brasil e no mundo, e a Singapore, Spanish, Queen e Espanhola Roja, Juntamente com a Perolera, Smooth

Cayenne e Pérola, caracterizam as mais conhecidas no mundo (CABRAL et al.,1999).

Os cultivares estão distribuídos por vários países do globo tendo como destaque a Tailândia como maior produtor mundial (Figura 2) seguido pelo Brasil (FAO, 2013). No Brasil a exportação do fruto está no cultivar smooth cayenne devido a sua estrutura, também é mais adequado para a indústria visto ser mais ácido e menos doce se comparado com outros cultivares como o Pérola ou Pernambuco nome pelo qual também é conhecido, este é mais consumido *in natura* sendo agradável ao paladar dos Brasileiros pelo seu sabor adocicado e menor acidez.

Figura 2 - Gráfico dos principais produtores mundiais do abacaxi.

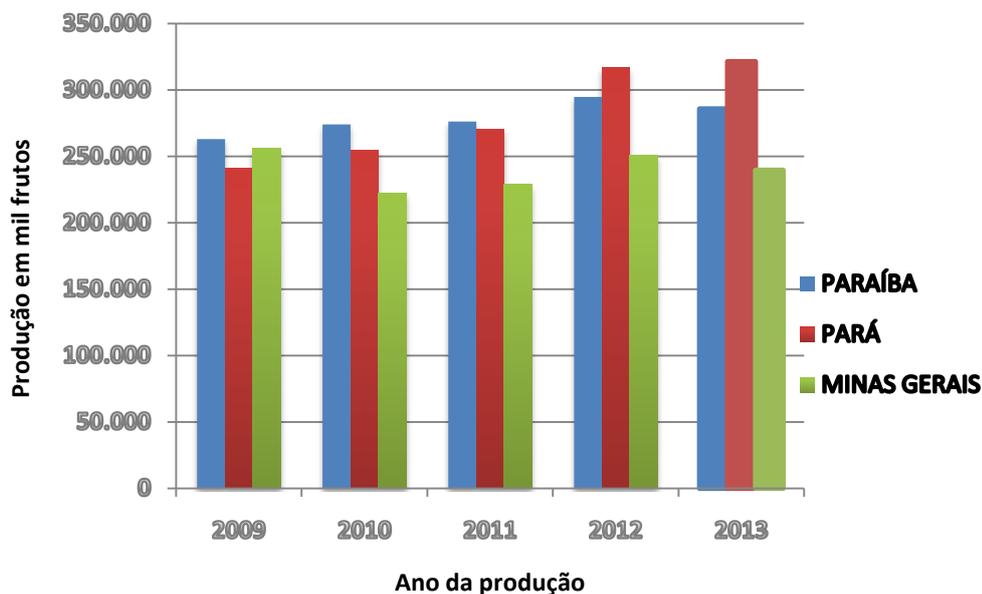


Fonte: FAO, 2013.

O abacaxi encontra no Brasil excelentes condições para seu desenvolvimento e é produzido na maioria dos estados do país, tem elevado a sua produção, mas ainda não tem representação tão elevada no cenário agrícola Brasileiro (CUNHA, 2007), (IBGE, 2012).

A Paraíba se destaca nacionalmente entre os principais produtores de abacaxi (Figura 3), (IBGE, 2014), sendo o segundo maior produtor em 2012, representando 18% da produção nacional, vindo de uma ascendência nos anos anteriores, com a safra 2013 a Paraíba tem alcançado quase 10mil hectares cultivados com a fruta (PRODUÇÃO DE ABACAXI..., 2013).

Figura 3 - Gráfico dos principais produtores de abacaxi do Brasil.



Fonte: IBGE, 2014.

