



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA O  
APRIMORAMENTO DO PROCESSAMENTO DE POLPA E  
AMÊNDOA DO BARU (*Dipteryx alata* Vog.).**

**BRUNO DE ANDRADE MARTINS**

Engenheiro de Alimentos

**PROF. DR. FLÁVIO LUIS SCHMIDT**

Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

**Campinas - SP**

**2010**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

M366d Martins, Bruno de Andrade  
Desenvolvimento tecnológico para o aprimoramento do  
processamento de polpa e amêndoa do baru (*Dipteryx alata* Vog.) /  
Bruno de Andrade Martins. -- Campinas, SP: [s.n], 2010.

Orientador: Flávio Luis Schmidt  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade  
de Engenharia de Alimentos.

1. Baru. 2. Processamento. 3. Hidratação. 4. Torração. 5.  
Propriedades mecânicas. I. Schmidt, Flávio Luis. II. Universidade  
Estadual de Campinas. III. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

cars/bibfea

Título em inglês: Potential exploitation of baru (*Dipteryx alata* Vog.)

Palavras-chave em inglês (Keywords): Baru, Processing, Hydration, Roasting, Mechanical  
properties

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Flávio Luis Schmidt

Antônio Carlos de Oliveira Ferraz

Marcelo Cristianini

Márcio Caliar

Maria Isabel Berto

Data da defesa: 10/09/2010

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

## **BANCA EXAMINADORA**

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Bruno de Andrade Martins aprovado pela Comissão Julgadora em 10/09/2010.

---

Prof. Dr. Flávio Luis Schmidt  
Universidade Estadual de Campinas/FEA  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ferraz  
Universidade Estadual de Campinas/FEAGRI  
(Membro)

---

Prof. Dr. Marcelo Cristianini  
Universidade Estadual de Campinas/FEA  
(Membro)

---

Prof. Dr. Márcio Caliar  
Universidade Federal de Goiás/Escola de Agronomia e Eng. de Alimentos  
(Membro)

---

Dra. Maria Isabel Berto  
Instituto de Tecnologia de Alimentos/GEPC  
(Membro)

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos  
Universidade Estadual de Campinas/FEA  
(Membro)

---

Profa. Dra. Fernanda Paula Collares de Queiroz  
Universidade Estadual de Campinas/FEQ  
(Membro)

---

Dra. Marcia Paisano Soler  
Instituto de Tecnologia de Alimentos/GEPC  
(Membro)



*Dedico esta tese*

*à Letícia, minha querida esposa,  
à Bernardeth e Paulo, meus queridos pais,  
ao Felipe “Pancinha”, meu irmão e amigo,  
à tia Beta e vovó Bernadeth, minha querida família no Rio de Janeiro,*

*e, em especial,*

*aos povos e comunidades que habitam e preservam o Cerrado.*



## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Flávio Luis Schmidt, pela amizade, orientação e inspirações, além de acreditar no desenvolvimento e realização desta tese.

Aos membros da banca examinadora, pelas correções e sugestões que contribuíram significativamente na melhora deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ferraz, pelas correções, ensinamentos e parceria nos ensaios de extração da amêndoa.

Ao Prof. Dr. Márcio Caliari, pelas orientações, sugestões e motivações.

À Profa. Dra. Adélia Maria Lima da Silva, pela motivação e pela parceria nas determinações das isotermas.

À Profa. Dra. Glaucia Maria Pastore, pelos incentivos durante minha estadia em Campinas e parceria nos ensaios de capacidade antioxidante.

À Dra. Márcia Soler, pelas sugestões, correções e exemplos.

Ao Dr. Homero F. Gumerato, pelos conhecimentos estatísticos e preces.

À DoCerrado Sorvetes, em nome da Letícia Castanheira, pelos diversos apoios para realização deste trabalho e por acreditar no sorvete da polpa de baru.

Às empresas Trem do Cerrado, em nome do Maneco; Pro-Baru, em nome do Vilmar; e, principalmente, a Nonna Pasqua Alimentos, em nome do Sr. Gennaro Salvemini, pelos conhecimentos e fornecimento dos frutos nativos.

À EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, em nome do Dr. Paulo Lasso e Dr. Paulo Cruvinel, pela parceria nas tomografias.

À CAPES pela bolsa no período final da tese.

Ao ISPN, em nome do Sr. Luis Carrazza, por me apresentar as comunidades de Pirenópolis (GO), Promessa de Futuro e CENESC.

À COOPCERRADO e CEDAC, por apostarem no produto desta tese.

À Luciana Malta, do Laboratório de Bioaromas do Departamento de Ciência de Alimentos, FEA/UNICAMP, pelos conhecimentos, parceria e amizade.

À Noara Pimentel, pela parceria para o levantamento do estado da arte.

Aos alunos de iniciação científica, Camila Nishihara Pinto Rodrigues e Marcel Daissuke Nishimori “Toru” e as estagiárias, Maria Elisa e Ana Kuzmanoski, pela amizade e auxílio fundamental para a realização deste trabalho.

Às professoras da PUC-GO, em especial Dra. Cleonice Rocha e MSc. Maria Isabel Dantas Siqueira, pelo apoio e parcerias.

À UNICAMP, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Departamento de Tecnologia de Alimentos, pelos inesquecíveis anos, fontes de alegrias e conhecimentos.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, Ana Maria, Bete, Diana, Jaime, José Roberto, Marlene, Marquinhos, Marcão, Tânia, Creuza, Cláudia, Cosme, Zezé, em especial ao Adauto, Ana Koon, Bernadete, Denir e Renata, pelas colaborações, amizade e atenção.

Aos técnicos dos Laboratórios de Propriedades Mecânicas de Materiais Biológicos e de Ensaio de Materiais da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, pelo apoio e parceria nos ensaios de ruptura.

Aos responsáveis pelos Laboratórios de Química da PUC-GO, Evilázaro, “Lilica” e Sandro, e pelos Laboratórios de Engenharia de Alimentos, Fabrício “Bodinho” e Neusivaldo, pelo apoio e colaboração na determinação das isotermas.

À minha querida família de Campinas (SP), Alexandre “Cabelation” S. e “Chicão” Sobral, pela intensa amizade, companheirismo e dias no “Gaúcho”.

Aos meus amigos e colegas de Campinas (SP), Bárbara “Fiapinho”, Milena, Alexei (e a banda toda!), “Bob” M., C. “Baiano”, Carol, C. Rubio, Eduardo “Coco”, E. “Gaúcho”, Ju Perri, Karen, Leilane, Mari, Márcio, Marcília, Meg, Melissa, Sérgio, Welington (do chuveiro!) e Adriano, em especial, meus irmãos, Atilio e “Pequeno” Wilon, pelo companheirismo e intensa convivência, sem esquecer os goianos, Genival, Cláudio, “Dioguin” e Toddynho, pela força e amizade.

À querida Dani Moela C. (não podia esquecer...), pela amizade, “pousos”, festas, caronas e ajudas, inclusive na sensorial, mas “nunca mais acima de 13 ...”.

Aos meus amigos de Goiânia (GO), Aninha, Crispim, Dandan, Paty, Ivo, Japa, Joaquim, Kustela, Kamila, Marco Aurélio e Wilson pelo carinho e amizade.

À todos os colegas da Pós-Graduação pela convivência.

À família Castanheira, pelo constante estímulo e carinho.

À todos que de uma forma ou de outra contribuíram e torceram pela realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

À Deus, principalmente, pelas oportunidades de conhecimentos e crescimentos profissional, pessoal e espiritual com a materialização deste sonho.



*“A Terra produzirá bastante para alimentar todos os habitantes, quando os homens souberem administrar os bens que ela dá, segundo as leis da justiça, da caridade e do amor ao próximo; quando a fraternidade reinar entre diversos povos, como entre as províncias de um mesmo império, o supérfluo momentâneo de um suprirá a insuficiência momentânea do outro, e cada um terá o necessário.”*

**Allan Kardek**



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Distribuição geográfica do baru no Cerrado Sentido Restrito, em 84 localidades entre 316 levantamentos no Bioma Cerrado. Fonte: Ratter et al. (2000) apud Sano et al. (2004).....	9
Figura 2.2. Baruzeiro.....	10
Figura 2.3. Frutos do baruzeiro.....	10
Figura 2.4. Corte transversal do baru.....	12
Figura 2.5. Produtos de baru: A) amêndoas torradas - Promessa de Futuro®, B) amêndoas torradas - CENESC®, C) amêndoas torradas - AGROTEC®, D) óleo das amêndoas extraído a frio - AGROTEC®. Fonte: Cerrado (s.d.).....	15
Figura 2.6. Produtos de baru – Empório do Cerrado®: A) amêndoas torradas e salgadas, B) farinha de amêndoa torrada, C) cookies com amêndoas, mel e gergelim, D) granola com amêndoas e frutas desidratadas e E) carvão vegetal com o endocarpo e polpa. Fonte: Cerrado (s.d.).....	15
Figura 2.7. Produtos de baru - PróBaru®: A) amêndoas torradas e salgadas, B) farinha de amêndoa torrada, C) doce de leite com amêndoas, D) rapadura com amêndoas e E) bombom de chocolate recheado com amêndoas.....	16
Figura 2.8. Produtos de baru: A) amêndoas torradas, B) biscoitos com amêndoas e aveia, C) pães integrais com amêndoas e D) barra de cereais com amêndoas. Fonte: Trem do Cerrado (2009). .....	16
Figura 2.9. Licor da polpa de baru. Fonte: Marinho (2009). .....	16
Figura 2.10. Biscoito com amêndoas de baru. ....	16
Figura 2.11. Sabonete íntimo com extrato de baru. ....	16
Figura 2.12. Produtos de baru: A) amêndoas torradas e salgadas, embaladas sob vácuo, B) licor, C) doce de leite pastoso com amêndoas e chocolate, D) doce de leite com amêndoas. Fonte: Nonna Pasqua (2009).....	16
Figura 2.13. Linha de patês com amêndoas de baru a base de A) bacalhau, B) azeitonas preta, C) azeitonas verde, D) alho e E) grão de bico. Fonte: Nonna Pasqua (2009).....	17

Figura 2.14. Linha de molhos pronto tipo pesto com amêndoas de baru a base de: A) manjeriço, B) tomate seco, C) alcachofra e D) funghi. Fonte: Nonna Pasqua (2009).....	17
Figura 2.15. Classificação dos alimentos em relação aos parâmetros pH e Aw. (SCHMIDT, 2005).....	25
Figura 2.16. Relação entre a Aw, o crescimento microbiano e a velocidade de diversas reações. Fonte: Ordóñez (2005). ....	27
Figura 2.17. Esquema básico das reações químicas de escurecimento não- enzimático (reação de Maillard) e formação de produtos intermediários e finais. ....	29
Figura 2.18. Representação esquemática de tomógrafo de raios-X (MACEDO et al., 1996).....	30
Figura 2.19. Espaço CIELAB: significado geométrico das coordenadas. Fonte: Hunterlab (2008a).....	33
Figura 4.1. Fluxograma de atividades em função dos objetivos específicos (visão geral). ....	37
Figura 4.2. Fluxograma de atividades em função dos objetivos específicos (visão geral) - continuação.....	38
Figura 4.3. Mapa da distribuição geográfica dos municípios em Goiás. Fonte: SIEG, 2009. ....	39
Figura 4.4. Representação esquemática das dimensões mensuradas: A) frutos e B) amêndoas de baru. ....	48
Figura 4.5. Baru acondicionado em vasilhame perfurado utilizado nos ensaios de hidratação.....	50
Figura 4.6. Prensa hidráulica.....	57
Figura 4.7. Representação esquemática da direção de aplicação da força de compressão aplicada no baru ao longo da A) espessura e B) largura	57
Figura 4.8. Máquina universal para ensaio de materiais com capacidade máxima de 300 kN. ....	58
Figura 4.9. Dispositivos desenvolvidos para evitar o deslizamento do baru na extração da amêndoa em máquina universal de ensaio de materiais, fixados nas partes: A) superior, com superfície recartilhada e B) inferior, com rebaixo em forma de 'V'. ....	58

Figura 4.10. Representação esquemática da parte da polpa removida para ensaios de ruptura do baru. ....	59
Figura 4.11. Acomodação inicial do espécime na máquina universal de ensaios. ....	59
Figura 4.12. Regra do Trapézio na integração numérica para cálculo da energia de deformação (E) para a ruptura do baru. ....	60
Figura 4.13. Tomógrafo de ressonância magnética nuclear (RMN). ....	61
Figura 4.14. A) Microtomógrafo por raios-X e B) detalhe da acomodação do baru. ....	62
Figura 4.15. Representação esquemática dos planos de visualização das tomografias computadorizadas. ....	63
Figura 4.16. Representação esquemática da folga entre a amêndoa e endocarpo no plano x (corte transversal). ....	63
Figura 4.17. Curva padrão de Trolox e exemplo de equação. ....	70
Figura 5.1. Fluxograma das etapas de beneficiamento da UP1. ....	75
Figura 5.2. Despolpador utilizado na UP1. ....	76
Figura 5.3. Equipamento para extração de amêndoa na UP1 (M1): A) visão geral; B) detalhe da alimentação do equipamento. ....	76
Figura 5.4. Fluxograma das etapas de beneficiamento da UP2. ....	77
Figura 5.5. Despolpador utilizado na UP2. ....	78
Figura 5.6. Equipamento para extração de amêndoa na UP2 (M2): A) visão geral; B) detalhe da alimentação do equipamento. ....	78
Figura 5.7. Forno à lenha para a torração das amêndoas na UP2. ....	79
Figura 5.8. Fluxograma das etapas de beneficiamento da UP3. ....	79
Figura 5.9. Fluxograma das etapas de beneficiamento das UP4 e UP5. ....	80
Figura 5.10. Equipamentos para extração da amêndoa através do corte dos frutos, denominados de: A) M3, B) M4 e C) M5. Fonte: Pimentel, 2008. ....	80
Figura 5.11. Porcentagem média das observações referentes às conformidades (C), não-conformidades (NC), itens não aplicáveis (NA) e não observados (NO) em unidades produtoras (UP). ....	88
Figura 5.12. Proporção média (% <sub>Grupo</sub> ) dos agrupamentos de baru: CPCA (com polpa e com amêndoa), CPSA (com polpa e sem amêndoa) e SP (sem polpa). ....	90

