

Universidade Federal de Minas Gerais  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia Química  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

**Aproveitamento da torta residual da extração do óleo  
da Polpa de Macaúba para fins alimentícios**

Fernanda Cristina Verediano

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Viviane Santos Birchal

Belo Horizonte

2012

Fernanda Cristina Verediano

**Aproveitamento da torta residual da extração do óleo  
da Polpa de Macaúba para fins alimentícios**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como um dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Engenharia Química.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra Viviane Santos Birchal

Belo Horizonte

2012

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Budismo de Nitiren Daishonin pelo acúmulo de muita boa sorte e energia positiva que permitiu concluir esse trabalho com resultados tão satisfatórios.

A minha mãe Sônia que participou de todas as fases do trabalho, desde o apoio à escolha do tema, a colheita do fruto, ao despulpamento e principalmente pelo incentivo e carinho não me deixando desistir jamais.

Ao meu pai Milton pela ajuda, meu irmão e primos pelo carinho, apoio e incentivo.

À profa. Viviane Santos Birchal pela amizade, orientação, dedicação e muito incentivo.

A profa. Maria Helena Caño de Andrade e todo o grupo da Macaúba Deq- UFMG, pela acolhida e todo o trabalho de equipe realizado.

Aos Colegas do SENAI-ARG, pela amizade e apoio, em especial ao querido amigo Carlos Alberto pela realização da análise microbiológica da farinha e a Mariza pela revisão do trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

As minhas amigas Jordana, Amanda, Pedrita, Simone, Rayani, Cidinha, Lurdinha e Deyse pelo incentivo a todo instante.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFMG pela oportunidade.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Química pelos ensinamentos.

Aos colegas de Mestrado pelo companheirismo.

A empresa Biominas Energia, representada por Alex Brasil, pela disponibilidade do uso da prensa mecânica contínua.

A equipe do laboratório de Análise Sensorial do departamento de Ciência de Alimentos-FAFAR-UFMG, pela disponibilidade e colaboração na realização dos testes de aceitação do bolo.

## RESUMO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é considerada a palmeira de maior dispersão no território brasileiro, ocorrendo, com maior frequência, no estado de Minas Gerais, nas regiões do Alto Paranaíba e norte de Minas e na Zona Metalúrgica. Todas as partes do fruto possuem potencial para utilização industrial: a extração dos óleos da casca, polpa e amêndoa; a utilização das fibras - resíduos da extração - para produção de ração; e a castanha seca, de alto poder calorífico pode ser utilizada como carvão vegetal. O componente de maior valor econômico do fruto da macaúba, em termos de utilização industrial, é o óleo extraído da polpa e da amêndoa. Desta extração surge um coproduto, a torta residual da extração, de apreciável valor nutricional, destacando-se o teor de fibras.

Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma metodologia para a produção de uma farinha com qualidade alimentícia a partir da torta residual da extração do óleo da polpa da macaúba e a investigação de sua utilização em um produto da panificação. Realizou-se a caracterização dessa torta residual, determinando-se do teor de proteína 8,0%, lipídeos 25,8%, carboidratos 53,4%, umidade 8,4%, acidez 2,7%, cinzas 4,4% e ausência de rancidez. Para a produção da farinha realizaram-se ensaios de secagem em estufa convectivas nas temperaturas de 60°C, 70°C e 80°C, buscando-se a determinação das condições ideais de secagem, baseando-se no menor tempo de processamento para que se atingisse umidade satisfatória (abaixo de 5%) preservando-se a qualidade nutricional da torta (possível perda de proteína durante o processo, presença de rancidez, alteração da acidez da torta). Os resultados apontaram como ideal a temperatura de 80°C apresentando umidade baixa (4,0%) em menor tempo (50 min) de aquecimento, rancidez negativa e teor de acidez e proteínas dentro dos padrões aceitáveis. Após secagem da torta à 80°C, realizou-se moagem e peneiração do produto. Realizou-se, então, a análise da farinha, determinando-se teor de proteína de 7,20% ( b.s), lipídeos 27,1% (b.s), carboidratos 41,2% (b.s), umidade 4,5%, cinzas 4,2%, ausência de rancidez e um alto teor de fibras, 20%, o que pode contribuir para que um alimento produzido a partir dessa farinha possa ser caracterizado como um alimento funcional. A análise microbiológica determinou que a farinha produzida esta dentro dos padrões

estabelecidos pela ANVISA. Para avaliar aceitação da farinha como um produto alimentício, optou-se por aplicá-la na formulação de um bolo, com substituição da farinha de macaúba de 30%, 42% e 54%. A análise sensorial foi realizada, utilizando-se 60 provadores escolhidos aleatoriamente. O resultado foi satisfatório e as três formulações dos bolos foram bem aceitas considerando-se os atributos de aparência, sabor, aroma, textura, impressão global e intenção de compra, sendo a de menor substituição (30%) a mais bem aceita seguida pela formulação de 54% que recebeu aprovação acima de 70% na maioria dos atributos. Os resultados obtidos confirmam o potencial de utilização da farinha para fins alimentícios.

## ABSTRACT

Macaúba palm (*Acrocomia aculeata*) is considered the palm tree which is most dispersed in Brazilian territory, occurring, most frequently, at Minas Gerais, Alto Paranaíba regions and north of Minas Gerais and in the metallurgical zone. All parts of the fruit present potential for industrial utilizations: oil extraction from the peel, pulp and nut; using fibers - waste extraction - for feed production; brown and dry, high calorific value can be used as charcoal. The largest component of the economic value of the fruit of macaúba in terms of industrial use, the oil is extracted from the pulp and almond. This comes a byproduct extraction, the residual pie extraction of considerable nutritional value, especially the fiber content.

This work has as main objective the development of a methodology to produce a flour with quality food from the pie residual oil extraction pulp macaúba and investigation of its use in a bakery product. Was performed to characterize this residual pie, determining the protein content of 8.0%, 25.8% lipids, 53.4% carbohydrates, 8.44% moisture, acidity 2.7% ash and 4.4 lack of rancidity. For the production of flour assays were performed in oven drying convective at temperatures of 60 ° C, 70 ° C and 80 ° C, searching for the determination of optimal conditions drying based on the lowest processing time was reached moisture satisfactory (below 5%) preserving the nutritional quality of the pie (possible loss of protein during the process, the presence of rancidity, change the acidity of the pie). The results showed as the ideal temperature of 80 ° C showing low humidity (4.0%) in less time (50 min) heating, rancidity and negative acidity and proteins within acceptable standards. After drying the cake at 80 ° C, held grinding and sieving the product. Was performed, then the analysis of the flour by determining protein content of 7.20% (bs), lipids 27.1% (bs), 41.2% carbohydrate (bs), 4.5% moisture, ashes 4.2, no rancidity and a high fiber content of 20%, which may contribute to a food made from flour that can be characterized as a functional food. Microbiological analysis determined that the flour produced is within the standards established by ANVISA. To evaluate acceptance of flour as a food product, it was decided to apply it in formulating a cake with flour replacement macaúba 30%, 42% and 54%. Sensory analysis was performed, using 60 randomly selected panelists. The result was satisfactory and the three formulations of the cakes were well received considering

the attributes of appearance, taste, aroma, texture, overall impression and purchase intent, and the substitution of lower (30%) the most widely accepted formulation followed by 54% received approval above 70% in most respects. The results confirm the potential use of flour for food.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Palmeira da macaúba, espécie <i>Acrocomia aculeata</i>	18
Figura 2	Espinhos presentes em toda a extensão da palmeira	19
Figura 3	Floração da palmeira de macaúba	19
Figura 4	Fruto da Macaúba e a nomeação de suas partes	20
Figura 5	Prensa mecânica contínua	24
Figura 6	Estrutura da proteína flavina-adenina dinucleotídiã em duas dimensões.	28
Figura 7	Estrutura de um lipídeo- molécula do colesterol	30
Figura 8	Estrutura de monossacarídeos, a frutose e a glicose	33
Figura 9	Estrutura de um polissacarídeo, a celulose	34
Figura 10	Diagrama da migração da umidade no interior do sólido	39
Figura 11	Distribuição da umidade em (a) sólido não poroso (b) sólido poroso.	41
Figura 12	Representação dos secadores de bandeja.	42
Figura 13	Esquema do processo de aquecimento dentro do secador de bandeja	43
Figura 14	Isotermas de Sorção de alguns produtos deterioráveis	46
Figura 15	Coletor desenvolvido pelo grupo DPP M-DEQ/MG	60
Figura 16	Fluxograma de representação das etapas do processo de obtenção da torta residual	62
Figura 17	Fluxograma de preparação das formulações dos bolos.	72
Figura 18	Fluxograma das quantidades de ingredientes na produção dos bolos..	73
Figura 19	Coletores instalados nas palmeiras próximas ao restaurante setorial II-UFMG	76
Figura 20	Frutos colhidos pelo coletor instalado próximo ao restaurante setorial II-UFMG	77
Figura 21	Coquinhos descascados	77
Figura 22	Bandeja contendo polpa de macaúba antes do processo de secagem	78
Figura 23	Prensa mecânica utilizada na extração do óleo da macaúba	79
Figura 24	Torta residual da extração do óleo armazenada em sacos	79



	plásticos	
Figura 25	Fluxograma do rendimento para obtenção da torta residual	<b>80</b>
Figura 26	Curvas de secagem Umidade x Tempo ( T= 60, 70 e 80°C)	<b>84</b>
Figura 27	Curvas de Sorção – Umidade x Atividade de água da torta da macaúba	<b>88</b>
Figura 28	Ajuste ao modelo de isotermas Smith	<b>89</b>
Figura 29	Isoterma de sorção- Ajuste de um modelo polinomial	<b>90</b>
Figura 30	Formulações dos bolos (a) 30% (b) 42% e (c) 54%	<b>94</b>
Figura 31	Formulações dos bolos (a) 30% (b) 42% e (c) 54% ampliadas	<b>94</b>
Figura 32	Histograma de frequência de notas de aceitação quanto à aparência das amostras A, B e C do bolo de macaúba	<b>97</b>
Figura 33	Histograma de frequência de notas de aceitação quanto ao aroma das amostras A, B e C do bolo de macaúba	<b>98</b>
Figura 34	Histograma de frequência de notas de aceitação quanto ao sabor das amostras A, B e C do bolo de macaúba	<b>99</b>
Figura 35	Histograma de frequência de notas de aceitação quanto à textura das amostras A, B e C do bolo de macaúba	<b>100</b>
Figura 36	Histograma de frequência de notas de aceitação quanto à impressão global das amostras A, B e C do bolo de macaúba	<b>101</b>
Figura 37	Histograma de frequência de notas de aceitação quanto à intenção de compra das amostras A, B e C do bolo de macaúba	<b>102</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Propriedades do fruto da macaúba	21
Tabela 2	Quantidade de cinzas presentes nos alimentos	36
Tabela 3	Modelos de isotermas de sorção e suas propriedades	48
Tabela 4	Critérios de aceitação da farinha segundo Anvisa (2001)	49
Tabela 5	Ingredientes presentes no bolo e suas funções	53
Tabela 6	Teores de água e óleo da polpa da macaúba	81
Tabela 7	Valores médios dos teores de proteínas, lipídeos, cinzas, umidade e carboidratos da torta residual de macaúba (% m/m)	81
Tabela 8	Parâmetros analisados para escolha da temperatura de secagem da torta	87
Tabela 9	Resultados das análises de teor de umidade e atividade de água da torta de macaúba seca à temperatura de 80°C	88
Tabela 10	Valores médios da composição centesimal da farinha de macaúba (% m/m)	91
Tabela 11	Análise microbiológica da farinha de macaúba.	93
Tabela 12	Comparação nutricional dos principais constituintes da farinha de trigo e a farinha de macaúba produzida.	95
Tabela 13	Caracterização sócio demográfica dos participantes da análise sensorial das amostras de bolo de macaúba.	96
Tabela 14	Média das notas nos testes de aceitação e intenção de compra das amostras do bolo de macaúba.	96

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>A Macaúba</b>	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Extração do Óleo do fruto da macaúba</b>	<b>22</b>
3.2.1	Extração por Pressão	23
3.2.2	Extração por Solventes	24
<b>3.3</b>	<b>Composição da Polpa do Fruto da Macaúba</b>	<b>26</b>
3.3.1	Fibras	25
3.3.2	Proteínas	27
3.3.3	Lipídeos	30
3.3.4	Carboidratos	32
3.3.5	Cinzas	35
<b>3.4</b>	<b>Conservação dos Alimentos</b>	<b>37</b>
3.4.1	Secagem	38
3.4.1.1	<i>Secagem Artificial</i>	40
<b>3.5</b>	<b>Atividade de Água</b>	<b>43</b>
<b>3.6</b>	<b>Modelos de Isotermas</b>	<b>47</b>
<b>3.7</b>	<b>Farinha</b>	<b>49</b>
<b>3.8</b>	<b>Bolo</b>	<b>50</b>
3.8.1	Métodos de Preparo de Massa para Bolo	51
<b>3.9</b>	<b>Análise Sensorial</b>	<b>54</b>
3.9.1	Aplicação dos Testes	56
3.9.2	Escolha dos Provedores e Avaliação	57
3.9.3	Teste de Preferência e Teste de Aceitação	58
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>59</b>
<b>4.1</b>	<b>Obtenção da Matéria-prima</b>	<b>59</b>
<b>4.2</b>	<b>Cálculo do teor de óleo e água da polpa</b>	<b>63</b>
<b>4.3</b>	<b>Caracterização da Torta Residual da Polpa</b>	<b>63</b>
4.3.1	Teor de proteína	63
4.3.2	Teor de lipídeos	64

4.3.3	Teor de Cinzas	65
4.3.4	Acidez Titulável	65
4.3.5	Umidade Inicial	66
4.3.6	Carboidratos	67
4.3.7	Índice de Peróxido	67
<b>4.4</b>	<b>Obtenção da Farinha</b>	<b>68</b>
4.4.1	Processo de Secagem	68
4.4.2	Construção da Curva de Sorção- Umidade x Atividade de Água	68
4.4.3	Comunicação da torta desidratada	70
<b>4.5</b>	<b>Caracterização da Farinha</b>	<b>70</b>
4.5.1	Caracterização Físico-Química	70
4.5.2	Caracterização Microbiológica	71
<b>4.6</b>	<b>Aplicação da farinha produzida</b>	<b>72</b>
<b>4.7</b>	<b>Análise Sensorial</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>76</b>
<b>5.1</b>	<b>Obtenção da Matéria-Prima</b>	<b>76</b>
<b>5.2</b>	<b>Cálculo do teor de lipídeos e água da polpa</b>	<b>80</b>
<b>5.3</b>	<b>Caracterização da Torta Residual da polpa</b>	<b>81</b>
<b>5.4</b>	<b>Obtenção da Farinha</b>	<b>83</b>
5.4.1	Processo de Secagem	84
5.4.2	Construção da Curva de Sorção- Umidade x Atividade de Água	87
<b>5.5</b>	<b>Caracterização da Farinha</b>	<b>90</b>
5.5.1	Caracterização Físico-Química	91
5.5.2	Caracterização Microbiologia	93
<b>5.6</b>	<b>Formulação de um Bolo da Farinha Produzida</b>	<b>93</b>
5.6.1	Comparação entre a farinha da torta da polpa da macaúba e a farinha de trigo	94
<b>5.7</b>	<b>Análise Sensorial</b>	<b>95</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>103</b>
<b>7</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>105</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>112</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Macaúba é uma planta pertencente à família da Palmae, gênero *Acrocomia*, que se desenvolve bem nos solos de cerrado, aparecendo de forma dispersa nas regiões sudeste e nordeste do Brasil, porém em maior concentração nos Estados de Minas Gerais e Goiás. No Estado de Minas Gerais é encontrada em grande quantidade no Alto do Paranaíba; na região de Montes Claros, no norte de Minas; e na Zona Metalúrgica, próximo a Belo Horizonte (Vieira, 2005).

O fruto possui quatro partes distintas: a pele externa, uma casca fina e rígida de proteção da polpa que serve de ração para animais, a polpa que possui fibras e sua cor varia entre amarelo claro e laranja-escuro. A casca interna, conhecida como tegumento que pode ser utilizado para fazer carvão ou mesmo queimado diretamente; Dentro da casca, mais dura, há uma ou duas amêndoas. O conjunto tegumento mais amêndoa compõe a semente da macaúba (Pinto e Miranda, 2010).

A literatura reporta a composição nutricional do fruto (Silva et al., 2008; Pinto e Miranda, 2010; Pimenta, 2010). Estando em destaque o alto valor protéico da polpa, a grande quantidade de vitamina A, a presença de beta-caroteno que proporciona a cor amarela ao fruto. Elevado valor energético e ômega 3, 6 e 9. No entanto, a literatura é escassa em relação às características tecnológicas de processamento do fruto.

O principal componente do fruto da macaúba, em termos de utilização industrial, é o óleo extraído da polpa e da amêndoa. A extração do óleo é realizada de maneira artesanal e rudimentar e, devido à inadequação das técnicas de extração, resultando em um produto com características físicas, químicas e físico-químicas de óleos de baixa qualidade como: alto teor de água, índice de peróxidos elevado e grande quantidade de ácidos graxos livres (Farias, 2006).

De acordo com Farias (2006), o óleo extraído da polpa possui coloração amarelada, podendo apresentar sedimentos sólidos e odores característicos de frutos maduros. Atualmente, a principal utilidade deste óleo é na fabricação de sabão, lubrificante para máquinas, na indústria de cerâmica e para fins veterinários. Já o óleo extraído da

amêndoa apresenta coloração amarelo claro ou incolor, com odor e sabor característicos, sendo um óleo fino e saboroso, comparável ao azeite de oliva.

No que se refere à extração do óleo da polpa, ocorre a geração de uma torta de alto valor nutritivo que, no entanto, frequentemente é utilizada como ração animal. Em sua composição incluem-se proteína, fibra, ferro, cálcio, várias vitaminas essenciais entre outros nutrientes (Pimenta, 2010).

Dentre os nutrientes encontrados na torta residual destaca-se a fibra, que constitui o resíduo orgânico obtido em certas formas de extração. É o componente da parede celular vegetal que, quando incluída na dieta humana, resiste às ações das secreções do trato gastrointestinal. As fibras são classificadas segundo sua solubilidade. As solúveis são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo gastrointestinal, aumentando o tempo de esvaziamento e difusão dos nutrientes. As fibras insolúveis torna o trabalho intestinal mais rápido, aumenta o trânsito intestinal, diminuindo a constipação, tornando mais lenta a absorção da glicose e dificultando a digestão do amido. Encontrando-se as insolúveis nos pães integrais, cereais, cenouras, couve e na casca da maçã. (Portal São Francisco, 2011). A fibra é considerado um alimento funcional, por oferecer vários benefícios à saúde, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos além do valor nutritivo inerente à sua composição química, podendo desempenhar um papel potencialmente benéfico na redução do risco de doenças crônicas degenerativas (Neumann, et al.,2002).

No intuito de se agregar valor a este coproduto da extração do óleo obtido a partir da polpa macaúba, propõe-se aplicá-la para fins alimentícios, utilizando a torta para produção de uma farinha e avaliando seu potencial de aplicação em um produto da panificação. Este produto poderá ser considerado um alimento funcional, ou seja, um alimento nutracêutico que colabora para melhorar o metabolismo e prevenir problemas de saúde, principalmente devido à presença significativa de fibras.

Ressalte-se que este trabalho apresenta caráter inédito e está inserido em um projeto maior, desenvolvido pelo grupo de pesquisa de “Processos e Produtos do Fruto da Macaúba”, do Departamento de Engenharia Química da UFMG, onde já se realizam várias pesquisas relacionadas ao aproveitamento integral do fruto da macaúba e suas

diversas possibilidades de produção e utilização dos derivados do fruto, destacando e potencializando seu uso no ramo alimentício, na indústria farmacêutica, de cosméticos e de bioenergia, dentre outros.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto foi propor um processo que resulte no aproveitamento de um coproduto da extração do óleo da polpa da Macaúba, a torta residual, através da produção de uma farinha obtida a partir desta, assim como sua caracterização e avaliação de seu potencial na panificação.

Para atingir a este objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

1. Obter e caracterizar a torta residual da extração de óleo da polpa da macaúba em relação aos aspectos físico-químicos;
2. Estabelecer as condições de secagem (temperatura e tempo) para o uso de secador de bandejas convectivo, um equipamento de mais baixo custo e de fácil manuseio.
3. Caracterizar a farinha obtida em relação à composição química, físico-química e microbiológica;
4. Avaliar o potencial de aplicabilidade da farinha produzida em produtos de panificação, através do desenvolvimento de um bolo utilizando a farinha obtida, com avaliação de sua aceitação através de análise sensorial.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre a macaúba, a extração do óleo do fruto da macaúba, a composição da polpa, conservação dos alimentos, atividade de água, os modelos de isotermas, a produção da farinha, o bolo e a análise sensorial.

#### 3.1 A Macaúba

A macaúba (*Acrocomia aculeata*), palmeira nativa de regiões semi-áridas se distribui do México a Argentina, sendo encontrada abundantemente nas Antilhas. No Brasil, a macaúba é considerada a palmeira de maior dispersão no território brasileiro; sendo nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul a sua maior concentração. No estado de Minas Gerais, destaca-se nas regiões do Alto Paranaíba, norte de Minas e na Zona Metalúrgica (Motta et al, 2002).

Essa espécie apresenta alta produtividade, sendo várias as suas aplicações, principalmente no que se diz respeito aos seus frutos com alto teor de óleo. Sua produtividade é estimada em 500 a 5000 kg de óleo /ha. Essa consideração é feita, visto que em um hectare é possível plantar aproximadamente 200 palmeiras, fazendo a produção de cocos alcançarem a marca de 30 toneladas por hectares em um ano. (Motta et.al, 2002).

A macaúba é explorada na forma de extrativismo, porém, se o objetivo da exploração é industrial, há a necessidade de substituição dessa atividade por cultivos racionais, com cultivares e manejo adequados da espécie. Os frutos da macaúba só surgem quando a palmeira possui entre 4 e 5 anos de idade. É possível extrair o óleo tanto da amêndoa, como da polpa do fruto da macaúba. O óleo proveniente da polpa tem como principais utilidades a fabricação de sabão, lubrificante para máquinas, uso na indústria de cerâmica e fins veterinários. O óleo extraído da amêndoa apresenta coloração amarelo-claro ou incolor, com odor e sabor característico, sendo um óleo fino e saboroso comparável ao azeite de oliva (Pimenta, 2010; Farias, 2008).

A espécie *Acrocomia aculeata* apresentada na Figura 1, como dito no primeiro parágrafo, é popularmente conhecida como Macaúba e é encontrada nas regiões da América Tropical (Bora e Rocha, 2004).

Figura 1- Palmeira da macaúba, espécie *Acrocomia aculeata*.



Fonte: Entaban Brasil, 2011.

A árvore da macaúba possui grande resistência a queimadas, variações climáticas e há poucos registros de ataques de pragas ou doenças, apesar de se desenvolverem bem em solos férteis (Andrade et al., 2006).

Possui estirpe que pode atingir de 10 a 15 metros de altura e de 20 a 30 cm de diâmetro, a região dos nós é coberta por espinhos escuros, pontiagudos, com cerca de 10 cm de comprimento (Lorenzi, Souza e Medeiros, 1996).

Figura 2- Espinhos presentes em toda a extensão da palmeira



Fonte: Acervo Pessoal, 2011.

Nas descrições encontradas sobre a palmeira destaca-se a espata, a maior folha da planta, os cachos de frutos de tom marrom-amarelado que pendem, chegando a medir até 80 cm de comprimento. As folhas verdes são ordenadas em diferentes planos, geralmente em número de 20 a 30 e espinhos na região central que dão um aspecto de serem plumas na copa da árvore (Pinto e Miranda, 2010).

As flores de coloração amarela claras são unissexuais e ambos os sexos aparecem numa mesma inflorescência. As flores femininas nascem na base da inflorescência e as masculinas no topo. Entre os meses de agosto a setembro é possível apreciar essa floração mostrada na Figura 3.

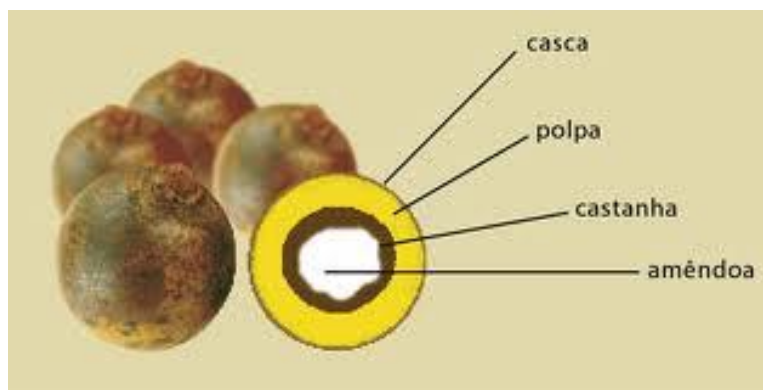
Figura 3- Floração da palmeira de Macaúba



Fonte: Acervo Pessoal, 2012.

A forma dos frutos é esférica ou ligeiramente achatada, em forma de drupa globosa com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. Quando maduro, o pericarpo (casca) rompe-se facilmente. O mesocarpo (polpa) é fibroso, mucilaginoso, de sabores adocicados, ricos em glicerídeos, de coloração amarela ou esbranquiçada, comestível. O endocarpo (castanha) é fortemente aderido à polpa (mesocarpo), com parede óssea enegrecida e a amêndoa oleaginosa comestível é revestida de uma fina camada de tegumento. Cada fruto contém, geralmente, uma semente envolvida por endocarpo duro e escuro com aproximadamente 3 mm de espessura. Na Figura 4 apresentam-se o fruto da macaúba e suas partes (Rettore e Martins, 1983).

Figura 4- Fruto da Macaúba e suas partes.



Fonte: Boletim UFMG, 2010.

Pimenta (2010) citando Rettore & Martins (1983), reporta que, no fruto maduro fresco, o teor de água e lipídeos é de 33 e 22% (m/m), respectivamente, em base úmida, sendo que a maior quantidade do óleo é encontrada na polpa, seguido pela amêndoa e menor quantidade na casca. Em relação à densidade dos óleos, encontram-se valores na faixa de 0,9176 e 0,9256 g/cm<sup>3</sup>, sendo que a menor densidade é relativa ao óleo da amêndoa e maior ao óleo da polpa.

Analisando separadamente as partes do fruto, a casca representa, em média, 24,1% (m/m) do fruto, a polpa 39,6% (m/m), a castanha 29,0% (m/m) e a amêndoa 7,3% (m/m) (Rettore & Martins, 1983). Beltrão (2005) afirma que, se em cada fruto fresco 22% m/m corresponde a óleo e se a produção for de aproximadamente 30 toneladas de coco/ha por ano, pode-se prever uma produção de 6600 kg de óleo por hectare.

Esse número supera a produção da palma que é de 5000 kg/ha, do amendoim que é de 864 kg/ha, do girassol (680 kg/ha) e da soja (418 kg/ha). O rendimento de produção de frutos está associado a fertilidade e/ou condições de adubação do solo, variando de quatro até dez cachos, com cada cacho produzindo aproximados 12 a 15 kg de frutos. As características dos frutos apresentados por Rettore e Martins (1983) estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Propriedades do fruto da macaúba.