O cultivar em destaque no estado é o pérola que na safra 2013 ganhou um aumento de 25% no preço do fruto, sendo vendido pelos agricultores por 1,00R\$ a unidade, atualmente a maior parte da produção é destinada ao sul e sudeste do país. Na Paraíba especificamente nos últimos cinco anos, os agricultores vêm dividindo a área plantada da abacaxicultura com a cana de açúcar, apesar de essa ser mais lucrativa, a dificuldade de conseguir mão de obra acaba desestimulando os agricultores (PRODUÇÃO DE ABACAXI..., 2013).

A abacaxicultura é considerada no setor frutícola da Paraíba a maior expressão econômica, gerando centenas de empregos diretos e indiretos no decorrer de todo o ciclo da planta (NETO, 2008). Em 2010 o PIB da Paraíba foi alavancado pela agropecuária, paralelamente com boa produção de abacaxi (RORAIMA QUER USAR..., 2010).

Em um contexto que tem o petróleo como principal fonte de energia para uso em transportes, a sua dependência é monopolizada, ainda que venha sendo substituída por biocombustíveis, estes renováveis, a agregação de novas fontes produtoras é uma proposta indispensável, que desde o projeto Pro-álcool, estímulo à

produção do álcool etílico a partir da cana-de-açúcar e mandioca para uso combustível, vem tomando novas proporções. (CUNHA, 2003).

A cultura do abacaxi demonstra bons requisitos para um bom produtor na Paraíba devido à adaptação: aos baixos índices pluviométricos, limitada pela capacidade de suprimento de água, e a baixa fertilidade das terras, estes, fatores preponderantes na escolha de uma cultura. O abacaxi se adapta a estas condições devido a algumas características essas, morfológicas, anatômicas e fisiológicas que permitem a sua exploração econômica.

Quanto à produção de fermentado, o abacaxi é um fruto que seria adequado, logo que a polpa e as cascas são pobres em fibras e ricas em carboidratos conforme Tabela 3. Além do que a acidez apresentada no suco do fruto ajuda na produção do fermentado, mantendo o mosto em condições necessárias para o desenvolvimento de leveduras (GUIMARÃES; ROSA, 2006).

Tabela 3 - Resultado do teor de nutrientes das cascas e partes comestíveis do abacaxi.

Parâmetro	100 g de amostra <i>in natura</i> de abacaxi	
	Cascas	Partes comestíveis
Umidade (g)	78,13	86
Cinzas (g)	1,03	0,4
Lipídeos (g)	0,55	0
Proteínas (g)	1,45	1
Fibras (g)	3,89	1
Carboidratos (g)	14,95	12
Calorias (Kcal)	70,55	48
Cálcio (mg)	76,44	22
Ferro (mg)	0,71	0,3
Sódio (mg)	62,63	<0,4
Magnésio (mg)	26,79	18
Zinco (mg)	0,45	0,3
Cobre (mg)	0,11	0,11
Potássio (mg)	285,87	131

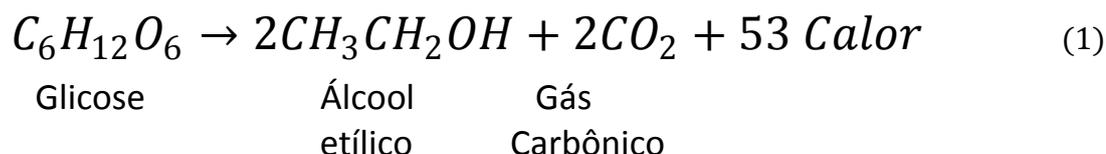
Fonte: GONDIM, et al, 2005.- Adaptado.

3.4. Fermentação Alcoólica

A fermentação é um processo anaeróbico de síntese de ATP (trifosfato adenosina) sem o envolvimento da cadeia respiratória. Segundo Venturini Filho

(2010) a fermentação é todo fenômeno causado por microrganismos vivos, sejam bactérias ou fungos que decompõem e transformam o substrato. Esse desdobramento tem como resultados produtos variados de acordo com a composição do substrato e dos microrganismos presentes

No processo da fermentação alcoólica de açúcares os principais produtos são o álcool etílico e gás carbônico, tais produzidos estequiometricamente equimolares, de acordo com a equação de Gay-Lussac. Entretanto a molécula de glicose passa por um processo anaeróbico em doze etapas intermediárias antes de ser transformada em etanol e gás carbônico, como pode se observado na Equação (1). Ao lado desses, formam-se acetaldeídos, glicerol, 2,3 – butileno glicol, ácido láctico, ácido succíneo e ácido cítrico como produto constante da fermentação (ROCHA, 2008).