Figura 5.13. A) Baru classificado em frutos sem amêndoa; B) detalhe de amêndoas mal formadas. ....	91
Figura 5.14. Massa unitária média de baru classificado em frutos com polpa e com amêndoa (CPCA), com polpa e sem amêndoa (CPSA) e frutos sem polpa (SP). As linhas verticais representam o desvio padrão das amostras.....	92
Figura 5.15. Proporção em massa das frações (polpa, endocarpo e amêndoa) que compõem o baru com polpa e com amêndoa (CPCA). ....	93
Figura 5.16. Valores médios de comprimento (C), largura (L) e espessura (E) para o baru classificado em frutos com polpa e com amêndoa (CPCA), com polpa e sem amêndoa (CPSA) e sem polpa (SP). As linhas verticais representam o desvio padrão das amostras.....	95
Figura 5.17. Histogramas de freqüência com percentual cumulativo para a espessura média (mm) de baru com polpa e com amêndoa (CPCA). 95	
Figura 5.18. Histogramas de freqüência com percentual cumulativo para a espessura média (mm) de baru com polpa e sem amêndoa (CPSA). 96	
Figura 5.19. Histogramas de freqüência com percentual cumulativo para a espessura média (mm) de baru sem polpa (SP). ....	96
Figura 5.20. Espessuras médias e desvios padrão (linhas verticais) de frutos com polpa e com amêndoa (CPCA), com polpa e sem amêndoa (CPSA) e sem polpa (SP), obtidos neste trabalho; e valores obtidos por outros autores para baru com polpa (CP) e sem polpa (SP). Linha tracejada horizontal: representa uma hipotética separação física para a classificação do baru. ....	97
Figura 5.21. Massa de água absorvida pelo baru com polpa (CP) submetido à hidratação em distintas temperaturas (25°C, 60°C e 90°C). ....	99
Figura 5.22. Valores preditos e observados para o modelo de Peleg na hidratação a 25°C. ....	102
Figura 5.23. Valores preditos e observados para o modelo de Peleg na hidratação a 60°C. ....	102
Figura 5.24. Valores preditos e observados para o modelo de Peleg na hidratação a 90°C. ....	102

Figura 5.25. Gráfico de Arrhenius para a constante $k_1$ de Peleg durante a hidratação do baru.....	103
Figura 5.26. Valores médios para as proporções de polpa ( $P_P$ ) obtidas nos ensaios de despulpamento. As linhas verticais representam o desvio padrão. ....	105
Figura 5.27. Despulpadora a facas: A) vista geral; B) tela que promove o despulpamento com as pequenas aberturas preenchidas com polpa; C) polpa removida da tela por raspagem.....	106
Figura 5.28. Frutos despulpados resultantes da operação em despulpadora a facas.....	106
Figura 5.29. Polpa de baru hidratada: A) no coletor do equipamento; B) antes da compressão; e C) após a compressão pelas mãos.....	106
Figura 5.30. Curvas de acidificação para polpa de baru. ....	109
Figura 5.31. Bebidas processadas com as respectivas proporções de 5, 10, 25 e 50% (p/v) de polpa de baru: A) mantida em repouso a temperatura ambiente (25°C); B) após agitação manual para a avaliação sensorial sob refrigeração (5°C). ....	110
Figura 5.32. Bebida de polpa de baru com 0,05% de hidrocolóides a temperatura ambiente (25°C): 1) xantana; 2) gelana; 3) 0,025% xantana + 0,025% gelana.....	110
Figura 5.33. Bebida de polpa de baru com 0,1% de hidrocolóides a temperatura ambiente (25°C): 1) xantana; 2) gelana; 3) 0,05% xantana + 0,05% gelana.....	110
Figura 5.34. Baru submetido à aplicação de força ao longo da espessura: A) com polpa (CP) e B) sem polpa (SP). ....	111
Figura 5.35. Baru submetido à aplicação de força ao longo da largura: A) com polpa (CP) e B) sem polpa (SP). ....	111
Figura 5.36. Curva força-deformação característica dos ensaios de ruptura de baru. ....	112
Figura 5.37. Baru: A) com polpa (CP); B) sem polpa (SP); C) hidratado a 90°C por 30 minutos e despulpado (H); e D) despulpado e seco a 150°C por 50 minutos (S). ....	114

Figura 5.38. Imagem tomográfica (RMN) de baru A) <i>in natura</i> , B) hidratado a 90°C por 30 minutos e C) hidratado 25°C por 48 horas. ....	114
Figura 5.39. Imagem tomográfica de Raios-X de um único espécime: A) <i>in natura</i> ; B) hidratado (90°C/30min) e despulpado; C) seco (15 0°C/50min).. ..	115
Figura 5.40. Tomografia do corte transversal do baru utilizada para mensurar a folga F ( $F=F_1+F_2$ ): A) <i>in natura</i> ; B) hidratado (90°C/30min) e despulpado; C) despulpado e seco (150°C/50min). ....	116
Figura 5.41. Variação de umidade durante a torração a 150°C. ....	117
Figura 5.42. Variação de umidade durante a torração a 175°C. ....	117
Figura 5.43. Variação de umidade durante a torração a 200°C. ....	118
Figura 5.44. Variação de umidade durante a torração a 250°C. ....	118
Figura 5.45. Variação de umidade durante a torração a 300°C. ....	118
Figura 5.46. Variação de massa (%) durante a torração a 150°C .....	119
Figura 5.47. Variação de massa (%) durante a torração a 175°C .....	120
Figura 5.48. Variação de massa (%) durante a torração a 200°C .....	120
Figura 5.49. Variação de massa (%) durante a torração a 250°C .....	120
Figura 5.50. Variação de massa (%) durante a torração a 300°C .....	121
Figura 5.51. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 150°C .....	122
Figura 5.52. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 175°C .....	123
Figura 5.53. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 200°C .....	123
Figura 5.54. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 250°C .....	123
Figura 5.55. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 300°C .....	124
Figura 5.56. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 150°C.1 25	
Figura 5.57. Variação de cor de amêndoas de baru torradas a 150°C. ....	125
Figura 5.58. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 175°C.1 25	
Figura 5.59. Variação de cor das amêndoas de baru torradas a 175°C.....	125



Figura 5.60. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 200°C.	126
Figura 5.61. Variação de cor das amêndoas de baru torradas a 200°C.	126
Figura 5.62. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 250°C.	127
Figura 5.63. Variação de cor das amêndoas de baru torradas a 250°C.	127
Figura 5.64. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 300°C.	127
Figura 5.65. Variação de cor das amêndoas de baru torradas a 300°C.	128
Figura 5.66. Cinética da diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru torradas em temperaturas distintas.	128
Figura 5.67. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 150°C.	130
Figura 5.68. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 175°C.	130
Figura 5.69. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 200°C.	130
Figura 5.70. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 250°C.	131
Figura 5.71. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 300°C.	131
Figura 5.72. Curva força-deformação característica dos ensaios de compressão de amêndoas de baru.	132
Figura 5.73. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 150°C	132
Figura 5.74. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 175°C	133
Figura 5.75. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 200°C	133
Figura 5.76. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 250°C	133
Figura 5.77. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 300°C	134

Figura 5.78. Proporção de amêndoas com 100% de película aderida (+), com 50% de película ( $\pm$ ) e sem película (-) no processo de torra a 150°C.....	135
Figura 5.79. Proporção de amêndoas com 100% de película aderida (+), com 50% de película ( $\pm$ ) e sem película (-) no processo de torra a 175°C.....	135
Figura 5.80. Proporção de amêndoas 100% de película aderida (+), com 50% de película ( $\pm$ ) e sem película (-) no processo de torra a 250°C.....	136
Figura 5.81. Proporção de amêndoas no processo de torra a 150°C com muita facilidade na remoção da película (+), média facilidade na remoção da película ( $\pm$ ) e película muito aderida (-). .....	136
Figura 5.82. Proporção de amêndoas no processo de torra a 175°C com muita facilidade na remoção da película (+), média facilidade na remoção da película ( $\pm$ ) e película muito aderida (-). .....	137
Figura 5.83. Proporção de amêndoas no processo de torra a 250°C com muita facilidade na remoção da película (+), média facilidade na remoção da película ( $\pm$ ) e película muito aderida (-). .....	137
Figura 5.84. Valores médios dos atributos avaliados em Goiânia (GO) para a aceitação de amêndoas de baru torradas a 175°C em distintos graus de torra. ....	138
Figura 5.85. Valores médios dos atributos avaliados em Campinas (SP) para a aceitação de amêndoas de baru torradas a 175°C em distintos graus de torra. ....	139
Figura 5.86. Valores médios dos atributos avaliados em Campinas (SP) para a aceitação de amêndoas de baru correspondentes, torradas em distintos binômios tempo/temperatura.....	141
Figura 5.87. Isotermas de adsorção para amêndoas.....	146
Figura 5.88. Isotermas de dessorção para polpa de baru.....	147
Figura 5.89. Valores observados e preditos para o modelo de GAB da isoterma adsorção de amêndoas de baru.....	149
Figura 5.90. Valores observados e preditos para o modelo de DLP da isoterma adsorção de amêndoas de baru.....	150
Figura 5.91. Valores observados e preditos para o modelo de GAB da isoterma dessorção de polpa de baru.....	150

Figura 5.92. Valores observados e preditos para o modelo de DLP da isoterma dessorção de polpa de baru. ....	151
Figura 6.1. Fluxogramas de processamento e aproveitamento integral de baru.	156



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 5.1. Valores médios para massa de frutos hidratados ( $M_{FH}$ ), massa de água adicionada ( $M_W$ ), tempo gasto (t) na operação, massa de polpa ( $M_P$ ) e massa de frutos sem polpa ( $M_{SP}$ ) no despulpamento de baru em unidades produtoras (UP)..... 81
- Tabela 5.2. Valores médios para velocidade de rotação do despulpador (N), diâmetro (D) no despulpamento de baru em unidades produtoras (UP). ..... 81
- Tabela 5.3. Valores médios das proporções de água adicionada (U), de polpa ( $P_P$ ), de frutos despolpados ( $P_{SP}$ ), força centrífuga relativa (FCR) e capacidade produtiva por pessoa por hora (kg/Homem-hora) obtidos no despulpamento em unidades produtoras (UP). ..... 82
- Tabela 5.4. Valores médios para massa total de frutos ( $M_F$ ), tempo da operação da operação de extração de amêndoa (t), massa total das amêndoas extraídas ( $M_A$ ), massa de amêndoas inteiras ( $M_{AI}$ ) e massas de resíduo gerado ( $M_R$ ) na extração de amêndoas em distintos equipamentos..... 83
- Tabela 5.5. Valores médios das proporções de amêndoas ( $P_A$ ), de amêndoas inteiras ( $P_{AI}$ ) e de resíduos gerados ( $P_R$ ), e capacidades produtivas na extração da amêndoa ( $P_{dEX}$ ) e de obtenção de amêndoas inteiras ( $P_{dAI}$ ) obtidos na extração de amêndoas com distintos equipamentos. .... 84
- Tabela 5.6. Valores médios das massas de amêndoas inicial ( $M_i$ ) e final ( $M_f$ ) da torração, do tempo da operação (t), percentagem de perda de massa na torração ( $P_M$ ) e a capacidade produtiva na torração ( $C_T$ ) em unidades produtoras..... 84
- Tabela 5.7. Percentual de itens observados em distintas unidades produtoras (UP) classificados em “Conforme”, “Não conforme”, “Não aplicável” e “Não observado” referentes às etapas de aspectos gerais de higiene e programa de treinamentos (1); de projetos e instalações (2); de fabricação (3); de limpeza e sanitização (4); de controle integrado de pragas (5); e de controle de qualidade (6)..... 85

Tabela 5.8. Massa ( $M_{\text{Grupo}}$ ) e proporção ( $\%_{\text{Grupo}}$ ) dos agrupamentos propostos para as amostras das regiões estudadas. ....	90
Tabela 5.9. Massa unitária e desvio padrão, quantidade total de baru estimada e quantidade estimada para amostragem representativa de cada agrupamento das amostras provenientes de distintas regiões. ....	91
Tabela 5.10. Valores médios e desvio padrão do comprimento, largura e espessura de cada agrupamento para as amostras provenientes de distintas regiões de Goiás. ....	94
Tabela 5.11. Valores médios e desvio padrão do comprimento, largura e espessura de cada agrupamento estudado por distintos autores para o baru. ....	94
Tabela 5.12. Valores médios e desvio padrão para a massa específica aparente ( $\rho_{\text{Ap}}$ ), volume (V) e massa específica ( $\rho$ ) do baru com polpa (CP) e sem polpa (SP). ....	98
Tabela 5.13. Faixa de massa específica aparente ( $\rho_{\text{Ap}}$ ) e massa específica unitária ( $\rho$ ) encontradas para diferentes produtos agrícolas. ....	98
Tabela 5.14. Valores dos parâmetros dos modelos de hidratação de polpa em distintas temperaturas e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ). ....	101
Tabela 5.15. Valores médios para as massas de frutos ( $M_{\text{F}}$ ), de polpa ( $M_{\text{P}}$ ) e de frutos despulpados ( $M_{\text{SP}}$ ), obtidos através de distintos métodos de despulpamento de baru <i>in natura</i> e hidratado. ....	104
Tabela 5.16. Valores médios e desvio padrão do teor de umidade (U), atividade de água ( $A_w$ ), pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e <i>ratio</i> da polpa de baru. ....	107
Tabela 5.17. Valores médios para força máxima, deformação na força máxima ( $\delta$ ), deformação específica ( $\epsilon$ ) e energia de deformação (E), obtidos nos ensaios de compressão dos frutos de baru com polpa (CP), sem polpa (SP), hidratados a 90°C por 30 minutos e despulpados (H) e frutos despulpados e secos a 150°C (S). ....	113
Tabela 5.18. Valores médios com seus respectivos desvios padrão das folgas F1, F2 e da somatória F dos distintos condicionamentos do espécime..	116

Tabela 5.19. Valores dos parâmetros dos modelos de perda de massa na torração de amêndoas de baru em distintas temperaturas e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).....	122
Tabela 5.20. Valores dos parâmetros dos modelos de diferença total de cor ( $\Delta E$ ) na torração de amêndoas de baru em distintas temperaturas e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).....	129
Tabela 5.21. Média e desvio padrão dos atributos avaliados em Goiânia (GO) para amêndoas de baru torradas a 175°C por tempos (t) diferentes.....	138
Tabela 5.22. Média e desvio padrão dos atributos avaliados em Campinas (SP) para amêndoas de baru torradas a 175°C por tempos (t) diferentes. ....	139
Tabela 5.23. Média e desvio padrão dos atributos avaliados em Campinas (SP) para amêndoas de baru correspondentes, torradas em distintos binômios tempo/temperatura (t/T). ....	140
Tabela 5.24. Valores médios de perda de massa (%), diferença total de cor ( $\Delta E$ ), cor do grau de torra e força máxima de compressão (N) para a torração de amêndoas de baru em distintos binômios tempo/temperatura, correspondentes em função da perda de massa (%). ....	142
Tabela 5.25. Valores médios de perda de massa (%), diferença total de cor ( $\Delta E$ ), cor do grau de torra e força máxima de compressão (N) para a torração de amêndoas de baru em distintos binômios tempo/temperatura, correspondentes em função da diferença total de cor ( $\Delta E$ ).....	142
Tabela 5.26. Valores médios de perda de massa (%), diferença total de cor ( $\Delta E$ ), cor do grau de torra e força máxima de compressão (N) para a torração de amêndoas de baru em distintos binômios tempo/temperatura, correspondentes em função da força máxima de compressão (N). ....	143
Tabela 5.27. Valores obtidos no ensaio de ORAC para os padrões analisados.	143
Tabela 5.28. Média e desvio padrão dos valores de ORAC-hidrofílico de amêndoa de baru <i>in natura</i> e torradas em distintos binômios tempo/temperatura. ....	144