Propriedades	Características
Teor de água	33%
Teor de lipídeos	22%
Densidade dos óleos	0,9176 a 0,9256 g/cm <sup>3</sup>
Produção por ano	30 toneladas de coco
Frutificação	4 a 5 anos de idade

Fonte: Rettore e Martins, 1983

A colheita dos frutos acontece durante cinco meses, de dezembro à abril. O que pode oscilar de acordo com as variações climáticas de cada região. No estado de Minas Gerais, essa colheita pode ser feita de novembro a fevereiro, quando os frutos começam a cair do pé. Quando esse tempo não é respeitado, os frutos se acumulam no solo se expondo a contaminação de microrganismos, que deterioram e contaminam o fruto. Os fungos produtores das enzimas lipolíticas atuam diretamente nos triglicerídeos da polpa, liberando ácidos graxos, provocando a acidez da fruta, prejudicial a sua utilização industrial (Lorenzi, 1992).

A colheita dos frutos da macaúba ainda é realizada de forma extrativista e as plantações existentes são, em sua maioria, naturalmente cultivadas. No entanto, com base nas condições favoráveis para a criação de uma cadeia da macaúba no Estado de Minas Gerais, desde 2009 um projeto vem sendo desenvolvido na Zona da Mata substituindo o método de extrativismo pelo cultivo do coco de macaúba, com previsão de coleta de frutos maduros em quatro anos. Iniciou-se o plantio e orientação dos

produtores para se organizarem a fim de se obter grandes quantidades do coco para esmagamento na indústria e obtenção de óleo que se destinará à produção de biodiesel (Entaban Brasil, 2011).

### **3.2 Extração do Óleo do Fruto da Macaúba**

Segundo Motta et.al,(2002), a palmeira de macaúba apresenta grande potencial para a produção de óleo com várias aplicações nos setores industriais e energéticos, com vantagens sobre outras oleaginosas.

Do fruto da macaúba podem ser extraídos óleos tanto do mesocarpo quanto da amêndoa. O óleo do mesocarpo é em maior proporção constituído pelo ácido graxo insaturado oleico, também denominado ômega 9, auxiliar no metabolismo e importante na síntese de hormônios. Enquanto que o da amêndoa contém um maior percentual de ácido do tipo láurico, estimulante no sistema imunológico além de apresentar propriedades anti-inflamatórias e antimicrobianas (Lleras e Coradin, 1985).

Encontra-se o óleo da macaúba também na indústria cerâmica, como desmoldante e em curtumes como agente de engraxamento. Usado também como lubrificante para máquinas, substituição de óleo diesel, como carvão, piche e outros. Há relatos de uso do óleo na fabricação do sabão, devido a sua propriedade de saponificação (Pinto, 2010).

Andrade (2006) relata que o óleo extraído da amêndoa possui propriedades farmacêuticas, sendo muito utilizado no combate a dores de cabeça, bronquite, doenças respiratórias e dores musculares.

Os valores médios das massas dos frutos maduros no ponto de colheita são de 50 gramas e contêm aproximados 22% m/m de óleo. De acordo com Pimenta (2010), no Brasil existem cerca de 11,5 milhões de hectare da palmeira nativa, ou seja, o potencial produtivo é de, aproximadamente, 76,0 bilhões de litros de óleo por ano, e isso não é totalmente aproveitado.

A importância da utilização do óleo proveniente da macaúba também tem o apelo ambiental devido a metas quantitativas pré-estabelecidas para redução dos níveis dos gases de efeito estufa pelos países desenvolvidos e o aumento da demanda por combustíveis, tem sido incentivado o uso de fontes alternativas, tais como o óleo de macaúba, com o objetivo de, além de diminuir a dependência externa de petróleo, minimizar os efeitos das emissões veiculares na poluição.

Devido ao fato de que o objeto de estudo desse trabalho é resultante da extração de óleo da polpa do fruto da macaúba (torta residual), apresentar-se-á uma breve discussão dos métodos de extração do óleo atualmente utilizado, quais sejam:

Extração utilizando-se pressão (Prensa mecânica) e utilizando-se extração por solventes (Pinto e Miranda , 2010).

### 3.2.1 Extração por Pressão

A extração por pressão retira substâncias localizadas dentro da estrutura celular das plantas, tornando-se necessário o rompimento delas. Isso pode ocorrer em apenas uma etapa, onde ao romper a célula, retira-se o líquido, ou em duas etapas em que há redução do tamanho do fruto e posterior separação do líquido com auxílio de uma prensa. Para materiais mais duros, a extração em dois estágios é mais eficiente. O rendimento dessa extração aumenta com aquecimento das oleaginosas: provoca redução da viscosidade, libera o óleo das células intactas e a umidade é, então, removida por evaporação. Esta última remoção deve ser controlada, pois há um teor ideal de água para cada tipo de oleaginosa que garante um melhor rendimento (Fellows, 2006).

Esse método de extração apresenta maior segurança, simplicidade do processo, favorece a qualidade do óleo bruto e não há presença de resíduos químicos, tanto para o óleo quanto para a torta (Pimenta, 2010).

Os equipamentos utilizados para o processo de extração por pressão são: as prensas de bateladas e as prensas contínuas. Entre as prensas de bateladas estão as de

gaiola e as prensas-tanque, sendo a prensa-tanque mais utilizada para a extração do óleo (Fellows, 2006).

A prensa mecânica contínua consiste em um cesto formado de barras de aço retangulares distanciadas, por meio de lâminas, com regulagem de espessura, que se adequam ao material a ser prensado. Para que ocorra a saída do óleo de forma eficiente, é regulado o espaçamento destas barras. Este espaçamento também resulta na filtração das partículas do resíduo de prensagem. O material é transportado e comprimido no centro do cesto de compressão onde gira um eixo helicoidal com passo e diâmetro variável. Pode-se dividir a prensa em três trechos principais: alimentação, processamento e descarga (Pimenta, 2010). A figura 5 apresenta a prensa mecânica contínua com a identificação dos seus trechos utilizada no presente trabalho.

Figura 5- Prensa mecânica contínua.



Fonte: Acervo Pessoal, 2012.

### 3.2.2 Extração por Solventes

Utiliza-se o método de extração por solventes para remover o óleo da polpa. O alimento é misturado com o solvente, em um ou em múltiplos estágios, por um tempo determinado, para então separar o solvente. Ocorre, durante a extração, a



transferência de massa dos solutos do alimento para o solvente. O tempo de contato deve, ser suficiente para que haja dissolução eficiente do soluto chegando ao equilíbrio desejado (Fellows, 2006).

Para extrair óleos e gorduras é necessário um solvente orgânico (Fellows, 2006). Os equipamentos são extratores que podem ser tanques estáticos de um ou mais estágios ou ainda extratores contínuos.

De acordo com o trabalho realizado por Pimenta (2010), o teor médio de óleo residual na torta da polpa da macaúba dos frutos coletados, preparados e prensados foi de 5,47%, tendo obtido uma eficiência média de prensagem de 77,9%. No citado trabalho, a prensagem da farinha da polpa foi realizada por duas vezes consecutivas. A caracterização do óleo foi realizada a partir da primeira prensagem, reportando-se ácido palmítico (16,51%) como o principal ácido graxo saturado encontrado, seguido pelo ácido esteárico. Quanto aos ácidos graxos insaturados, há a predominância do ácido graxo oléico (67,67%) seguido pelo ácido linoléico. Quantidades inferiores a 1% foram encontrados de C14:0, C17:0, C17:1, C18:3 e C20:0. O óleo da polpa mostrou-se predominantemente constituído por ácidos graxos insaturados (80,35%).

### **3.3 Composição da Polpa do Fruto da Macaúba**

Conhecer a composição do alimento em estudo é importante para seu potencial de utilização e verificar sua adequação nutricional na dieta de indivíduos e de populações.

A composição química da polpa da macaúba apresenta fibras, proteínas, lipídeos, carboidratos, cinzas e umidade (Silva, 2009; Galvani e Santos, 2010).

Devido a aplicação a que se destina a torta residual deste trabalho (alimentação humana), faz-se necessário uma apresentação das propriedades dos componentes do fruto, descritos nos itens subsequentes.

### 3.3.1 Fibras

Ramos et.al (2008), ressalta a grande quantidade de fibra encontrada na polpa do fruto da macaúba.

De acordo com Ordonez (2005), fibra é o conjunto de polissacarídeos hidrossolúveis diferentes do amido, que se caracterizam pela resistência a hidrólise por meio de enzimas digestivas do trato intestinal, o que, significa que as ligações de união das diferentes unidades monoméricas que a constituem são resistentes à digestão. A celulose e lignina são os componentes mais abundantes da fibra, tendo sua origem nas paredes celulares.

As fibras alimentares (FA) despertam renovado interesse de especialistas das áreas de nutrição e saúde, podendo ser classificadas em fibras solúveis (FS) e fibras insolúveis (FI), de acordo com a solubilidade de seus componentes em água (Mattos e Martins, 2000).

As fibras solúveis são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo gastrointestinal, aumentando o tempo de esvaziamento e difusão dos nutrientes. Estão presentes em vários produtos que possuem exclusivamente este tipo de fibras com destaque para: a goma acácia, a pectina e a goma xantana. O primeiro aspecto importante das fibras solúveis é o aumento do tempo de exposição dos nutrientes no estômago, proporcionando uma melhora na digestão dos mesmos, em particular os açúcares e as gorduras. Este aspecto contribui na regularização do metabolismo energético para um melhor aproveitamento no desempenho de todas as atividades físicas. As fibras solúveis agem aumentando a velocidade do trânsito intestinal, porém sem aumento da absorção de água. Também provocam reações de fermentação, produzindo altas concentrações de substâncias específicas denominadas de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Esses elementos são considerados os principais promotores da motilidade do conteúdo fecal e regularizam o trânsito intestinal de forma suave. No intestino, os AGCC funcionam como fonte de energia para a mucosa e como agentes protetores de várias doenças como: diarreia, inflamações intestinais e do câncer de cólon (Amaral, 2012).

Ainda, de acordo com Amaral (2012), as fibras solúveis formam uma camada superficial suave ao longo da mucosa do intestino delgado e servem de barreira na absorção de alguns nutrientes, atrasando o metabolismo essencialmente dos açúcares e das gorduras. Isto contribui sobremaneira para a estabilização do metabolismo energético, controlando os aumentos bruscos da taxa de glicemia. Estudos realizados comprovam também que a ingestão de fibras solúveis contribui na diminuição da taxa de colesterol. Além do mais, é importante ressaltar uma das propriedades mais interessantes das fibras solúveis. Estas não são digeridas no estômago, mas no intestino aonde são expostas à flora bacteriana (flora intestinal), material necessário a sua degradação. A fermentação destas fibras pelas bactérias da flora permite abaixar o pH deste meio, o que é favorável à saúde do organismo sob vários aspectos.

As fibras insolúveis possuem a ação fundamental de aceleração do trânsito intestinal. devido à sua extrema capacidade de retenção de água. Absorvendo a água disponível, aumentam em volume distendendo a parede do cólon e facilitando a eliminação do bolo fecal tornando mais lenta a absorção da glicose e dificultando a digestão do amido. Ressalta-se que ao absorver a água, estas fibras absorvem também eventuais agentes cancerígenos, prevenindo o câncer de cólon. Essa insolubilidade permite que deixem de ser metabolizadas não sendo fermentadas pela flora intestinal.

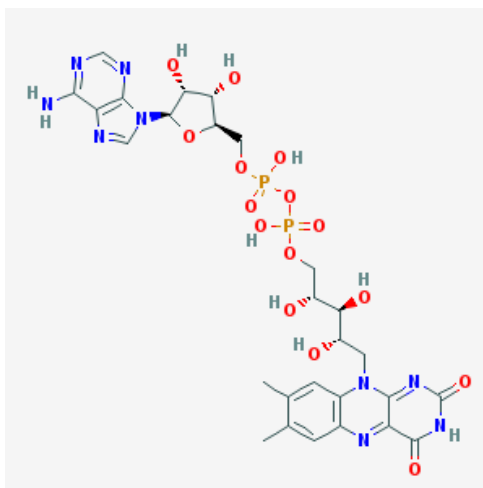
As fibras insolúveis são encontradas nos farelos de cereais, empregados em vários produtos facilmente disponíveis no mercado na forma de cápsulas, cereais matinais, flocos e até mesmo em biscoitos. Em geral, os alimentos apresentam combinação dos dois tipos de fibras.

### 3.3.2 Proteínas

As proteínas fazem parte da classe de nutrientes que fornecem energia para o bom funcionamento do organismo, além dos carboidratos e das gorduras. No entanto, diferentemente desses, as proteínas não sofrem oxidação completa no organismo, já que diferentes compostos nitrogenados são excretados na urina como um dos produtos do metabolismo.

As proteínas são substâncias formadas por grandes moléculas da junção de aminoácidos unidos por ligações peptídicas. Essas moléculas apresentam em sua constituição os principais átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio (Ordenez, 2005). A figura 6 abaixo apresenta a estrutura de uma proteína.

Figura 6- Estrutura da proteína flavina-adenina dinucleotídia em duas dimensões.



Lehninger, 1982.

De acordo com a composição de aminoácidos e a disposição das ligações peptídicas da sua estrutura, são determinadas suas funções e propriedades. Conforme as funções agrupam-se as proteínas em três categorias: as proteínas estruturais, as proteínas com atividade biológica e as proteínas que possuem valor nutritivo.

As propriedades funcionais das proteínas são determinadas através das características físicas e químicas, como o tamanho, composição e a sequência dos aminoácidos, a conformação, carga líquida e distribuição das proteínas, capacidade de reação com outros componentes entre outros. As propriedades funcionais que intervêm em um alimento são muito variadas e se classificam em dois grupos: as propriedades hidrodinâmica, que dependem das interações da proteína com a água. E as propriedades ligadas a características de superfície, relacionados com a tensão superficial (Ordenez, 2005).

As propriedades de hidratação das proteínas estão diretamente relacionadas com a composição de aminoácidos e sua conformação. As interações entre a proteína e a água ocorrem devido ligações de hidrogênio, ligações dipolo-dipolo ou de cadeias

laterais dos aminoácidos. E quanto maior a proporção de aminoácidos com cadeias laterais hidrófobas, menor capacidade de hidratação a proteína apresentará comparando-se às compostas de cadeias laterais hidrófilas. A concentração de proteínas está diretamente relacionada com a quantidade de água que ela pode absorver. A influência do pH é muito importante, pois quando há modificação na ionização de uma solução proteica, ocorre alteração das forças de atração e repulsão entre as proteínas, assim como a sua capacidade em unir às moléculas de água. A capacidade de fixação de água pelas proteínas vai diminuindo a medida que se aumenta a temperatura, devido a ruptura das ligações de hidrogênio. Em altas temperaturas, pode ocorrer também a desnaturação seguida de agregação, o que pode reduzir a superfície proteica exposta à água. A concentração e natureza dos íons presentes em uma solução também possuem grande influência na hidratação das proteínas. Se a concentração iônica é baixa, a hidratação pode aumentar, pois os íons se fixam a ela, o que diminui a atração eletrostática entre as mesmas, abrindo-se a rede proteica para um maior contato com a água (Ordóñez, 2005).

O valor protéico de um alimento é determinado pela sua composição em aminoácidos essenciais, sendo que o aproveitamento biológico dos aminoácidos (biodisponibilidade) depende também da digestibilidade da proteína. Sendo assim, o perfil aminoacídico fornece boa indicação da qualidade de proteínas alimentares (Bressani, 1991).

A qualidade de um alimento está associada a sua composição, suas propriedades nutricionais e suas propriedades funcionais. A composição está associada as quantidades ou proporções de seus componentes. A nutricional pela sua riqueza de nutrientes essenciais, a biodisponibilidade de tais nutrientes e a ausência de toxicidade. E as funcionais são as que determinam a utilização do alimento, sendo definidas como propriedades físico-químicas, afetando seu comportamento em sistemas alimentares durante o preparo, o processo, o armazenamento e o consumo, contribuindo para a qualidade e para atributos sensoriais dos alimentos. Essas propriedades funcionais podem se modificar por agentes físicos, químicos e biológicos, dependendo do método de extração dessa proteína, a temperatura exposta, o pH, a força iônica, condições de secagem e de armazenamento da proteína isolada. A importância das proteínas na estrutura e funcionamento celular

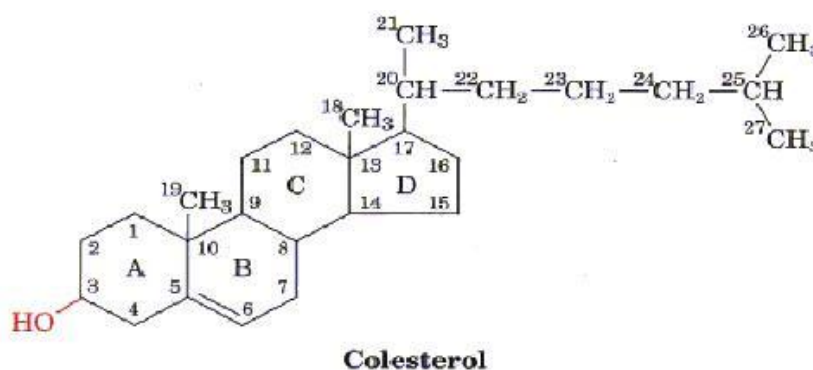
determina a necessidade da sua presença na dieta alimentar. Tanto a quantidade, quanto sua qualidade deve ser observada. As necessidades nutricionais de aminoácidos essenciais variam com a idade e com as condições fisiológicas individuais (Ribeiro e Seravalli, 2007).

### 3.3.3 Lipídeos

Os lipídeos são compostos orgânicos que contêm ácidos graxos essenciais e são transportadores das vitaminas lipossolúveis. Classificados como simples (óleos e gorduras) ou compostos (fosfolipídios, ceras) (ENQ, 2012).

Os lipídeos são substâncias solúveis em solventes orgânicos e insolúveis ou pouco solúveis em água. Dentre os vários tipos estão os triacilgliceróis, ácidos graxos e fosfolipídeos. Os triacilgliceróis são os lipídeos mais comuns em alimentos provenientes da junção de produtos de condensação entre o glicerol e ácidos graxos, conhecidos como óleos e gorduras (Ribeiro e Seravalli, 2007). A estrutura química dos triglicerídeos apresentam três ácidos graxos, sendo que cada um pode conter diferentes números de carbono e diferentes graus de insaturações. Essa variedade e a possibilidade de serem alocados em diferentes posições na estrutura do glicerol significa que há um grande número de moléculas possíveis de triacilglicerol no alimento. Na figura 7 encontra-se a estrutura simples de um lipídeo formado a partir de um ácido graxo e a molécula de glicerol.

Figura 7- Estrutura de um lipídeo – Molécula do Colesterol



Fonte: UFPB, 2012

Os ácidos graxos naturais presentes nos alimentos possuem cadeia linear e número pares de carbono, os quais podem ser saturados ou insaturados com até seis duplas ligações. Os óleos e gorduras são encontrados em células de origem animal, vegetal e microbiana. As gorduras possuem funções nutricionais importantes: fornecem calorias e ácidos graxos essenciais, auxiliam no transporte de vitaminas lipossolúveis para o interior das células, são responsáveis pelo isolamento térmico e permeabilidade das paredes celulares, interferem diretamente no sabor e palatabilidade dos alimentos e na sensação de saciedade após alimentação (Ribeiro e Seravalli, 2007).

Os lipídeos são classificados em simples, compostos e derivados. Sendo que os considerados simples são formados a partir da reação de esterificação de ácidos graxos e álcoois, sendo dividido em gorduras (estrutura formada a partir de ácido graxo e glicerol) e ceras (misturas complexas de álcoois e alguns alcanos de cadeia longa). Os lipídeos compostos são substâncias que apresentam outros compostos além do éster formado pela união do ácido graxo e glicerol, sendo esses classificados como fosfolipídeos (compostos que apresentam glicerol ácido graxo, ácido fosfórico e compostos nitrogenados) e como glicolipídeos (formados por ácidos graxos, um grupo nitrogenado e um carboidrato). Os lipídeos derivados são compostos obtidos por hidrólise dos lipídeos neutros e compostos e possuem propriedades de lipídeos, sendo álcoois de alto peso molecular, esteróis, carotenoides, hidrocarbonetos de grandes cadeias e vitaminas lipossolúveis (Ribeiro e Seravalli, 2007).

As reações de oxidação que ocorrem em lipídeos estão entre as mais recorrentes em alimentos. A oxidação acontece por meio de uma série de reações complexas entre o oxigênio atmosférico e os ácidos graxos insaturados dos lipídeos, sendo separadas em três estágios: iniciação, propagação e terminação. A iniciação ocorre quando um átomo de hidrogênio é retirado do grupo metileno de um ácido graxo insaturado, levando a formação de um radical livre. O radical, por sua vez, é associado ao oxigênio formando um radical peróxido que formarão outros radicais livres a cada retirada de um átomo de hidrogênio de um ácido. A propagação ocorre após a formação dos radicais peróxidos. Esses radicais apresentam alta reatividade e portanto, podem retirar átomos de hidrogênio de outros lipídeos insaturados propagando assim a oxidação. Nesta etapa ocorre a reação em cadeia de radicais

livres, consumindo grande quantidade de oxigênio e alto teor de peróxido, iniciando as alterações de aroma e sabor. E por último, a etapa de terminação ocorre quando dois radicais livres interagem entre si e formam outras substâncias. Nesta etapa ocorre a diminuição do consumo de oxigênio e a redução da concentração de peróxidos alterando ainda mais o aroma, sabor cor e consistência do alimento. Os hidroperóxidos gerados não deterioram diretamente o odor e o sabor das gorduras, mas são instáveis e se decompõem em aldeídos, álcoois e cetonas, dentre os quais incluem-se os agentes de sabor e odor indesejáveis. Encontram-se muitas dessas substâncias em gorduras classificadas como rancificadas O cheiro característico e desagradável do ranço é principalmente originado dos aldeídos de baixo peso molecular, a viscosidade aumenta devido a formação de polímeros de alto peso molecular e a formação de polímeros insaturados promovem o aparecimento da cor (Ribeiro e Seravalli, 2007).

As alterações não microbianas referem-se, basicamente, à degradação química da gordura, compreendendo a rancidez hidrolítica ou a rancidez oxidativa. Com relação ao desenvolvimento de rancificação nos alimentos sempre será necessária a realização de análises sensoriais dos produtos, pois, a validade de qualquer análise físico-química dependerá, em grande parte, da correlação entre as análises em laboratório e a análise sensorial (Nawar, 1983).

#### 3.3.4 Carboidratos

Os primeiros compostos orgânicos formados nas células fotossintetizantes das plantas são os carboidratos. Essas substâncias são amplamente distribuídas e abundantes nos tecidos de animais e plantas. Nos animais, a principal fonte de carboidrato é a glicose e a energia reserva é o glicogênio. as plantas, o carboidrato reserva é o amido (Ordóñez, 2005).

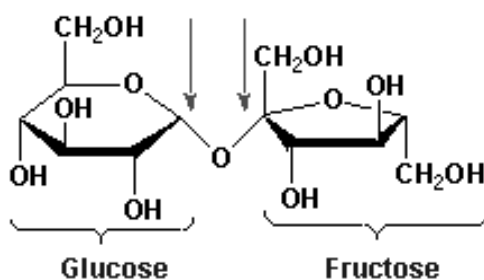
Os carboidratos são de grande importância na alimentação sendo os mais utilizados pelo homem o amido e a sacarose. Os polissacarídeos não-digeríveis ( fibras), devem ser ingeridos diariamente para se garantir uma correta atividade intestinal fisiológica (Ordóñez, 2005).



São definidos como carboidratos os poli-hidroxiáldeídos, as poli-hidroxicetonas, os polihidroxiálcoois, os polihidroxiácidos, seus derivados e polímeros desses compostos unidos por ligações hemiacetálicas. Os carboidratos são subdivididos em função de seu peso molecular, em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos (Ribeiro e Seravalli, 2007).

Os monossacarídeos são os menores e os mais simples carboidratos, polihidroxiáldeídos (aldoses) ou polihidroxicetonas (cetonas) de cadeia linear. O menor monossacarídeo apresenta três carbonos na molécula e em alimentos apresentam normalmente seis carbonos e com menos frequência os de cinco carbonos (Ribeiro e Seravalli, 2007). Os representantes dessa classe são a glicose, a frutose e a galactose como representado na figura 8

Figura 8- Estruturas de monossacarídeos, a frutose e a glicose.



Fonte: Souza, 2005.

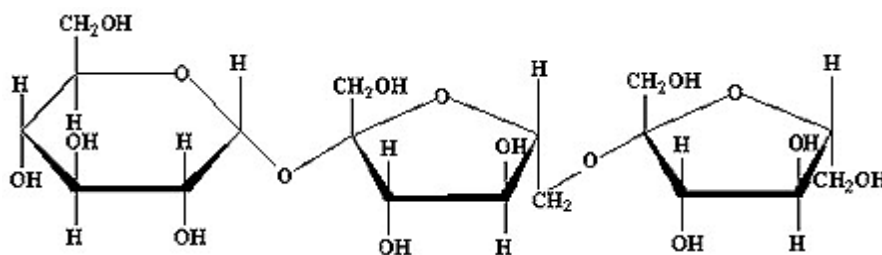
Encontram-se os monossacarídeos sob duas formas isoméricas,  $\alpha$  e  $\beta$ . A forma  $\alpha$  possui o grupo hidroxila na posição 1 da projeção de Fischer voltado para a direita e o isômero  $\beta$  ocorre quando esse grupo hidroxila está voltado para a esquerda. Quando em solução, essas formas estão em equilíbrio e provocam mudanças na rotação específica da solução. Por isomerização, a glicose transforma-se em manose e frutose (Ordóñez, 2005).

Os Oligossacarídeos são polímeros que apresentam em sua estrutura de 2 a 10 unidades de monossacarídeos unidos por ligações de hemiacetálicas, sendo os mais importantes os dissacarídeos. São compostos formados pela hidrólise de polissacarídeos de compostos como a glicose, galactose e frutose, sendo os

representantes mais comuns a sacarose, lactose, maltose e trealose (Ribeiro e Seravalli, 2007).

Os polissacarídeos são moléculas formadas através da união de vários monossacarídeos por meio de ligações glicosídeas. Alguns apresentam em sua fórmula átomos de nitrogênio e enxofre, são formados por grandes moléculas (macromoléculas) e não possuem sabor adocicado como os outros. São de grande importância para os seres vivos, pois desempenham função estrutural e armazenadora de energia (Silva, 2010). Na figura 9 representa-se a estrutura da celulose formada pela união das moléculas de glicose.

Figura 9- Estrutura de um polissacarídeo, a celulose.



Fonte: Souza, 2012.

A absorção dessas moléculas na digestão ocorre através da quebra em moléculas menores, os monossacarídeos. A reação de quebra ocorre através da hidrólise. As moléculas dos polissacarídeos são polímeros e suas unidades são chamadas de monômeros. Quanto a essa constituição química, os polissacarídeos são classificados em homopolissacarídeos (constituídos por um só tipo de monômero) e heteropolissacarídeos (constituídos por diferentes tipos de monômeros) (Silva, 2010).

A maioria dos polissacarídeos ingeridos em uma dieta normal é insolúvel em água, porém esses compostos são responsáveis pela coesão, textura e palatabilidade de um alimento. Alguns polissacarídeos são solúveis em água e respondem pela capacidade espessante e geleificante do alimento.

Os polissacarídeos possuem baixa estabilidade e podem sofrer mudanças durante o processamento e o armazenamento dos alimentos que os contêm. Quando sofrem despolimerização, pode ocorrer a redução da viscosidade.