Os fungos normalmente unicelulares, leveduras, são os mais usados para o processo de fermentação, principalmente em escala industrial, visto que apresentam propriedades que os caracterizam microrganismos mais adequados, como: a tolerância ao álcool, CO₂, o crescimento rápido e a capacidade de fermentação. Por serem facultativas ao oxigênio, as leveduras podem realizar a fermentação na ausência de oxigênio.

Uma fermentação alcoólica pode ser dividida em 3 fases, a preliminar, a tumultuosa e uma fase final. A primeira se inicia no momento do contato da levedura com o mosto, caracteriza-se pela multiplicação celular intensa, a elevação da temperatura em pequena escala e pequeno desprendimento de dióxido de carbono. Sua duração é de 4 a 6 h e varia de acordo com o sistema de fermentação. A fase tumultuosa é marcada pelo desprendimento volumoso e intenso de dióxido de carbono, consequência da existência de um número suficiente para desdobrar os açúcares fermentescíveis do mosto; a temperatura se eleva rapidamente, a

densidade do mosto se reduz e elevam-se a percentagem de álcool e a acidez. Considerada a principal fase sua duração é de 12 a 16h. A fase complementar se caracteriza pela diminuição da temperatura e a concentração de açúcares chegando ao fim, dura de 4 a 6 h (LIMA, et al, 2002).

Um dos fatores que tornam a fermentação um meio muito econômico para a obtenção do álcool é a quantidade de matérias-primas naturais existentes em todo Brasil, bem divididas geograficamente encerra diversos climas e tipos de solos, permitindo seu cultivo em quase todo território e durante todo ano (TEIXEIRA, 2007).

3.4.1. Levedura

As cepas mais importantes na produção de álcool são as *Sacharomyces cerevisiae* e a *Sacharomyces carlsbergensis*, as suas biomassas podem ser recuperadas como subproduto da fermentação na forma de levedura seca para ração animal ou suplemento vitamínico humano (MACHADO, ABREU, 2006). Existem varias linhagens desses microrganismos que foram selecionadas ao longo do tempo com uma tolerância maior ao álcool, às variações do pH, e com bom rendimento da fermentação

Normalmente a levedura *Saccharomyces cerevisiae* é a mais utilizada na fermentação, pois frequentemente obtêm um rendimento entorno de 90% do valor estequiométrico da reação de conversão encontrada na Equação (1), o que torna este microorganismo importante para esta, embora outros possam fazer a conversão da glicose em álcool, mas que não atingem um rendimento tão elevado (SCHMIDELL et al, 2001)

4 MATERIAIS E METODOS

Este trabalho foi realizado no laboratório de tecnologia dos alimentos do NUPEA (Núcleo de Pesquisa e Extensão em alimentos) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

4.1. Matéria-prima

O abacaxi foi obtido na CEASA em Campina grande – PB, sendo um cultivar do tipo pérola, medindo 20,1 cm de comprimento e maduro, advindo do município de Sapé na Paraíba (Figura 4).

Figura 4 – Abacaxi pérola-Ceasa



4.2. Microrganismo

O microrganismo utilizado foi a levedura *Saccharomyces cerevisiae* de uso comercial em panificação 70% de umidade, adquirida no comercio de Campina grande – PB

4.3. Procedimento

4.3.1. Recepção e seleção

O fruto obtido na CEASA foi selecionado de acordo com tais características: Cultivar, Tamanho e estagio de maturação.

Depois de selecionado, o fruto foi levado ao laboratório de tecnologia dos alimentos do NUPEA.