Tabela 5.29. Média e desvio padrão dos valores de ORAC-hidrofílico de polpa de baru. ....	145
Tabela 5.30. Valores dos parâmetros dos modelos de isoterma de adsorção das amêndoas torradas e os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ). ....	148
Tabela 5.31. Valores dos parâmetros dos modelos de isoterma de dessorção da polpa hidratada e os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ). ....	148



## SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO GERAL .....	xxix
SUMMARY .....	xxx
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 Cerrado brasileiro.....	5
3.2 Baru.....	8
3.2.1 Ocorrência.....	8
3.2.2 Características .....	9
3.2.3 Fruto.....	11
3.2.4 Semente.....	12
3.2.5 Aproveitamento .....	13
3.2.6 Mercado .....	14
3.2.7 Propriedades nutricionais.....	17
3.2.8 Produção.....	20
3.2.9 Beneficiamento .....	22
3.3 Processamento e conservação de alimentos.....	24
3.4 Tomografia de ressonância magnética nuclear (RMN) .....	29
3.5 Tomografia computadorizada de raios-X (TC) .....	30
3.6 Medição de cor.....	31
3.7 Capacidade Antioxidante .....	33
3.8 Análise Sensorial.....	35
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.1 Metodologia.....	37
4.2 Estado da arte do processamento de baru .....	38
4.2.1 Avaliação do beneficiamento .....	39
4.2.2 Condições higiênico-sanitárias.....	44
4.3 Obtenção de frutos e amêndoas de baru .....	44
4.4 Caracterização física do baru (frutos e amêndoas).....	45
4.4.1 Agrupamento dos frutos.....	45
4.4.2 Massa unitária.....	46

4.4.3	Amostragem.....	47
4.4.4	Comprimento, largura e espessura.....	47
4.4.5	Massa específica aparente.....	48
4.4.6	Volume e Massa específica.....	48
4.5	Armazenamento.....	49
4.6	Hidratação da polpa de baru.....	50
4.7	Despolpamento de baru.....	52
4.8	Análise físico-química da polpa de baru.....	53
4.8.1	Umidade.....	53
4.8.2	Atividade de água (Aw).....	54
4.8.3	pH.....	54
4.8.4	Sólidos solúveis totais (°Brix).....	54
4.8.5	Acidez titulável total.....	54
4.9	Acidificação da polpa de baru.....	55
4.10	Utilização da polpa para formulação.....	55
4.11	Ensaio de ruptura do baru.....	56
4.12	Imagens tomográficas do baru.....	61
4.12.1	Ressonância Magnética Nuclear (RMN).....	61
4.12.2	Raios-X.....	62
4.13	Torração da amêndoa.....	63
4.13.1	Umidade.....	64
4.13.2	Perda de massa.....	65
4.13.3	Cor.....	65
4.13.4	Textura.....	65
4.13.5	Remoção de película.....	66
4.14	Análise sensorial da amêndoa de baru torrada.....	66
4.15	Capacidade antioxidante <i>in vitro</i> da polpa e da amêndoa.....	67
4.15.1	Preparo da amostra.....	68
4.15.2	Ensaio de ORAC.....	68
4.16	Isotermas de sorção da polpa e da amêndoa.....	70
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	75
5.1	Estado da Arte do Processamento de Baru.....	75
5.1.1	Avaliação do Beneficiamento.....	75

5.1.2	Condições higiênico-sanitárias.....	85
5.2	Caracterização física do baru (frutos e amêndoas).....	89
5.2.1	Agrupamento dos frutos.....	89
5.2.2	Massa unitária e amostragem.....	91
5.2.3	Comprimento, largura e espessura.....	93
5.2.4	Massa específica aparente, Volume e Massa específica.....	97
5.3	Hidratação da polpa de baru.....	99
5.4	Despolpamento de baru.....	104
5.5	Análise físico-química da polpa de baru.....	107
5.6	Acidificação da polpa de baru.....	108
5.7	Utilização da polpa para formulação.....	109
5.8	Ensaio de ruptura do baru.....	111
5.9	Imagens tomográficas do baru.....	114
5.9.1	Ressonância Magnética Nuclear (RMN).....	114
5.9.2	Raios-X.....	115
5.10	Torração da amêndoa.....	117
5.10.1	Umidade.....	117
5.10.2	Perda de massa.....	119
5.10.3	Cor.....	124
5.10.4	Textura.....	131
5.10.5	Remoção de película.....	134
5.11	Análise sensorial da amêndoa de baru torrada.....	138
5.12	Capacidade antioxidante <i>in vitro</i> da polpa e da amêndoa.....	143
5.13	Isotermas de sorção da polpa e da amêndoa.....	145
6	CONCLUSÕES.....	153
7	TRABALHOS FUTUROS.....	157
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
	ANEXOS.....	183
	ANEXO 1: Lista de verificação (check-list).....	183
	ANEXO 2: Ficha da Análise Sensorial e TCLE.....	204
	ANEXO 3: Preparação das soluções - ORAC.....	206
	ANEXO 4: Resultados de cor.....	207



## RESUMO GERAL

O baru é um fruto com potencial para exploração e aliado à preservação dos recursos naturais, possibilita transformar atividades locais em meios de subsistência. Este trabalho teve por objetivo avaliar o estado da arte do seu aproveitamento; desenvolver tecnologia para o aproveitamento e conservação da polpa; e avaliar os processos de extração e torração das amêndoas.

As operações de despulpamento, extração e torração foram avaliadas com base na capacidade operacional (kg/h) e nas condições higiênico-sanitárias, em unidades produtoras.

Foram avaliadas as características físicas de frutos e amêndoas, além das operações de hidratação (25°C, 60°C e 90°C), despulpamento, ruptura dos frutos e torração das amêndoas (150, 175, 200, 250 e 300°C em torrador rotativo), observando-se as melhores condições baseadas no rendimento, facilidade e aspectos sensoriais.

As unidades produtoras visitadas não utilizavam tecnologia satisfatória e não têm controle sobre as etapas de produção. Em relação às condições higiênico-sanitárias, a maioria apresentou mais de 80% de não-conformidades, apontando potenciais para capacitações e desenvolvimento tecnológico.

A espessura mínima de 26 mm para os frutos é capaz de selecioná-los entre aqueles com polpa (>26 mm) e sem polpa. O fruto apresentou uma massa média de  $28,20 \pm 0,99$  g enquanto o fruto sem polpa  $16,52 \pm 1,67$  g. Para as amêndoas, a massa média foi  $1,32 \pm 0,05$ g, e  $26,52 \pm 2,84$  mm,  $10,73 \pm 1,07$  mm e  $8,99 \pm 0,85$  mm, respectivamente para o comprimento, largura e espessura.

A temperatura influenciou a absorção de água durante a hidratação, e a 90°C durou 30 minutos, sendo melhor descrita pelo modelo de Peleg. A remoção da polpa de frutos hidratados foi melhor efetuada com despulpador de facas.

A análise físico-química da polpa demonstrou características de um alimento relativamente seguro do ponto de vista microbiológico, devido ao pH ( $4,86 \pm 0,12$ ) e  $A_w$  ( $0,650 \pm 0,027$ ), porém, a hidratação aumentou a  $A_w$  ( $0,948 \pm 0,003$ ) e o pH ( $5,44 \pm 0,24$ ), transformando a polpa num alimento de baixa acidez.

A tomografia (raios-X) foi inspecionada com a finalidade de visualizar irregularidades na estrutura do fruto e possíveis pontos de ruptura com a aplicação de força de compressão. Este estudo indicou que uma força de compressão na direção da largura do baru (11 kN), com deslocamento de 7%, favoreceu a extração da amêndoa.

As amêndoas torradas que apresentaram a maior aceitação foram processadas a 175°C por 10 minutos em torrador rotativo. As variações de perda de massa e diferença de cor foram descritas pelo modelo de Page. É fundamental a utilização de embalagens com barreira a umidade, evitando perda de crocância em  $A_w$  superior a 0,55. Os modelos que melhor representaram os resultados das isotermas (a 25°C) de adsorção foram o de GAB e DLP. A torração não alterou a capacidade antioxidante (4,29 a 5,45  $\mu\text{mol TE/g}$  de amostra), indicando o potencial de minimizar possíveis reações oxidativas.

A utilização do baru aponta para um potencial de aplicação no nicho de mercado de alimentos orgânicos e funcionais, aliando inovações tecnológicas e segurança alimentar com desenvolvimento econômico e social do Cerrado.

**PALAVRAS-CHAVE:** baru, Cerrado, hidratação, propriedades mecânicas, ruptura, processamento, torração e modelamento.

## SUMMARY

Baru has potential for economic exploitation; however, this activity has had several difficulties to reach new markets. This work focused on the evaluation of the current technologies, their limitations and the development needed to make use of the whole fruit; the technology for pulp recovery and conservation; the technology for the nut extraction, roasting, quality and stability.

The operations for pulping, nut extraction and roasting were analyzed based on yields (kg/h), and according to hygiene requirements, in some processors.

Physical-chemical characteristics of the fruit, pulp and nuts were evaluated. Then the hydration operation (at 25°C, 60°C and 90° C), the pulping, fruit rupture and the nut roasting (at 150, 175, 200, 250 and 300°C in a rotary roaster) were carried out looking for the best conditions based on yield, easy handling and sensorial aspects.

The processors visited did not have satisfactory technology and no control over any production step. Most of the units showed more than 80% of non-conformity, showing the necessity for training in GMP and technological development.

In order to select fruit with pulp, it was found that the minimum thickness of the fruit was 26mm. The whole fruit had an average of  $28.20 \pm 0.99$  g while fruit without pulp weighed  $16.52 \pm 1.67$  g. Whole fruit without nuts represented only 5% of the sample. For the nuts used in this study, the average mass was  $1.32 \pm 0.05$ g and the size was  $26.52 \pm 2.84$  mm,  $10.73 \pm 1.07$  mm and  $8.99 \pm 0.85$  mm, in length, width and thickness, respectively.

Temperature influenced the water absorption rate during hydration, and at 90°C it took 30 minutes of immersion, best described by Peleg's model. The hydration of the fruit and its pulp removal was best performed by the knife equipment, which demonstrated the lowest mass loss and the greater process standardization.

The physical-chemical analysis of the pulp showed characteristics of a relatively safe fresh food considering the microbiological aspect because of the pH ( $4.86 \pm 0.12$ ) but mainly by water activity ( $0.650 \pm 0.027$ ). The technique of

computerized tomography and X-rays was carried out in order to visualize irregularities in the core and possible break points, with application of compressive force across the width, and internal clearances. These studies indicated that a force of compression between flat plates across the width of the baru of 11 kN, with average displacement of 7% of the width of the fruit without pulp, favored the nut extraction.

Roasted nuts with the highest acceptance were those processed at 175°C for 10 minutes in a rotary roaster. The weight loss and color difference parameters were described by Page's model. Study of the isotherm for the nuts showed that, to keep quality and stability it is essential to use moisture barrier packing material, preventing loss of crispness in water activity above 0.55. Moreover, the hydrated pulp must be rapidly processed due to its physical-chemical characteristics. The models that best represented the results (25°C) of adsorption isotherms of roasted nuts and desorption isotherms of hydrated pulp were the GAB and DLP.

Baru has a high potential application in the organic food and functional markets, due to its increasing production and technological innovations, providing economic and social development aiding recovery of Brazilian biodiversity.

**KEY WORDS:** baru, Cerrado, hydration, processing, roasting and modeling.



### 1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, considerado atualmente a mais rica savana do mundo em biodiversidade. O governo e diversos setores da sociedade começaram a se preocupar com a conservação do que restou do Cerrado, pois este bioma encontra-se ameaçado pela exploração inadequada dos seus recursos naturais, e os estudos ainda são pequenos para o bioma, indicando um grande risco de perda de patrimônio genético e de recursos naturais ainda desconhecidos da ciência (AGUIAR & AQUINO, 2006).

A criação de uma base agroecológica se torna fundamental para diminuir a dependência de insumos agrícolas, e as unidades de agricultura familiar são as que melhor se adaptam. Sob o ponto de vista do desenvolvimento socioeconômico, a pesquisa tecnológica e a melhoria dos padrões de produtividade são fundamentais para a redução da pressão antrópica sobre a área remanescente (LOBO & SAWYER, 2009).

O uso de frutas nativas na fabricação de alimentos e bebidas é interessante para popularizar as espécies, agregando-lhes valor e gerando empregos, embora seja insuficiente para conter o desmatamento. É um caminho já percorrido com sucesso no caso de algumas espécies amazônicas. Algumas frutas do Cerrado são altamente nutritivas, ricas não só no valor energético, como também em vitaminas e sais minerais. O destaque é a amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) que vem ganhando espaço no mercado devido as suas propriedades nutricionais.

O baruzeiro é uma planta promissora devido não só ao seu múltiplo uso, mas alguns estudos indicam sua utilização popular como alimento, forrageiro, madeireiro, para fins medicinais (anti-reumático, tônico e regulador menstrual), melífero e também ornamental. Apresenta potencial de aplicação em projetos que conciliam a preservação dos recursos naturais com rentabilidade econômica, pois permite, na época de seca, renda extra.

Freqüente e acessível no Cerrado, a amêndoa do baru é rica em nutrientes, podendo ser excelente alternativa no combate à desnutrição. O consumo humano da polpa do fruto, apesar de irrisório, pode ocorrer na forma de doces, geléia, no enriquecimento de pães, licores ou aproveitada para fabricação de adubo, sendo

## **INTRODUÇÃO**

---

produzida até mesmo uma aguardente artesanal (ALMEIDA et al., 1998; SCHMIDT & MARTINS, 2007).