Algumas reações envolvendo carboidratos podem ocorrer mudando suas estruturas. O aquecimento dos carboidratos, em particular da sacarose e de outros açúcares, na ausência de compostos nitrogenados, produz um conjunto de reações complexas conhecidas como caramelização. A caramelização da sacarose acontece à temperatura de 200°C. Apesar da sua complexidade, à 160°C observa-se que a sacarose se separa em glicose e frutose e a 200°C distinguem-se três fases bem diferenciadas: a primeira fase requer 35 minutos de aquecimento e nesta fase perde-se uma molécula de água por molécula de sacarose, a fase seguinte supõe o aquecimento adicional durante 55 minutos, observando-se perda de 8% de seu peso, com o aparecimento do pigmento conhecido como caramelo, solúvel em água e de sabor amargo (Ribeiro e Seravalli, 2007).

### 3.3.5 Cinzas

As Cinzas de um alimento é o nome dado ao resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, entre 550 – 570°C, a qual é transformada em CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e NO<sub>2</sub>, assim sendo, a cinza de um material é o ponto de partida para a análise de minerais específicos. A análise destes minerais é realizada tanto para fins nutricionais como também para segurança (Nascimento et al., 2010).

A constituição das cinzas se resume em macronutrientes, micronutrientes e os elementos traços. Sendo que os macronutrientes são as espécies requeridas em uma dieta em valores diários acima de 100 mg e normalmente presentes em grandes quantidades nos alimentos, como: K, Na, Ca, P, S, Cl e Mg; Os micronutrientes já são requeridos em uma dieta em valores diários abaixo de 100 mg e normalmente presentes em pequenas quantidades nos alimentos, como: Al, Fe, Cu, Mn e Zn; E por fim, os elementos traços que se encontram em quantidades muito pequenas nos alimentos sendo que alguns são necessários ao organismo humano e muitos deles são prejudiciais à saúde, entre esses se destacam: Ar, I, F, Cr, Co, Cd e outros elementos (Nascimento et al., 2010).

O elevado grau de industrialização no processamento de alimentos pode ocasionar a perda de minerais. Na tabela abaixo, apresentam-se alguns alimentos e a quantidade de cinzas normalmente encontradas.

Tabela 2- Quantidade de cinzas presentes nos alimentos.

<b>Alimento</b>	<b>Quantidade de Cinzas</b>
Cereais	0,3%-3,3%
Produtos lácteos	0,7%-6,0%
Peixes e produtos marinhos	1,2%-3,9%
Frutas e vegetais frescos	0,3%-2,1%
Carnes e produtos cárneos	0,5%-6,7%
Aves	1,0%-1,2%
Nozes	1,7%-3,6%
Óleos e gorduras	0,0% (óleos e gorduras vegetais) -2,5% (manteiga e margarina)

Fonte: Nascimento, 2010.

A análise de cinzas seca é a análise mais utilizada para a determinação de cinza total, determinação de cinza solúvel em água, insolúvel em água e insolúvel em ácido. É útil na determinação dos metais mais comuns que aparecem em maiores quantidades. É considerada uma técnica simples e útil para análise de rotina (Nascimento et al., 2010).

A análise de cinza úmida é utilizada na determinação de elementos em traços, que podem ser perdidos na cinza e também de metais tóxicos. A digestão pode ser feita com um único ácido e em baixas temperaturas que evitam perdas por volatilização. É mais rápida, porém deve se ter maior cuidado devido o uso de reagentes muito corrosivos (Nascimento et al., 2010).

A análise de cinzas é um indicativo de várias propriedades como a refinação de açúcares e farinhas, cujo um teor de cinzas alto indica dificuldade na cristalização e descolarização. Também é utilizada para uma análise nutricional, alto nível de cinza indica presença de areia na composição (Nascimento et al., 2010).

### **3.4 Conservação dos Alimentos**

Segundo Evangelista (2008), os alimentos industrializados ou não, de origem vegetal ou animal, por suas particularidades constitutivas, podem facilmente sofrer modificações ou alterações produzidas por vários agentes, sejam biológicos (microrganismos e enzimas), químicos (oxigênio e água) ou físicos (luz e calor). É possível classificar os microrganismos (agente biológico) como os mais importantes agentes, que estão sempre presentes e os seus efeitos são variados como a intensidade e a velocidade com que atuam.

A conservação de alimentos refere-se a uma proteção contra a ação microbiológica, e contra reações de degradação, perdendo sua original forma, composição e valor nutritivo. Sob o ponto de vista tecnológico, os principais objetivos dos processos de preservação e de conservação consistem na dilatação do prazo de “vida de prateleira” dos produtos, que deverão manter na maior extensão possível, suas características específicas e valor nutritivo (Silva, 2002).

Para atender as características do alimento em seus diversos estados de origem os processos realizados são versáteis; baseiam-se em métodos de temperatura (calor e frio), de supressão de ambiente favorável (água e oxigênio), de adição de açúcares, de substâncias químicas (aditivas) e de gases, de defumação, de agentes fermentativos (fermentação alcoólica e láctica), em processos de secagem, de irradiações, dentre outros. Esses métodos são classificados como métodos de conservação de alimentos (Evangelista, 2008).

Neste trabalho, utiliza-se a secagem durante o processamento da torta, para obtenção da farinha. Em consequência, apresentam-se as técnicas de secagem mais empregadas.

### 3.4.1 Secagem

Um dos métodos mais tradicionais de conservação de alimentos é o método de secagem. Essa técnica consiste na redução da disponibilidade de água para o desenvolvimento de microrganismos e para reações bioquímicas deteriorativas (Gava, 1977).

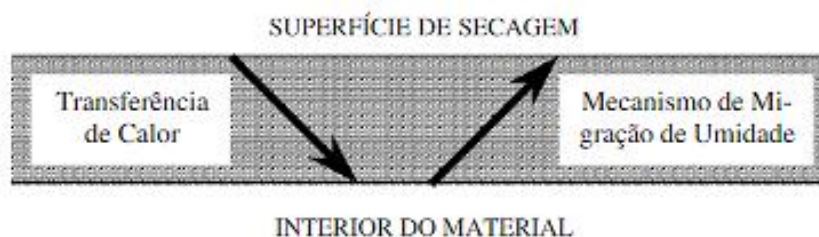
Segundo Evangelista (2008), a água é um dos principais agentes que permitem o desenvolvimento de microrganismos nos alimentos. Assim, quando essa água livre é reduzida, a pressão osmótica do meio aumenta e a proliferação desses microrganismos é contida.

A secagem é uma técnica que permite a obtenção de produtos com maior vida de prateleira. O processo resulta em custos e volumes menores de acondicionamento, armazenagem e transporte. A desidratação apresenta a vantagem adicional de colocar ao alcance do consumidor uma maior variedade de produtos alimentícios que podem ser disponibilizados fora da safra, ou longe de centro produtores, como é o caso das frutas secas (Park e Brod, 2002).

Ressalta-se, ainda, que a secagem foi utilizada não apenas visando a conservação, mas para atender a limites de umidade impostos pela legislação para farinhas, assim como para permitir o correto processamento para obtenção da torta (umidade ideal para extração do óleo).

O movimento de água do interior do material até à superfície é analisado pelos mecanismos de transferência de massa, que indicará a dificuldade de secagem nos materiais. Durante a secagem, para que haja a evaporação de água da superfície do material ao ambiente, a água deve ser transportada do interior do sólido até a superfície como pode ser visto na figura 10 (Park, 2007).

Figura 10- Diagrama da migração da umidade no interior do sólido.



Fonte: Marcinkowski, 2006.

De acordo com Park (2007), os mecanismos de migração de umidade mais importantes são:

A difusão líquida que ocorre devido à existência do gradiente de concentração. A difusão de vapor que ocorre devido ao gradiente de pressão de vapor, causado pelo gradiente de temperatura. E o escoamento de líquido e de vapor que ocorrem devido à diferença de pressão externa, de concentração, capilaridade e alta temperatura.

Todas estas considerações, tais como, conteúdo inicial de umidade do material; conteúdo final de umidade que o material pode chegar (umidade de equilíbrio); modo pelo qual a água está relacionada com a estrutura do sólido e modo pelo qual o transporte da água é feito do interior à superfície do sólido durante a secagem servem para fundamentar o fenômeno de secagem.

As condições de secagem são muito diversas, de acordo com as propriedades do ar de secagem e a forma como se faz o contato ar-produto. Uma vez que o produto é colocado em contato com ar quente, ocorre uma transferência do calor do ar ao produto sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor d'água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de matéria (massa) para o ar. Esta última se faz na forma de vapor de água e uma parte do calor que chega ao produto é utilizada para vaporizar a água (Möhler, 2007).

Dentre os métodos de conservação por secagem destacam-se a secagem natural que se utiliza das energias solar e eólica para reduzir a umidade da matéria. Quando se utiliza esse método, evita-se o risco de danificação mecânica e térmica, porém trata-

se de um método mais demorado e que depende das condições ambientais (Möhler, 2007).

A secagem artificial possibilita maior eficiência na remoção da umidade, evitando alterações fisiológicas, visto que essa remoção garante a sua qualidade nutritiva, boa aparência e impede a proliferação de microrganismos causadores de deterioração dos alimentos. No presente trabalho o processo utilizado foi o de secagem artificial descrito detalhadamente no item abaixo.

#### *3.4.1.1 Secagem Artificial*

O primeiro método de secagem artificial utilizado foi no ano de 1795, por Maason e Challet, conhecido como método de desidratação. Eles criaram um desidratador e realizaram a secagem de hortaliças em fatias pela ação de correntes de água quente (Evangelista, 2008; Kemper, 2005).

A desidratação é a secagem pelo calor produzido de modo artificial onde as condições de temperatura, umidade e corrente de ar são controladas. Os produtos alimentícios podem ser secados com ar, vapor superaquecido, no vácuo, em gás inerte ou pela aplicação direta de calor. Sendo o ar o mais usado, devido a sua abundância. O ar é o veículo no transporte do vapor úmido liberado no alimento. Ele conduz calor no alimento, provocando a evaporação da água (Gava, 1977).

Os métodos de desidratação mais utilizados nas indústrias alimentícias são: o método de desidratação com ar quente, onde o alimento é posto em contato com uma corrente de ar quente; o método de desidratação por contato direto com uma superfície quente, onde o calor é proporcionado principalmente por condução e a desidratação por aporte de energia eletromagnética a qual o calor é proporcionado principalmente por radiação, energia micro-ondas ou por aquecimento dielétrico (Evangelista, 2008).

O processo de secagem utilizando o ar quente envolve a transferência de calor, de massa e de quantidade de movimento ao mesmo tempo, pois o ar seco e aquecido que alimenta esse secador é responsável por aquecer o produto e carregar a água

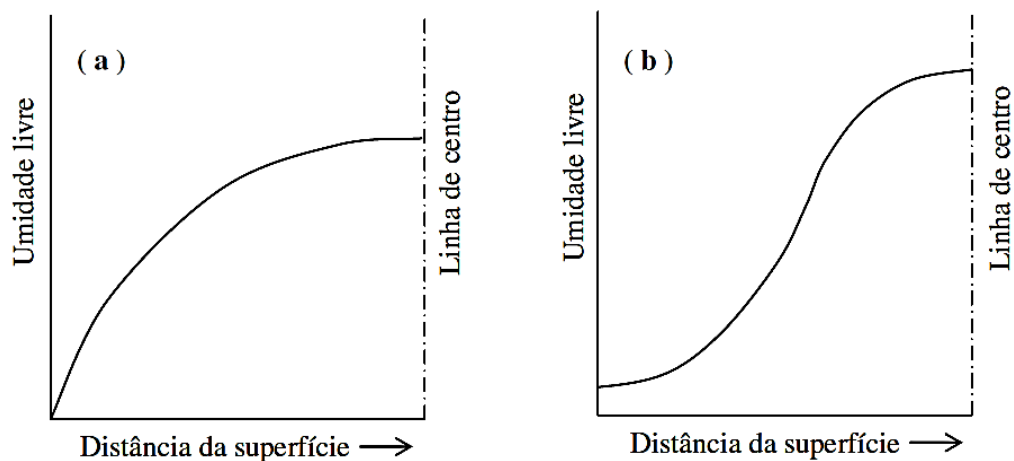


liberada do mesmo. Quando a resistência à transferência da umidade na superfície do produto para o ar é mínima, a difusão da água no interior do alimento controla a velocidade de secagem (Evangelista, 2008).

Paca cada tipo de material utiliza-se uma teoria de secagem apropriada, diferenciando-se em relação ao formato do material e as condições de operação. Por exemplo, cita-se a diferença entre sólidos poroso e não-poroso. O mecanismo de migração da umidade tanto no interior do sólido quanto para o ar em contato com a superfície é diferente em ambos os casos (Marcinkowski, 2006).

A figura 11 apresenta a distribuição da umidade livre no interior dos dois tipos de sólido, poroso e não-poroso em termos da transferência de massa por difusão. A resistência a passagem da água contida na superfície do produto para o ar é negligenciável e a difusão do interior do sólido controla a velocidade de secagem (Marcinkowski, 2006).

Figura11- Distribuição da umidade em (a) sólido não poroso e (b) sólido poroso.



Fonte: Marcinkowski, 2006

De acordo com Möhler (2007), ocorrem dois fenômenos no processo de secagem:

A transferência de energia do ambiente para evaporar a umidade superficial que depende das condições externas de temperatura, umidade do ar, fluxo e direção de ar, área de exposição do sólido (forma física) e pressão. E a transferência de massa (umidade), do interior para a superfície do material e sua subsequente evaporação

devido ao primeiro processo. O movimento interno da umidade no material sólido é função da natureza física do sólido, sua temperatura e conteúdo de umidade.

Os secadores de bandeja, objetos de estudo no presente trabalho, utiliza uma câmara com isolamento térmico, com sistemas de aquecimento e ventilação do ar circulante sobre as bandejas. O ar aquecido circula por meio de ventiladores e o sistema permite uma circulação de ar para conservação do calor.

O uso de uma estufa de circulação de ar (secador de bandeja) torna o processo de secagem mais vantajoso, econômico, higiênico e de fácil manuseio.

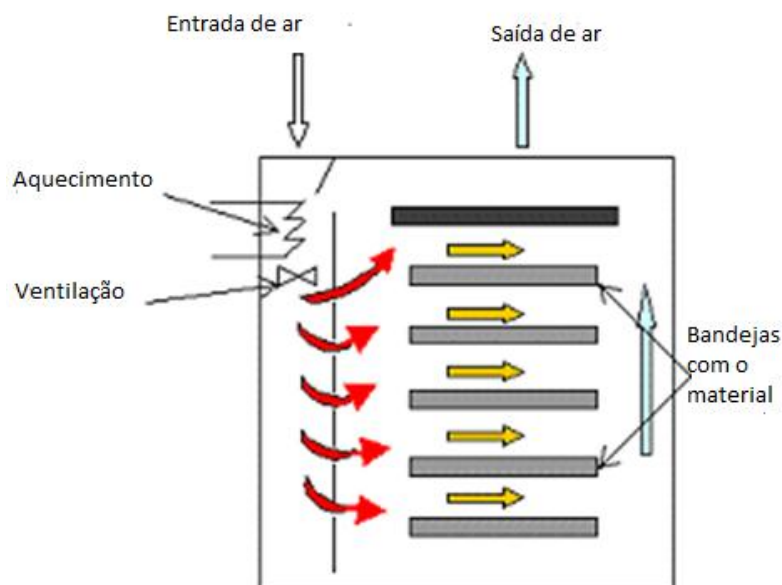
A eficiência térmica nesse tipo de secador depende da temperatura utilizada e da umidade do ar de saída. É utilizado para a secagem de frutas, legumes e hortaliças em pequena escala. A figura 12 apresenta um secador de bandeja e a figura 13 o esquema do processo que ocorre dentro do secador.

Figura 12- Representação dos Secadores de Bandeja



Fonte: Fanem, 2012.

Figura 13 – Esquema do processo de aquecimento dentro do Secador de Bandeja



Fonte: Virtual Unal, 2011

### 3.5 Atividade de Água

A atividade de água de um sistema é a medida da umidade relativa, equilibrando-se a água da fase líquida de uma amostra com sua fase de vapor no espaço livre (Braseq, 2012).

Nenhum microrganismo consegue crescer em um ambiente seco, a água é imprescindível para o desenvolvimento de suas funções, e essa água deve ser livre, ou seja, não pode estar ligada a nenhuma outra substância. Cada tipo e cada espécie de organismo tem uma exigência mínima e máxima, em teor de água no meio, sendo que fora desta faixa tem seu metabolismo alterado (Neto, 2005).

A existência ou não dos microrganismos nos alimentos está diretamente ligada à atividade de água do ambiente, bem como suas fases de crescimento, além de grande relevância na preservação de alimentos. A adsorção de substâncias químicas e microrganismos dependem das ligações que podem ser formadas entre as moléculas do agente e a superfície da célula. Isso pode acontecer por meio de ligações de van der Waals, pontes de hidrogênio, ligações iônicas e ligações covalentes, desde que a célula tenha uma atividade de água adequada. As ligações

iônicas são influenciadas pelo pH que determina a extensão de ionização do agente antimicrobiano e a disponibilidade de grupos de cargas opostas na célula (Corrêa, 2001).

A água pode estar presente na amostra sob duas formas, a água livre que está simplesmente adsorvida no material e é a mais abundante. É perdida facilmente às temperaturas em torno da ebulição. E a água ligada que é a água da constituição, que faz parte da estrutura do material, ligada a proteínas, açúcares e adsorvida na superfície de partículas coloidais. Essa forma necessita de níveis elevados de temperatura para sua remoção e dependendo da natureza da amostra, requer temperaturas diferentes, que frequentemente não é total e, em alguns casos, não é eliminada nem a temperaturas que carbonizem parcialmente a amostra (Bobbio e Bobbio, 1995).

Durante a o processo de secagem, ocorre a evaporação da água na superfície do material, transportada do interior do sólido. Os mecanismos desses transportes mais importantes são: difusão líquida, difusão de vapor no sólido e fluxo de líquido e de vapor. O conhecimento do conteúdo inicial e final (equilíbrio) de umidade do material, da relação da água com a estrutura sólida e do transporte da água do interior do material até a sua superfície possibilitam fundamentar o fenômeno da secagem.

A determinação da atividade de água permite a inibição da reprodução microbiana, reações enzimáticas, oxidativas e hidrolíticas do produto, assegurando embalagem e condições de armazenamento adequado, valorizando o produto, economicamente.

A diferença entre umidade e presença de atividade de água num produto pode ser evidenciada através de uma força motriz, presente no produto, que proporciona o transporte da água livre de um ponto de atividade de água mais intensa, para outro ponto em que a atividade de água seja reduzida, embora, ambos os pontos encontrem-se com igual teor de umidade. O comportamento microbiano frente à atividade de água é extremamente variável, sendo que as bactérias são mais exigentes, quanto à disponibilidade de água livre, em relação aos fungos e leveduras. Os substratos com atividade de água inferior a 0,60 estão assegurados quanto à contaminação microbiana. Alimentos com alto teor de lipídeos, que apresentam

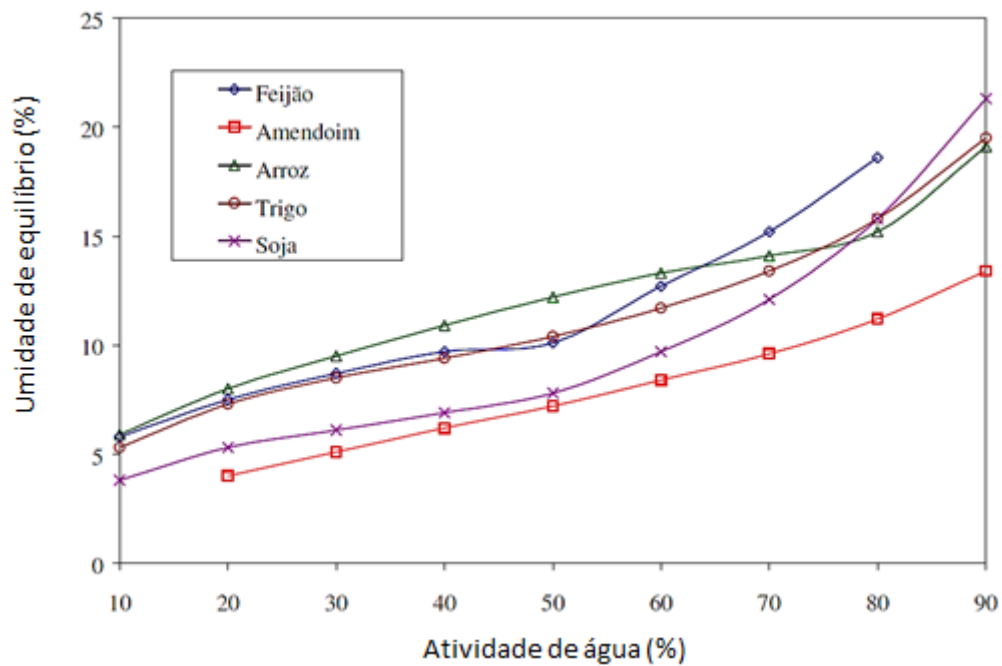
atividade de água na faixa de 0,30 a 0,40 são mais estáveis à oxidação química e microbiana. A partir de atividade 0,65 começa a ocorrer a proliferação de microrganismos específicos, sendo que, até a atividade de 0,75, somente algumas bactérias halofílicas (de desenvolvimento em terrenos salgados), leveduras osmofílicas e fungos xerofílicos (de desenvolvimento em ambientes secos) podem se desenvolver (Braseq, 2012).

As mudanças que ocorrem no teor de água dos alimentos afetam a pressão osmótica e as ligações de matriz da água em um produto. Quando relacionamos a atividade de água com o seu teor encontramos uma isoterma de sorção e esse parâmetro é único para cada produto. Além disso, a isoterma muda dependendo se o produto for obtido por secagem ou hidratação da amostra. Utilizamos esse parâmetro para estimar a atividade de água a partir do teor de água, mas pode-se ir a outra direção e usar a atividade de água para estimar o teor de água (Braseq, 2012).

Isotermas de sorção são curvas de equilíbrio que apresentam as umidades de equilíbrio do material que correspondem aos valores das umidades relativas em uma dada temperatura. Através da isoterma de sorção é possível determinar se uma adequada umidade de equilíbrio para conservação do produto será atingida, a uma dada temperatura e umidade relativa (atividade de água). Torna-se importante conhecer essas curvas de sorção para se determinar o teor de água final necessário para estabilização do produto. Através da curva de sorção também é possível investigar as possíveis mudanças físicas e químicas obtidas através da operação de secagem (Alexandrino et.al., 2007).

Curvas típicas de isoterma de sorção são apresentadas na figura 14, para produtos deterioráveis. Observa-se, para os produtos apresentados, a forma sigmoide característica de alimentos.

Figura 14- Isotermas de Sorção de Alguns Produtos Deterioráveis



Fonte: Park e Brod, 2002

Observa-se na figura 15 que quanto maior for o valor da umidade de equilíbrio dos alimentos, maior será o valor da atividade de água presente. Esse aumento no valor da atividade de água ocorre diferentemente para cada tipo de alimento e potencializa a probabilidade de proliferação de microrganismos.

O aparelho utilizado para a medida da atividade de água e da marca *Aqualab*, neste a amostra é colocada em cápsulas que se selam com o bloco sensor. O bloco sensor é composto por uma ventoinha, um sensor de ponto de orvalho, um sensor de temperatura e um termômetro infravermelho. O sensor de ponto de orvalho mede a temperatura da formação do ponto de orvalho e o termômetro infravermelho mede a temperatura da câmara. A partir dessas medidas é computada a umidade relativa da câmara, bem como a razão da saturação da pressão de vapor na temperatura da formação do ponto de orvalho pela saturação da pressão de vapor na temperatura da amostra. Quando a atividade de água da amostra e a umidade relativa do ar estão em equilíbrio, a medida da umidade da câmara dá a  $A_a$  da amostra. A função da ventoinha é acelerar o equilíbrio da pressão de vapor e controlar a camada de condutância do sensor de ponto de orvalho (Braseq, 2012).

### 3.6 Modelos de Isotermas

O conhecimento das isotermas de sorção é indispensável para determinar o teor de água final necessário para estabilizar um produto. Para tanto, torna-se necessário a utilização de modelos matemáticos na predição dessas isotermas, sendo possível inferir através dessas curvas valores da atividade de água para qualquer valor de umidade.

Primeiramente, as isotermas de sorção são obtidas graficamente a partir dos dados experimentais. A partir de então, modelos matemáticos são ajustados aos valores experimentais, de forma a encontrar o mais adequado para o produto em estudo, pois não há modelo que possa ser aplicado e sirva a todos os alimentos indiscriminadamente (Marcinkowski, 2006).

Pela facilidade de quantificação da isoterma, existem muitas equações empíricas que correlacionam os dados experimentais das isotermas de sorção de materiais biológicos. Para o caso das isotermas de grãos, as equações usuais são os polinômios de variados graus, sendo que para a maioria das isotermas, os polinômios de segundo grau têm demonstrado bons resultados. As equações de três ou quatro parâmetros fornecem melhores resultados, porém a solução matemática é mais complicada (Alonso, 1998 citado por Park, 2007).

A tabela 3 apresenta a compilação dos modelos matemáticos de isotermas de sorção de diferentes autores mais utilizados para ajustes das curvas de secagem de alimentos. As equações diferem entre si quanto ao número de parâmetros a serem estimados e a dependência dos mesmos com relação à temperatura. São apresentados modelos com dois, três e quatro parâmetros, além de modelos dependentes da temperatura (Marcinkowski, 2006).

Tabela 3- Modelos de Isotermas de Sorção e suas propriedades

Modelo	Equação
Isoterma de Smith (1947)	$\frac{X_e}{1+X_e} = a_3 - a_4 \ln(1-UR)$
Isoterma de B.E.T. (Brunauer, Emmet e Teller) (1938)	$X_e = \frac{a_1 a_2 UR}{(1-UR)[1+(a_2-1)UR]}$
Isoterma de Halsey (1948)	$X_e = a_6 \left[ \frac{-RT \ln(UR)}{a_7} \right]^{a_8}$
Isoterma de GAB (Guggenheim, Anderson e de Boer)	$X_e = \frac{a_9 a_{10} a_{11} UR}{(1-a_{10} UR) [1-a_{10} UR + a_{10} a_{11} UR]}$

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}, a_{11}$  são parâmetros, UR é, a umidade relativa,  $X_e$  é a umidade em equilíbrio.

A isoterma de Smith apresenta dois parâmetros: o  $a_3$  que representa a umidade de superfície da monocamada na superfície do sólido e o  $a_4$  que é a a umidade requerida para completar a primeira camada de moléculas de água sobreposta à camada adsorvida; Esse modelo é normalmente utilizado para valores mais altos de atividade de água ( acima de 0,5); Considera que as moléculas formam multicamadas sobre o agente adsorvente, sendo a primeira a camada mais forte e as outras sobrepostas, apresentam ligações gradualmente mais fracas.

A isoterma de Halsey possui como parâmetros  $a_6, a_7$  e  $a_8$  que são constantes semi-empíricas relacionadas à adsorção das moléculas de água, onde R é a constante universal dos gases e T é a temperatura (K); Essa equação é semi-empírica e incorpora o efeito da temperatura



A isoterma de GAB têm como parâmetros  $a_9$ ,  $a_{10}$  e  $a_{11}$  que são constantes empíricas do ajuste do modelo. Trata-se de uma equação empírica que representa uma extensão das equações de BET e Smith.