4.3.2. Lavagem e Pesagem

A lavagem foi realizada em laboratório utilizando Hipoclorito de Sódio como sanitizante em solução aquosa, deixando fruto imerso na solução por 20 minutos, posteriormente lavada em água corrente, visando eliminar sujidades e microrganismos presentes na fruta.

4.3.3. Rendimento em relação ao fruto

A pesagem foi realizada em balança semi-analítica, com o objetivo de verificar o rendimento da produção. Os percentuais de rendimento da massa e dos resíduos da polpa e cascas representam a quantidade destes em relação ao fruto integral. Equações (2,3,4,5)

$$R_{FI} = \frac{M_{fruto}}{M_{fruto\ int.}} * 100 \quad (2)$$

Em que:

R_{FI} = Rendimento do fruto,%;

M_{fruto} = Massa da polpa e cascas do fruto,g;

$M_{fruto\ int.}$ = Massa do fruto integral,g

$$R_{PFI} = \frac{M_{polpa}}{M_{fruto\ int.}} * 100 \quad (3)$$

Em que:

R_{PFI} = Rendimento da polpa do fruto integral,%

M_{polpa} = Massa da polpa do fruto,g

$M_{fruto\ int.}$ = Massa do fruto integral,g

$$R_{CFI} = \frac{M_{cascas}}{M_{fruto\ int.}} * 100 \quad (4)$$

Em que:

R_{CFI} = Rendimento da casca do fruto integral,%

M_{cascas} = Massa da casca do fruto,g

$M_{fruto\ int.}$ = Massa do fruto integral,g

$$R_R = \frac{M_{resíduo}}{M_{fruto\ int.}} * 100 \quad (5)$$

Em que

R_R = Rendimento do resíduo, %

$M_{resíduo}$ = Massa do resíduo, g

$M_{fruto\ int.}$ = Massa do fruto integral, g

4.3.4. Extração da polpa e das cascas do fruto

O fruto foi cortado separando os resíduos, coroa, da parte aproveitável do fruto (Figura 5 e 6) que em seguida foi separada das cascas e processado no liquidificador doméstico marca: Mallory, posteriormente medidos volumetricamente e armazenados em dois Erlenmeyer de 2L e etiquetados.

Figura 5 - polpa do abacaxi



Figura 6 - Casca do abacaxi



4.3.5. Caracterização físico-química do mosto da polpa e cascas.

Na caracterização físico-química do mosto da polpa e da casca do abacaxi foram realizadas as análises de pH e sólidos solúveis (Brix°).

4.3.5.1. pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com um pHmetro digital (Figura 7), calibradas inicialmente com as soluções tampões de pH 4,0 e pH 7,0, segundo normas analíticas do instituto Adolfo Lutz (2008).

Figura 7 - pHmetro digital.



Fonte: www.maxlabor.com.br

4.3.5.2. Sólidos solúveis totais (Brix°)

A determinação foi realizada através do refratômetro abbe, conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Figura 8 - Refratometro abbe



Fonte: www.splabor.com.br

4.3.6. Utilização da levedura comercial

A *Saccharomyces cerevisiae*, foi a levedura do tipo comercial para a panificação, 70% de umidade, com a concentração de 5g/L(base úmida).

4.3.7. Chaptalização

A chaptalização consiste na correção da deficiência de açúcar pela adição de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) (RIZZON; MIELE, 2005), essa correção acontece normalmente quando fruto apresenta uma quantidade insuficiente de açúcares para se obter um

produto com a graduação alcoólica desejada, procedimento utilizado no mosto das cascas devido aos sólidos solúveis serem pouco representativos, corrigido de 7°Brix para 11°Brix.

4.3.8. Fermentação

Os mostos foram preparados e em seguida inoculados com o agente fermentativo para o início do processo de fermentação alcoólica à temperatura ambiente e sem agitação, dando início a fermentação dos açúcares fermentescíveis contidos no meio.