O baru é o carro chefe de diversas pequenas iniciativas de agronegócio nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Minas Gerais e Distrito Federal. Em alguns casos, a produção dessas atividades apresentou potencial de crescimento, mas acabou encontrando dificuldades para alcançar mercados (AGUIAR & AQUINO, 2006).

No beneficiamento do fruto do baruzeiro, as operações envolvidas na extração da amêndoa são realizadas de forma artesanal, sem segurança e com baixa eficiência, influenciando na produtividade e nos custos. A torração da amêndoa é realizada sem controle de tempo e temperatura, influenciando na qualidade e despadronização, dificultando a entrada no mercado. O despulpamento e o aproveitamento da polpa são limitados e pouco aplicados em unidades produtoras (NEPOMUCENO, 2006).

Desta forma, este trabalho teve por objetivo dar subsídios para o aprimoramento da cadeia produtiva do baru, de forma sustentável, em unidades produtoras rurais, através da avaliação do estado da arte das tecnologias para seu aproveitamento, suas limitações e necessidades; como desenvolvimento tecnológico para o aproveitamento e conservação da polpa; estudo e desenvolvimento de alternativas para o processo de extração da amêndoa; e finalmente a avaliação da qualidade e estabilidade das amêndoas processadas.

## **2 OBJETIVOS**

O presente trabalho teve por objetivo fornecer subsídios para o aprimoramento da cadeia produtiva do baru (*Dipteryx alata* Vog.).

Especificamente:

- 1) Avaliar o estado da arte das tecnologias para o aproveitamento integral do baru, suas limitações e necessidades de desenvolvimento;
- 2) Desenvolver tecnologia para o aproveitamento e conservação da polpa;
- 3) Desenvolver alternativas para o processo de extração da amêndoa;
- 4) Avaliar a qualidade e estabilidade da amêndoa processada.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Cerrado brasileiro

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, perdendo em tamanho somente para a Floresta Amazônica. Originalmente, ocupava quase 25% do Brasil e é o mais brasileiro bioma sul-americano, pois, apesar de algumas pequenas áreas na Bolívia e no Paraguai. Sua totalidade está em território nacional e é cortado por três grandes bacias hidrográficas da América do Sul (Tocantins, São Francisco e Prata). O ecossistema é similar às savanas da África e Austrália (ALMEIDA et al., 1998; SANO & ALMEIDA, 1998).

A região do Cerrado (ou das savanas tropicais) está localizada no Planalto Central do Brasil, abrangendo uma área contínua os estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte dos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo (com aproximadamente 1,8 milhão de km<sup>2</sup>), também ocorrendo em áreas disjuntas ao norte dos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Rondônia, e ao sul, em pequenas “ilhas” no Paraná (AGUIAR & CAMARGO, 2004; ALMEIDA et al., 1998; SANO & ALMEIDA, 1998; SILVA, 2001; SILVA et al., 2001).

Considerado atualmente a mais rica savana do mundo em biodiversidade, reúne uma grande variedade de paisagens e um grande número de espécies de plantas e animais. Entre chapadas e vales, com uma vegetação que vai do campo seco às matas de galeria, o Cerrado se estende por uma área equivalente a um quarto do território nacional. Tais dados demonstram que o Cerrado é um bioma rico e globalmente significativo por sua extensão, diversidade ecológica, estoques de carbono e função hidrológica no continente sul-americano, além de sua diversidade sócio-cultural (LOBO & SAWYER, 2009).

O clima da região é caracterizado como tropical estacional, ou tropical-quente-subúmido, com chuvas da ordem de 1.500 mm anuais. O Cerrado vive sob oscilação entre a época das chuvas e a época da seca. Durante a estação da seca, que é o inverno, definida como déficit hídrico, pode ficar de 2 a 7 meses sem chover, dependendo do ano e região. As temperaturas médias anuais variam em

torno de 22°C ao Sul e 27°C ao Norte. A estação das chuvas é um período de intenso crescimento para as plantas do Cerrado. Durante os meses de novembro, dezembro e janeiro chove copiosamente, podendo ocorrer tempestades. Muitas plantas produzem seus frutos nesta época. Com baixa fertilidade, acidez elevada e altos teores de alumínio, os solos da região, para atingirem produção satisfatória, necessitam de aplicações de corretivos como calcário e fertilizantes (DIAS, 1996; SILVA et al., 2001).

Atualmente, o bioma passa por um avançado processo de descaracterização. O estágio de conservação de áreas de Cerrado é pouco expressivo, enquanto o avanço da fronteira agrícola se dá de forma rápida e desordenada (LOBO & SAWYER, 2009). Além das monoculturas (soja, arroz, cana e milho), o Cerrado também se encontra ameaçado pela exploração inadequada dos seus recursos naturais pela pecuária, garimpos e desmatamento para extração do carvão. Somente 7% do Cerrado possui algum tipo de proteção na forma de reservas, parques nacionais e áreas indígenas e quilombolas. Os estudos ainda são limitados para o bioma, indicando um grande risco de perda de patrimônio genético e de recursos naturais ainda desconhecidos da ciência (AGUIAR & CAMARGO, 2004; ALMEIDA et al., 1998; DIAS, 1996; SILVA, 2001).

A proteção e a conservação do meio ambiente não podem ser alcançadas sem a melhoria das condições sociais e econômicas do país. Entende-se por desenvolvimento sustentável o desenvolvimento que atende as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem às próprias necessidades. Isso vai além do manejo sadio do meio ambiente, implica em incluir considerações de ordem ambiental e incorporação de critérios no processo de tomada de decisões econômicas com vistas ao desenvolvimento e definições de políticas públicas de planejamento de desenvolvimento (BRUNDTLAND, 1987; CNUMAD, 1993; 1996).

Muitas das espécies nativas do Cerrado constituem fontes em potencial de exploração econômica, pois apresentam características peculiares, com formas variadas, cores atrativas e sabores característicos (ALMEIDA et al., 1998). Muitas frutas nativas são à base da sustentação da vida silvestre, empregadas na dieta popular como complemento alimentar, ou mesmo fonte de alimento para as populações rurais, sendo consumidas *in natura* ou processadas na forma de

sucos, sorvetes, picolés, licores, pães, bolos, conservas, doces e etc. Dentre as espécies com potencial econômico destacam-se a gueroba ou guariroba (*Syagrus oleracea*), a gabirola (*Camponesia cambessedeani*), o pequi ou piqui (*Caryocar brasiliense*), a cagaita (*Eugenia dysenterica*), a mangaba (*Hancornia speciosa*), o araticum (*Anona crassiflora*), o ingá de metro (*Inga sp*), o cajú do campo (*Anacardium humile*), a curriola (*Pouteria ramiflora*), o baru (*Dipteryx alata* Vog), dentre outras (AGUIAR & CAMARGO, 2004; ALMEIDA et al., 1998; BOZZA, 2004; SILVA, 2001; SILVA et al., 2001).

Desde maio de 2001 o projeto “Conservação e Manejo da Biodiversidade do Bioma Cerrado”, coordenado pela EMBRAPA Cerrados (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias) e executado em parceria com a Universidade de Brasília (UnB/Departamentos de Engenharia Florestal e de Botânica) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com apoio financeiro do Reino Unido, promove a conservação e o manejo sustentável dos recursos naturais do Cerrado (CMBBC, 2007).

Em Goiás, empresários transformam há anos as frutas regionais em sorvetes, e vendem aproximadamente 30 sabores de picolés e sorvetes em massa, nos sabores de pequi, araticum, cagaita, mutamba, jatobá, gabirola e mangaba. O uso de frutas nativas na fabricação de alimentos e bebidas é interessante para popularizar as espécies, agregando-lhes valor e gerando empregos, embora seja insuficiente para conter o desmatamento. É um caminho já percorrido com sucesso no caso de algumas espécies amazônicas, como o açaí, o cupuaçu e a castanha-do-Brasil (GIACHETTO, 2006; OSAVA, 2009; QUEIROZ, 2009). Os frutos do Cerrado apresentam propriedades físico-químicas excelentes para o consumo, pois são ricos em nutrientes importantes na dieta, com destaque para a amêndoa de baru (MARIN, 2006; MARTINS, 2006; MOREIRA et al., 2005). A amêndoa de baru mostra potencial de ser classificada entre os melhores alimentos nativos do Brasil e com possibilidade de alcançar lugar de destaque no segmento (CARLOS, 2008).

Indicando o potencial do baru na aplicação de projetos que conciliam a preservação com rentabilidade, Cirley Motta (2008), do Centro de Exploração Sustentável do Cerrado (CENESC), afirma que o fruto, por ser encontrado na época de seca onde não há muita atividade no meio rural, representa uma forma

de renda extra. Conforme o catálogo *Long live the Cerrado!* (sd), além de fazer parte do Programa de Pequenos Projetos Ecosociais (PPP-ECOS), o baru é o carro chefe de diversas pequenas iniciativas de agronegócio em Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Minas Gerais e Distrito Federal.

Através de experimentação com 170 famílias rurais no Assentamento Andalucia em Nioaque em Mato Grosso do Sul, foi demonstrado que o baru aponta como uma importante alternativa para a produção sustentável. Além de aumentar a renda familiar com cultivo e beneficiamento do baru, propiciou a melhoria da qualidade de vida, aumento da auto-estima e do bem estar social, estimulando a cooperação e interesse da população envolvida (ARAKAKI, 2004; CENTRAL DO CERRADO, 2008).

O Centro de Desenvolvimento Agroecológico do Cerrado (CEDAC), em experiência com famílias de agricultores e extrativistas no interior de Goiás, demonstrou a possibilidade de explorar de modo sustentável o Cerrado. Para garantir a comercialização desta cadeia produtiva, foi constituída a Cooperativa Mista de Agricultores Familiares, Extrativistas, Pescadores, Vazanteiros e Guias Turísticos do Cerrado (COOPCERRADO), produzindo farinha e biscoitos de baru para instituições como escolas e asilos em Goiás (SILVA & EGITO, 2005; SOARES JUNIOR et al., 2003a). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2005), aproximadamente 185 mil crianças e idosos já foram beneficiados.

## 3.2 Baru

### 3.2.1 Ocorrência

Pertencente à família *Leguminosae Faboideae* e com o nome científico *Dipteryx alata* Vog., o baru também é conhecido popularmente por barujó, castanha-de-ferro, castanha-de-burro, chimoré, coco-feijão, cumarurana, cumarú, cumbaru, cumbaru, fruta-de-macaco, emburena-brava, feijão-coco, pau-cumbarú, pau-cumaru, garampara, meriparagé, almedro e “tonka beans”. Além de ocorrer no Cerrado brasileiro, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Tocantins e São Paulo (Figura 3.1), pode ser



encontrado nas cercanias do complexo do Pantanal e em países vizinhos, como Paraguai e Bolívia (AGUIAR & AQUINO, 2006; ALMEIDA et al., 1998; BOTEZELLI et al., 2000; BOZZA, 2004; BRITO, 2004; SILVA, 2001; SANO et al., 1999; SILVA et al., 2001)

Ocorre em solos bem drenados e férteis, apresentando distribuição irregular na paisagem do bioma Cerrado, mas pode formar agrupamentos homogêneos. Solos de baixa fertilidade não limitam o estabelecimento de indivíduos (BRITO, 2004; SILVA et al., 2001).

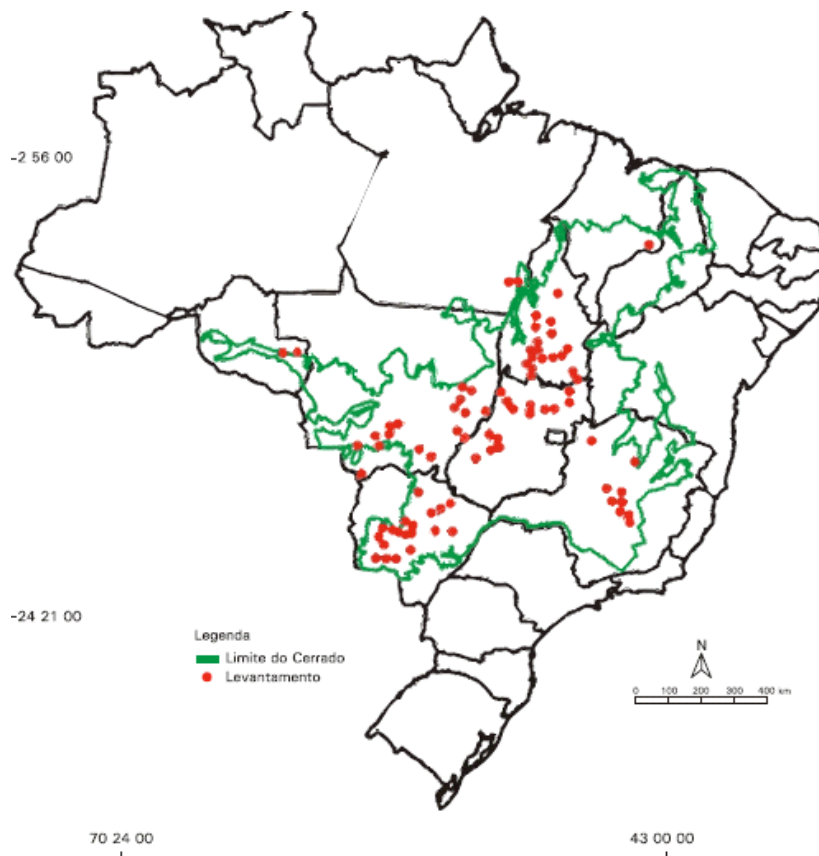


Figura 3.1. Distribuição geográfica do baru no Cerrado Sentido Restrito, em 84 localidades entre 316 levantamentos no Bioma Cerrado. Fonte: Ratter et al. (2000) apud Sano et al. (2004).

### 3.2.2 Características

Conhecido como barueiro ou baruzeiro (Figura 3.2), a árvore típica do Cerrado apresenta grande porte e crescimento rápido, com média de 15 metros de altura, podendo atingir até 25 metros em solos férteis, com vida útil de

aproximadamente 60 anos. É bastante utilizada no paisagismo, reflorestamento, arborização urbana, recuperação de cabeceiras de rios e nascentes. É de suma importância para a agropecuária, devido à copa larga e densa, com a folhagem que proporciona sombra ao gado e aumenta a quantidade de nitrogênio e potássio, ajudando na fertilização do solo para o pasto. O tronco de aproximadamente 70 cm de diâmetro oferece madeira de boa qualidade, bastante pesada e resistente a fungos e cupins, ocorrendo então o corte indiscriminado do baru para fabricação de carvão vegetal, instalação de cercas (mourões), indústria moveleira, construção civil e naval, entre outros usos (ALMEIDA et al., 1998; BRITO, 2004; SILVA, 2001; SILVA et al., 2001).