Para o modelo de isoterma de BET os parâmetros de ajuste são o  $a_1$  que é a umidade de superfície da monocamada na superfície do sólido e o  $a_2$  que representa uma constante interligada ao calor médio de adsorção desta camada. Geralmente é a mais adequada a produtos alimentícios em condições de baixa atividade de água (inferior a 0,35) e considera que as moléculas formam multicamadas sobre o agente adsorvente, sendo a primeira a camada mais forte e as outras se comportam como água

### 3.7 Farinha

De acordo com a legislação ditada pela Anvisa (1996), farinha é um produto obtido através da moagem de vegetais que sejam comestíveis. Em alguns casos é necessário previamente utilizar algum processo tecnológico. Pode ser classificada em simples ou mista de acordo com a sua composição.

A matéria-prima para produção da farinha deve estar limpa, isenta de matéria terrosa e parasita. Não deve também conter umidade, estar fermentada ou rançosa. Os critérios de aceitação para a farinha no que diz respeito aos parâmetros microbiológicos, de acordo com ANVISA, resolução – RDC nº 12/2001 estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4- Critérios de Aceitação da farinha segundo Anvisa ( 2001).

PARÂMETRO	VALORES (MÁXIMO)
Coliformes a 45 °C	$10^2$ / g
Salmonella sp / 25g	Ausência
Bolores e leveduras	$10^3$ /g.
<i>Bacillus cereus</i>	$3,0 \times 10^3$ /g

Fonte: Anvisa ( 2001).

Ainda de acordo com a Anvisa (2001), deverão ser efetuadas determinações de outros microrganismos e/ou de substâncias tóxicas de origem microbiana, sempre que se tornar necessária a obtenção de dados adicionais sobre o estado higiênico-sanitário dessa classe de alimento, ou quando ocorrerem tóxi-infecções alimentares.

### **3.8 Bolo**

Neste trabalho, propõe-se a aplicação da farinha desenvolvida em um produto da panificação: o bolo. Então, torna-se necessário a apresentação das características do produto.

De acordo com Ribeiro (2008), o consumo e a comercialização do bolo vêm crescendo no Brasil. Há registros de muitas indústrias alimentícias na área de panificação que já incluem o bolo como um de seus principais produtos de venda, buscando inclusive, diversificar sua linha de produtos, com a oferta de produtos mais elaborados. O bolo é um produto obtido pela mistura, homogeneização e cozimento conveniente de massa preparada com farinhas, fermentadas ou não e outras substâncias alimentícias como, por exemplo, leite, ovos e gordura.

Determina-se a qualidade dos bolos por suas características essenciais, como: textura macia, que deve permanecer inalterada ao longo da vida de prateleira do produto; superfície uniforme; homogeneidade do miolo; volume adequado; sabor agradável; e facilidade de processamento. Estes atributos estão diretamente relacionados à qualidade dos ingredientes e seu balanceamento, ao tipo de processamento (Osawa et al. 2009).

De acordo com Esteller (2006), as massas de bolo são constituídas por um sistema bifásico (gordura e outros ingredientes da mistura). A fase gordurosa apresenta-se dispersa de forma irregular com partículas de forma e tamanhos variados. Internamente às partículas de gordura são encontradas inúmeras bolhas de ar incorporadas durante o processo de mistura e batimento. A formação de estrutura uniforme dos alvéolos é de grande importância para a qualidade de massas assadas. Uma emulsão estável permite boa evaporação da água e expansão do gás carbônico liberado, resultante da ação do fermento químico.

O bolo é um alimento à base de massa de farinha geralmente doce e cozido em forno. Em sua composição há farinha, adoçante, além de um tipo de ingrediente aglutinante como ovos, glúten ou amido. O bolo deve conter um tipo de gordura, como manteiga, margarina ou óleo. Para o sabor, podem ser utilizados aromatizantes como casca de limão (Maia, 2007).

### 3.8.1- Métodos de Preparo de Massa para Bolo

O processo de fabricação de bolos pode ser realizado através de dois métodos: o método tradicional e o método “all-in”. No método tradicional misturam-se manualmente a gordura e o açúcar até a obtenção de um creme. Em seguida, são acrescentados os ovos, ou somente as gemas, a farinha, o fermento e o leite. Os ingredientes precisam ser acrescentados parcialmente, facilitando assim a entrada de ar (Maia, 2007).

No método “all-in” todos os ingredientes são homogeneizados em uma única etapa. Este método permitiu o desenvolvimento das misturas para bolos devido à utilização de emulsificantes, que graças à ação combinada de suas propriedades de emulsificação garante a incorporação de ar na massa mesmo com uma única etapa de homogeneização (Ribeiro, 2008).

Os ingredientes que compõem os produtos de panificação desempenham funções específicas no processo de formação da massa. Embora os constituintes possam variar em grau de importância no processo de fabricação, todos exercem determinada função. No que diz respeito ao bolo, os principais constituintes são: a farinha, o leite, o açúcar, os ovos, a gordura e o fermento químico.

De acordo com Ribeiro (2008), a farinha de trigo é o principal componente da formulação de um bolo, fornecendo a matriz em torno da qual os demais ingredientes são misturados para formar a massa. Este ingrediente cumpre a função de fornecer as proteínas formadoras de glúten. Essas proteínas, ao se combinarem com a água, são hidratadas, gerando pontos de ligação entre elas e, mediante a mistura, formam a estrutura elástica da rede do glúten.

Ribeiro (2008) afirma que o leite na fabricação de um bolo, resulta em uma maior absorção de água pela farinha e deixa a massa mais tolerante à mistura. Além de melhorar a cor, a textura e o valor nutricional do produto final.

A adição de açúcar à massa tem como finalidade facilitar a adaptação da levedura ao processo de fermentação e colaborar com o sabor, aroma e a cor do produto final. É geralmente empregado o açúcar de cana (sacarose), mas podem também ser usados o xarope de milho ou o açúcar invertido (Guerreiro, 2012).

Os ovos são empregados em produtos de panificação para conferir textura mais fina, pois o ovo, sobretudo a gema, é um ingrediente amaciador. Além disso, melhoram o sabor, a cor e o valor nutritivo, principalmente por possuírem proteínas de excelente qualidade (Ribeiro, 2008).

Os óleos ou gorduras usados em panificação podem ser tanto de origem animal como vegetal. A maioria das gorduras usadas na fabricação de bolos é de origem vegetal, pois é de fácil manuseio, conservação e conferem as melhores características tecnológicas em panificação (Ribeiro, 2008).

A gordura é um aditivo extremamente importante na confecção do bolo. Além do seu efeito melhorador na massa e na qualidade do pão, também atua no valor nutricional do bolo pelo fornecimento de mais energia (calorias). A gordura pode ser usada em concentrações altas de 6 a 7%, mas a concentração normal é de 3%. O uso de quantidades excessivas forma uma massa bastante extensível, que se torna incapaz de resistir à pressão do gás produzido durante a fermentação (Guerreiro, 2012).

As gorduras desodorizadas (sem cheiro), não devem ter qualquer aroma residual; a margarina, entretanto, normalmente necessita de sabor e aroma um tanto mais forte do que o usado, de maneira que tenha sabor e odor remanescentes no produto final cozido. A consistência da gordura é influenciada por fatores como o tamanho e o conteúdo das partículas sólidas, a forma e rigidez dos cristais. As gorduras contribuem para as propriedades de mastigação, conferindo maciez aos produtos de panificação.

Além de contribuir para o sabor do produto, amaciar a textura e reter as bolhas de ar incorporadas durante o processo de mistura da massa, a gordura é capaz de suportar a expansão do gás carbônico liberado das reações químicas do fermento, promovendo a expansão do volume do bolo (Ribeiro, 2008).

Segundo a ANVISA (1996), fermento químico é o produto formado de substância ou mistura de substâncias químicas que, pela influência do calor e/ou umidade, produz desprendimento gasoso capaz de expandir massas elaboradas com farinhas, amidos ou féculas, aumentando-lhes o volume e a porosidade.

O fermento químico geralmente contém três componentes principais: uma fonte de dióxido de carbono (bicarbonato de sódio), um ácido para reagir com a fonte de dióxido de carbono e um agente enchedor (amido) que tem como função separar a fonte de dióxido de carbono do agente acidulante, a fim de prevenir a ação prematura entre eles durante o armazenamento (Ribeiro, 2008).

Na tabela 5 abaixo estão apresentados resumidamente os ingredientes que compõem um bolo e suas respectivas funções.

Tabela 5- Ingredientes presentes no bolo e suas funções.

Ingredientes	Funções no bolo
Farinha branca	É a matriz para a mistura dos outros ingredientes, fornecendo as proteínas formadoras do glúten.
Leite	Promove a absorção da água pela farinha, melhorando a cor, a textura e o valor nutricional do bolo.
Açúcar	Facilita o processo de fermentação, colaborando com o sabor e a cor do produto final.
Ovos	Melhora a textura da massa, o sabor e o valor nutritivo.
Gordura	Fornece maior energia ao bolo além de melhorar a massa e a qualidade do bolo.
Fermento químico	Promove a expansão da massa através do desprendimento de gás, aumentando o volume e a porosidade da massa final.

Fonte: Ribeiro( 2008); Guerreiro(2012).

Fernandes *et al* (2008) substituiu a farinha de trigo por farinha de casca de batata em um bolo e Fasolin *et al* (2007) realizou a substituição da farinha de trigo por farinha de banana em formulações de biscoitos, além de testes sensoriais pilotos e ambos obtiveram bons resultados de aceitação.

### **3.9 Análise Sensorial**

Visando dar embasamento a técnica de avaliação de aceitação do produto desenvolvido pelo consumidor, apresenta-se uma revisão da teoria a respeito da metodologia que envolve a análise sensorial.

As indústrias de alimentos reconhecem a importância da qualidade sensorial de seus produtos e utilizam-se da análise sensorial para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características dos alimentos (Minim, 2006). As características de qualidade sensorial como o sabor, a textura e a aparência devem ser monitoradas ao longo do tempo, de forma a determinar a vida de prateleira do produto. E não se tratam de características próprias do alimento, mas sim do resultado da interação entre o alimento e o homem, com suas características intrínsecas. Todos os resultados obtidos em uma análise sensorial devem ser reprodutíveis, ou seja, devem apresentar resultados que se repetem 95% das vezes (Dutcosk, 2007).

O objetivo final a que se propõem o desenvolvimento ou a inovação de um produto é a aceitação por parte do consumidor. Para ele, não importa se o alimento possui características químicas, físicas ou microbiológicas o que importa é se a característica sensorial do alimento atende as suas necessidades (Minim, 2006).

A avaliação sensorial baseia-se nas técnicas para percepção psicológica e fisiológica e varia de pessoa para pessoa, sendo ditada por uma vasta gama de fatores. A qualidade sensorial de um alimento sofre influência do grau de urbanização em que está inserido o indivíduo, do ambiente de trabalho e da própria estação do ano em que se encontra o homem e se consome o alimento (Minim, 2006).

A percepção envolve a filtração, interpretação e reconstrução da quantidade de informação que o receptor irá receber. Neste processo de percepção, os sinais, a

integração e a interpretação não se separam e o grau de satisfação com um produto alimentício está ligado a esse processo subjetivo. Utilizam-se os três sentidos na percepção do alimento: olfato, paladar e aparência (Dutcosk, 2007).

O olfato recebe estímulo pela energia química. Os cheiros formados pelos alimentos são provenientes de substâncias voláteis e estão sujeitas a variação como a fadiga e a adaptação. A fadiga ocorre quando sente-se os cheiros de vários produtos seguidamente se tornando impossível distinguir as diferenças entre eles. A adaptação ocorre quando sente-se um cheiro muito novo em um lugar, que a princípio causa um impacto, no entanto ao permanecermos no local, o cheiro se torna mais leve, quase imperceptível (Dutcosk, 2007).

Enquanto o alimento é mastigado, um aroma característico é liberado na boca. A percepção consciente do odor ocorre pelas fibras nervosas do nervo olfatório que conduzem o estímulo a áreas secundárias do córtex olfatório permitindo a discriminação de odores e a ativação de componentes afetivos, armazenando, assim, as informações na memória olfativa (Dutcosk, 2007).

Em relação ao paladar, há 6 regiões da língua que reconhecem os sabores: doce, salgado, ácido, amargo, umami e metálico. As células-receptoras que se localizam na parte frontal, lateral, no final da língua, o palato, bochechas e esôfago são os responsáveis pela percepção do gosto. Pode ocorrer a interação dos gostos básicos que mascaram um ou reforçam outro. A não percepção de um gosto é denominado ageusia. Ao se combinar o gosto com o olfato, tem-se o sabor ou "flavor" que se define como uma sensação mista, porém única. Outros fatores como as sensações de temperatura, pressão, adstringência, entre outros, influem na percepção do sabor (Dutcosk, 2007).

O aspecto aparência de um alimento é percebido pelo sentido da visão. Através da recepção ao alimento, antecipam-se as informações trazendo uma resposta, criando expectativas sobre o que está por vir. Para o controle de qualidade de alimentos, os sinais visuais são de extrema importância. O impacto visual é um elemento que a indústria alimentícia utiliza para tornar um alimento apetitoso. O consumidor é atraído

pela aparência de um alimento, esperando que haja uma correspondência entre a imagem e o gosto (Dutcosk, 2007).

### 3.9.1 Aplicação dos Testes

Para a realização da análise sensorial de um produto deve-se reunir o maior número de informações possíveis. Deve-se ter em mente o que se deseja medir e qual é o planejamento adequado. Para uma avaliação correta, o ideal é que o teste seja aplicado duas horas antes ou depois das refeições. É preciso oferecer água, pão ou biscoito água e sal para intercalar com as amostras. Em testes de preferência e aceitabilidade, o produto precisa ser oferecido na forma em que geralmente é consumido. A degustação precisa ser realizada da esquerda para a direita, respeitando a ordem em que foram apresentadas. Em casos que envolvam análise de odor e sabor, deve-se começar sempre pelo odor (Dutcosk, 2007).

É necessário definir e padronizar a quantidade e a temperatura ideal para a degustação das amostras. O conjunto de amostras deve estar à mesma temperatura no momento da análise, garantindo a uniformidade das amostras como o tamanho, tipo de corte, orientação das fibras, etc. É de suma importância a codificação das amostras, utilizando de preferência 3 dígitos. A apresentação das amostras deve seguir uma ordem aleatória. A posição em que são servidas pode influenciar na resposta dada pelo julgador. Observa-se que, em alguns casos, o julgador pode cometer o erro de tendência central, ou seja, ele tende a escolher a amostra servida ao centro da bandeja como a diferente em relação à determinada característica, ou ainda, julgar uma amostra somente em relação à imediatamente superior (Minim, 2006). Para a escolha do número de amostras a serem apresentadas consideram-se a natureza do produto, experiência do provador, intensidade e complexidade da propriedade sensorial em questão, o tipo de teste aplicado e a quantidade disponível do produto e tempo que se dispõe (Dutcosk, 2007).

Os julgamentos devem ser realizados individualmente, portanto na área escolhida para os testes devem haver cabines que proporcionam ao julgador conforto e isolamento para que ele possa se concentrar no teste. Essas cabines devem ser adjacentes à área de preparo das amostras para facilitar a entrega para os



provedores; ser claras e neutras para não influenciar na aparência do produto avaliado; possuir uma superfície ampla para acomodação da bandeja contendo as amostras e a água servida, a ficha de avaliação, lápi e borracha, de maneira que o provador tenha comodidade e todo o material necessário para a realização do teste (Minim, 2006).

A comunicação realizada entre o preparador e o provador deve ser feita por meio de escotilhas nas cabines, que permitam a entrega das amostras, mantidas fechadas durante a avaliação do produto. Essas escotilhas podem ser de vários tipos: portas de correr verticais, as horizontais ou as do tipo caixa de pão. Acima delas deve haver uma lâmpada que possa ser acionada pelo julgador de dentro da cabine em casos de necessidades. Para a condução do teste, o preparador deverá instruir o julgador quanto ao procedimento de análise das amostras, além de prover informações adicionais que poderão ser necessárias para o bom andamento do teste (Minim, 2006).

### 3.9.2 Escolha dos Provedores e Avaliação

Para uma boa resposta de preferência em um teste sensorial, deve-se ter no mínimo 50 provedores. Esses provedores precisam ter uma sensibilidade mínima necessária para produzirem resultados consistentes e reprodutíveis nas provas de uma mesma amostra (Dutcosk, 2007).

Para obtenção dos resultados dos testes sensoriais é necessário o uso de um questionário ou uma ficha de avaliação das amostras. Os julgadores poderão nesse questionário registrar sua avaliação sobre as características em estudo, facilitando a análise posterior do preparador. Da mesma forma, esses questionários precisam estar simples e claros para serem entendidas pelos julgadores, devem conter espaços em branco a serem preenchidos para a avaliação e algumas linhas em branco devem ser oferecidas ao final da ficha de avaliação para que os julgadores possam tecer alguns comentários (Minim, 2006).

### 3.9.3 Teste de Preferência e Teste de Aceitação

Utilizam-se os testes de preferência para comparar produtos quanto à preferência, porém, esses testes não indicam a aprovação ou não do produto. Esses testes são utilizados no desenvolvimento de novos produtos, melhoria de produtos ou alteração de processos de produção (Minim, 2006). Dentre os testes de preferência destacam-se o de comparação pareada, cujo objetivo é determinar entre duas amostras qual é a preferida pelos consumidores. Neste teste, duas amostras são codificadas com números de três dígitos e apresentadas aos provadores em cabines individuais para que escolham uma entre as duas. O teste por ordenação determina a ordem de preferência entre três ou mais amostras. O provador ordena as amostras de acordo com sua preferência, marcando sua resposta na ficha de avaliação (Minim, 2006).

Os testes de aceitação têm como objetivo avaliar se o produto agradou o provador utilizando uma escala como a escala hedônica. Esta escala foi desenvolvida com o intuito de avaliar a aceitabilidade de alimentos militares e desde então tem sido utilizada extensivamente com uma variedade de produtos e com considerável sucesso. Esta escala é facilmente compreendida pelos consumidores que expressam sua aceitação pelo produto seguindo uma escala previamente estabelecida que varia gradativamente do gosto extremamente a desgosto extremamente (Minim, 2006). A escala hedônica utilizada pode ser vista no anexo 3.

## **4 METODOLOGIA**

Este capítulo descreve a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho, detalhando as etapas e técnicas adotadas. A seção 4.1 apresenta o procedimento empregado na colheita e prensagem do fruto, para a retirada do óleo e obtenção da torta residual (matéria-prima). A seção 4.2 mostra a metodologia para o cálculo do teor de água e óleo presente na polpa de macaúba, de onde é realizada a extração do óleo. Na seção 4.3, apresenta-se o método empregado na caracterização centesimal da torta residual obtida. Na seção 4.4 descrevem-se os procedimentos utilizados para a obtenção da farinha e na seção 4.5 aqueles empregados na sua caracterização físico- química e microbiológica. A seção 4.6 apresenta a metodologia empregada no desenvolvimento de um produto da panificação (bolo) em que se aplica a farinha produzida. A seção 4.7 aborda a técnica de análise sensorial realizada com as amostras de bolo produzidas.

### **4.1 Obtenção da Matéria-prima**

Inicialmente, partiu-se para a escolha da palmeira onde seriam instalados os coletores, que impedem o contato do fruto com o chão, evitando assim a contaminação microbiológica do fruto. Uma visita pelo campus da UFMG foi realizada para a determinação da palmeira com a maior quantidade de frutos nos cachos. Outros fatores como a montagem do coletor em local acessível e a disposição para a coleta dos frutos também foram levados em consideração nesta escolha. Os coletores feitos com tubos de PVC e rede de nylon foram desenvolvidos pelo grupo de Desenvolvimento de Processos e Produtos do Fruto da Macaúba (DPPFM) do DEQ/UFMG. A Figura 15 apresenta uma imagem do coletor utilizado.

Ao utilizar-se esse coletor, busca-se o máximo de qualidade dos frutos coletados diminuindo o risco de contágio por microrganismos presentes no solo.

Figura 15 - Coletor utilizado para os frutos da macaúba.



Fonte: Acervo Pessoal, 2012.

O fruto da macaúba ao cair no coletor já está no ponto de maturação ideal. Então, após instalação do coletor, realizou-se a coleta dos frutos em intervalos de três dias para evitar a contaminação por microrganismos presentes no ambiente, principalmente fungos que produzem enzimas lipolíticas que atuam diretamente nos triglicerídeos da polpa, aumentando a acidez do óleo, comprometendo sua qualidade e perda do fruto. Após a coleta, os frutos foram higienizados, através de lavagem com detergente neutro em água corrente e sanitização, por meio de imersão dos frutos em solução clorada a 200 ppm por 15 minutos (Pimenta, 2010).

Após higienização dos frutos, utilizando luvas e touca, a casca foi rompida com o uso de um martelo de cozinha e retirada, obtendo-se o fruto isento da casca. A qualidade da polpa era analisada nesse momento a partir de sua coloração: só mantinham-se os frutos de cor amarelada e sem manchas, o que indicava bom estado de maturação para extração do óleo. Em seguida, com auxílio de uma faca de aço inox, retirava-se a polpa presa ao endocarpo que foi então armazenada em sacos plásticos e refrigerada à temperatura de  $-7^{\circ}\text{C}$ . O endocarpo também foi refrigerado sob mesmas condições, de acordo com a metodologia proposta por Pimenta (2010).

Para a prensagem e extração do óleo, armazenou-se a polpa separando-a em porções de aproximadamente 1,5 Kg em sacos plásticos até que fosse possível obter-se um montante para o processamento.

Antes de passar pelo processo da extração do óleo, retirou-se da polpa o excesso de umidade através de duas etapas de secagem quais sejam: a utilização de uma chapa aquecedora de marca *Cientec*, modelo CT-337-4 por 6 horas à temperatura de 60°C, seguida de secagem da polpa por 42 horas em estufa de marca *Nova Ética*, modelo N480. O uso da chapa aquecedora antes da estufa é realizado para evitar danos à mesma, retirando o excesso de água do alimento. A secagem em estufa reduz aproximadamente 40% da umidade da polpa, o que favorece a extração segundo metodologia utilizada por Pimenta (2010). Ambas as etapas foram realizadas à temperatura de 60°C.

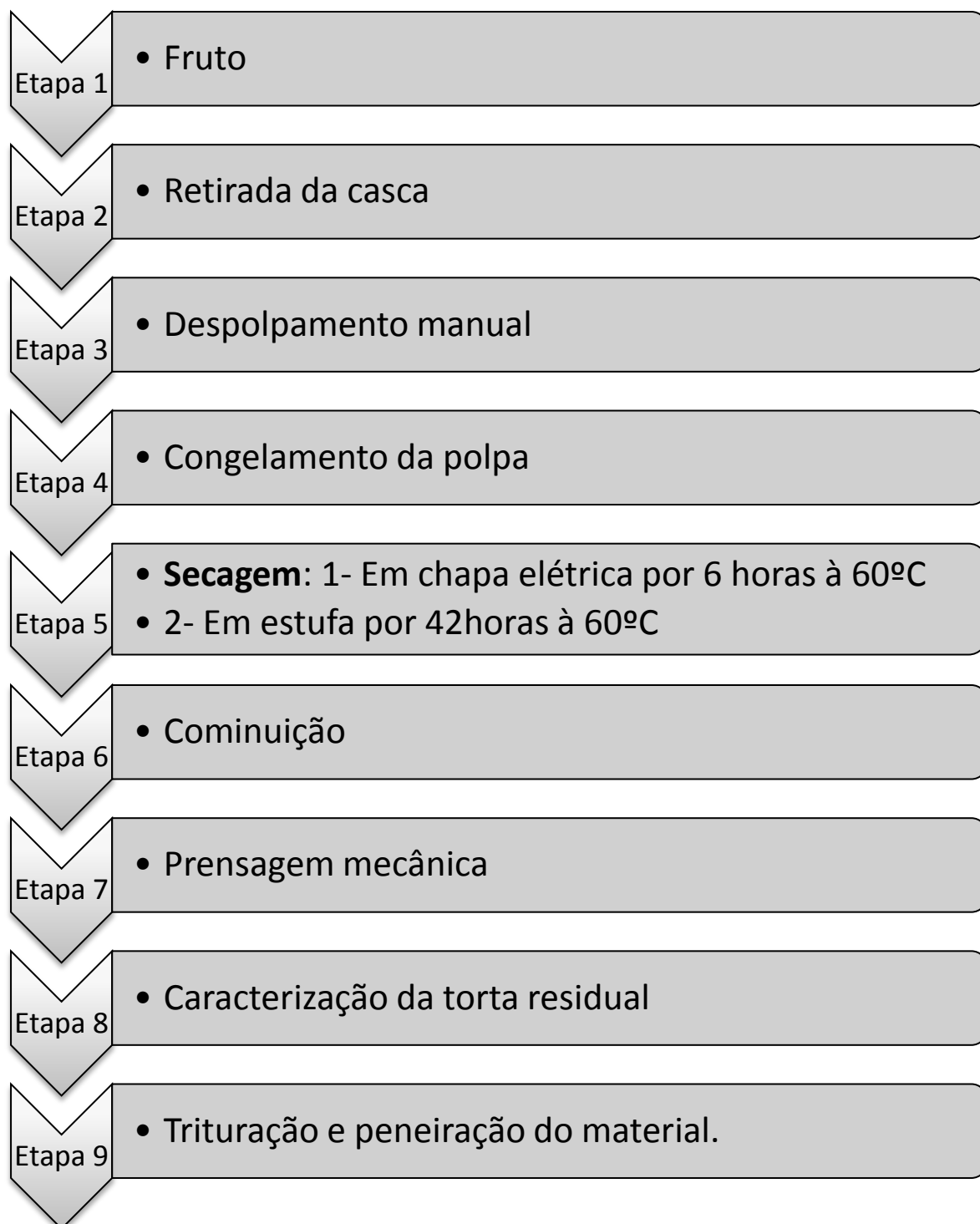
Para facilitar o armazenamento e o processo de extração do óleo da polpa, separou-se o material seco em porções de 500 g e realizou-se a cominuição das porções separadamente utilizando um liquidificador industrial por tempo determinado (5 minutos), conforme metodologia descrita por Pimenta (2010). A polpa cominuída obtida foi então armazenada em sacos plásticos e novamente refrigerada a 7°C.

A prensagem da polpa para obtenção do óleo e da torta residual foi realizada utilizando-se uma prensa mecânica contínua (*expeller*), *Scott Tech* modelo ERT 60, no laboratório de Processos e Produtos do Fruto da Macaúba, do Departamento de Engenharia Química, EEUFMG.

É importante ressaltar que os frutos foram colhidos entre Novembro de 2011 a março de 2012. Observa-se, ainda, que a instalação e coleta dos frutos foram realizadas em cooperação com os componentes do grupo Processos e Produtos do Fruto da Macaúba, do Departamento de Engenharia Química- EEUFMG.

As etapas de todo o processo de obtenção da torta residual estão representadas no fluxograma abaixo (Figura 16).

Figura 16- Fluxograma de representação das etapas do processo obtenção da torta residual



## 4.2 Cálculo do Teor de Óleo e Água da Polpa.

Determinou-se o rendimento da extração do óleo da polpa utilizando prensagem mecânica contínua, através da determinação da massa da polpa inicial introduzida na prensa e da torta residual obtida após extração do óleo.

Para a determinação da umidade presente na polpa também realizou-se análise gravimétrica por método de secagem em estufa à 105°C por 24 horas de acordo com Instituto Adolfo Lutz (2005).

## 4.3 Caracterização da Torta Residual da Polpa

Caracterizou-se a matéria prima segundo sua composição centesimal de acordo com suas características físico-químicas. As análises foram efetuadas em triplicata, para avaliação do erro experimental. As determinações realizadas foram: teor de proteínas; teor de lipídeos; teor de cinzas; teor de acidez titulável; teor de umidade; teor de carboidratos e análise de rancidez, detalhadas nas seções seguintes.