Foram removidas alíquotas para análises ao início da fermentação e ao término desta. O processo se deu em dois Erlenmeyers (Figura 9 e 10) que foram adaptados como bioreatores, em sistema de batelada simples, com capacidades de 2 L cada. O mosto da polpa obteve um volume de 800mL e das cascas 600mL. Para as amostras foram realizadas análises de pH, °Brix, teor alcoólico e concentração celular.

Figura 9 - Fermentado da polpa.



Figura 10 - Fermentado das cascas.



4.3.9. Concentração de etanol (Teor alcoólico)

O teor alcoólico foi determinado pela ebulliometria (BRASIL, 2005), que se baseia no ponto de ebulição. O ebuliômetro (Figura 11) foi o equipamento utilizado

para a determinação, ele é composto por uma caldeira, um condensador, uma lamparina com álcool, um termômetro e uma régua de conversão (ROCHA, 2008).

O equipamento foi calibrado com água destilada até a temperatura de ebulição, que é o ponto de referência para o etanol, utilizando a régua de conversão. Para a análise, foram coletados 50 mL do mosto da polpa e em mesmo volume para o das cascas, os transferido individualmente para a caldeira, esta aquecida, foi verificada a temperatura após 5 minutos, quando se tornou estática, sendo referência para o valor da concentração de etanol. O experimento foi realizado em duplicata para verificar a reprodutibilidade.

Figura 11 - Ebuliômetro



Fonte: www.dujardin-salleron.net

4.3.10. Concentração celular

A determinação da concentração celular se deu pelo método da massa seca, determinada pela diferença entre o peso final e o peso inicial, com valores expressos em g.L^{-1} (TRIBOLI, 1989). Três amostras do fermentado da polpa e das cascas coletadas em eppendorfs de 1,5 mL, foram centrifugadas a 3000 rpm (Rotações por minuto) por 10 minutos em centrífuga e colocadas em estufa a 80°C até a redução da umidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização física e os valores referentes à pesagem da polpa e das cascas são apresentados na Tabela 4

Tabela 4 - Dados referentes à pesagem, volume e os rendimentos do mosto da polpa e das cascas.

Parâmetros	Valores
Massa total do fruto integral(g)	1377,86
Massa total da polpa(g)	854,61
Massa total das cascas(g)	325,28
Volume do fermentado da polpa(L)	0,8
Volume do fermentado das cascas(L)	0.6
Rendimento do fruto (%)	85,6
Rendimento da polpa (%)	62,0
Rendimento das cascas (%)	23,6
Rendimento dos resíduos (%)	14,4

Pode-se observar na Tabela 4 que a massa integral do fruto é bem aproximada da encontrada por GRANADA, ZAMBIAZE E MENDONÇA(2004) para o cultivar pérola, 1212 g com a coroa, confirmando a utilização um fruto de um padrão médio. Para o rendimento, o valor encontrado é bem superior ao encontrado no estudo do controle do fungo pendicular do abacaxi pérola realizado por RIBEIRO et al.(2011) onde 44,10% foi o rendimento para a polpa e um valor mais aproximado para as cascas que foi de 18,96%, esta diferença é causada principalmente pela diferença entre os locais de cultivo, onde as variações climáticas influenciam no rendimento do fruto.

Quanto para a análise físico-química do mosto e do fermentado da polpa e das cascas os resultados podem ser observados nas Tabelas 5 e 6.

Os valores para o pH foi bem aproximado, conforme Tabela 5, ao encontrado para o fermentado de abacaxi por CALDAS et al.(2006), 3,7 inicial e 3,8 final como também por OLIVEIRA et al,(2012) com pH final de 3,1. Segundo SILVA(2006) o

valor de pH em abacaxis pode variar de 0,6% a 1,6%. Para as cascas o pH foi muito aproximado do encontrado por SILVA(2006), de 3,63, visto na Tabela 6. O esperado para o pH final dos fermentados da polpa e das cascas seria inferior ao inicial devido a formação de ácidos orgânicos LIMA, U.A. et al,(2002), não correspondendo aos valores encontrados nas tabelas 5 e 6, visto o processo fermentativo se dar em 24 hs.