O baru (Figura 3.3) é uma das poucas espécies que apresentam polpa carnosa durante a estação seca no bioma Cerrado, sendo importante para alimentação da fauna, como de morcegos, macacos que comem inclusive a amêndoa, de aves silvestres como a arara-azul, roedores como a cotia, além de insetos como besouros, formigas ou cupins. Quando maduros, os frutos caem com facilidade da árvore e são fartamente consumidos pelos rebanhos bovinos criados extensivamente, funcionando como excelente complemento alimentar no período da estiagem (BOTEZELLI et al., 2000; BOZZA, 2004; BRITO, 2004; FERREIRA et al., 1998; SILVA, 2001; SILVA et al., 2001).



Foto: Bruno Martins

Figura 3.2. Baruzeiro.



Foto: Bruno Martins

Figura 3.3. Frutos do baruzeiro.

Entre novembro e fevereiro inicia-se a floração, raramente, em outras épocas. Os frutos iniciam sua formação a partir de dezembro, e amadurecem quando a árvore se encontra praticamente sem folhas. As flores são muito

visitadas por abelhas, que são os principais polinizadores da planta (BOZZA, 2004; SANO et al., 2004).

Tem sua primeira frutificação com cerca de 6 anos, sendo este período bastante variado em função das condições de solo e água. Possui safra intermitente com variações bruscas de intensidade de produção de frutos de um ano para o outro. Para efeitos práticos relacionados à utilização comercial, produz uma safra boa a cada 2 anos, produzindo uma árvore adulta, cerca de 5 mil unidades ou 150 kg de fruto por safra boa (ALMEIDA et al., 1998; BRITO, 2004; FERREIRA et al., 1998; SILVA, 2001).

Algumas plantas não apresentam variação anual, quanto ao peso e dimensão de frutos e sementes, enquanto outras mudam de grupo de um ano para outro. Isso mostra a influência de fatores ambientais não controlados, como solo, clima, condições de antropização, idade da planta, competição, dentre outros. Desse modo, plantas em seu ambiente natural que apresentaram desempenhos superiores para as características físicas, quanto aos frutos e sementes, podem não apresentar o mesmo comportamento às condições adversas. Árvores próximas, em diferentes locais, apresentam-se em grupos distintos, que indica em curto prazo, a variação genética e seus componentes, dentro da mesma população (BOTEZELLI et al., 2000; CORRÊA et al., 2000; OLIVEIRA, 1998; SANO et al., 1999).

### **3.2.3 Fruto**

Conforme Ferreira et al. (1998), morfologicamente, o fruto é uma drupa elipsóide, monospermico, ovóide ou deprimido, com alguns frutos de forma não bem definida, fibroso e opaco, cor variando de bege-escuro a marrom-avermelhado, superfície irregular apresentando algumas depressões, textura lisa e bordo inteiro, como linha de sutura, com aproximadamente 50 mm de comprimento e 40 mm de largura e pedúnculo de consistência lenhosa.

O pericarpo apresenta três camadas (Figura 3.4): epicarpo coriáceo (casca), o mesocarpo marrom, com consistência macia, farináceo e espesso, que juntos constituem a polpa, e o endocarpo lenhoso (caroço ou casca), de cor

amarelo-esverdeada, formado de fibras lignificadas, que o torna duro e resistente (ALMEIDA et al., 1998; BOTEZELLI et al., 2000)

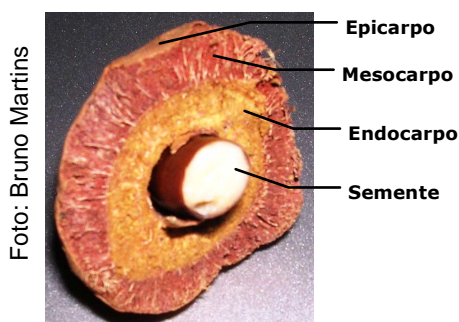


Figura 3.4. Corte transversal do baru.

### 3.2.4 Semente

A semente apresenta forma variando entre levemente ovalada e largamente elíptica, sendo a elíptica mais comum; ápice levemente arredondado ou levemente truncado, bem visível em algumas, base pontiaguda devido ao pólo radicular presente nesta região, bordo inteiro, coloração em vários tons de marrom (claro, médio e escuro, quase negro) e tegumento externo liso, brilhante.

Algumas sementes apresentam estrias transversais de tamanhos variados, representando lesões superficiais que não alteram ao longo do armazenamento, consequência do rompimento da testa, provocando aspereza no tegumento, conferindo um aspecto “tigrado” (BOTEZELLI, 1998; FERREIRA et al., 1998).

As sementes apresentaram altas porcentagens de germinação, na ordem de 88 a 93%, para todas as procedências estudadas, não havendo diferenças significativas entre elas. As variações de umidade não afetaram significativamente a germinação e o vigor das sementes armazenadas por 12 meses em câmara-fria a 7°C (umidade relativa de 80%), ou a 20°C (70% de umidade relativa). Porém, a viabilidade e o vigor decresceram rapidamente quando as sementes foram armazenadas em ambientes de laboratório com temperatura de 27°C com 76% de umidade, sendo que as embalagens contribuíram para assegurar valores de porcentagem de germinação entre 61 e 78% após um ano (BOTEZELLI, 1998; BOTEZELLI et al., 2000). A semente neste trabalho será designada como amêndoa.

### 3.2.5 Aproveitamento

Alguns estudos reportam valores e aproveitamento do baru, através do conhecimento popular, como alimentício, forrageiro, madeireiro, medicinal, melífero e ornamental, utilizado também como anti-reumático, tônico e regulador menstrual. É considerada uma planta promissora devido a sua alta taxa de germinação de sementes e de estabelecimento de mudas (ALMEIDA et al., 1998; NOVAES PINTO, 1994; SILVA et al., 2001).

A empresa japonesa Ichimaru Pharcos® (2002), através dos pesquisadores Kojima Hiroyuki, Ohara Mitsuharu e Tanaka Kiyotaka desenvolveu e patenteou um cosmético que inibe a formação de melanina, utilizando um ou mais tipos de extratos das plantas do gênero *Dipteryx* da família *Leguminosae* como *Coumarouna odorata*, *Dipteryx alata* Vogel, *Dipteryx oppositifolia* (Aublet) Willd.

O consumo humano da polpa pode ser na forma de: doces, geléias, pães, biscoitos, licores ou aproveitada para fabricação de adubo, ou mesmo aguardente artesanal (ALMEIDA et al., 1998; MENDONÇA, 2008; SCHMIDT & MARTINS, 2007; SILVA et al., 2005). Segundo Nepomuceno (2006), podendo servir para alimentação humana e animal, o aproveitamento da polpa do baru é insignificante, sendo geralmente descartada, representando um fator limitante à sustentabilidade. Segundo Pereira (2006), a polpa parece ser a “parte pobre” do baru e, se for colhida fora de época, fica adstringente e com sabor ruim devido ao elevado teor de taninos.

O sabor da amêndoa do baru torrada, similar ao amendoim, leva a população da região a atribuir-lhe propriedades afrodisíacas, relacionando a época do baru com o aumento do número de mulheres grávidas, sendo popularmente chamado de “Viagra do Cerrado”. Além da amêndoa torrada como petisco, o baru é aplicado no preparo em paçocas, biscoitos, doces, bolos, massas, molhos e outras formulações com a substituição das nozes e outras castanhas (MOTTA, 1999).

Em trabalho com biscoitos tipo “cookie”, formulados com substituição de 10% da farinha de trigo por farinha da polpa ou amêndoa de baru e dois tipos de açúcares (refinado ou mascavo), os biscoitos foram similares. No entanto, a utilização de açúcar refinado para a elaboração de biscoitos com amêndoa

influenciou positivamente na qualidade do produto devido ao maior diâmetro. Em paçocas, formulações com 50% e 70% de substituição de amendoim por amêndoa de baru, apesar de apresentarem características físicas próximas à formulação controle, apresentaram teores de minerais elevados e teores de lipídios menores (SILVA et al., 2005a; b).

A farinha de baru é utilizada pela prefeitura de Goiânia (GO) na merenda escolar, substituindo o amendoim na canjica, desde 2001. No entanto, há outras possibilidades para sua utilização em biscoitos integrais, barras de cereais, etc. Os testes de aceitação realizados por alunos da rede Municipal para avaliar a qualidade sensorial (aparência, sabor e textura) de biscoitos com diferentes teores de farinha de baru indicaram que a incorporação de 4% de farinha de baru na formulação não afeta a aparência e o sabor, aumentando os teores de proteína, ferro, cálcio e de fibra em 14,52%, 16,88%, 32,39% e 455,00%, respectivamente, em relação ao biscoito servido na merenda (SILVA & EGITO, 2005; SOARES JUNIOR et al., 2003a; SOARES JUNIOR et al., 2007).

Apesar de suas qualidades, o baru não é extensivamente comercializado sendo raro encontrá-lo nas feiras e nas cidades, salvo em algumas regiões onde a amêndoa é apreciada. Pode ser consumida torrada, inteiras ou na forma de farinhas, incorporadas em merendas escolares, inovações gastronômicas ou em processamentos industriais artesanais de doces de leite, pé-de-moleque, rapadura, paçoca, granolas, molhos prontos tipo pesto, licores, barras de cereais, biscoitos e bombons. Além de originais e com ótima aceitação, os produtos preservam e valorizam a cultura e recursos naturais do Cerrado (ALMEIDA, 1998; BOZZA, 2004; CERRADO, s.d; MARIN, 2006; MARTINS, 2006; MARTINS et al., 2007; ROCHA et al., 2003; SCHMIDT & MARTINS, 2007; SILVA, 2001; SILVA et al., 2005; SOARES JUNIOR et al., 2007).

### **3.2.6 Mercado**

Pelo Grupo Super Extra de São Paulo, a amêndoa de baru, denominada de “castanha torrada do Cerrado tipo exportação”, é considerada como o mais jovem diamante brasileiro, sendo comercializada em dólar, correspondendo a US\$ 47,85/kg (QUEBARATO!, 2008).

Conforme o catálogo eletrônico “Cerrado que te quero vivo!” (s.d.), o baru, devido à sua versatilidade, tornou-se uma espécie de carro-chefe de muitas iniciativas econômicas de pequenos produtores, agricultores familiares e extrativistas. Encontram-se no mercado as marcas Promessa de Futuro, CENESC e Agrotec, produzindo amêndoas torradas e até mesmo óleo extraído a frio (Figura 3.5) e Empório do Cerrado, produzindo amêndoas torradas, farinha de amêndoa torrada, biscoitos tipo “cookies” com amêndoas, mel e gergelim, granola com amêndoas e frutas desidratadas, além de carvão vegetal com o pericarpo (Figura 3.6).



Figura 3.5. Produtos de baru: A) amêndoas torradas - Promessa de Futuro®, B) amêndoas torradas - CENESC®, C) amêndoas torradas - AGROTEC®, D) óleo das amêndoas extraído a frio - AGROTEC®. Fonte: Cerrado (s.d.).



Figura 3.6. Produtos de baru – Empório do Cerrado®: A) amêndoas torradas e salgadas, B) farinha de amêndoa torrada, C) cookies com amêndoas, mel e gergelim, D) granola com amêndoas e frutas desidratadas e E) carvão vegetal com o endocarpo e polpa. Fonte: Cerrado (s.d.).

Diversas micros e pequenas empresas atuam na cadeia produtiva do baru em âmbito nacional. Em Jussara (GO), a empresa Pró-Baru®, produz artesanalmente petiscos, farinha e doces com a amêndoa torrada (Figura 3.7). Em Pirenópolis (GO), a Trem do Cerrado® produz artesanalmente e comercializa amêndoas torradas (Figura 3.8), biscoitos com aveia, pães integrais e barras de cereais de amêndoa de baru. Em Belo Horizonte (MG), a Licores Marinho®, produz artesanalmente e comercializa licores da polpa (Figura 3.9). Em Petrópolis (RJ), a Rudá® fabrica biscoitos com a amêndoa (Figura 3.10). Em Aparecida de Goiânia (GO), a Franchel® Indústria e Comércio de Cosméticos, fabrica um sabonete íntimo (Figura 3.11) com o extrato da planta.



Foto: Bruno Martins

Figura 3.7. Produtos de baru - PróBaru®: A) amêndoas torradas e salgadas, B) farinha de amêndoa torrada, C) doce de leite com amêndoas, D) rapadura com amêndoas e E) bombom de chocolate recheado com amêndoas.



Figura 3.8. Produtos de baru: A) amêndoas torradas, B) biscoitos com amêndoas e aveia, C) pães integrais com amêndoas e D) barra de cereais com amêndoas. Fonte: Trem do Cerrado (2009).



Figura 3.9. Licor da polpa de baru. Fonte: Marinho (2009).



Foto: Bruno Martins

Figura 3.10. Biscoito com amêndoas de baru.



Foto: Bruno Martins

Figura 3.11. Sabonete íntimo com extrato de baru.

Durante o Encontro de Comércio Exterior - Encomex 2009 em Goiânia (GO), a empresa Nonna Pasqua® foi homenageada por seu sucesso no programa Primeira Exportação. A empresa produz alimentos e bebidas à base de amêndoa de baru como petiscos de amêndoas torradas, licores e doces (Figura 3.12), patês (Figura 3.13) e molhos prontos tipo pesto (Figura 3.14) de vários sabores (MONTEIRO, 2009).



Figura 3.12. Produtos de baru: A) amêndoas torradas e salgadas, embaladas sob vácuo, B) licor, C) doce de leite pastoso com amêndoas e chocolate, D) doce de leite com amêndoas. Fonte: Nonna Pasqua (2009).





Figura 3.13. Linha de patês com amêndoas de baru a base de A) bacalhau, B) azeitonas preta, C) azeitonas verde, D) alho e E) grão de bico. Fonte: Nonna Pasqua (2009).



Figura 3.14. Linha de molhos pronto tipo pesto com amêndoas de baru a base de: A) manjericão, B) tomate seco, C) alcachofra e D) funghi. Fonte: Nonna Pasqua (2009).

### 3.2.7 Propriedades nutricionais

Com elevado valor energético (462,1 a 600,1 kcal /100g), as amêndoas de baru apresentam propriedades físico-químicas excelentes para o consumo, pois são ricos em nutrientes importantes para a constituição e manutenção do organismo, tais como proteínas (23,9 a 29,6 g/100 g), lipídios (38,2 a 40,3 g/100 g) e carboidratos totais (7,3 a 12,80 g/100 g) (MARTINS, 2006; TAKEMOTO et al., 2001; TOGASHI, 1993; TOGASHI & SGARBIERI, 1994).