Todas as análises foram realizadas segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005), capítulo IV que trata dos procedimentos gerais para análises de alimentos.

### 4.3.1 Teor de proteína

A matéria orgânica, quando decomposta, gera nitrogênio que é transformado em amônia. Para se determinar o teor de proteína, pelo método de *Kjeldahl*, determina-se o nitrogênio contido na matéria orgânica (Instituto Adolfo Lutz, 2005).

Como o conteúdo de nitrogênio da variedade de proteínas é de aproximadamente 16%, introduz-se o fator empírico 6,25 que é utilizado para transformar gramas de nitrogênio encontrado em gramas de proteínas (Instituto Adolfo Lutz, 2005).

Utilizando o aparelho de *Kjedahl* foi realizada a dosagem de proteínas (Instituto Adolfo Lutz, 2005). Para esta análise pesou-se aproximadamente 0,1g de amostra colocada em um digestor com ácido sulfúrico concentrado, sulfato de potássio e de cobre em solução. Após digestão da amostra, realizou-se destilação com hidróxido de sódio sendo o NH<sub>3</sub> recolhido em erlenmeyer contendo ácido bórico 2% e indicador vermelho de metila. Ao obter 60 mL de destilado, titulou-se utilizando solução de ácido clorídrico 0,1N. Anotaram-se os volumes de ácido gasto para tornar a coloração de azul à laranja, indicando assim o ponto final da titulação. O teor de proteínas é obtido através do cálculo da porcentagem de nitrogênio da amostra, segundo a equação 1:

$$\% \text{Nitrogênio ( proteínas)} = \frac{(\text{Volume de HCl} \times \text{fator} \times 0,14 \text{ g Nitrogênio}) \times 100}{\text{Massa da amostra pesada(g)}} \quad (1)$$

#### 4.3.2 Teor de lipídeos

A determinação de lipídeos em alimentos foi realizada pela extração á quente utilizando o éter de petróleo como solvente e o aparelho de *Soxlet* (Instituto Adolfo Lutz, 2005). O aparelho de *Soxlet* utilizado nesta análise é da marca NOVA ÉTICA, modelo 211-6. Pesou-se, em triplicata, a massa de 5g da amostra em balança analítica marca *MARTE* modelo AY220, que foram embrulhadas em papel de filtro e amarradas por um pedaço de barbante. O balão de fundo chato que recebe o óleo no processo de extração foi seco por uma hora à 105°C e pesado em balança analítica antes do processo. Em seguida as amostras foram transferidas para o aparelho, onde se acoplou cada uma ao balão de fundo chato. Acrescentou-se o solvente mantendo aquecimento durante 8 horas. Após destilação do éter, o balão com o resíduo extraído foi transferido para uma estufa a 105°C por uma hora para evaporação do restante do solvente. Ao final, após resfriamento em dessecador, pesaram-se os balões para determinação da massa de lipídeos extraída.

O cálculo do resultado de extração, foi realizado segundo a equação 2:

$$\% \text{Lipídeos} = \frac{(\text{Massa do balão} + \text{Massa do óleo extraído}) - (\text{massa balão vazio}) \times 100}{\text{Massa da amostra pesada}} \quad (2)$$



#### 4.3.3 Teor de Cinzas

A cinza é o resíduo obtido quando uma amostra é incinerada. As substâncias orgânicas presentes sofrem decomposição e o material resultante pertence a classe dos inorgânicos sendo em grandes quantidades de K, Na, Ca e Mg; pequenas quantidades de Al, Fe, Cu, Mn e Zn e traços de Ar, I, F e outros elementos.

Para a determinação do teor de cinzas, as amostras foram incineradas em cápsulas de porcelana em mufla à 550 °C, de maneira que toda a matéria orgânica fosse queimada (Instituto Adolfo Lutz, 2005).

Para isso, pesou-se a massa de aproximadamente 3,0 g em cadinhos de porcelana. As amostras foram submetidas à chama em bico de bunsen, para evitar reações violentas com conseqüente perda de amostra, caso fosse levada diretamente na mufla em alta temperatura. Em seguida foram levadas à mufla pesando-se a cada 2 horas após resfriamento em dessecador até peso constante. A massa final é determinada, constituindo a massa de cinzas presente.

É importante observar que a cinza obtida não é necessariamente da mesma composição que a matéria mineral presente originalmente no alimento, pois pode haver perda por volatilização ou alguma interação entre os constituintes da amostra. Os elementos minerais se apresentam na cinza sob a forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos e cloretos, dependendo das condições de incineração e da composição do alimento (Instituto Adolfo Lutz, 2005).

#### 4.3.4 Acidez Titulável

Realizou-se a determinação da acidez da torta pelo método conhecido como acidez titulável. Este método é o mais utilizado para análise de farinhas, cereais e amiláceos e permite conhecer o estado de conservação de um produto alimentício, visto que um processo de decomposição seja por hidrólise, oxidação ou fermentação geralmente altera a concentração dos íons de hidrogênio presentes na amostra. Os métodos que avaliam a acidez titulável funcionam através de titulações com soluções básicas padrão de soluções aquosas ou alcólicas (Instituto Adolfo Lutz, 2005).

Para essa análise, solubilizou-se 2,5 g de amostra em 50 mL de álcool 99,5% deixando-a em erlenmeyer fechado por 24 horas em repouso. Após esse tempo, transferiu-se 20 ml do sobrenadante para outro erlenmeyer, acrescentou-se 3 gotas de solução alcóolica de fenolftaleína e realizou-se a titulação com hidróxido de sódio 0,01N. Realizou-se também a titulação do branco para eliminar a interferência da análise (o branco foi apenas a solução alcoólica). O cálculo da acidez foi realizado através da equação 3.

$$\% \text{ Acidez Titulável} = \frac{(V - V') \times f \times 100}{m \times c} \quad (3)$$

Sendo:

V = volume de NaOH 0,01N gasto na titulação da amostra

V' = volume de NaOH 0,01N gasto na titulação do branco.

f = fator de correção da solução de NaOH 0,01N, f=0,9865.

m= massa da amostra pesada

c= fator que corrige a análise de acordo com a concentração de NaOH utilizada; para NaOH 0,01N, utiliza-se o fator 100.

#### 4.3.5 Umidade Inicial

A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição.

Para a determinação da umidade inicial da torta residual utilizou-se método gravimétrico que consiste na retirada da água do produto por aquecimento utilizando-se uma estufa convectiva. Neste trabalho, utilizou-se estufa a convectiva de marca *Nova Ética*, modelo N480 e pesou-se, em triplicata, a massa de aproximadamente 5,0g de amostra e calculou-se o teor de umidade pela diferença de peso entre as amostras no início e ao final do processo. Esta diferença corresponde à quantidade de água retirada. O método empregado foi o método oficial para determinação de

umidade que utiliza massa de aproximadamente 5g sob temperatura de 105°C durante 24 horas (Brasil, 1992).

#### 4.3.6 Carboidratos

O teor de carboidratos foi determinado por diferença da massa total (100%) pelo conteúdo de água, proteínas, lipídeos e cinzas presentes na amostra, tendo sido anteriormente calculado cada componente em porcentagem de massa. O cálculo é realizado através da equação 4

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - [\text{Umidade}(\%) + \text{Proteínas}(\%) + \text{Lipídeos} + \text{Cinzas}(\%)] \quad (4)$$

Os valores de carboidratos incluem a fibra alimentar (AOAC, 1990).

As análises foram realizadas no Laboratório de Alimentos do Departamento de Engenharia Química- EEUFMG e nos laboratórios de química e microbiologia do SENAI-CFP/ARG.

#### 4.3.7 Índice de Peróxido

Esta análise foi realizada para verificar a ocorrência de reação de oxidação após o processamento posterior de secagem através da comparação destes índices.

Determina-se o índice de peróxidos através do número de miliequivalentes de oxigênio ativo (ou peróxidos) por quilograma de óleo ou gordura presente na amostra. Realizou-se essa análise de acordo com o método proposto por Adolfo Lutz (2008).

O método consiste na determinação de todas as substâncias que provocam a oxidação do iodeto de potássio a iodo. São essas substâncias consideradas como peróxidos ou produtos similares provenientes da oxidação de gorduras. Os peróxidos são produtos primários da oxidação lipídica (Pimenta, 2010).

A análise foi realizada pesando-se a massa de aproximadamente 5,0g de amostra, transferindo-a para erlenmeyer com 30 mL de uma solução de ácido acético:

clorofórmio (3:2), juntamente com 0,5 mL de iodeto de potássio saturado, homogeneizou-se e deixou-se descansar por um minuto ao abrigo da luz. Então adicionou-se 30 mL de água destilada e 0,5mL de amido 1%. Em seguida, realizou-se a titulação com tiosulfato de sódio 0,01N.

#### **4.4 Obtenção da Farinha**

Para obtenção da farinha, a torta obtida após prensagem da polpa do fruto foi submetida ao processo de secagem, para redução do seu conteúdo de umidade e atividade de água, minimizando sua exposição à deterioração e aumentando sua vida de prateleira, além de atender à limites exigidos pela legislação que é de, no máximo, 15% de umidade m/m, segundo ANVISA (1996).

##### **4.4.1 Processo de Secagem**

Neste trabalho, realizou-se o processo de secagem em estufa convectiva que apresenta a vantagem de ser de fácil operação, manutenção e por se um método já conhecido e muito utilizado em processos de secagem de alimentos.

Para a escolha da temperatura adequada para a produção da farinha, foram considerados os seguintes aspectos: a umidade final do produto, tempo de secagem da torta em estufa, a desnaturação de proteínas durante o aquecimento, a rancidez e a acidez final da farinha.

A secagem da torta foi realizada em estufa com renovação de ar marca Nova Ética, modelo N480 à pressão atmosférica, em três diferentes temperaturas: 60°, 70° e 80°C. As três temperaturas foram investigadas por caracterizarem faixa usual de secagem de polpa de frutos (Alexandrino, *et al*, 2011).

Para o levantamento das curvas de secagem, utilizaram-se amostras de aproximadamente 5 g as quais foram secas, em placas de petri nas temperaturas mencionadas acima. As placas foram retiradas da estufa e pesadas a cada 5 minutos nos primeiros 60 minutos de secagem para melhor detalhamento das curvas no

período em que usualmente observam-se taxas significativas de secagem. Após este tempo, a pesagem se deu em intervalos de 30 minutos, até peso constante.

A curva de secagem características (Umidade x Tempo) foi construída a partir dos dados de secagem obtidos para completa caracterização do processo de secagem.

Após realização das análises de proteína (método de *Kjedall*), rancidez (índice de peróxidos), acidez da amostra (acidez titulável), descritos no item 4.3, e a comparação do tempo gasto na secagem, determinou-se a temperatura ideal de processamento.

#### 4.4.2 Construção da Curva de Sorção- Umidade x Atividade de Água

As isotermas de sorção são condições de equilíbrio entre a umidade do produto e sua atividade de água. Mediu-se a atividade de água da farinha produzida durante o processo de secagem na temperatura ambiente (25 °C) utilizando o aparelho *AQUA LAB*, pertencente ao Laboratório de Engenharia de Alimentos do DEQ-UFMG.

Amostras de 5 g da torta foram pesadas em placas de petri e submetidas ao aquecimento. Essa medida foi tomada para que não houvesse perda da amostra cada vez que se fosse retirada da estufa e passada para cápsula de polietileno (porta amostra), do medidor de atividade de água *AQUALAB*. As medidas foram realizadas retirando-se as amostras da estufa identificadas de 10 em 10 minutos para o levantamento das isotermas de sorção das farinhas. Em cada medida da atividade de água, colocou-se uma quantidade de amostra suficiente para cobrir o fundo da cápsula de polietileno (porta amostra), evitando assim imprecisão nos resultados (Braseq, 2012). O conhecimento destas curvas de sorção é indispensável para determinar o teor de água final necessário para estabilizar o produto.

#### 4.4.3 Cominuição da Torta Desidratada

Após secagem, na temperatura ideal previamente estabelecida, submeteu-se a farinha à moagem em moinho de facas (liquidificador industrial), seguido de peneiração para classificação granulométrica utilizando uma peneira de 20 malhas, abertura de 0,84mm, que após testes foi a que apresentou a melhor relação de maior passagem do produto e menor tamanho do grão. O tempo de moagem ideal foi determinado de modo que a granulometria final fosse satisfatória ao emprego na produção do bolo. Para a farinha de trigo a ANVISA (1996) determina que 98% do produto deve atravessar uma peneira com abertura de malha de 0,25 mm. A granulometria da farinha de macaúba de 0,84mm é maior devido à característica fibrosa do fruto, porém aparentemente pode ser aplicada à formulação de um bolo. O acondicionamento do produto final foi realizado a vácuo, em sacos plásticos, e armazenados ao abrigo da luz e do calor até que fossem utilizados na preparação dos bolos.

#### 4.5 Caracterização da Farinha

Caracterizou-se a farinha sob os aspectos físico-químico e microbiológico:

##### 4.5.1 Caracterização Físico-Química

A caracterização da farinha foi realizada em triplicata através das mesmas análises realizadas para a torta residual descritas no item 4.3, quais sejam: teor de umidade; análise de lipídeos; acidez titulável; determinação de proteínas; carboidratos; teor de cinzas; rancidez (índice de peróxidos). As análises adicionais foram as de fibra e a determinação da atividade de água. Através da caracterização, avaliaram-se os efeitos da secagem no produto final.

- Teor de fibra insolúvel e solúvel

Foi determinado empregando-se metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005), que consiste em tratar o alimento com diversas enzimas fisiológicas, simulando condições de um intestino. Isso promoverá a separação e quantificação do conteúdo total da fração. Para a determinação da fibra bruta, uma amostra livre de umidade é digerida primeiro com uma solução ácida 1,25% e posteriormente alcalina a 1,25%. O resíduo orgânico é coletado num cadinho de Gooch. A perda de peso após ignição é denominada fibra bruta. A análise foi realizada pelo Laboratório de Análises Físico-Química (LABM), um laboratório de caráter privado de análises de alimentos localizado na cidade de Belo Horizonte.

- Atividade de água

A atividade de água pode explicar a estabilidade do produto através da determinação da disponibilidade de água existente em um determinado produto (água livre), visto que essa dissociação permite a previsão das condições da participação dessa água em reações químicas e enzimáticas ou do crescimento microbiano.

Para a determinação da atividade da torta residual utilizou-se o aparelho de marca *AQUA LAB* modelo: TE8287, série 3. Pesou-se em triplicata, a massa de aproximadamente 1g suficiente para cobrir o fundo do porta amostra sob temperatura ambiente.

A determinação da  $a_w$  foi realizada em condições de temperatura ambiente (~25°C).

#### 4.5.2 Caracterização Microbiológica

A análise microbiológica da farinha obtida foi realizada conforme o estabelecido na RDC 12/2001 pela ANVISA, pesquisando-se *Salmonella sp*, *Bacillus cereus*, *Coliformes totais*, *E. coli* e *Bolores e leveduras*. Esta análise foi realizada no laboratório de Microbiologia- SENAI-CFP/ARG.

## 4.6 Aplicação da Farinha Produzida

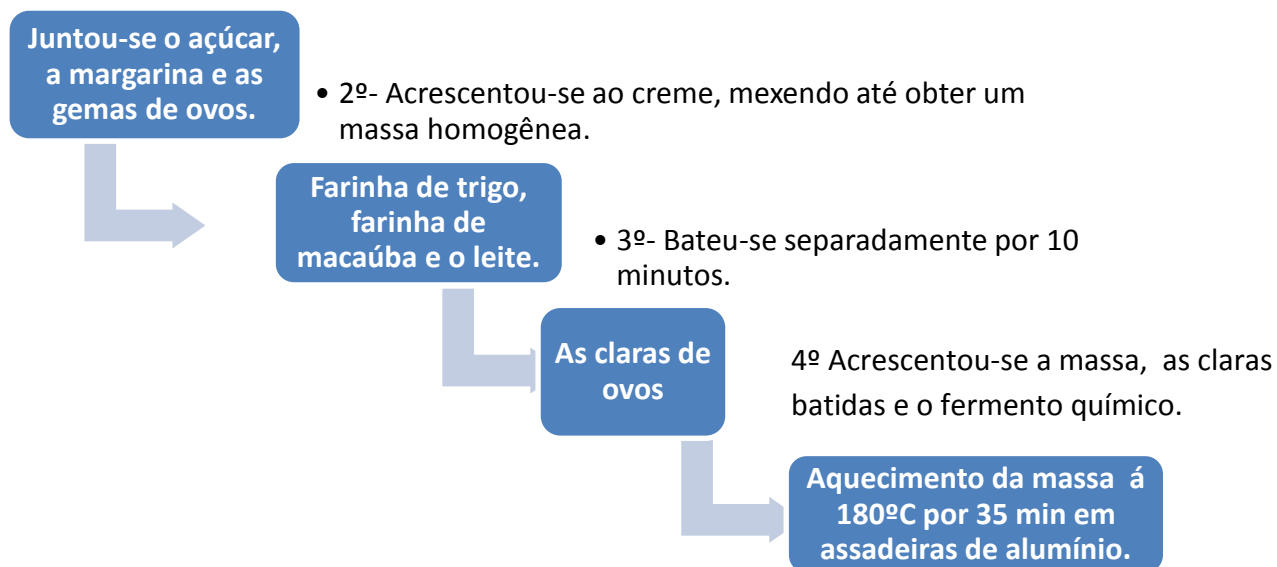
Com o intuito de investigar o potencial de utilização da farinha em produtos alimentícios optou-se pela produção de um bolo a base dessa farinha.

Para tanto, produziram-se amostras de bolo com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de macaúba, com diferentes formulações, testando-se as proporções de 30%, 42% e 54% de substituição, baseando-se em produtos semelhantes obtidos a partir da farinha de frutos e legumes encontrados na literatura.

O procedimento realizado na produção das três formulações está descritos na figura 17 abaixo:

Figura 17- Fluxograma de Preparação das Formulações dos Bolos.

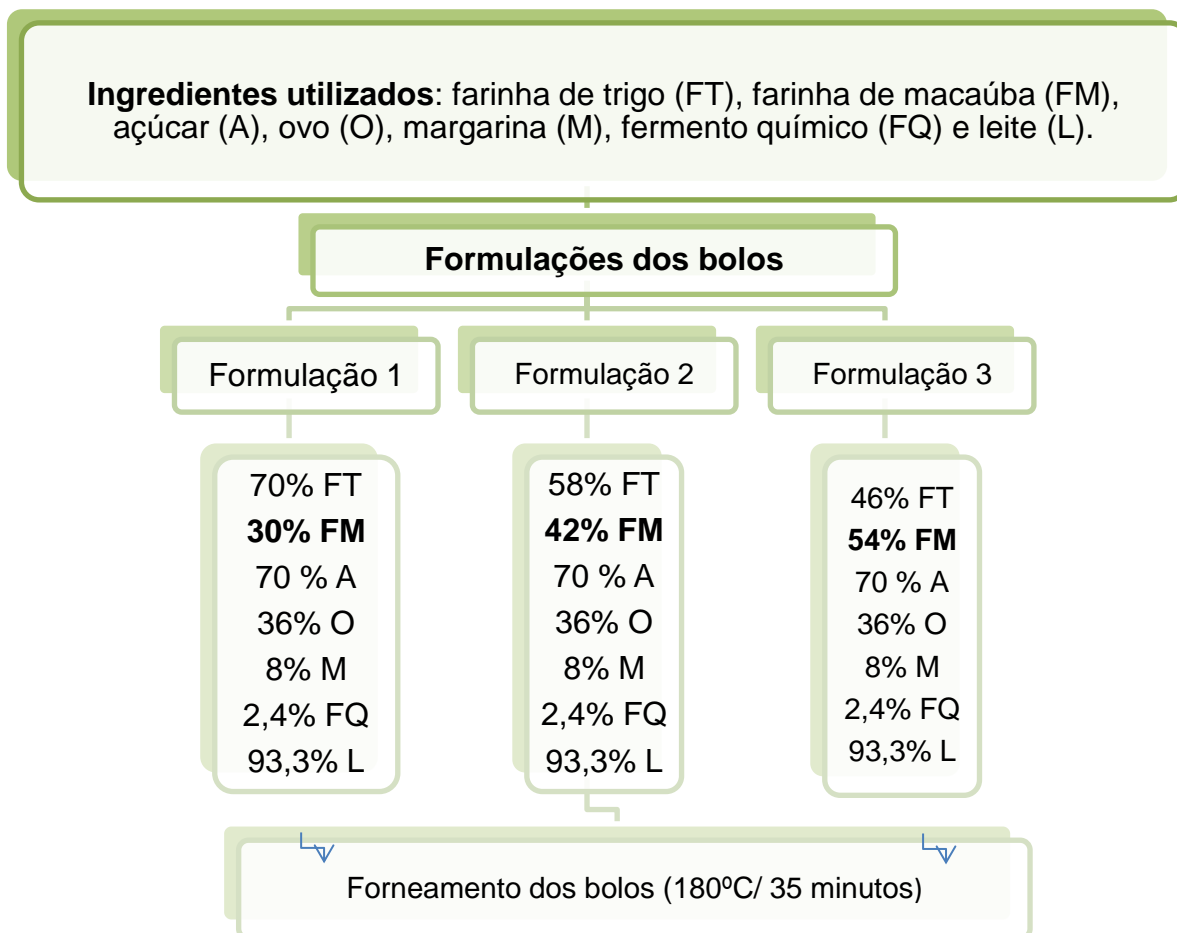
- 1º- Preparação de um creme- Batido por 10 minutos



As porcentagens dos ingredientes utilizados nas formulações investigadas em relação a quantidade de farinha estão apresentadas na figura 18:



Figura 18- Fluxograma das Quantidades de Ingredientes na Produção dos Bolos



#### 4.7 Análise Sensorial

Os bolos preparados com as diferentes porcentagens da farinha da torta residual de macaúba em substituição à farinha de trigo descritos no item 4.5 foram avaliados sensorialmente por meio do teste de aceitação, que tem como objetivo medir atitudes de aceitação ou preferência de produtos de forma individual ou em relação a outros produtos (Ribeiro, 2008).

De acordo com Dutcosky (2007), não se deve ter menos de 50 respostas para a preferência e aceitabilidade em testes realizados em laboratório. Para o presente trabalho realizou-se a análise sensorial com 60 provadores não treinados, escolhidos aleatoriamente, entre funcionários, professores e estudantes do Curso de Farmácia da UFMG, de ambos os sexos e idade entre 18 e 45 anos, no laboratório de análise sensorial da FAFAR- Departamento de Alimentos da UFMG. Esse número de provadores foi determinado para que cada sequência de entrega das amostras seja avaliada igualmente. Como avaliam-se três amostras, tem-se seis sequências diferentes, portanto cada sequência foi avaliada dez vezes.

A análise foi realizada em cabines individuais, iluminadas com luz branca, utilizando-se escala hedônica nominal de 7 pontos, no qual o ponto âncora inferior corresponde a “desgostei extremamente”, o ponto âncora superior a “gostei extremamente” e o ponto central a “ não gostei, nem desgostei” onde cada provador indicou o quanto gostou ou desgostou de cada atributo: aparência, aroma, sabor, textura e impressão global. Para avaliação da intenção de compra utilizou-se uma escala nominal de 5 pontos, no qual o ponto âncora inferior corresponde a “certamente não compraria”, o ponto âncora superior a “certamente compraria” e o ponto central a “talvez comprasse, talvez não comprasse”.

As três amostras de bolos (produtos A, B e C), com peso aproximado de 50 g, foram servidas aos provadores monadicamente à temperatura ambiente, codificadas com 3 dígitos de forma aleatória, com um copo de água à temperatura ambiente para enxaguar a boca após cada avaliação e um biscoito água para intercalar uma amostra da outra, de modo a garantir avaliação livre de resíduos gustativos da amostra anterior.

Realizou-se a análise de variância (ANOVA) nos resultados dos testes considerando a amostra e o avaliador como causas de variação. Para os casos em que a hipótese nula de igualdade foi rejeitada, procedeu-se ao Teste de Comparação de Médias de Tukey a um nível de 95% de confiança. Esta análise de variância é um procedimento utilizado para comparar três ou mais tratamentos. Os tratamentos são variáveis independentes, condições impostas que se desejam medir ou avaliar em um experimento. Para o cálculo do índice de Aceitabilidade, realizou-se o cálculo da porcentagem da nota atribuída a cada atributo em relação à nota máxima. Considera-se uma amostra como de boa aceitação quando apresenta Índice de Aceitabilidade maior ou igual a 70%. Se as amostras recebem notas 5 (gostei ligeiramente), 6 (gostei muito) e 7 (gostei extremamente) são consideradas dentro da faixa de aceitação. A faixa de rejeição engloba as notas 1 (desgostei extremamente), 2 (desgostei muito), 3 (desgostei ligeiramente) e a região de indiferença é representada pela nota 4 (não gostei nem desgostei) (Teixeira, 2011).

Para a realização dos ensaios de análise sensorial, o projeto foi submetido ao Comitê de ética e Pesquisa da UFMG–COEP, tendo sido aprovado em 28 de fevereiro de 2012, de número 0068.0.203.000-11, conforme atestado apresentado no Anexo 1.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em consonância com os itens da Metodologia, a seguir descrevem-se os resultados obtidos conjuntamente com análise, procurando-se fornecer uma discussão consubstanciada.

### 5.1 Obtenção da Matéria-Prima

A visita aos principais pontos de plantações de macaúba no Campus da UFMG apontou que os melhores pontos de instalação dos coletores foram nas palmeiras localizadas próximas ao restaurante setorial II, devido a quantidade de cachos, o que pode ser observado na Figura 19.

Figura 19- Coletores instalados nas palmeiras próximas ao restaurante setorial II



Fonte: Acervo Pessoal, 2012

Ao utilizar-se esse coletor, garantiu-se o máximo de qualidade dos frutos coletados diminuindo o contágio por microrganismos presentes no solo.

A colheita dos frutos foi considerada satisfatória no intervalo de 3 em 3 dias nas 5 palmeiras colhendo-se de 10 a 15 frutos em cada palmeira no início da safra de novembro a dezembro, diminuindo esse número para de 5 a 10 frutos no meses seguintes (Figura 20).

Figura 20- Frutos colhidos pelo coletor instalado próximo ao restaurante setorial II-UFMG



Fonte: Acervo Pessoal, 2012

Além dos frutos colhidos neste coletor, exploraram-se outras palmeiras presentes no campus da UFMG tendo o cuidado de recolher aqueles frutos de aparência uniforme, com a casca lisa e sem rachaduras.

Após higienização e rompimento da casca separaram-se os cocos de melhor aparência (amarelo claro), garantindo obtenção de frutos que apresentassem um óleo de menor teor de acidez, com aparência tal como ilustrado na Figura 21.

Figura 21- Coquinhos descascados



Acervo Pessoal, 2012.

Depois da retirada da polpa do endocarpo, aproximadamente 1,2 Kg de polpa foram distribuídas uniformemente em formas de alumínio para o processo de secagem, conforme descrito no item 4.1 e ilustrado na Figura 22.

Figura 22- Bandeja contendo polpa de macaúba antes do processo de secagem.



Fonte: Laboratório de Alimentos – DEQ/UFMG, Acervo Pessoal (2012)

A polpa parcialmente desidratada passou por uma cominuição através de um triturador semi industrial reduzindo consideravelmente seu tamanho.

Em seguida foi levada a extração em prensa mecânica como apresentado na figura 23. Por algumas vezes houve queima da polpa quando essa era prensada acima de 4 vezes, percebendo-se a necessidade de controle e ajuste da abertura da prensa. Estipulou-se, então, 3 ciclos para retirada do óleo com abertura de cerca de 1 cm

Figura 23- Prensa Mecânica Utilizada na extração do óleo de macaúba



Fonte: Acervo Pessoal, 2012.