De acordo com as Tabelas 5 e 6, o valor do Brix encontrado para o mosto da polpa é intermediário entre o encontrado por EZEROYNE(2004), 18° Brix e o encontrado por CAMPOS(1993), 12° Brix. O valor encontrado para o mosto das cascas é mais aproximado do encontrado por SILVA(2006), 6,0 ° Brix, comparação ao valor anterior à correção pela chaptalização.

A diferença entre valores é motivada pelas condições climáticas, grau de maturação, local de cultivo, entre outras (SILVA, 2006).

Tabela 5 - Caracterização físico-química do mosto e do fermentado da polpa do abacaxi

Parâmetros analisados	Média ± Desvio padrão
pH inicial	3,55±0,00
pH final	3,71±0,01
Sólidos solúveis inicial (°Brix)	15,50±0,02
Sólidos solúveis final (°Brix)	6,25±0,03
Teor alcoólico (°GL)	7,60±0,30
Concentração celular inicial (g L ⁻¹)	4,00±0,14
Concentração celular final (g L ⁻¹)	9,02±0,21

O declínio do Brix é dado pela conversão do açúcar, em decorrência do consumo do substrato pelo microrganismo, o valor do fermentado da polpa e das cascas reduziram, conforme observado nas Tabelas 5 e 6, semelhante encontrado por EZEROYNE (2004), 6,0° Brix, em seu estudo sobre a fermentação de frutas tropicais.

Paralelamente a diminuição dos sólidos solúveis há um aumento gradativo para o teor alcoólico, observado nas tabelas 5 e 6, ha uma variação marcante se comparada com a encontrada por EZEROYNE (2004), 12,6 °GL, mas é bem

aproximado do encontrado por ROCHA(2008) em seu estudo sobre a produção e avaliação físico-química da aguardente do fruto da palma forrageira que foi de 6,4° GL.

Tabela 6 - Caracterização físico-química do mosto e do fermentado das cascas do abacaxi

Parâmetros analisados	Média ± Desvio padrão
pH inicial	3,67±0,02
pH final	3,80±0,01
Sólidos solúveis inicial (°Brix)	11,00±0,02
Sólidos solúveis final (°Brix)	6,25±0,02
Teor alcoólico (°GL)	4,51±0,32
Concentração celular inicial (g. L ⁻¹)	3,00±0,23
Concentração celular final (g.L ⁻¹)	7,58±0,16

Observa-se um crescimento da massa microbiana conforme as Tabela 5 e 6, devido concentração celular ter um aumento no numero de células, tanto para o fermentado da polpa quanto para o fermentado das cascas, semelhante ao encontrado no estudo realizado por FLORENCIO (2008) na produção de aguardente a parti da fermentação do lactosoro de coagulação enzimática. Como também BORTOLONI; SANTTA ANNA; TORRES(2001) no estudo sobre o comportamento das fermentações alcoólicas e acética do suco de kiwi, o aumento da população de leveduras foi evidente.

6 CONCLUSÃO

Avaliou-se no presente trabalho o potencial fermentativo da polpa e das cascas do abacaxi para a produção de etanol. Com os resultados deste estudo pode-se concluir que o abacaxi apresenta condições para a obtenção do etanol, tanto a polpa quanto as cascas. A primeira apresentou um potencial maior que a segunda por ter um rendimento superior em relação ao fruto, como também seu teor alcoólico maior. Desta forma a polpa apresenta melhores condições, especialmente no rendimento, para um potencial produtor de etanol. Por outro lado as cascas se apresentam como uma alternativa de reaproveitamento, já que elas se tornam resíduos no processamento do abacaxi.

Tomando-se os dados estatísticos, o estado da Paraíba apresenta boa situação para a produção do abacaxi, visto ser um dos principais produtores nacional principalmente do cultivar pérola, objeto de estudo deste trabalho. A maior parte da produção do fruto é consumida *in natura*, sendo uma parte considerável processada industrialmente, podendo ser usada como fornecedor das cascas eliminadas no processo.