A proteína da amêndoa de baru mantém o perfil das leguminosas, apresentando baixos teores em aminoácidos sulfurados, como a metionina e cisteína, e valores relativamente altos de lisina, considerada essencial; e conforme Togashi (1993), a torração em forno doméstico (200°C/15 min) promove a perda da lisina de 97,4% para 71,9%, em função da reação com açúcares redutores, conseqüência mais significativa do escurecimento não enzimático ou reação de Maillard. Segundo Martins (2006), a torração em fornos domésticos com

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

temperatura de 180 a 240°C por 10 a 15 minutos promove a redução de açúcares redutores de  $5,93 \pm 1,35\%$  para  $5,30 \pm 0,40\%$ .

O óleo da amêndoa de baru, além de tocoferóis totais (13,6mg/100g), contém 78,5% de sua composição em ácidos graxos insaturados, sendo predominantes os ácidos oléico e linoléico (considerado essencial), respectivamente, 44,5% e 31,7%. O elevado grau de insaturação do óleo da semente de baru favorece seu uso para fins comestíveis ou como matéria-prima para as indústrias farmacêutica e oleoquímica (TAKEMOTO et al., 2001; TOGASHI & SGARBIERI, 1994). Os tocoferóis ou vitamina E possuem propriedades antioxidantes, prevenindo certos alimentos da oxidação e protegendo as membranas celulares da deterioração oxidativa (SHILS & YOUNG, 1989).

Conforme Marin (2006), a amêndoa de baru, além de valores significativos de fibras alimentares ( $13,4 \pm 0,3$  g/100 g) sendo solúveis ( $2,5 \pm 0,2$  g/100 g) e insolúveis ( $10,9 \pm 0,3$  g/100 g), apresenta sais minerais ( $2,81 \pm 0,02$  % cinzas) com altas concentrações de cálcio, zinco, cobre, ferro, fósforo e magnésio ( $141,4 \pm 7,0$ ;  $4,2 \pm 0,4$ ;  $1,4 \pm 0,1$ ;  $4,7 \pm 0,3$ ;  $273,4 \pm 8,8$ ;  $139,0 \pm 6,0$  mg/100g, respectivamente). Os valores foram similares aos encontrados por Takemoto et al. (2001), exceto para fósforo ( $358 \pm 6$  mg/100g) e manganês ( $4,9 \pm 0,3$  mg/100 g). Por ser um fruto freqüente no Cerrado e disponível poderá ser uma excelente alternativa de combate a desnutrição.

Os fatores que influenciam na biodisponibilidade dos nutrientes são chamados de fatores antinutricionais, são constituídos por substâncias que, embora não causem alterações teciduais e fisiológicas evidentes, de alguma forma provocam a indisponibilidade de nutrientes essenciais, ou atuam no organismo, alterando a digestão, absorção e o metabolismo. Dentre estas se encontram os fitatos e oxalatos, compostos fenólicos, etc. Algumas dessas substâncias são de natureza protéica, como os inibidores de proteases, particularmente tripsina e/ou quimiotripsina, enzimas digestivas. O ácido fítico (fitato) é um ácido forte quelante podendo formar sais (complexos) com diversos metais, como nos casos de zinco e cálcio e de cobre e cálcio. Dentre as substâncias polifenólicas, o tanino possui capacidade de precipitar proteínas e inibir enzimas digestivas, como tripsina, lípases e amilases. De acordo com Sgarbieri

(1996), os inibidores de tripsina e/ou quimiotripsina são encontrados em sementes de leguminosas (soja, feijão, amendoim), nos cereais (trigo, centeio, cevada) e em tubérculos (batata inglesa). A ação do calor aplicado criteriosamente destrói parcialmente ou totalmente a atividade antinutricional, aumentando a biodisponibilidade (SGARBIERI, 1987).

Dos fatores antinutricionais analisados por Togashi (1993) para amêndoas *in natura* e torradas (200°C por 15 minutos em forno convencional), foram encontrados: ácido fítico (0,16 e 0,06%, respectivamente) e inibidor de tripsina (38,6 e 0,63 UTI/mg, respectivamente); e não foram detectados taninos nem atividade hemaglutinante.

Conforme pesquisas recentes foram encontradas altas concentrações de ácido fítico e taninos (1073,6±114,9 e 472,2±12,5 mg/100g, respectivamente). O alto teor de fitatos e compostos fenólicos encontrados podem influenciar de forma negativa na biodisponibilidade de micronutrientes. Contudo, esses compostos, podem apresentar também atividade antioxidante, capaz de prevenir inúmeras doenças crônicas não transmissíveis em seres humanos (MARIN, 2006; MARIN et al., 2005b)

O tratamento térmico aplicado mostrou-se eficaz na redução dos fatores antinutricionais, sendo aconselhável o consumo de amêndoas de baru somente cozida, assada ou torrada. A torração além de aumentar a biodisponibilidade, contribui para melhora do sabor e textura, tornando a amêndoa do baru extremamente competitiva com outras castanhas do mercado (MARIN, 2006; MARTINS, 2006; SOARES JUNIOR et al., 2003b).

Através de ensaios em ratos e determinações dos teores de ferro, Moreira et al (2005) sugerem uma alta biodisponibilidade do ferro da amêndoa do baru (8mg/100g), com potencial nutricional que poderia auxiliar no combate a anemia, pois a quantidade é equivalente a 59% das recomendações diárias de ingestão para homens adultos (MARIN, 2006). A biodisponibilidade do zinco na amêndoa do baru é sugerida por Melo et al. (2005) através da proximidade da razão entre o ganho de peso e a quantidade de zinco consumido em ratos tratados com uma dieta contendo baru como fonte de zinco e uma dieta controle contendo sulfato de zinco. Apesar das razões molares de ácido fítico em relação ao ferro e zinco encontradas na amêndoa de baru torrada ultrapassarem os valores críticos,

sugerindo uma baixa biodisponibilidade, as altas concentrações de ferro e zinco, podem garantir a essa amêndoa a classificação de alimento fonte desses dois minerais. O primeiro combate a anemia e o segundo é importante para a manutenção da capacidade reprodutiva e para o crescimento (MARIN, 2006; MARIN et al., 2005b).

A polpa é composta de amido (38%), fibras totais (29,5%), fibras insolúveis (28,2%), açúcares totais (20,5%), proteína (5,6%) e lipídios (3,5%). Foram encontrados elevados teores de taninos (3112,0 mg/100g), limitando a ingestão em função do sabor adstringente e outros efeitos (SANO et al., 1999; TOGASHI, 1993; TOGASHI & SGARBIERI, 1994). O teor de taninos da polpa de baru diminui durante o armazenamento, não existindo mais aos 46 dias de armazenamento. Verificou-se que a etapa de sanitização dos frutos promove uma diminuição no teor de taninos, inversamente a cor dessa matéria-prima (MENDONÇA, 2008).

Conforme a abrangente definição para alimentos funcionais proposta por Sgarbieri & Pacheco (1999) - qualquer alimento, natural ou preparado, que contenha uma ou mais substâncias, classificadas como nutrientes ou não nutrientes, capazes de atuar no metabolismo e na fisiologia humana, promovendo efeitos benéficos para a saúde, com possibilidades de retardar o estabelecimento de doenças e melhorar a qualidade e expectativa de vida das pessoas - o baru é apontado como uma alternativa de recurso natural com potencial de aplicação em diversas formulações, contudo pouco explorado cientificamente.

### **3.2.8 Produção**

Segundo Cortez (2009) da Federação da Agricultura de Goiás (FAEG), a tecnologia aplicada atualmente no beneficiamento do fruto resulta em produção de 6 a 8 kg de amêndoas extraídas por dia, por pessoa. Por ser um valor baixo, aumenta os custos do produto final, sendo necessárias novas alternativas para favorecer o processamento do baru. A FAEG tenta estimular o plantio pelos produtores e estuda a maneira de facilitar a obtenção de amêndoa de baru, por ser um alimento típico do Cerrado e por estar ameaçado pelo desmatamento.

No Estado de Goiás, próximo à Brasília e ao Distrito Federal, algumas comunidades beneficiam e vendem a amêndoa de baru. Em Pirenópolis, região

pioneira na exploração comercial do baru e ligação histórica com a espécie, a amêndoa é consumida principalmente pela população rural, especialmente crianças, que se abrigam nas sombras das árvores. Nos últimos dez anos alguns projetos foram ativados no município, para a proteção e promoção do baru. O trabalho que começou com a ação isolada de algumas pessoas na região, atualmente, representa o carro chefe de associações do município como a Associação de Desenvolvimento Comunitário do Caxambu (Promessa de Futuro) e o Centro de Estudos e Exploração Sustentável do Cerrado (CENESC). O projeto envolveu 150 famílias em sete povoados, num programa de coleta sustentável de baru, reforçou as infra-estruturas necessárias para o beneficiamento da amêndoa de baru e sua promoção local e internacional, sendo comercializada por alguns agricultores de pequena escala (MOTTA, 1999; SLOWFOOD, 2009b).

Na região de Pirenópolis (GO), de acordo com Nepomuceno (2006), o baru é obtido apenas da atividade extrativista, sendo a maioria dos extrativistas, trabalhadores rurais, não existindo plantio sistemático. Na maioria das propriedades, os fazendeiros mantêm o baru junto às pastagens, ajudando na conservação da espécie. A produção de baru é sazonal, ou seja, ocorre apenas uma vez ao ano. Esse é um fator limitante à sustentabilidade econômica do baru. Foi constatado que a atividade extrativista exige um grande esforço físico, pois o baru é coletado do chão, e para obter 1 kg de amêndoas é necessário quebrar, aproximadamente, 1.000 frutos.

Conforme Pimentel (2008), no ano de 2005, a comercialização e outros serviços relacionados com o fruto do baru representaram até 67,24% da renda anual das famílias amostradas. Contudo, o maior domínio das etapas de produção e a máxima utilização dos produtos do fruto do baruzeiro aumentariam o retorno econômico.

É preciso que instituições de pesquisa, universidades e órgãos públicos se envolvam em projetos para apoiar pequenas comunidades, pequenos proprietários de terra, associações de pequenos produtores, pois assim estarão favorecendo que o homem se fixe no campo, evitando êxodos e graves problemas sociais (MARTINS, 2006; NEPOMUCENO, 2006). A agroindústria é muito importante na geração de renda de produtores rurais. Mesmo carente de equipamentos que facilitem a produção, a agricultura familiar é responsável por grande parte dos

alimentos servidos à mesa dos brasileiros e, neste sentido, é importante que sejam realizadas pesquisas que ajudem a solucionar problemas relacionados à vida no campo (BOLLIGER, 2006). Estudos demonstraram um aproveitamento, quase total, dos frutos de baru colhidos, com perdas mínimas de sementes, mostrando-se assim, uma atividade de beneficiamento bastante compensadora. O aproveitamento foi da ordem de 88,5 a 95,5% para as distintas procedências estudadas (BOTEZELLI, 1998; BOTEZELLI et al., 2000).

As potencialidades, especialmente para o extrativismo do Cerrado e apontam alternativas sustentáveis de desenvolvimento, como um caminho para a solução dos graves problemas, com os quais se defrontam os trabalhadores rurais, tanto na agricultura quanto na saúde humana e também na manutenção da biodiversidade (ARRUDA, 2004).

### **3.2.9 Beneficiamento**

De acordo com Botezelli et al. (2000), buscando alternativas que facilitassem o beneficiamento do baru por ter um endocarpo de difícil rompimento, só foi possível extrair a amêndoa do baru com o auxílio de marreta ou martelo, ou com uma foice presa em uma haste para cortar o fruto, com efeito guilhotina, onde ambos os casos, além do risco de segurança operacional, o rendimento foi baixo (2 kg/homem/dia). A abertura do fruto com martelo constitui um método de alto impacto e causa danos, visíveis ou latentes, nas sementes, sendo inviável, principalmente quando as sementes forem submetidas ao armazenamento. O tempo de abertura de um fruto na prensa hidráulica foi de aproximadamente 26 segundos e na morsa em média 21 segundos. Em uma hora de trabalho com a prensa conseguiu-se 138 frutos abertos, enquanto que, com a morsa, foram abertas, em média, 174 frutos. Dos métodos utilizados, a morsa foi o mais indicado, apresentando rendimento operacional 26% superior ao da prensa hidráulica, baixo impacto sobre a semente, com a vantagem adicional de custar muito menos que a prensa hidráulica (BOTEZELLI, 1998).

Em Jandaia (GO), para facilitar o serviço dos cooperados do assentamento que encontraram no beneficiamento do baru uma renda extra, Paulo Freire inventou em 2006 uma máquina que leva os frutos por uma esteira até uma faca

que faz o corte do fruto para a obtenção da amêndoa. Integrante da Cooperativa Mista de Agricultores Familiares, Extrativistas, Pescadores e Guias Turísticos do Cerrado (COOPCERRADO), Antonio Francisco da Mata, afirmou que a máquina é extremamente útil, pois se obtém aproximadamente 1 kg de semente em duas horas, e com a foice adaptada a um cavalete obtém-se 3 a 4 kg de amêndoas por dia. Apesar do equipamento sempre quebrar e necessitar de reajustes devido à resistência do endocarpo auxilia a agricultura familiar e colabora para a sobrevivência no campo (ANGELES, 2008).

Apesar de não haver dados publicados sobre o desempenho da máquina extratora de amêndoas de baru, há uma patente brasileira do pesquisador Udonor Martin da EMBRAPA Cerrados; onde a amêndoa é liberada intacta após a quebra do fruto. A máquina é composta por um dispositivo dosador direcionador de frutos; um conjunto extrator preferencialmente formado por dois discos extratores, um rotor impulsionador, duas pinças e um dispositivo em forma de U; um mecanismo acionador do sistema; uma base preferencialmente formada por chassi sobre rodas e, opcionalmente reservatórios para depósito dos frutos inteiros e dos frutos processados. Os frutos, introduzidos no dosador direcionador, são impulsionados pelo rotor, arrastados pelos discos extratores contidos pelas pinças, até serem bipartidos, liberando a amêndoa (EMBRAPA, 2005).

De acordo com Nepomuceno (2006), no processamento do baru, as operações envolvidas para a torração da amêndoa são realizadas de forma artesanal, sem controle de tempo e temperatura, resultando em possíveis problemas de qualidade ao produto, principalmente de padronização, dificultando sua entrada no mercado (NEPOMUCENO, 2006).