Após extração do óleo separou-se a torta residual em sacos plásticos sendo novamente armazenadas e refrigeradas a 7°C como ilustrado na Figura 24.

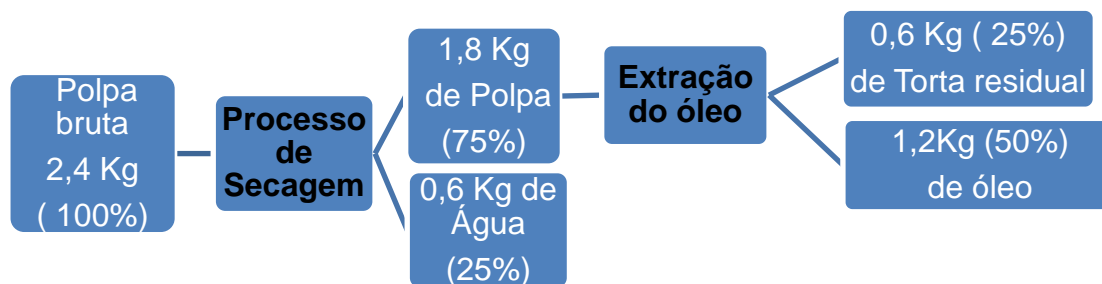
Figura 24- Torta residual da extração do óleo armazenada em sacos plásticos.



Fonte: Acervo Pessoal, 2012.

A Figura 25 apresenta o fluxograma como exemplo do cálculo do rendimento obtido durante todo o processo de obtenção da torta residual (matéria- prima), após extração do óleo.

Figura 25- Fluxograma do Rendimento para Obtenção da Torta Residual



No caso apresentado observa-se, a partir da Figura 25, que o processo de secagem reduziu 25% da umidade da polpa bruta obtendo-se 1,8 Kg de polpa com teor de umidade reduzido. Dessa polpa, após extração, retirou-se 1,2Kg de óleo, o que representa 66,7% de rendimento. E de torta residual, a matéria-prima desse trabalho, obteve-se 0,6Kg representando 33,3% de rendimento. Em relação à polpa bruta, o rendimento é de 25%. O que podemos inferir que se obtêm 0,5 Kg de torta por Kg de óleo extraído. Este resultado explicita a importância do presente estudo, uma vez que a quantidade de torta gerada por kg de óleo, resíduo da extração, é bastante representativa. Buscar agregar valor a este coproduto demonstra ser uma necessidade do processo global.

## 5.2 Cálculo do teor de lipídeos e água da polpa.

Como apresentado na Tabela 6, o cálculo para o teor médio de água da polpa dos frutos apresentou o valor de  $53,9\% \pm 0,2$  (b.s) e o teor médio de óleo em base seca  $56,18\% \pm 0,5$  (b.s). PIMENTA et al (2010) obtiveram teores de água e óleo de, respectivamente,  $49,4\% \pm 3,25$  (b.s) e  $49,01\% \pm 1,03$  (b.s) para a polpa da macaúba nos frutos colhidos no campus da UFMG, na Escola de Odontologia. SILVA et al. (2008) obtiveram teores de água e óleo de, respectivamente,  $34,3\% \pm 0,13$  (m/m) e  $22,68\% \pm 0,21$  (b.s) para a polpa da macaúba no estado de Goiás. Os resultados determinados neste trabalho e reportados na literatura estão sumarizados na tabela 5 e sua análise demonstra a variabilidade dos teores de água e óleo dos frutos da palmeira de macaúba, o que pode ser atribuído à região de produção e a safra em que a colheita foi realizada. Pode-se observar, ainda, que os resultados sugerem que a região deve ser o fator mais influente, uma vez que os resultados aqui obtidos



apresentam menor discrepância com os resultados obtidos por Pimenta (2010) que também investigou frutos colhidos no campus da UFMG.

Tabela 6 - Teores de água e óleo da polpa da macaúba.

Parâmetros	Presente Trabalho (%)	Pimenta (2010) (%)	Silva (2008) (%)
<b>Teor de água (b.s)</b>	53,9 ± 0,1	49,4 ± 3,3	34,3 ± 0,1
<b>Teor de óleo (b.s)</b>	56,18 ± 0,2	49,01 ± 1,0	22,68 ± 0,2

### 5.3 Caracterização da Torta Residual da Polpa

Todas as análises para a caracterização da torta residual foram realizadas em triplicata como descrito na metodologia. Os valores médios dos teores de proteínas, lipídeos, cinzas, umidade, carboidratos estão apresentados na Tabela 7 e discutidos nos itens subsequentes.

Tabela 7 - Valores Médios dos teores de Proteínas, Lipídeos, Cinzas, Umidade e Carboidratos da Torta Residual de Macaúba (% m/m).

PARÂMETROS	TEOR (%) (b.s)
Proteínas	8,0 ± 0,5
Lipídeos	25,8 ± 0,2
Cinzas	4,4 ± 0,3
Acidez Titulável	2,7 ± 0,2
Umidade	8,44 ± 0,3
Carboidratos	53,36 ± 0,5
Rancidez	negativo

Fonte: Acervo Pessoal, 2012.

A análise de proteína bruta na torta residual apresentou o teor médio de 8,0 ± 0,5 % (b.s). Galvani *et al* (2010) encontrou para a torta formada pela polpa e amêndoa da macaúba coletada na região de Corumbá, MS, teor de 3,94% Silva *et al* (2008)

encontrou para a polpa da macaúba colhida na cidade de Goiânia, o teor de  $2,76 \pm 0,21$  % de proteína, considerando a redução no valor da massa da polpa após extração do óleo e que nesse processo não há perda de proteína é possível estimar que a torta após extração apresentará o teor de 4,14%. Observa-se que a região influencia no teor de proteína do fruto, sendo o fruto estudado no presente trabalho de maior teor.

Os resultados apontam que a torta residual ainda apresenta em média  $25,8 \pm 0,2\%$  de lipídeos em sua constituição. Galvani et al (2010), encontraram para a torta da polpa da macaúba após prensagem o percentual de lipídeos de 29,6%, resultados próximos aos encontrados. No entanto, os resultados apresentados por Pimenta (2010) trazem a torta residual apresentando a porcentagem de óleo de 5,47%, demonstrando uma eficiência de 77,5% na extração do óleo e sendo a desse trabalho de 66,7%. No entanto, no trabalho por ele realizado não havia a preocupação com a qualidade e aparência da torta obtida, o principal objetivo era de se extrair a maior quantidade de óleo possível. Diferentemente, o presente trabalho visa uma torta residual que não sofra queima, não perca suas propriedades e constituintes para assim ser utilizado em produtos alimentícios, também de bom valor agregado.

A análise do teor de cinzas na torta residual apresentou o valor médio  $4,4 \pm 0,3$  %.(b.s) Em pesquisa realizada por Nascimento (2011) em amostras de macaúba coletadas na zona rural do município de Bambuí (MG) encontrou-se para cinzas o mesmo valor de 4,4%. Já no trabalho realizado por Silva (2009), encontrou-se o teor menor de 1,37 % para a polpa de macaúba colhida nos Municípios de Santa Luzia e Município de São Gonçalo do Estado de Minas Gerais. Mais uma vez, verifica-se a variabilidade de resultados devido à região de produção.

A acidez da torta residual é decorrente do óleo ainda presente. A análise de acidez da torta residual da polpa de macaúba apresentou o teor de  $2,7 \pm 0,2\%$ , valor esse bem próximo ao reportado por Ferrari e Ocanha (2011) de 2,1% que analisaram o teor de acidez do óleo extraído da polpa após prensagem. Não foram encontrados na literatura, resultados para acidez titulável da torta residual da macaúba que tornasse possível uma comparação.

A umidade inicial da amostra (torta residual) foi de  $8,44 \pm 0,33$  %. Não foram encontrados trabalhos que apresentassem a umidade inicial da torta residual da polpa da macaúba após extração do óleo, apenas artigos que tratavam da eficiência da prensagem trazendo resultados da umidade total da polpa, como apresentado na tabela 2 do presente trabalho.

Para a determinação da quantidade de carboidratos presentes na torta residual da extração do óleo da polpa de macaúba, o cálculo realizado por diferença, como descrito no item 4.3 foi de 53,36% de carboidratos, incluindo a quantidade de fibra alimentar presente na torta. Segundo Ferrari e Ocanha (2011), a torta da polpa de macaúba colhida na região leste de São Paulo apresenta o teor de 60,1% de carboidratos. Silva et al (2008) apresentaram valores de carboidratos de 35,06% e fibra bruta de 11,14% , somando-se 46,2% de carboidrato total do fruto da macaúba colhido na cidade de Goiânia-GO. Essas variações mostram as diferenças entre as regiões de colheita dos frutos.

Para a torta residual da polpa de macaúba a análise de rancidez apresentou resultado negativo. A análise foi realizada por mais de dez vezes sem obtenção de resultado positivo. Isto demonstra que não houve oxidação dos lipídeos, indicando o potencial de utilização da torta para fins de alimentação humana.

Conforme apresentado e discutido detalhadamente, a caracterização da torta residual apontou boa eficiência em relação à extração do óleo, devido aos baixos valores de umidade e a quantidade de lipídeos restante na torta. A composição centesimal apresentou resultados satisfatórios, trazendo quantidades significativas de proteína e carboidratos, além de baixa acidez. Quantificou-se, também, a porcentagem de cinzas e a rancidez apresentou valor negativo.

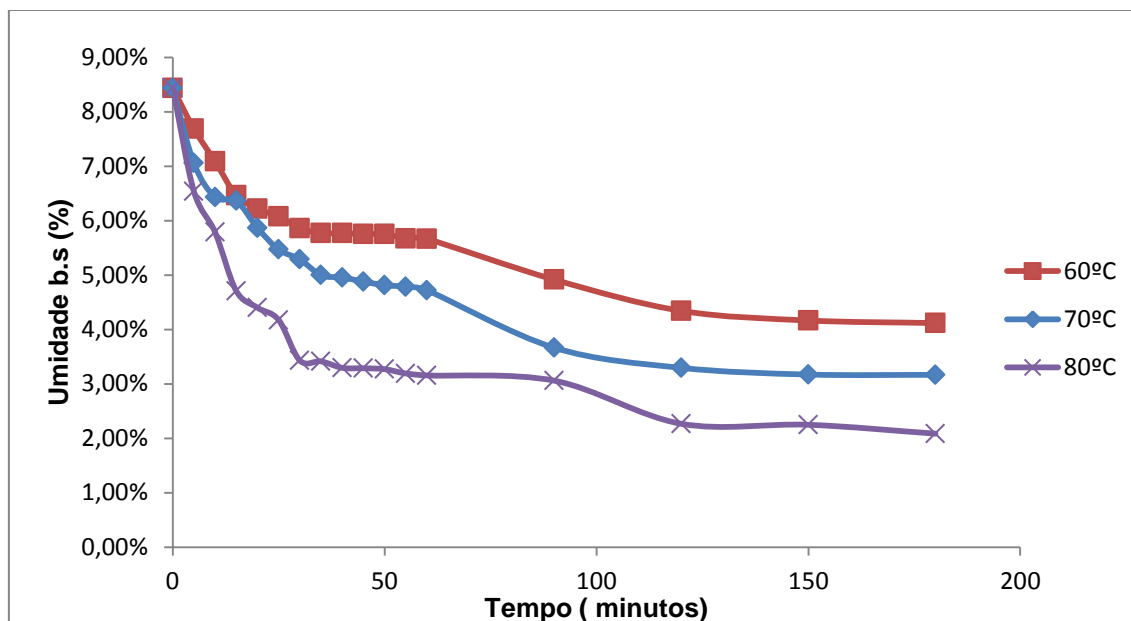
#### **5.4 Obtenção da Farinha**

Para obtenção da farinha realizou-se o processo de secagem. Em seguida, realizaram-se a caracterização físico-química e microbiológica, descritos nos itens que se seguem.

### 5.4.1 Processo de Secagem

A torta foi submetida a secagem nas três temperaturas investigadas (60, 70 e 80°C). A curva de secagem característica foi levantada e está apresentada na figura 26 (Umidade x Tempo).

Figura 26- Curvas de Secagem Umidade x Tempo (T= 60, 70 e 80°C)



As curvas da Figura 26 representam a diminuição do teor de água da torta durante o processo de secagem, construídas com o conteúdo de umidade (%), em relação à evolução do tempo de secagem (minutos).

Nota-se que a curva que representa a temperatura de 80°C mostra uma redução na razão de umidade mais acelerada que na curva de 70°C que, por sua vez, demonstrou redução mais rápida que a curva de 60°C.

A torta quando submetida à temperatura de 80°C atingiu umidade final de 4% em menos de 50 minutos. Essa mesma umidade é atingida após três horas de aquecimento na temperatura de 70°C e não é atingida na temperatura de 60°C.

Ao aquecer-se a torta por 3 horas à temperatura de 80°C obtém-se a umidade final de 2%. Essa umidade não é atingida nas temperaturas de 60°C e 70°C neste mesmo tempo.

Então, definiu-se temperatura de 80°C e tempo de 50 minutos para o processamento, considerando-se que um teor de umidade de 4% para o produto (farinha) é satisfatório, uma vez que a legislação estabelece limite bem superior (até 15%). Considerou-se que a redução até um teor de 2% (valor mínimo de umidade atingido) exigiria um tempo de processamento de 3h, consideravelmente maior que o de 50 minutos, demandando, assim, um gasto energético maior, implicando em mais alto custo de processamento.

Esta condição de processamento (80°C por 50 minutos) deve ser confirmada pelas análises que se discutem a seguir: acidez, rancidez e teor de proteínas, de modo a verificar se houve degradação do material nestas condições.

- Acidez da torta após Secagem

Analisou-se a acidez da farinha após a secagem da torta nas três temperaturas (60°C, 70°C e 80°C). A acidez anteriormente determinada de  $2,72 \pm 0,06$  % da torta após o aquecimento por três horas, a 60°C atingiu o valor de  $7,06 \pm 0,55$  %, após a secagem por três horas à 70°C a acidez atingiu o valor de  $7,25\% \pm 0,16$  % e após secagem por 50 minutos à 80°C a acidez foi de  $7,19 \pm 0,08$  %, esses tempos foram escolhidos padronizando a umidade final alcançada de 4%, concluindo-se que ocorreu durante o processo de secagem o aumento da acidez da torta nas três temperaturas testadas, porém não houve diferença significativa entre os valores de acidez para as três condições testadas, utilizando-se Teste de Tukey, a 95% de confiança. O aumento da temperatura provocou esse aumento na acidez devido à formação de radicais livres dos ácidos graxos de cadeias insaturadas presentes nas moléculas de gordura induzindo assim ao processo de oxidação. No entanto, a formação de substâncias tóxicas, como os peróxidos, depende não só da acidez, mas também da forma de armazenamento, exposição à luz e de possíveis reações enzimáticas (Ordóñez, 2005).

#### • Teor de Proteínas da torta após Secagem

Realizou-se a análise de proteína da farinha produzida após secagem da torta nas três temperaturas 60°C, 70°C e 80°C (torta com umidade de 4%). A porcentagem de proteína inicial em base seca presente na torta foi de  $8,74 \pm 0,2\%$  ( b.s). Após a secagem da torta à 60°C e 70 °C por três horas obteve-se valor de  $8,42 \pm 0,5 \%$ (b.s). e  $8,12 \pm 0,4\%$ ( b.s)., respectivamente. Após 50 minutos de secagem da torta à 80°C, atingiu-se o teor de  $7,20 \pm 0,4\%$  (b.s).. Após análise estatística, empregando-se teste de Tukey a 95% de confiança, determinou-se que não diferença significativa entre os processamentos nas três temperaturas. Entretanto, para 80 °C, houve diferença estatisticamente significativa em relação ao teor de proteínas da torta residual (antes do processamento), resultando em diminuição de cerca de 1,5%. Essa diminuição da quantidade de proteína se deve a hidrólise das ligações peptídicas provocadas pelo tratamento térmico, que causa a desnaturação parcial da proteína, mudando sua estrutura e fazendo com que sua digestão no organismo ocorra mais facilmente (Ordóñez, 2005). Portanto, como não se pode considerar que houve diferença entre os processamentos, mas uma pequena redução no valor de proteínas durante o processamento a 80°C, o que pode, inclusive, resultar em maior disponibilidade desta proteína, esta análise confirmou a adequação do processamento escolhido de 80 °C, durante um tempo de 50 minutos, para obtenção da farinha.

#### • Teor de Rancidez da torta após Secagem

A análise de rancidez apresentou o mesmo resultado encontrado para a torta residual, após aquecimento das amostras sob as três temperaturas (60°C, 70°C,80°C), ou seja, a torta não apresentou resultado positivo para rancidez. A análise foi realizada como descrito na metodologia (item 4.2.6), tanto na amostra direta quanto no óleo extraído da amostra pelo método utilizando o aparelho de *Sox/let*.

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a temperatura de 80°C é condição de processamento mais apropriada para secagem da torta residual, uma vez que pode ser realizada em apenas 50 minutos, atingindo uma umidade final adequada (4%), variação da acidez de 2,72% para 7,19%, ausência de rancidez e pequena redução

no teor de proteína reduzindo de  $8,74\% \pm 0,20$  a  $7,20 \pm 0,40\%$  de proteína. Um resumo das análises está apresentado na Tabela 8.

Tabela 8- Parâmetros analisados para escolha da Temperatura de Secagem da Torta

PARÂMETROS	Torta antes da secagem	Torta seca à 60°C (3 h)	Torta seca à 70°C (3 h)	Torta seca à 80°C (50 min)
<b>Acidez</b>	$2,72 \pm 0,06^a$ %	$7,06 \pm 0,55^b$ %	$7,25 \pm 0,16^b$ %	$7,19 \pm 0,08^b$ %
<b>Proteína (b.s)</b>	$8,74 \pm 0,20^a$ %	$8,42 \pm 0,50^{ab}$ %	$8,12 \pm 0,40^{ab}$ %	$7,20 \pm 0,40^b$ %
<b>Rancidez</b>	negativo	negativo	negativo	negativo

Médias seguidas da mesma letra para um mesmo parâmetro não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

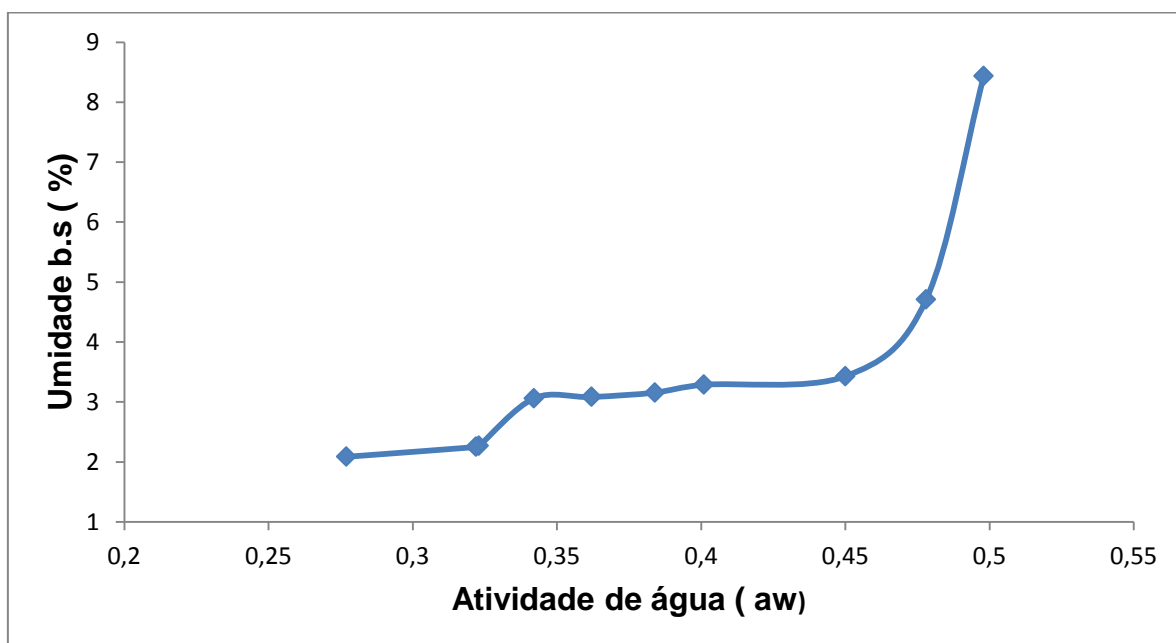
#### 5.4.2 Construção da Curva de Sorção- Umidade x Atividade de Água

Construiu-se a curva de sorção da torta residual da polpa de macaúba submetido à aquecimento por 3 horas à temperatura de 80°C, com os valores de umidade e atividade de água determinados, apresentados na Tabela 9. A Figura 27 apresenta a curva de sorção através desses valores.

Tabela 9 - Resultados das Análises de Teor de Umidade e Atividade de Água da Torta de Macaúba seca à Temperatura de 80°C

Tempo	Umidade	Aw
0	7,78	0,50
10	6,58	0,48
20	3,26	0,46
30	3,16	0,45
40	3,03	0,40
50	2,96	0,39
60	2,91	0,38
70	2,84	0,37
80	2,83	0,36
90	2,82	0,34
120	2,09	0,32
150	2,07	0,32
180	1,92	0,28

Figura 27-. Curva de Sorção - Umidade versus Atividade de Água da Torta de Macaúba a 25°C.

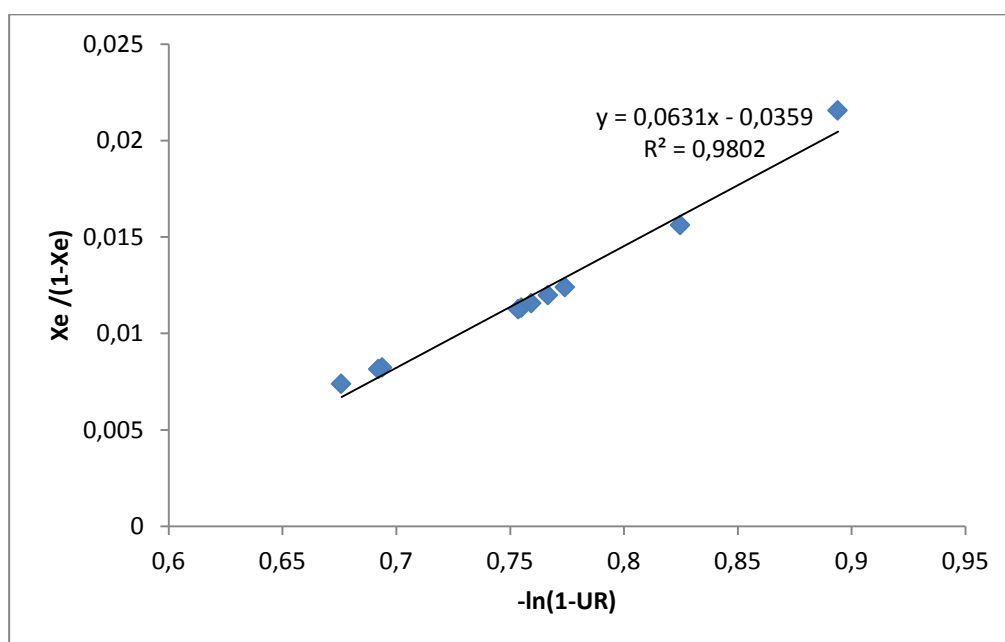




A atividade de água está diretamente ligada ao valor da umidade da amostra. Na Figura 27 é possível verificar que o maior valor de atividade de água é de 0,5 associada a maior umidade de aproximadamente 8%, sendo essa a umidade inicial da amostra. Para o valor de umidade alcançada de 4%, a torta apresenta atividade de água de 0,4. De acordo com Braseq (2012), substratos com  $a_w$  inferior a 0,6 estão assegurados quanto a contaminação microbiana. Portanto, a farinha produzida apresenta  $a_w$  desfavorável à proliferação, garantindo sua estabilidade por mais tempo. Observa-se, ainda, que a curva apresenta formato sigmoide, comportamento tipicamente encontrado em alimentos.

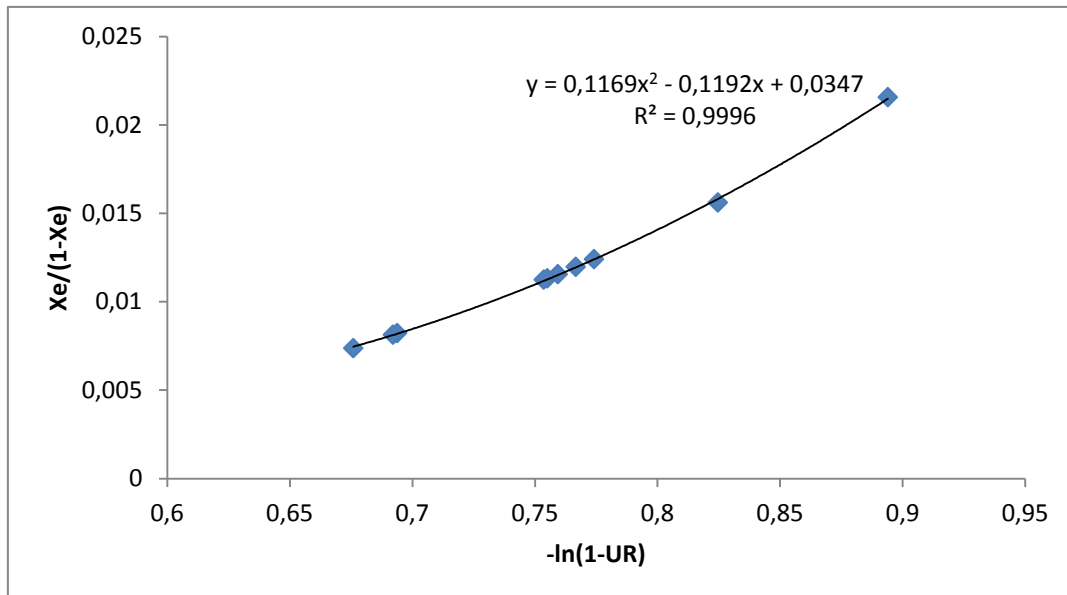
Quatro modelos de isotermas foram testados, tendo sido a de melhor ajuste a isoterma de Smith (coeficiente de ajuste  $R^2 = 0,9802$ ), como se pode observar na Figura 28 em que a umidade de equilíbrio, na base seca, está representada por  $X_e$ . O valor encontrado para os parâmetros do modelo foram  $a_3 = 0,0359$  (estimativa da umidade de superfície da monocamada na superfície do sólido) e  $a_4 = 0,0631$  (estimativa da umidade requerida para completar a primeira camada de moléculas de água sobreposta à camada adsorvida). A partir da equação determinada, é possível inferir a atividade de água para outros valores de umidade de equilíbrio.

Figura 28 – Ajuste ao modelo de Isoterma de Smith



Um ajuste ainda melhor pode ser obtido empregando-se uma equação polinomial de 2º grau (Figura 29), com coeficiente de ajuste  $R^2 = 0,996$ . No entanto, os parâmetros não têm significado físico, sendo, apenas, parâmetros de ajuste do modelo. No entanto, a inferência de valores de atividade de água para determinada umidade de equilíbrio é mais exata a partir deste modelo empírico.