De acordo com os resultados desse trabalho, identificou-se a viabilidade do abacaxi na produção do etanol apenas como alternativa, se necessária pela falta de matéria-prima usual, sendo mais viável seu uso para obtenção de bebidas fermentadas.

REFERENCIAS

AQUINO, Marcos Silva de. **Desenvolvimento de uma desfibradeira para obtenção da fibra da folha do abacaxi**. 2006. 62f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio grande do Norte, Natal, RN,2006.

BORTOLONI, F.; SANTTA ANNA, E. S.; TORRES, R. C. Comportamento das fermentações alcoólica e acética de sucos de kiwi (*actinidia deliciosa*); composição dos mostos e métodos de fermentação acética. **Revista ciência e tecnologia dos alimentos**. Campinas, SP, v. 21(2), p. 236-246, 2001.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa da Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal – LANARA. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e ingredientes: métodos físico-químicos**. 2005.

CABRAL, J.R.S. et al. **Variabilidade genética e melhoramento do abacaxi**.in: Recursos genéticos e melhoramento de Plantas para o nordeste Brasileiro, 1999, Petrolina, PE. Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Árido, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Brasília-DF, 1999. V.1, 9p. Disponível em: <<http://www.cpsa.embrapa.br/catalogo/livroorg/abacaxi.pdf>>. Acesso em: 20 de jun. 2014.

CALDAS, M. C. S. et al. Elaboração de fermentado alcoólico de abacaxi. **I Jornada Nacional da Agroindústria**, Bananeiras, PB, 2006.

CUNHA, G.A.P. da. **Equipe técnica de abacaxi comemora 30 anos de atividades e realizações. Cruz das Almas**: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. 20p. (Documentos, 170). Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/documentos/documentos_170.pdf>. Acesso em: 04 jun.2014.

CUNHA, G. A. P. da. O abacaxizeiro: fonte alternativa de combustível. **Revista Bahia Agrícola**, Salvador, BA, v.6, n.1, p.12-14, 2003.

EZEROYNE, O. U. **Nurient utilization profile of *Saccaromyces cerevisiae* from palm wine in tropical fruit fermentation**. Antonie Von Leeuwenhoek, n. 86, p. 235-240, 2004.

IBGE. Dados de safra de abacaxi no Brasil. Disponível em <<https://www.sidra.ibge.gov.br/bda/default.asp>>. Acesso em 08 de Mar de 2014.

FLORENCIO, I. M. **Estudo do aproveitamento do lactosoro de coagulação enzimática para fermentação e produção de aguardente**. 2008. 85f. (Mestrado em engenharia agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS .FAO Statiscal Databases. FAOSTAT: Banco de dados da FAO. Disponível em.< <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>. Acesso em 09 de mar de 2014.

GIACOMELLI, E. J.; PY, C. **Abacaxi no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. 101 p.

GONDIM, J. A. M. *et al.* Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas.**Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, SP, v. 25(4), p. 825, 2005.

GRANADA, G. G.; ZAMBIAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R. B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, PR. v. 22, n. 2, p. 405-422, 2004.

GUIMARÃES, N. C; ROSA. H. D. S. **Estudo da influência da suplementação com minerais na fermentação do mosto de abacaxi**. Faculdades Associadas de Uberaba, Uberaba, MG, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed . São Paulo-SP, vol. 1, p. 104, 2008.

LIMA, U.A. et al. **Biotecnologia industrial**: Processos fermentativos e enzimático. São Paulo: Edgard blücher, 2002, v.3.616.p.

MACHADO, C. M. M.; ABREU, F. R. e. Produção de álcool combustível a parti de carboidratos. **Revista de política agrícola**. Brasília, DF, v.15, n.3, P.64-78, jul./ago/set. 2006.