Segundo Martins (2006), a torração artesanal em fornos domésticos com temperatura de 180 a 240°C por 10 a 15 minutos, além de alterar a cor (escurecimento não-enzimático) e o sabor da amêndoa *in natura*, que lembra “feijão cru” para “amendoim torrado”, reduziu o teor de umidade de  $8,90 \pm 0,26\%$  para  $2,43 \pm 0,15\%$ , e manteve a atividade de água ( $0,62 \pm 0,01$ ) na faixa considerada segura, sob o ponto de vista microbiológico.

A credibilidade das organizações que manipulam alimentos perante os consumidores nacionais e internacionais e os órgãos fiscalizadores está vinculada à qualidade e segurança oferecida pelo produto, o que contribui para sua maior

competitividade em uma economia globalizada e, conseqüentemente, no crescimento do segmento no mercado. O controle de todas as etapas críticas do processo, utilizando como base o BPF (Boas Práticas de Fabricação) e o APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle), garante aos consumidores finais, produtos de qualidade e seguros (NASCIMENTO & BARBOSA, 2007).

Contudo, verifica-se a falta de informações a respeito das características da biodiversidade do Cerrado e de alternativas tecnológicas e viáveis para a produção de produtos seguros, com alto valor agregado, sem agredir os recursos naturais, promovendo a conservação do meio ambiente e melhoria dos aspectos econômicos regionais (AGUIAR & CAMARGO, 2004; ARRUDA, 2004).

### **3.3 Processamento e conservação de alimentos**

Todo processamento de alimentos envolve uma combinação de procedimentos para atingir as modificações desejadas nas matérias-primas. As alterações na qualidade, associadas às condições inerentes ao processamento e armazenamento, podem ser: alterações microbiológicas, físicas e reações químicas. Para o consumidor, os atributos de qualidade mais importantes são suas características sensoriais (textura, sabor, aroma, forma e cor) (AZEREDO, 2004; BOBBIO & BOBBIO, 2001; FELLOWS, 2006).

Os alimentos são geralmente sistemas muito complexos. É muito difícil identificar e isolar uma única reação química cujo mecanismo possa explicar completamente a mudanças observadas em sua qualidade em função do tempo. A temperatura e umidade são parâmetros de alta relevância, influenciando diretamente na vida útil do alimento (ARAÚJO, 1999, TEIXEIRA NETO, 2002; TEIXEIRA NETO & JARDIM, 1996).

Existem moléculas de água com propriedades e distribuição diferentes num mesmo alimento. Embora o teor de água seja um parâmetro importante na conservação de um alimento processado, apesar da complexidade, tem-se estabelecido uma estreita relação entre o teor de água livre no alimento e sua conservação, a partir da atividade de água ( $A_w$ ). O termo  $A_w$ , também conhecida como pressão de vapor relativa, indica a intensidade das forças que unem a água com outros componentes não-aquosos e, conseqüentemente, a água disponível



para o crescimento de microrganismos e para que se possam realizar diferentes reações químicas e bioquímicas.

Os processamentos são normalmente definidos em função da natureza do produto, principalmente do pH e da atividade de água ( $A_w$ ); da resistência térmica dos microrganismos ou esporos; da forma, tamanho e características térmicas da embalagem; do meio de aquecimento; da carga inicial de microrganismos e das condições de armazenamento do produto. Dependendo da natureza do alimento (composição química e pH) pode ser classificado em alimentos ácidos ( $\text{pH} < 4,6$  e  $A_w > 0,85$ ) e aqueles de baixa acidez ( $\text{pH} > 4,6$  e  $A_w > 0,85$ ) (AGUIRRE & GASPARINO FILHO, 2002; BRENNAN et al., 1998; CHIRIFE & FAVETO, 1992; LEISTNER & GOULD, 2002; ORDÓÑEZ, 2005; TEIXEIRA NETO & JARDIM, 1996). A Figura 3.15 ilustra a classificação dos alimentos em relação aos parâmetros de pH e  $A_w$ .

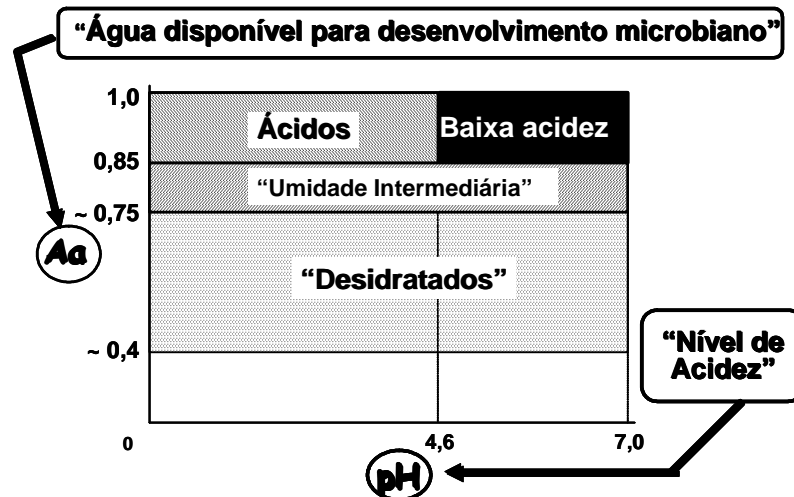


Figura 3.15. Classificação dos alimentos em relação aos parâmetros pH e  $A_w$ . (SCHMIDT, 2005)

Na prática industrial, os alimentos de alta acidez e ácidos como frutas e sucos de frutas, alimentos fermentados ou acidificados, dentre outros, são submetidos a processos de pasteurização. Por outro lado, os alimentos de baixa acidez (carnes, peixes, hortaliças e vegetais, grãos, etc.), pelo alto risco da presença, sobrevivência e multiplicação de esporos de *Clostridium botulinum* (anaeróbio obrigatório, termorresistente, de alta periculosidade para a saúde humana); é indispensável o processo de esterilização à temperaturas que podem

variar de 116°C a 128°C (CHIRIFE & FAVETO, 1992; LE ISTNER & GOULD, 2002).

Quanto à conservação pela diminuição do teor de água disponível, vários métodos são aplicados para a redução da  $A_w$ , como a cura pela adição de sal, a conservação pela adição de açúcar ou de outros solutos, além da remoção da água pela secagem, assim como a imobilização da água pelo congelamento dos alimentos. Os alimentos semi-perecíveis, que necessitam ser processados ou resfriados para estender a vida útil, possuem  $A_w$  entre 0,88 e 0,96, e os preservados por salga possuem  $A_w$  ao redor de 0,75. Os alimentos desidratados ou considerados de baixa umidade por sua vez possuem  $A_w$  abaixo de 0,6 e sua vida útil é definida em função do acondicionamento adequado de modo a minimizar reações de deterioração como escurecimento, descoloração ou oxidação (AGUIRRE & GASPARINO FILHO, 2002; BRENNAN et al., 1998; ORDÓÑEZ, 2005; TEIXEIRA NETO & JARDIM, 1996).

As mudanças pelo ganho de umidade durante a vida útil de produtos desidratados são conhecidas e indesejáveis, sendo determinadas pelo estudo das isotermas de sorção de água dos produtos. O fato da isoterma representar o comportamento do produto frente a diferentes umidades relativas e o conhecimento que ocorrem as alterações na umidade relativa dentro da embalagem, conforme é a barreira ao vapor de água oferecida; foi o ponto de partida para muitos dos modelos matemáticos para substituir os estudos de vida de prateleira onde o produto acondicionado em várias embalagens é estocado por determinado tempo e analisado periodicamente (PADULA, 1996). Com o intuito de prever o comportamento das isotermas, diversos autores propuseram modelos de ajuste de isotermas de sorção. Os modelos semi-empíricos de Lewis, Henderson-pabis e Page foram utilizados para ajustar os dados experimentais e descrever a variação do teor de umidade e de voláteis durante o processo de torrefação de café por França et al. (2002). O modelo de Peleg (1988) para descrição de curvas de absorção de umidade já foi aplicado em estudos que abordam a cinética de hidratação de diversos alimentos, como vegetais, grãos ricos em amido e oleaginosos, dentre outros. A vantagem deste modelo empírico é que pode ser aplicado com bastante sucesso em hidratações de logo prazo, mesmo com dados experimentais de duração relativamente curta, já que é possível estabelecer taxas

de ganho de umidade em relação ao tempo, devido às constantes que modulam a equação. Contudo, não considera as teorias sobre a difusão, nem características específicas dos substratos em questão (FERRAZ, 2008; SOPADE et al., 1992; TURHAN et al., 2002).

A Figura 3.16 representa a relação entre a  $A_w$ , o crescimento microbiano e a velocidade de diversas reações (BRENNAN et al., 1998; CHIRIFE & FAVETO, 1992; LEISTNER & GOULD, 2002; TEIXEIRA NETO, 2002; TEIXEIRA NETO & JARDIM, 1996).

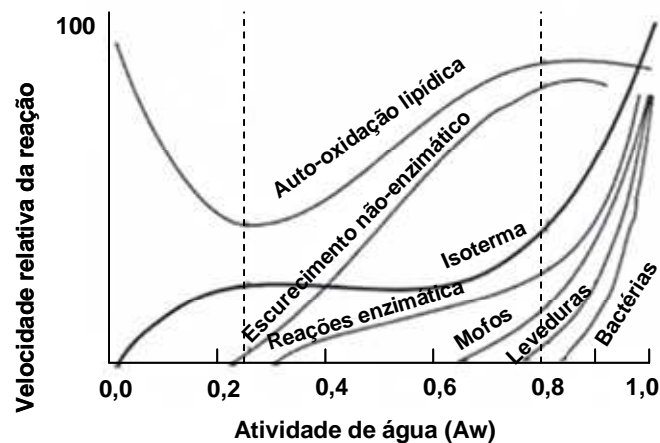


Figura 3.16. Relação entre a  $A_w$ , o crescimento microbiano e a velocidade de diversas reações. Fonte: Ordóñez (2005).

Mudanças químicas são mais complexas. As duas reações mais importantes que ocorrem em alimentos com baixa atividade de água são o escurecimento não-enzimático e auto-oxidação dos lipídios. Nos alimentos com valores acima de 0,9 poderão se formar soluções diluídas com componentes do alimento que servirão de substrato para o desenvolvimento microbiano e podem retardar as reações químicas pela baixa concentração de reagentes. Em valores entre 0,4 e 0,8 haverá a possibilidade de reações químicas e enzimáticas rápidas devido as concentrações dos reagentes, no entanto, com  $A_w$  próxima de 0,6 há pouco ou nenhum crescimento de microrganismos. As enzimas quando ativas dependem da atividade de água ( $A_w$ ) para sua atuação, apresentando velocidades muito baixas em  $A_w$  menores que 0,4. Em regiões de atividade de água inferiores a 0,3, conhecidas como zona de absorção primária onde a água encontra-se fortemente ligada ao alimento, formando a chamada monocamada. As

reações de escurecimento não-enzimático é muito dependente da mobilidade dos reagentes que parece atingir o máximo na faixa de umidade intermediária, com  $A_w$  entre 0,6 e 0,8. Em altas umidades, com  $A_w$  superior a 0,7, o efeito de diluição da água nos reagentes passa a preponderar, reduzindo a velocidade. As alterações físicas, como a textura, podem depender significativamente da  $A_w$  (AGUIRRE & GASPARINO FILHO, 2002; BRENNAN et al., 1998; CHIRIFE & FAVETO, 1992; LEISTNER & GOULD, 2002; TEIXEIRA NETO & JARDIM, 1996).

A reação de Maillard ou escurecimento não-enzimático consiste em uma série de reações complexas, onde um grupo amino da proteína reage com um açúcar redutor, produzindo pigmentos de cor pardo-escuro e modificações no aroma e sabor; diferentes das reações de escurecimento enzimático (rápido) que se observa nas frutas e vegetais como resultados das reações catalisadas por peroxidase e polifenol-oxidase, e que ocorrem entre o oxigênio e o composto fenólico sem a intervenção de carboidratos, geralmente inativadas ou minimizadas pelo branqueamento.

Esta transformação deve ser considerada de dois modos: como útil, quando os produtos da reação tornam o alimento mais aceitável justamente pela cor e sabor produzidos; prejudicial, quando pelos seus produtos, o sabor e a cor do alimento não são aceitáveis, podendo ainda ocorrer a perda de proteínas utilizáveis pelo homem. Aos compostos incolores produzidos na reação de Maillard (produtos intermediários), é atribuída atividade antioxidante na rancificação dos lipídios (AZEREDO, 2004; BOBBIO & BOBBIO, 2001; ORDÓÑEZ, 2005).

De acordo com Bobbio & Bobbio (2001), o escurecimento não-enzimático pode ser representado resumidamente pelo esquema abaixo (Figura 3.17), mas tudo indica que a reação é muito complexa e que os produtos finais podem variar muito, não sendo abordadas neste trabalho. Além da atividade de água, a velocidade da reação de Maillard é afetada em função da temperatura, do pH, da natureza do carboidrato e do aminoácido, da presença de catalisadores e de inibidores, como o sulfito ( $SO_2$ ).

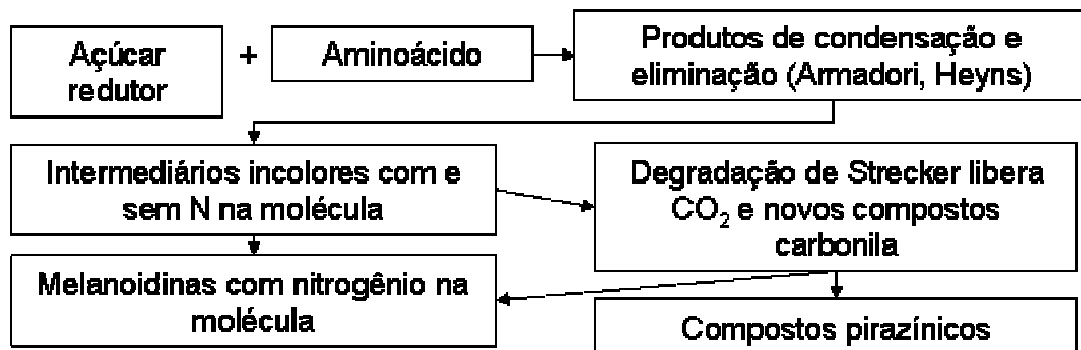


Figura 3.17. Esquema básico das reações químicas de escurecimento não-enzimático (reação de Maillard) e formação de produtos intermediários e finais.

### 3.4 Tomografia de ressonância magnética nuclear (RMN)

A ressonância magnética é uma técnica de espectroscopia que permite determinar as propriedades de uma substância através da correlação da energia absorvida do espectro eletromagnético. Usa as transições entre níveis de energia rotacionais dos núcleos, geralmente íons de hidrogênio da água contida nas amostras, sob a influência de um campo magnético e irradiação de ondas de rádio na faixa de frequências em megahertz (MHz) (POPOV & HALLENGA, 1991).