Figura 29 – Isoterma de Sorção – Ajuste a um modelo polinomial



## 5.5 Caracterização da Farinha

Assim como a torta residual a caracterização da farinha produzida apresentou resultados satisfatórios com relação aos parâmetros de qualidade desejados. A escolha da temperatura de 80°C e o tempo de 50 minutos resultou uma umidade final da farinha de 4,5%, e a atividade de água de 0,4 a temperatura ambiente, o que diminui a possibilidade de proliferação de microrganismos e ocorrência de frações de degradação. Para as análises físico-químicas os resultados mostraram que a temperatura de secagem escolhida não interferiu de forma negativa na composição final da farinha. A análise de fibras mostrou que a quantidade presente de 20% agrega valor nutricional a farinha, ou seja, constitui uma matéria-prima interessante, principalmente em produtos carentes deste componente e dependendo da quantidade dessa farinha utilizada na fabricação de um produto, pode caracterizá-lo como um alimento funcional, o qual de acordo com a Anvisa (1998) o alimento recebe essa denominação quando 100g do produto final contém 3 g de fibra.

### 5.5.1 Caracterização Físico-Química

Após obtenção da farinha, realizaram-se as análises físico-químicas no laboratório LABM, obtendo-se a sua composição centesimal em termo de: umidade, proteínas, carboidratos, lipídeos, fibra e cinzas. A análise de rancidez também foi realizada para melhor caracterização da farinha obtida. Os resultados estão apresentados na tabela 10, abaixo.

Tabela 10 - Valores Médios da Composição Centesimal da Farinha de Macaúba

<b>PARÂMETROS</b>	<b>TEOR(%) (b.s)</b>
Teor de Proteína total	7,20
Teor de Lipídeos	27,1
Teor de Cinzas	4,2
Teor de Umidade	4,5
Teor de Carboidratos totais	41,9
Teor de Fibras Totais	20,0

Fonte: Laudo Técnico- Laboratório LABM, 2012, ( Valores convertidos para base seca).

As análises da composição centesimal da farinha de macaúba foram realizadas seguindo os métodos recomendados pelo Instituto Adolfo Lutz (2005). O laudo detalhado fornecido pelo laboratório no anexo 2.

Não foram encontrados trabalhos que apresentassem a composição centesimal da farinha de macaúba após extração do óleo para efeito de comparação. Nota-se, então, o carácter inédito deste trabalho em relação a esta caracterização.

O teor de lipídeos determinado para a farinha da torta de macaúba obteve valor de 27,1% (b.s). Para a torta residual encontrou-se o valor de 25,8%  $\pm$  0,2 (b.s), ou seja, após o processo de secagem para obtenção da farinha (perda de umidade) aumentou-se a porcentagem correspondente ao lipídeo no produto final. Conclui-se que não houve perdas durante o processo de secagem.

Determinou-se o valor de  $7,20 \pm 0,4$  % (b.s) de proteína na farinha da macaúba. Para efeito de comparação encontrou-se na literatura o teor de 4,29% de proteína na farinha da polpa de macaúba, produzida artesanalmente por desidratação e moagem produzida na região de Mato Grosso (Galvani et al, 2010). Concluindo-se que o teor de proteína da farinha produzida no presente trabalho é consideravelmente maior.

O teor de cinzas da farinha foi determinado como sendo de 4,2% (b.s) e o resultado obtido para a torta residual da polpa de macaúba foi de  $4,4\% \pm 0,3$  (b.s), observando o valor do erro no resultado da torta, obteve-se o mesmo resultado.

A análise de carboidratos total determinou para a farinha de macaúba o teor de 41,9% (b.s) através do método de glicídeos. Sendo o teor de açúcares totais em glicose 14,7% e na forma de amido 27,3%. Para a torta encontrou-se por diferença o valor de 53,4%, porém não havia sido quantificada a fibra separadamente.

A análise de fibra total apresentou o teor de 20% de fibras totais na farinha de macaúba, sendo 12,2% de fibras insolúveis e 7,8% de fibras solúveis. Não havia sido determinada a quantidade de fibras presentes na torta residual. No entanto, é importante ressaltar que essa quantidade presente na farinha de macaúba é considerada significativa diante dos benefícios que esse nutriente traz quando presente na dieta alimentar.

A análise de rancidez é de extrema importância quando o processo envolve aquecimento de um produto que contém uma quantidade considerável de lipídeos. Essa atenção se deve as substâncias tóxicas formadas através das reações de oxidação dessas gorduras.

A análise da torta residual apresentou resultado negativo de rancidez, determinado através do índice de peróxidos. O mesmo foi observado na farinha analisada demonstrando que não ocorreu rancificação durante o processamento, ressalta-se que esse resultado deve ser confirmado com a análise sensorial do alimento produzido com a farinha de macaúba.

### 5.5.2 Caracterização Microbiológica

Os resultados da análise microbiológica estão dispostos na tabela 11. Estes apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução – RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, confirmando que o processo utilizado para produção da farinha é satisfatório do ponto de vista de segurança alimentar microbiológica.

Tabela 11- Análise Microbiológica da Farinha de Macaúba

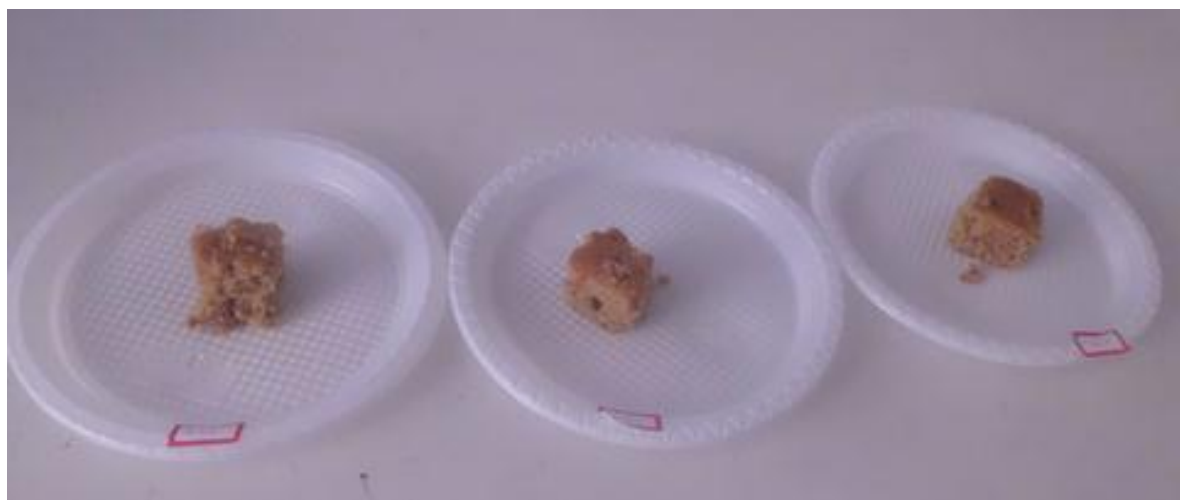
Microrganismos	Resultado	Resolução – RDC nº 12/2001
<i>Salmonella</i> sp.	Ausência	Ausência
Coliformes a 45 °C UFC.	Ausência	10 <sup>2</sup>
<i>Bacillus cereus</i> UFC.	2 x 10 <sup>3</sup> /25 g	3,0 x 10 <sup>3</sup> /25g
Bolores e leveduras UFC.	1 x 10 <sup>2</sup> /25 g	10 <sup>3</sup> /25g
<i>E.coli</i>	Ausência	-

### 5.6 Formulação de um Bolo a partir da Farinha Produzida

As formulações preparadas dos bolos de 30%, 42% e 54% de substituição da farinha de trigo pela farinha de macaúba escolhidas através de um teste piloto com algumas pessoas do grupo de Macaúba do departamento de engenharia química da UFMG e do SENAI- ARG apresentaram diferenças apenas na textura (aspecto grudento) e no gosto acentuado nessa ordem apresentada. Observou-se que a cor e o crescimento do bolo foram os mesmos para as três formulações.

As amostras preparadas a partir das formulações de 30%, 42% e 54% podem ser vistas na Figura 30-a, 30-b e 30-c, respectivamente.

Figura 30- Formulações dos bolos (a) 30%, (b) 42% e (c) 54%



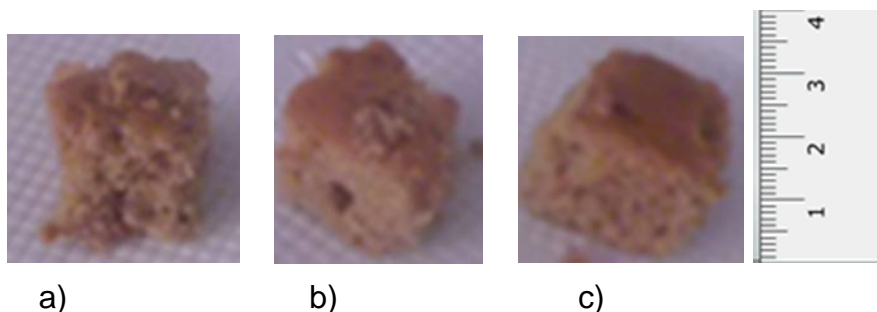
(a)

(b)

(c)

Podemos observar na figura 31 abaixo que foi ampliada, que as três formulações cresceram de forma homogênea. As três amostras possuem praticamente o mesmo tamanho.

Figura 31- Formulações dos bolos (a) 30%, (b) 42% e (c) 54% ampliadas.



a)

b)

c)

### 5.6.1 Comparação entre a Farinha da Torta da Polpa da Macaúba e a Farinha de Trigo

Uma comparação com as informações fornecidas pelo fabricante de farinha de trigo de marca conhecida no mercado brasileiro com a farinha de macaúba produzida foi realizada, permitindo observar que em relação aos constituintes carboidratos e proteínas a farinha de macaúba possui valores inferiores ao da farinha de trigo (Tabela 12). No entanto, a farinha de macaúba possui valores mais altos de lipídeos o

que, possivelmente, poderia diminuir a quantidade de gordura utilizada na formulação de um bolo como realizado no trabalho de Alexandrino et. al (2011).

Fica evidente que o componente de maior valor nutricional na farinha da torta é a quantidade de fibra presente bem superior á quantidade presente na farinha de trigo, (20% e 2%, respectivamente). De acordo com a revista online FOOD INGREDIENTES BRASIL (2012), cada adulto deve ingerir cerca de 25 a 30 g de fibras por dia, ou seja, 100 g de um bolo produzido com a farinha de macaúba representa boa parte da quantidade de fibra diária necessária.

Tabela 12- Comparação nutricional dos principais constituintes da farinha de trigo e a farinha de macaúba produzida.

<b>Composição Nutricional para uma porção de 100g</b>	<b>Farinha de trigo Comercial</b>	<b>Farinha de Macaúba</b>
Carboidratos	76,0 g	42,0 g
Proteínas	10,0 g	7,2 g
Gorduras Totais	0 g	27,1 g
Fibra Alimentar	2,0 g	20 g

## 5.7 Análise Sensorial

O perfil dos provadores, selecionados ao acaso para a análise sensorial das amostras do bolo de macaúba, está apresentado na tabela 13 abaixo. Verifica-se que a maioria é do sexo feminino e de faixa etária entre 18 e 45 anos.

Tabela 13- Caracterização sócio demográfica dos participantes da Análise Sensorial das amostras de bolo de macaúba.

Variáveis Demográficas		%
<b>Gênero</b>		
Feminino		70
Masculino		30
<b>Faixa etária (anos)</b>		
18- 25		82
26-35		8
36-45		3
>45		7
<b>Escolaridade</b>		
Ensino Médio Incompleto		3
Ensino Médio Completo	Não informado	
Ensino Superior Incompleto		85
Ensino Superior Completo		3
Pós-Graduação: Especialização		2
Mestrado/Doutorado		7
<b>Renda Familiar Mensal (salários mínimos)</b>		
1 a 5		35
5 a 10		42
10 a 20		15
20 a 30		8
>30	Não informado	

A análise sensorial realizada analisou os atributos: aparência, aroma, sabor, textura, impressão global e intenção de compra. Como pode ser visto na tabela 14 houve diferença significativa entre as amostras A e C apenas nos atributos textura e intenção de compra. Enquanto a amostra B apresentou média de notas significativamente inferiores e diferentes em quase todos os atributos com exceção de sabor o qual recebeu a maior pontuação.

Tabela 14- Média das notas nos testes de aceitação (notas de 1 a 7) e intenção de compra das amostras (notas de 1 a 5) do Bolo de macaúba.

Amostras	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global	Intenção de compra
A (30%)	5,32 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	5,01 <sup>a</sup>	5,15 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>	3,72 <sup>a</sup>
B (42%)	4,93 <sup>b</sup>	5,1 <sup>b</sup>	5,33 <sup>a</sup>	4,82 <sup>a, b</sup>	5 <sup>a</sup>	3,4 <sup>b</sup>
C (54%)	5,25 <sup>a</sup>	5,13 <sup>ab</sup>	5,13 <sup>a</sup>	4,7 <sup>b</sup>	5,15 <sup>a</sup>	3,4 <sup>b</sup>

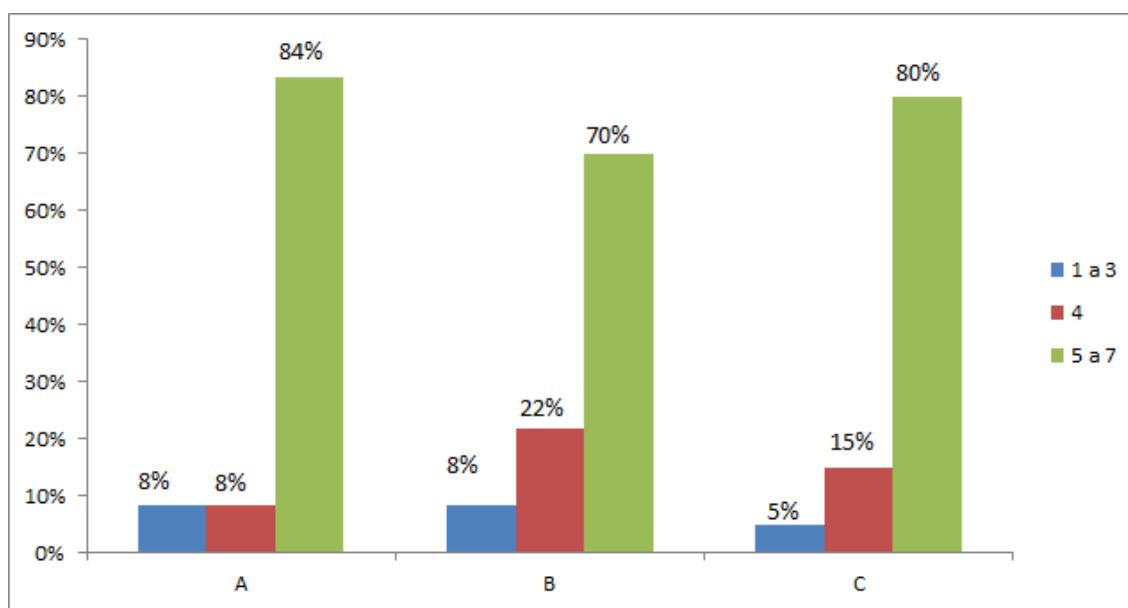
Médias seguidas da mesma letra para um mesmo atributo não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



Nota-se que a amostra B obteve a menor nota em quase todos os critérios, o que pode ser justificado no possível erro no tempo de forneamento ou no momento da mistura dos ingredientes não mantendo uma homogeneidade das três amostras.

Ao se observar o histograma de frequência de notas do teste para o atributo aparência (figura 32), fica evidenciado que as três amostras do bolo obtiveram notas altas estando na faixa de aceitação (acima de 4,5), com destaque para a amostra A que obteve a maior aprovação de 84%, seguida pela amostra C que obteve 80% de aprovação e a amostra B que obteve a aprovação de 70%. Neste atributo a disputa pela preferência ficou entre a de menor substituição e a de maior substituição.

Figura 32- Histograma de frequência de notas de aceitação quanto à aparência das amostras A, B e C do bolo de macaúba.



Amostra A: possui 70% de farinha de trigo e 30% de farinha de macaúba

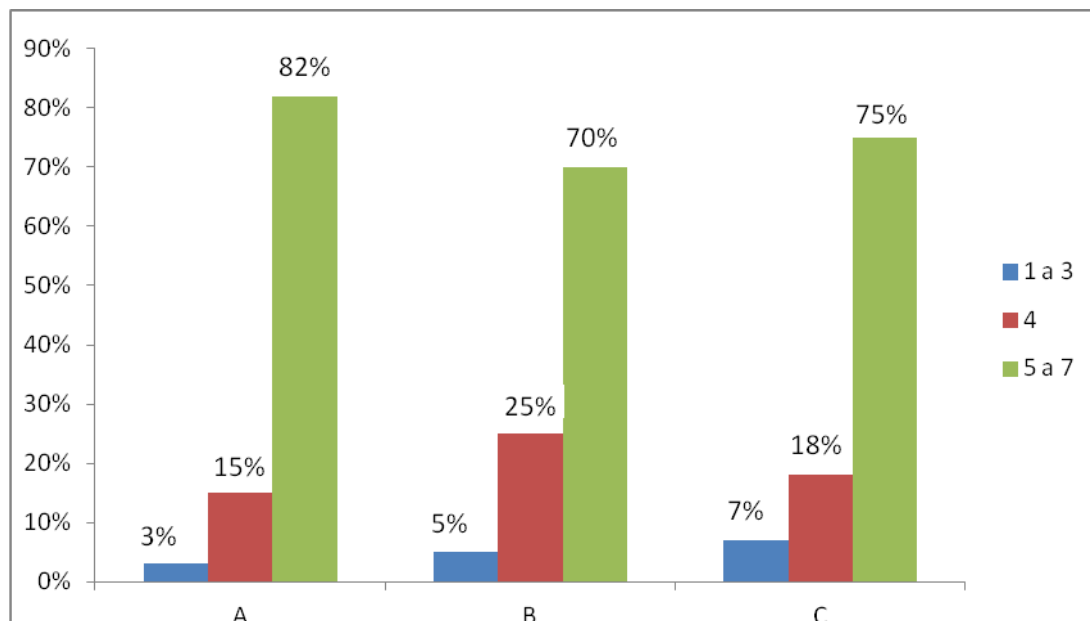
Amostra B: possui 58% de farinha de trigo e 42% de farinha de macaúba

Amostra C: possui 46% de farinha de trigo e 54% de farinha de macaúba

Observa-se a partir do histograma de frequência de notas do teste para o atributo aroma (figura 33) que houve aprovação das três amostras do bolo recebendo notas altas na faixa de aceitação (acima de 4,0). Neste atributo, novamente é curioso a preferência pelas amostras de menor substituição e a de maior substituição. A

amostra A obteve a maior aprovação de 80%, seguida pela amostra C que obteve 75% de aprovação e a amostra B que obteve a aprovação de 70%.

Figura 33 - Histograma de frequência de notas de aceitação quanto ao aroma das amostras A, B e C do bolo de macaúba.



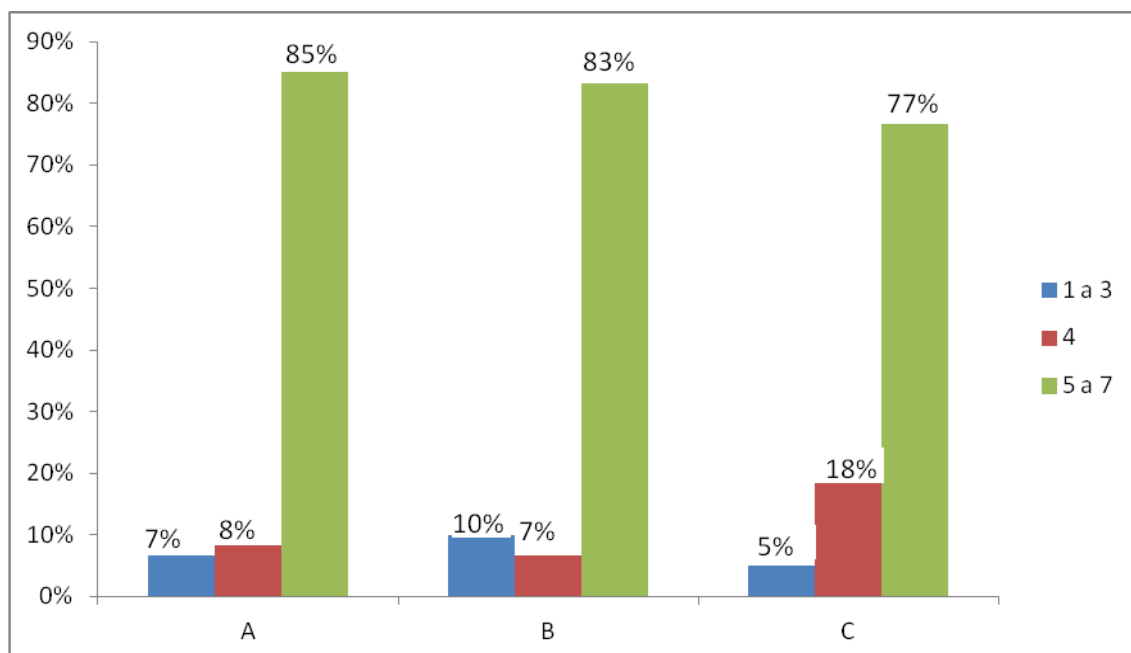
Amostra A: possui 70% de farinha de trigo e 30% de farinha de macaúba

Amostra B: possui 58% de farinha de trigo e 42% de farinha de macaúba

Amostra C: possui 46% de farinha de trigo e 54% de farinha de macaúba

Para o histograma de frequência de notas do teste para o atributo sabor (figura 34) obteve-se para as três amostras notas bem altas na faixa de aceitação (acima de 4,0). No entanto, é possível notar que neste atributo, quanto menor o valor de substituição da farinha, maior é a sua aceitação. A amostra A obteve a maior aprovação de 85%, seguida pela amostra B que obteve 83% de aprovação e a amostra C que obteve a aprovação de 77%, no entanto as médias das notas não apresentam diferenças significativas. Tal resultado justifica-se pelo fato de ser um produto novo, rico em fibras, frequentemente menos agradável ao paladar que a farinha de trigo, produto refinado e de consumo usual.

Figura 34 - Histograma de frequência de notas de aceitação quanto ao sabor das amostras A, B e C do bolo de macaúba.



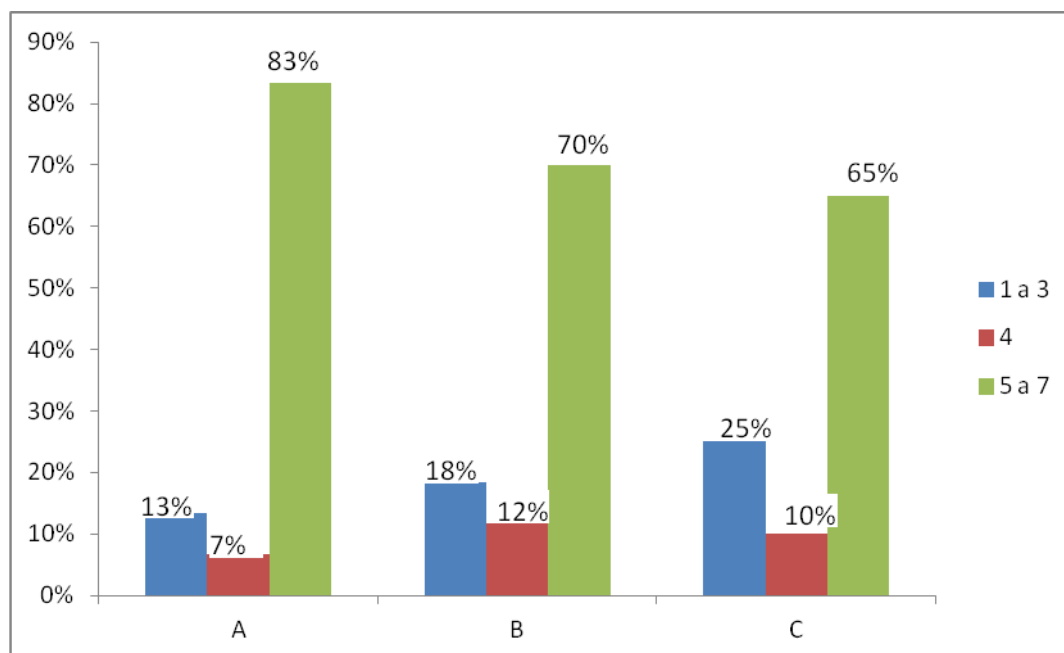
Amostra A: possui 70% de farinha de trigo e 30% de farinha de macaúba

Amostra B: possui 58% de farinha de trigo e 42% de farinha de macaúba

Amostra C: possui 46% de farinha de trigo e 54% de farinha de macaúba

Para o teste de aceitação do atributo textura, observa-se no histograma de frequência das notas (figura 35) que houve também aprovação das três amostras apresentadas, recebendo a maioria das notas dentro da faixa de aceitação (acima de 4,0). No entanto, neste atributo há uma distância maior entre as notas, mostrando uma preferência pela amostra de menor substituição. A amostra A obteve a maior aprovação de 80%, seguida pela amostra B que obteve 70% de aprovação e a amostra C com a aprovação de 65%. Devido a farinha apresentar uma quantidade considerável de óleo, essa influencia diretamente na textura da massa deixando-a com um aspecto “grudento”. Ainda assim, mesmo na formulação com maior porcentagem de substituição, observa-se boa aprovação neste atributo.

Figura 35 - Histograma de frequência de notas de aceitação quanto à textura das amostras A, B e C do bolo de macaúba.



Amostra A: possui 70% de farinha de trigo e 30% de farinha de macaúba

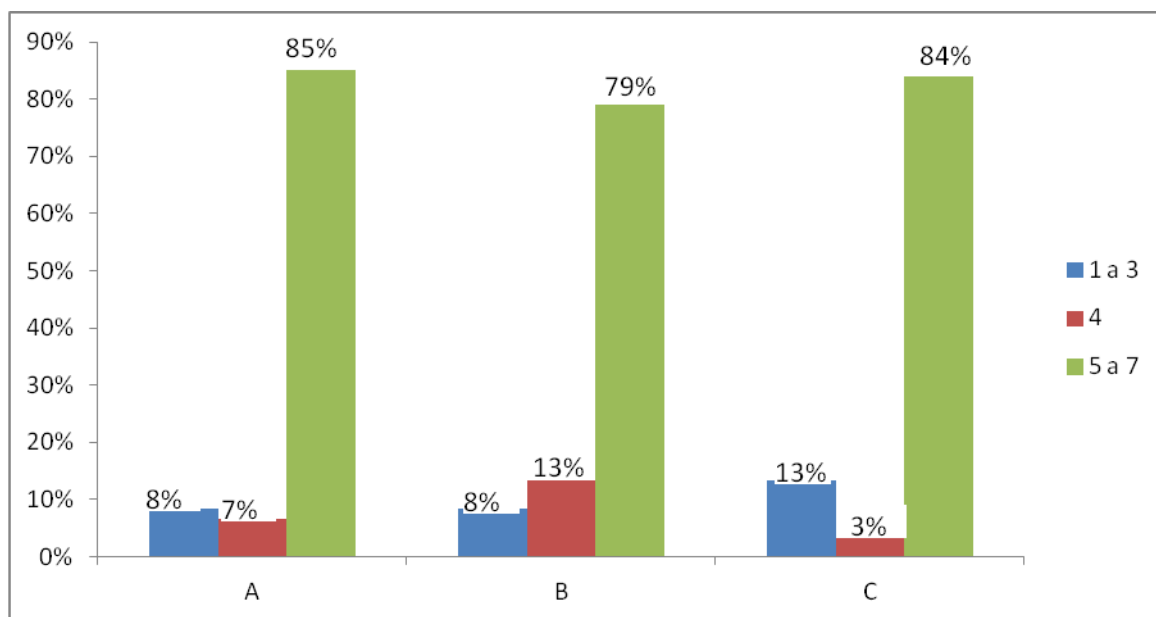
Amostra B: possui 58% de farinha de trigo e 42% de farinha de macaúba

Amostra C: possui 46% de farinha de trigo e 54% de farinha de macaúba

O histograma de frequência das notas para os testes quanto ao atributo impressão global (figura 36) demonstra o resultado geral da aceitação do produto por parte dos provadores. Observa-se que todas as três amostras foram aprovadas com a maioria das notas na área de aceitação (acima de 4,0). Ou seja, a substituição da farinha de trigo pela farinha de macaúba pode ser realizada da menor quantidade (30%) até a maior (54%). Sendo que, as amostras A e C tiveram praticamente os mesmos resultados, a amostra A recebeu 85% de aprovação e a amostra C recebeu 84%.