NETO, J. F. de B. et al. Aspectos produtivos da abacaxicultura familiar e comercial no estado da Paraíba. **Revista caatinga**, Mossoró, RN, v.21, n.4, p.43-50 ,Out/Dez. 2008. Disponível em:< <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117689007>>. Acesso em 10 mai.2014.

OLIVEIRA, L. A. et al. Elaboração De Bebida Fermentada Utilizando Calda Residual Da Desidratação Osmótica De Abacaxi (*Ananas Comosus L.*). **Revista Brasileira de tecnologia industrial**. Ponta Grossa, PR. Vol. 06, n.1, p.702-712, 2012.

PEREIRA, P. C; MELO, B. **Cultura do abacaxizeiro**. Disponível em: <<https://www.fruticultura.iciag.ufu.br/abacaxi-2.html>>. Acesso em 11 de Jun de 2014

PRODUÇÃO DE ABACAXI DA PARAÍBA É BOA E O PREÇO ESTÁ COMPENSANDO. Disponível em:<<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/-noticia/2013/11/producao-de-abacaxi-da-paraiba-e-boa-e-o-preco-esta-compensando.html>>, Acesso em 01 de maio de 2014, às 14:15min.

RIBEIRO, W. S. et al. Controle do fungo penducular do abacaxi pérola. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, PB, v.13, n.1, p.1-6, 2011.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Correção do mosto da uva Isabel com diferentes produtos na Serra Gaúcha. **Revista Ciência. Rural**. Santa Maria, RS, v.35, n.2 p. 451-454, 2005.

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

RORAIMA QUER USAR TECNOLOGIAS DA PARAÍBA NA PRODUÇÃO DE ABACAXI. Disponível em: <<http://www.paraibatoral.com.br/noticias>>, Acesso em 12 de mai de 2014, às 10:10min.

SILVA, A. F. e. **Geléias convencional e light elaboradas a partir do aproveitamento de resíduos gerados na agroindústria do abacaxi (*Ananás Comosus (L.)*)**.2006,72f. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2006.

SOUZA, J. S. I.; MELETTI, L. M. M. Maracujá: espécies, variedades, cultivo. Piracicaba: **FEALQ**, 1997. 179p.

SCHIMIDELL, W. et al. **Biotecnologia industrial**: Engenharia bioquímica. São Paulo: Edgard blücher, 2001, v.1.541p.

TEIXEIRA, R. B. **Fermentação Alcoólica Utilizando Líquido De Cascas De Coco Verde Como Fonte De Nutrientes**. 2007, 94f. Dissertação (Mestrado em engenharia química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2007.

TRIBOLI, E. P. D. R. **Métodos analíticos para o acompanhamento da fermentação alcoólica**. São Caetano do Sul: Laboratório de Engenharia Bioquímica e de Alimentos, Escola de Engenharia de Mauá, Instituto Mauá de Tecnologia. 1989. 52p.

VAILLANT, F. et al. Strategy for economical optimization of the clarification of pulpy fruit juices using crossflow microfiltration. **Journal of Food Engineering**, v.48, p.83-90, 2001.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas**: Ciência e Tecnologia. 1.ed. São Paulo: Editora Blucher, 2010, 461p.

Disponível em:< <http://kdfrutas.com.br/saibamais/abacaxi#morfologia>>, acesso dia 12 de Fevereiro de 2014, às 20:00min.

Disponível em: <http://www.maxlabor.com.br/phmetro-de-bancada-digital-modelo-mpa210.html>>, acesso em 18 de Abril de 2014, às 22:10min.

Disponível em: <<http://www.splabor.com.br/equipamentos-laboratorio/refratometro-analogico-de-bancada/refratometro-abbe-escala-de-refracao-1-300-1-72nd-e-0-95-modelo-2-waj.html>>, acesso em 20 de Abril de 2014, às 09:35min.

Disponível em: <http://www.dujardin-salleron.net/FELURONS1/prod_6_1_GB>, Acesso em 22 de Abril de 2014, às 10:00min.