É importante observar que a aceitação do produto pode ser maior caso o público tenha ciência do caráter funcional do produto.

Figura 36- Histograma de frequência de notas de aceitação quanto à impressão global das amostras A, B e C do bolo de macaúba.



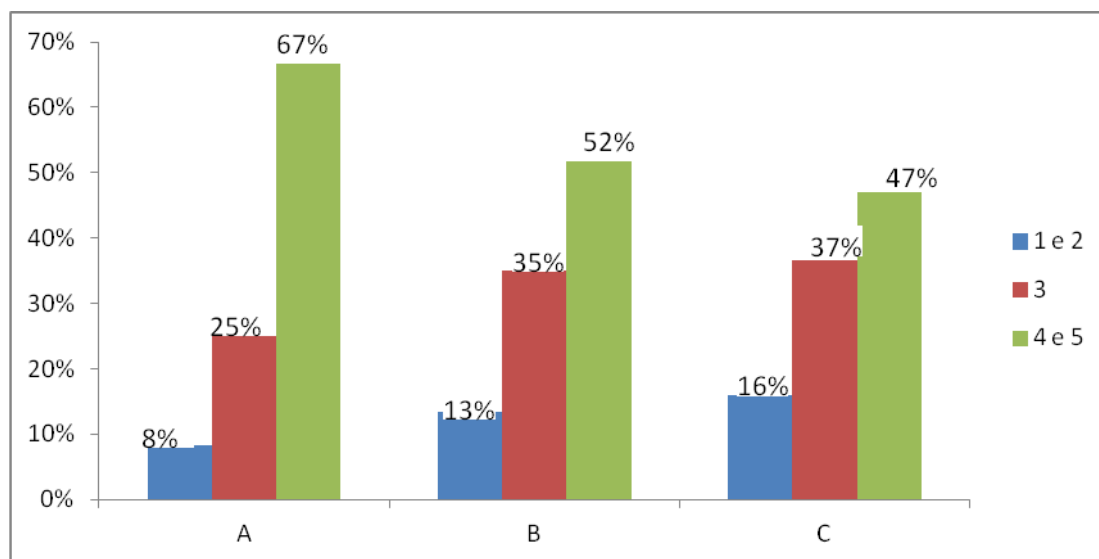
Amostra A: possui 70% de farinha de trigo e 30% de farinha de macaúba

Amostra B: possui 58% de farinha de trigo e 42% de farinha de macaúba

Amostra C: possui 46% de farinha de trigo e 54% de farinha de macaúba

O histograma de frequência das notas para os testes quanto à intenção de compra é a confirmação da aceitação do produto, onde o provador decide se esse seria um dos seus produtos de consumo. E como pode ser visto na figura 37 as três amostras ficaram na área de aceitação (acima de 3,5) o provador compraria sim esse produto se lhe fosse oferecido. Sendo a amostra A, a mais bem aceita com aprovação de 67%, seguida da amostra B com 52% e a amostra C com 47% de aprovação.

Figura 37- Histograma de frequência de notas de aceitação quanto à intenção de compra das amostras A, B e C do bolo de macaúba.



Amostra A: possui 70% de farinha de trigo e 30% de farinha de macaúba

Amostra B: possui 58% de farinha de trigo e 42% de farinha de macaúba

Amostra C: possui 46% de farinha de trigo e 54% de farinha de macaúba

É importante ressaltar que a aplicação da farinha na produção de um bolo foi realizada para investigar o potencial de utilização da farinha na alimentação humana, verificando a sua aceitação em um produto. A avaliação da melhor formulação está fora do escopo deste trabalho, acreditando-se que outros produtos e formulações podem ser investigados em trabalhos posteriores. O que deve ser aqui destacado é o potencial da aplicação da farinha em produtos alimentícios, através de sua boa aceitabilidade.

Considera-se, ainda, que a aceitação do produto pode ser ainda maior caso o consumidor esteja ciente da característica funcional do produto: um bolo mais rico em fibras em relação ao tradicional elaborado a partir de farinha de trigo. Verificou-se que a formulação de 54% caracteriza o bolo como um alimento funcional. Para uma amostra de 100 g do produto final haverá a ingestão de 3,42 g de fibras. O questionário aplicado na análise sensorial encontra-se no anexo 3.

## 6 CONCLUSÕES

A polpa de macaúba utilizada foi caracterizada em relação ao teor de lipídeos e umidade apresentando 56,18% e 53,9%, respectivamente. Comparando-se estes resultados com os reportados na literatura percebe-se que há uma divergência de valores que pode ser atribuída à safra, mas principalmente à região de produção e o ponto de coleta.

O processamento da polpa da Macaúba para extração do óleo foi satisfatório, resultando em bom rendimento da extração (50% em relação à polpa bruta), resultando em uma torta de boa aparência, estipulando-se prensagem em 3 ciclos como ideal para obtenção da torta com características adequadas para posterior processamento. A torta obtida por três ciclos de prensagem apresentou o teor de lipídeos de 25,8%, umidade de 8,4%, teor de proteínas de 8,0%, acidez titulável de 2,7%, teor de carboidratos de 53,4% e de cinzas de 4,4%, além de ausência de rancidez.

Uma avaliação das curvas de secagem resultou na determinação de 80°C por um tempo de 50 minutos como metodologia de processamento ideal. Estas condições representam a melhor condição de economia energética, obtendo-se uma farinha com a umidade dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA (abaixo de 5%), com apenas 50 minutos de secagem em estufa. Além disto, o processamento em temperatura mais alta não resultou em rancidez, ocasionou um aumento de acidez e perda de proteínas estatisticamente igual ao das outras temperaturas de processamento investigadas.

A isoterma de sorção foi obtida, indicando que para uma umidade de 4%, a atividade de água é de 0,4, valor satisfatório do ponto de vista de proliferação de micro-organismos. A curva apresentou formato sigmoide, característico de produtos alimentícios. O modelo de isoterma de sorção que melhor se ajustou aos dados foi o modelo de Smith. Uma equação polinomial de segunda ordem foi proposta, por apresentar melhor ajuste aos dados, permitindo uma previsão ainda melhor dos dados de equilíbrio.

A farinha produzida apresenta 7,20% (b.s) de proteínas, 41,9% (b.s) de carboidratos, 27,1% (b.s) de lipídeos e uma quantidade de fibras significativa de 20%, sendo 13,2% de fibras insolúveis e 6,8% de solúveis, indicando que o produto pode ser considerado um alimento funcional. Não se observou presença de rancidez e o resultado da análise microbiológica apresentou valores inferiores aos limites estabelecidos pela ANVISA, indicando o adequado processamento da farinha.

Uma comparação da farinha de macaúba produzida com uma farinha de trigo comercial indicou que o produto produzido neste trabalho apresenta conteúdo de fibras bastante superior ao comercial, 20%( b.s) contra 2%.

A aplicação em diferentes formulações de bolo obteve satisfatória aprovação desde a formulação de 30% até a formulação de 54% de substituição da farinha de trigo pela farinha de macaúba, através de análise sensorial, demonstrando o potencial de aplicação da farinha em produtos alimentícios.

Ressalte-se que as condições de processamento aqui propostas são de baixo custo e acessível ao pequeno produtor, tornando-se uma alternativa interessante também para cooperativas.



## **7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestões para trabalhos a serem desenvolvidos, propõem-se:

- Realização de testes do uso da farinha produzida em outros produtos alimentícios como pães, biscoitos, utilizando-a como um alimento funcional, rico em fibras;
- Avaliação das propriedades tecnológicas da farinha, determinando suas características reológicas e seu desempenho em produtos de panificação;
- Produção de uma farinha a partir da torta residual da extração do óleo da amêndoa e avaliar seu potencial para uso em produtos alimentícios.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, A.M et al. Aproveitamento de resíduos da laranja para a produção de enzimas lignocelulolíticas por *Pleurotus ostratus*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, n.2, p. 364-368, 2007.
- ALEXANDRINO, B.M.L et al. **Processamento do fruto da macaúba para produção de farinha e sua utilização em um produto de panificação**. Trabalho de Conclusão de Curso- Escola de Engenharia-ufmg. Belo Horizonte, 2011.
- AMARAL, Carolina Munhoz. **Fibra Alimentar**. Disponível em : <[http://www.amway.com.br/downloads/misc/Fibra\\_Alimentar\\_IMEN.pdf](http://www.amway.com.br/downloads/misc/Fibra_Alimentar_IMEN.pdf)>. Acesso em: 10-04-2012
- ANDRADE, M.H.C. et al. A. **Óleo do fruto da palmeira macaúba: parte II: Processo de extração do óleo: I TECNIQ**. Belo Horizonte: 2006.
- ANVISA . Resolução RDC nº 12, de 02/01/ 2001, **Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos**. [http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm) Acesso em: 20-09-12
- ANVISA .Resolução CNNPA nº 354, de 1996 .D.O de 18/07/1996 [http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/354\\_96.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/354_96.htm) Acesso: 21-08-2012
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 15 ed. Washington: AOAC, 1990. p.1105-1106
- BELTRÃO, N.E.M. **Opções agrícolas brasileiras para a produção do biodiesel**. Palestra. EMBRAPA(2005). Disponível em: <[www.ahk.org.br/inwent/palestras/napoleao\\_beltrao.pdf](http://www.ahk.org.br/inwent/palestras/napoleao_beltrao.pdf)>. Acesso em: 25-01-2009.
- BOBBIO, F.; BOBBIO, P. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. 151 p. Campinas: Varela, 1995.
- BORA, P.S.; ROCHA, R.V.M. Macaúba palm: Fatty and amino acids composition of fruits. **Ciência y Tecnología Alimentaria**, v.4, n.3, p. 158-162, 2004.
- BOLETIM UFMG ONDE Canta o Sabiá. Pesquisas revelam potencialidades industriais do fruto da macaúba, palmeira nativa do cerrado. **Boletim UFMG**, Ano 36, n. 1706, ago. 2010. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bol1706/4.shtml>>. Acesso em: 22-07-2011.
- BRASEQ. **Manual de Instruções de Operações: Analisador de Atividade de Água Aqualab Series 3 E 3te**. Decagon. Disponível em: < [www.braseq.com.br](http://www.braseq.com.br)>. Acesso: 03-03-2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. 1992, 365 p.

BRESSANI, R. Protein quality of high lysine maize for humans. **Am. Assoc. Cereal Chem**, v.36, n.9, p. 806-811. 1991.

CORRÊA, P. C.; JÚNIOR. P.C.A.; ANDRADE, E. T. de; Modelagem matemática da atividade de água em polpa cítrica peletizada; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.283-287, 2001. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: 15-11-2011.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2007. 239 p.

ENQ. (site). Disponível em: <[www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/..lipideos](http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/..lipideos)>. Acesso em: 28-02-2012.

ENTABAN BRASIL. **Estudos e Pesquisas sobre a macaúba**. Disponível em: <<http://www.entabanbrasil.com.br/index.php?pagina=macauba/pesquisas-ufv>>. Acesso em: 02-03-2011.

ESTELLER, M. S.; JÚNIO, O. Z.; LANNES, S. C. da S. Bolo de “chocolate” produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.3, jul./set., 2006.

EVANGELISTA, José. **Tecnologia de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 652p.

FARIAS, T.M.; CARRARA, A. A. Avaliação da qualidade dos frutos da macaúba (*Acrocomia aculeata* Lacq.) utilizados na produção de óleo e torta da polpa, na unidade de beneficiamento da fazenda riacho D´Anta, município de Montes Claros MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, 3., 2006, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2006. p. 289-294.

FARIAS, T.M. Reflexões sobre a cadeia produtiva da macaúba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008.

FASOLIN, L. H. et.al; **Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(3): 524-529, jul.-set. 2007 Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n3/a16v27n3.pdf> Acesso em: 22-08-12

FANEM. **Produtos Laboratoriais, D** Disponível em: <http://www.fanem.com.br/produto/49/estufa-502>. Acesso em: 05/12/12

FELLOWS, P. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FERNANDES, A. F.et. al. **Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28(Supl.): 56-65, dez. 2008 Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28s0/10.pdf> Acesso em: 21-08-2012

FERRARI,R.A; OCANHA, A.C, FILHO, J.A.A; **Obtenção de óleo de Macaúba por prensagem contínua.** Rede de Macaubeiros. Campinas-SP, 2011 Disponível em: <http://ongtremmacaubeiros.blog.terra.com.br/2012/08/02/extracao-continua-de-oleo-de-macauba/> Acesso em: 10-09-2012

FOOD INGREDIENTES BRASIL, **Dossiê fibras alimentares:** Benefícios completos- disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/63.pdf> . Acesso em 26-09-12

GALVANI, Fábio. et al. **Estudo dos Frutos e da Polpa da Bocaiúva Extraída Mecanicamente para a Produção de Biodiesel.** In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5., 2010, Corumbá. **Anais...** Corumbá: 2010.

GALVANI, Fábio; SANTOS, J.F. **Estudo do Efeito da Temperatura de Secagem sobre Alguns Parâmetros Nutricionais da Polpa e da Farinha de Bocaiúva.** In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5., 2010, Corumbá. **Anais...** Corumbá: 2010.

GAVA, A.J. **Princípios da Tecnologia de Alimentos.** São Paulo: Livraria Nobel, 1977. 284 p.

GUERREIRO, L; Dossiê Técnico de Panificação- **Rede de Tecnologia do Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas.** Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br> . Acesso em: 02-01-2012.

HALL, C.W. **Drying and storage of agricultural crops.** Westport: 1980. 381p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Procedimentos e determinações gerais. In: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

KEMPER, T. G. Oil extraction. In: **Bailey's Industrial Oil & Fat Products.** 6th ed. NewYork: 2005. v.5.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica.** São Paulo: Savier, 1982. p. 600..

LLERAS, E ; CORADIN, L.; **Coleta, caracterização, avaliação e conservação de germoplasma de palmeiras neotropicais.** In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTANICA, 36., 1985, Curitiba, PR. Programa e resumos. [S.l.]: Sociedade Botanica do Brasil, 1985. 1p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum. 1992. 352 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H; MEDEIROS. J; **Palmeiras no Brasil:** nativas e exóticas. Nova Odessa: Plantarum, 1996. 303 p.

MAIA, S.M.P.C; **Aplicação da Farinha de Maracujá no Processamento do Bolo de Milho e Aveia para fins especiais.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - UFC, Fortaleza, 2007.

MARCINKOWSKI, E.; **Estudo da Cinética de Secagem, curvas de sorção e predição de propriedades termodinâmicas da proteína texturizada de soja.** Dissertação de Mestrado. UFRGS- Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2006.

MATTOS; L.L ; MARTINS, I.S, **Consumo de fibras alimentares em população adulta.** Ciênc. Tecnol. Aliment, Campinas, v.20, n.2, maio/ago. 2000.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: estudo com consumidores.** Viçosa: Ed. UFV, 2006. 225 p.

MÖHLER, B.C. **Avaliação das Características de Secagem de Grãos de Soja.** Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Química- UFRGS, Porto Alegre, 2007.

MOTTA, P.E. et al. **Ocorrência de Macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedagógicos e vegetacionais** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 7, 2002.

NASCIMENTO, B. et al. **Determinação do Teor de Cinzas.** Trabalho apresentado na disciplina Química de Alimentos. Centro Paula Souza- Limeira- São Paulo. 2010.

NAWAR, W.W. Radiolysis of nonaqueous components of foods. In: JOSEPHSON, E.S., PETERSON, M.S. (Eds.). **Preservation of Food by Ionizing Radiation**, v. 2. Boca Raton: CRC Press. 1983. p. 78–81.

NETO, C.J.F; FIGUEIRÊDO R.M.F; QUEIROZ, A.J.M; **Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas.** Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, Lavras, v.29 n. 4, July/Aug. 2005

NEUMANN, P., et al. **Alimentos saudáveis, alimentos funcionais, fármaco alimentos, nutracêuticos....você já ouviu falar?** Higiene Alimentar. v. 14, p. 19-23, 2002.

OLIVEIRA, G. **A célula- Polissacarídeos**, Disponível em: <http://gracieteoliveira.pbworks.com/w/page/50091415/A%20c%C3%A9lula>. Acesso em: 28-09-12

ORDÓÑEZ, J.A et al. **Tecnologia de Alimentos.** Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2

OSAWA, C.C et al. **Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 29, n. 1, p 92-99, jan.-mar. 2009.

PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. Drying of pear 'd'Anjou' with and without osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v.56, p.97-103, 2002.

PARK et.al, **Conceito de processo e equipamentos de secagem.** CT&EA. Campinas, 2007 Disponível em: [http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/concprocegsec\\_07.pdf](http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/concprocegsec_07.pdf) Acesso em: 20-08-2012

PIMENTA, T.V; Metodologias de Obtenção e Caracterização dos Óleos do Fruto da Macaúba com Qualidade Alimentícia: da Coleta á Utilização. Belo Horizonte, 2010- Dissertação de Mestrado - UFMG.

PINTO, A. L. D; MIRANDA, T. L. S. Desenvolvimento de um novo óleo tipo mesa a partir da polpa da macaúba [manuscrito] UFMG. Belo Horizonte, 128p, 2010.

PORTAL SÃO FRANCISCO. Disponível em:  
<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/fibras-alimentares>. Acesso em: 25-10-2011.

RAMOS, M. I. L. FILHO et al. **Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata*** (Jacq.) Lodd. Ciênc. Tecnol. Aliment, Campinas, v.28, dez. 2008.

RETTORE, R.P.; MARTINS, H. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**: Estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais. Projeto da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. CETEC, Belo Horizonte, vol. 1. 1983.

RIBEIRO, Liliane. **Utilização de Farinha de Resíduo de Acerola (*Malpighia Emarginata* D.C.) da Elaboração de Bolo**. Trabalho de Conclusão de Pós-graduação Lato Sensu em Tecnologia e Qualidade de Alimentos Vegetais. UFLA - Lavras, 2008.

RIBEIRO, E.P; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

SILVA , I. C. **Uso de Processos Combinados para Aumento do Rendimento da Extração e da Qualidade do Óleo de Macaúba**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Química e Bioquímica – UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, I.D et al. **Extração combinada do óleo de macaúba**: tecnologia enzimática e prensagem hidráulica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, 5., Lavras. 2008. **Anais...** Lavras: 2008.

SILVA, J.E.O. **Polissacarídeos e componentes da parede celular**. Universidade Federal Rural de Pernambuco- Bioquímica Vegetal - Egídio Bezerra. Recife: 2010. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAscwAH/polissacarideos> . Acesso em: 20-09-12

SILVA, J. S. **Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos**. 5.ed. São Paulo. Livraria Varela, 479 p. 2002

SOUZA, Amanda de; MORAES, Moemy Gomes de and RIBEIRO, Rita de Cássia Leone Figueiredo. **Gramíneas do cerrado: carboidratos não-estruturais e aspectos ecofisiológicos**. *Acta Bot. Bras.* [online]. 2005, vol.19, n.1, pp. 81-90.  
Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abb/v19n1/v19n1a08.pdf> Acesso em: 05/12/12

TEIXEIRA, N.V. **Desenvolvimento, caracterização físico-química e avaliação sensorial de suco de jaboticaba (*myrciaria jaboticaba* (vell berg))**. Faculdade de Farmácia da UFMG, Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, 2011.


UFPB, Departamento de Bioquímica – **Lipídeos** 12/2012 Disponível em: [http://www.dbm.ufpb.br/DBM\\_bioquimica\\_monitoria.htm](http://www.dbm.ufpb.br/DBM_bioquimica_monitoria.htm)

VIEIRA, A.S. et al. **Estudo preliminar para o desenvolvimento de um Processo Industrial de Extração de Óleo do Fruto da Palma de Macaúba**. Relatório de Pesquisa: Laboratório de Operações e Processos, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.

VIRTUAL UNAL, **Leccion 7.6 Secadores**. Componentes de un secador. Disponível em: [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4070035/lecciones/cap7/leccion7\\_6.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4070035/lecciones/cap7/leccion7_6.htm). Acesso em: 06-06-2011

**ANEXOS**

**ANEXO 1-** Atestado de Aprovação do Comitê de Ética da UFMG–COEP, tendo sido aprovado em 28 de fevereiro de 2012, de número 0068.0.203.000-11.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP**

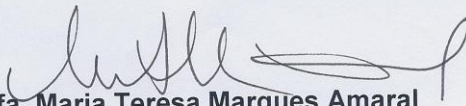
**Projeto: CAAE – 0668.0.203.000-11**

**Interessado(a): Profa. Viviane Santos Birchal**  
**Departamento de Engenharia Química**  
**Escola de Engenharia - UFMG**

**DECISÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 28 de fevereiro de 2012, após atendidas as solicitações de diligência, o projeto de pesquisa intitulado "**Aproveitamento da torta residual proveniente da extração do óleo da polpa de macaúba para a produção de farinha destinada à alimentação humana**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

  
**Prof. Maria Teresa Marques Amaral**  
**Coordenadora do COEP-UFMG**

Av. Pres. Antonio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II - 2º andar – Sala 2005 – Cep:31270-901 – BH-MG  
Telefax: (031) 3409-4592 - e-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br)



## Anexo 2- Laudo fornecido pelo LABM da análise da Farinha de Macaúba



## CERTIFICADO DE ANÁLISE

MATERIAL: FARINHA DE MACAÚBA		REF. LABM: 28037/12
CLIENTE: FERNANDA CRISTINA VEREDIANO		CPF: 058.508.666-47
END: Rua José Domingos de Oliveira, 53 Cabral - Sabará - MG		TEL: (31) 8569-1311
AMOSTRA ENVIADA POR: Sra. Fernanda		DATA DE ENTRADA: 19/04/2012
INÍCIO DA ANÁLISE: 24/04/2012		TÉRMINO DA ANÁLISE: 14/06/2012
REF. CLIENTE: Fabricação: março/2012 - Coletado 19/04/2012		
Parâmetro	Unidade	Resultado
Umidade <sup>(1)</sup>		4,5
Proteínas Totais <sup>(2)</sup> (N x 6,25)		6,6
Gorduras	Totais <sup>(3)</sup>	25,9
	Saturadas <sup>(4)*</sup>	3,9
	Monoinsaturada <sup>(4)*</sup>	19,6
	Poliinsaturada <sup>(4)*</sup>	2,4
	Trans <sup>(4)*</sup>	n.d.
Carboidratos	Totais <sup>(5)</sup>	40,0
	Açúcares totais, em glicose <sup>(5)</sup>	13,7
	Açúcares não redutores, em glicose <sup>(5)</sup>	3,5
	Açúcares redutores, em glicose <sup>(5)</sup>	10,2
Fibras <sup>(7)</sup>	Amido <sup>(6)</sup>	26,3
	Totais	19,0
	Insolúveis	12,2
	Solúveis	6,8
	Resíduo <sup>(8)</sup>	4,0
	Sódio <sup>(9)*</sup>	mg/ 100 g 129,67
	Rancidez <sup>(10)</sup>	- negativo
<small> <sup>(1)</sup> IAL, 4º ed., Capítulo IV - Determinações Gerais: Perda por dessecação (umidade) - Secagem direta em estufa a 105°C - 013/IV; <sup>(2)</sup> IAL, 4º ed., Capítulo IV - Determinações Gerais: Protídios - Método de Kjeldahl modificado - 037/IV; <sup>(3)</sup> IAL, 4º ed., Capítulo IV - Determinações Gerais: Lípidios ou Extrato etéreo - Extração contínua em aparelho do tipo Soxhlet - 032/IV; <sup>(4)</sup> Cromatografia gasosa em coluna capilar precedida de preparação dos ésteres metílicos, coluna DB-23 60 m, I.D 0,25., Film 0,25 µm; <sup>(5)</sup> IAL, 4º ed., Capítulo IV - Determinações Gerais: Glicídios: Glicídios redutores e não-redutores - 038/IV e 039/IV; <sup>(6)</sup> IAL, 4º ed., Capítulo IV - Determinações Gerais: Amido - 043/IV; <sup>(7)</sup> Fibra Alimentar Solúvel e Insolúvel: Método enzimático gravimétrico; <sup>(8)</sup> IAL, 4º ed., Capítulo IV - Determinações Gerais: Resíduo por incineração (cinzas) - 018/IV; <sup>(9)</sup> IAL 4º ed., Sódio Absorção Atômica, <sup>(10)</sup> IAL, 4º ed., Capítulo IV/333; n.d.: não detectado. *análise subcontratada. Os resultados contidos neste certificado referem-se exclusivamente à amostra analisada, conforme enviada pelo cliente. </small>		

Belo Horizonte, 20 de junho de 2012.

Daniela Alves da Silva Fonseca

Analista  
CRQ 02415449

Namei Cordeiro Gonçalves  
Coordenadora do Laboratório  
CRQ 02405954

Página 1/1

### Anexo 3- Teste Aplicado na Análise Sensorial dos Bolos.

Amostra: 835	Provedor:
Nome:	Data:

Você está recebendo uma amostra codificada de um **bolo de farinha de macaúba**. Por favor, observe o produto e avalie-o quanto à **aparência** (cor) e marque na escala um "X" no ponto que melhor representa a sua resposta. Em seguida cheire a amostra e repita o mesmo procedimento anterior para avaliar o **aroma** do produto. Prove a amostra e repita o mesmo procedimento para avaliar o seu **sabor** e a sua **textura**.

	?	?	?	?	?	?	?
APARÊNCIA	Desgostei extremamente	Desgostei muito	Desgostei ligeiramente	Não gostei nem desgostei	Gostei ligeiramente	Gostei muito	Gostei extremamente
	?	?	?	?	?	?	?
AROMA	Desgostei extremamente	Desgostei muito	Desgostei ligeiramente	Não gostei nem desgostei	Gostei ligeiramente	Gostei muito	Gostei extremamente
	?	?	?	?	?	?	?
SABOR	Desgostei extremamente	Desgostei muito	Desgostei ligeiramente	Não gostei nem desgostei	Gostei ligeiramente	Gostei muito	Gostei extremamente
	?	?	?	?	?	?	?
TEXTURA	Desgostei extremamente	Desgostei muito	Desgostei ligeiramente	Não gostei nem desgostei	Gostei ligeiramente	Gostei muito	Gostei extremamente

Com base em sua opinião sobre esta amostra, marque na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou do produto em relação à **impressão global** (aparência, aroma, sabor e textura).

?	?	?	?	?	?	?
Desgostei extremamente	Desgostei muito	Desgostei ligeiramente	Não gostei nem desgostei	Gostei ligeiramente	Gostei muito	Gostei extremamente

Com base em sua opinião sobre esta amostra, indique na escala abaixo sua **intenção de compra**. Qual seria sua atitude de compra em relação a este **bolo da farinha de macaúba**?

?	?	?	?	?
Certamente não compraria	Possivelmente não compraria	Talvez comprasse, talvez não comprasse	Possivelmente compraria	Certamente compraria