A técnica da ressonância magnética nuclear (RMN) é usada em Medicina e em Biologia como meio de formar imagens internas de corpos humanos e de animais, bem como de seres microscópicos. Conforme pesquisadores da EMBRAPA Instrumentação Agropecuária é uma das mais poderosas técnicas analíticas, com aplicação desde a determinação da estrutura de uma pequena molécula orgânica até para fazer perfilagem de poços de petróleo, durante a perfuração. Na área de química orgânica, a RMN permitiu a determinação das estruturas de moléculas orgânicas em pouco tempo e na bioquímica, a determinação da estrutura tridimensional de proteínas, com a vantagem de fazer a análise em solução em relação à tomografia computadorizada de raios-X. Na área de materiais, a RMN em estado sólido permitiu grandes avanços nos estudos da estrutura e dinâmica molecular de materiais orgânicos e inorgânicos. Na Engenharia de Alimentos e Agricultura, o método tem sido aplicado para seleção genética de oleaginosas de alta produtividade, visando à produção de biodiesel onde, além da quantidade, estão sendo desenvolvidos métodos de avaliação rápida e não-destrutiva da qualidade de óleo em sementes oleaginosas. Teor de

açúcar em frutas, maciez de carne, dentre outras aplicações de interesse da agroindústria e de alimentos, que incluem estudos da transmissão de calor assim como avaliações de processos de transporte e de armazenamento em fruticultura (BISCEGLI & CRESTANA, 1996; COLNAGO, 1996; 2008; CRESTANA et al., 1996; MACEDO et al., 1996).

### 3.5 Tomografia computadorizada de raios-X (TC)

A tomografia computadorizada de raios-X (TC) é uma técnica que permite ver secções transversais do interior de amostras sem corte ou qualquer outro tipo de invasão, desenvolvida por Godfrey Hounsfield em 1972. Utiliza o princípio da atenuação da radiação, ou seja, a redução da intensidade do feixe principal causada pela absorção e espalhamento nos meios materiais.

O princípio básico na TC é reconstruir a imagem de uma secção da amostra, através de suas projeções em várias direções. Essas projeções são obtidas varrendo-se a amostra com um feixe de radiação e contando-se os fótons que a atravessam. A matriz de dados formada é processada em um computador a fim de se obter a figura da secção no plano do feixe, conforme representação esquemática na Figura 3.18 (BISCEGLI & CRESTANA, 1996; CRESTANA et al., 1996; MACEDO et al., 1996).

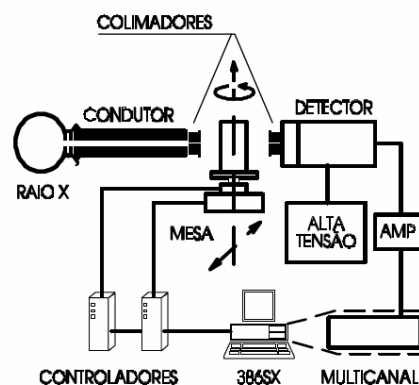


Figura 3.18. Representação esquemática de tomógrafo de raios-X (MACEDO et al., 1996).

Empregada originalmente e principalmente em medicina e em certas aplicações industriais, ultimamente foi estendida para solos, plantas, raízes e

frutas. A TC baseia-se nos princípios que a radiografia convencional, onde os tecidos com composição distinta absorvem a radiação de forma diferente. Os tecidos mais densos ou com elementos mais pesados, absorvem mais radiação que tecidos menos densos. Assim, indica a quantidade de radiação absorvida por cada parte da amostra e produz uma imagem, traduzindo essas variações numa escala de cinza.

A escala de cinza é formada por um grande espectro de representações de tonalidades entre branco, cinza e o preto. A escala de cinza que é responsável pelo brilho de imagem e foi criada especialmente para a tomografia computadorizada, sendo sua unidade chamada de unidade Hounsfield (HU). É definido para a água, o osso compacto e o ar como 0 HU, 1000 HU e -1000 HU, respectivamente. Assim, a medida desconhecida da densidade de um dado material pode ser comparada com a dessas substâncias.

O *pixel* é o menor ponto da imagem que pode ser obtido. Assim uma imagem é formada por inúmeros *pixels*. O conjunto de *pixels* está distribuído em colunas e linhas que formam a matriz. Quanto maior o número de *pixels* numa matriz melhor é a sua resolução espacial, o que permite uma melhor diferenciação espacial entre as estruturas (BISCEGLI & CRESTANA, 1996; CRESTANA et al., 1996; MACEDO et al., 1996).

### 3.6 Medição de cor

A cor é uma das características sensoriais mais importantes para a aceitabilidade do consumidor. O impacto visual gerado pela cor, sobrepõe-se, freqüentemente, ao causado por outros atributos de aparência e odor. A percepção das cores pelos olhos não é um processo meramente visual, mas sim psico-visual. A cor é algo que se vê com os olhos e se interpreta com o cérebro, é o resultado da interação da luz com os materiais (FRANCIS, 2005; MACDOUGALL, 2002).

A medição instrumental de cores é mais simples do que os métodos visuais, pois elimina a subjetividade, é mais precisa, gasta menos tempo e, em geral, é muito mais simples de executar. Existem basicamente três tipos de instrumentos utilizados para medição de cor de alimentos: colorímetro monocromáticos;

colorímetro que utiliza as três cores primárias, vermelho, verde e azul, resultando num valor numérico; e espectrofotômetro, que fornece uma análise da intensidade da luz em diversos comprimentos de onda da amostra da cor em termos de reflexão ou transmissão espectral (FRANCIS, 2005; HUNTERLAB, 2008b).

A colorimetria refere-se à ciência e à tecnologia usada para quantificar e descrever as percepções humanas da cor, através de modelos matemáticos. O funcionamento de colorímetros modernos é comparável ao princípio de percepção da cor pelo olho humano. A partir de três sensores a luz é filtrada para ter quase a mesma sensibilidade de cor do olho humano. Esses sensores recebem a luz refletida do objeto e transmitem as informações a um microprocessador que as transformam em atributos numéricos de cor, que descrevem atributos subjetivos como a cor predominante, luminosidade associada com a intensidade luminosa, dentre outros (FRANCIS, 2005; HUNTERLAB, 2008a; MACDOUGALL, 2002).

O sistema de medição de cor CIE (Comissão Internacional de Iluminação, traduzido do francês *Commission Internationale de l'Eclairage*) é utilizado para representar numericamente as cores que as pessoas com a visão normal podem perceber, não sendo diferente de nenhum outro método, exceto pela padronização de iluminantes e de observadores.

No plano tridimensional policromático CIELAB, através de modelos definidos em função das cores percebidas pelo sistema visual humano, as cores são descritas em plano cartesiano: por luminosidade ( $L^*$ ), coordenada  $a^*$  (conteúdo de vermelho a verde) e coordenada  $b^*$  (conteúdo de amarelo a azul); ou pelo uso das coordenadas cilíndricas: luminosidade ( $L^*$ ), ângulo de tom ou tonalidade ( $h$ ) e croma ( $C^*$ ), que representa a intensidade da cor. A luminosidade ( $L^*$ ) define a escala cinza entre o branco e o preto, assumindo valor 0 para o preto absoluto e 100 para o branco total. A tonalidade ( $h$ ) é expressa pelas cores primárias propriamente ditas, correspondendo para vermelho, verde, amarelo e azul,  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  e  $270^\circ$ , respectivamente. A Figura 2.16 apresenta o significado geométrico destes conjuntos de coordenadas colorimétricas (FRANCIS, 2005; HUNTERLAB, 2008a; MACDOUGALL, 2002).



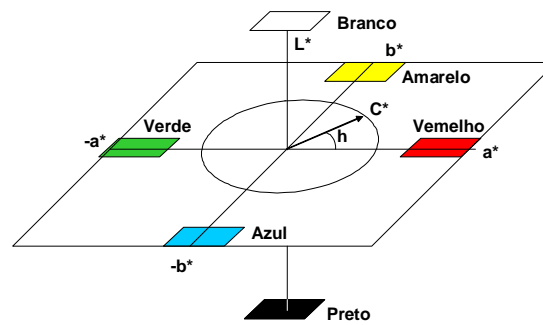


Figura 3.19. Espaço CIELAB: significado geométrico das coordenadas. Fonte: Hunterlab (2008a).

### 3.7 Capacidade Antioxidante

Muitas frutas, vegetais, condimentos e castanhas, além da conveniência, são consideradas saborosas e podem contribuir para a manutenção de um estilo de vida saudável. As castanhas em geral são altamente nutritivas, contendo macronutrientes (lipídios, proteínas e carboidratos), micronutrientes (minerais e vitaminas) e substâncias biotivas, como gorduras: ácidos graxos insaturados, fosfolipídios, dentre outros; ou fitoquímicos: carotenóides ( $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, licopeno, dentre outros), compostos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonóides, cumarinas, taninos, dentre outros), fitosteróis, tocoferóis, dentre outros. Muitos destes fitoquímicos apresentam significativa capacidade antioxidante, ou seja, podem retardar ou inibir a oxidação de lipídios ou outras moléculas, evitando o início ou propagação das reações em cadeia de oxidação (ALASALVAR & SHAHIDI, 2008; BIRCH et al., 2001, YILDIRIM et al., 2001).

A atividade antioxidante de compostos fenólicos é principalmente devida às suas propriedades de óxido-redução, as quais podem desempenhar um importante papel na absorção e neutralização de radicais livres, quelando o oxigênio ou decompondo peróxidos. Em geral, existem duas categorias básicas de antioxidantes: os naturais e os sintéticos, e o interesse em encontrar antioxidantes naturais para o emprego em produtos alimentícios ou para uso farmacêutico tem aumentado consideravelmente, com o intuito de substituir antioxidantes sintéticos, os quais têm sido restringidos devido ao seu potencial de diversos outros males (ALASALVAR & SHAHIDI, 2008; ARAÚJO, 1999, BIRCH et al., 2001, BOBBIO & BOBBIO, 2001, YILDIRIM et al., 2001).

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária pode produzir uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo. Foi descoberto que uma série de doenças entre as quais câncer, aterosclerose, diabetes, artrite, malária, AIDS, doenças do coração, podem estar ligadas aos danos causados por formas de oxigênio extremamente reativas. Estas substâncias também estão ligadas com processos responsáveis pelo envelhecimento do corpo (ALASALVAR & SHAHIDI, 2008; BIRCH et al., 2001, YILDIRIM et al., 2001).

Diversas metodologias para quantificação de antioxidantes têm sido empregadas em alimentos, como a mensuração da capacidade de absorção do radical oxigênio (ORAC), poder antioxidante de redução do íon férrico (FRAP) e a capacidade antioxidante do Trolox equivalente (TEAC), todos baseados em diferentes mecanismos e utilização de diferentes antioxidantes.

A capacidade antioxidante pode ser avaliada por inúmeros métodos *in vitro*, e devido às particularidades dos métodos, é extremamente difícil comparar os resultados entre os diferentes ensaios. Os métodos de avaliação da capacidade antioxidante são divididos em ensaios baseados nas reações de transferência de elétron (TE) e ensaios baseados nas reações de transferência de átomos de hidrogênio (TAH), de acordo com as reações químicas envolvidas e classificação dos compostos antioxidantes (GORDON, 2001).

Os ensaios baseados na TE envolvem uma reação de redução, sendo o agente oxidante o indicador da reação final. Já os ensaios baseados na TAH, que geralmente utilizam um gerador sintético de radicais livres, um agente oxidante (marcador) e um antioxidante doador de átomos de hidrogênio, correspondem a capacidade antioxidante de interromper a cadeia da reação de oxidação. Os ensaios que apresentam estas características são: ensaio de descoloração da crocina; de ORAC (Capacidade de absorção do radical oxigênio, traduzido do inglês *Oxygen Radical Absorbance Capacity*); dentre outros (GORDON, 2001).

Na solução saturada com oxigênio do ensaio de ORAC, o radical gerado AAPH (2,2'-azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride) reage rapidamente com o gás oxigênio para gerar radical peróxido mais estável. A diminuição da fluorescência da fluoresceína é um indicativo de extensão dos danos provindos da reação com o radical peróxido. Na presença do antioxidante, o radical peróxido

abstrai um átomo de hidrogênio do antioxidante para formar hidroperóxido e um radical antioxidante estável é formado e os danos para a fluoresceína induzida pelo radical peróxido são inibidos (OU et al., 2002).

O método ORAC, largamente aplicado em plasma e urina humano, proteínas, DNA, antioxidantes puros, extratos de plantas e alimentos, considera a porcentagem de inibição e o tempo de inibição da ação dos antioxidantes das amostras sobre os radicais livres produzidos pelo AAPH. Este mecanismo é similar ao ocorrido nos sistemas biológicos, contudo, estudos adicionais são necessários para a avaliação de outras formas de extração do composto antioxidante, caracterização destes compostos e comparação com outros métodos de avaliação destas propriedades, sejam utilizando culturas de células, modelos animais ou mesmo ensaios com humanos; já que, a aplicação na dieta diária de frutas, amêndoas e outros vegetais têm forte associação com a redução de riscos de algumas formas de câncer, problemas cardíacos, dentre outros, em parte, em função de compostos antioxidantes (ALASALVAR & SHAHIDI, 2008; BISBY et al., 2008; BIRCH et al., 2001; DUDONNÉ et al., 2009; GORDON, 2001; OU et al., 2002; PRIOR et al., 2003; TORRES et al., 2008; YILDIRIM et al., 2001).

### 3.8 Análise Sensorial

Através da análise sensorial pode-se determinar a aceitabilidade e qualidade dos alimentos com auxílio dos órgãos humanos dos sentidos, como visão, gustação, olfato, audição e sensibilidade cutânea. A avaliação sensorial é efetuada de maneira científica que, segundo Dutcousky (1996), baseia-se em técnicas que são fundamentais na percepção psicológica e fisiológica nas pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos, especialmente para analisar as diferentes características sensoriais dos alimentos, sua qualidade, aceitabilidade, por parte do consumidor (TEIXEIRA, 1987).

Para Dutcousky (1996), nenhum instrumento ou combinação de instrumentos pode substituir plenamente os sentidos humanos, pois se trata de uma sensação mista quando um alimento é tocado ou sentido na boca, procedendo-se a avaliação de textura e temperatura, muito além dos sentidos de visão e audição.

Apesar de ter o mesmo significado, preferência e aceitabilidade têm uma relação bastante significativa. A preferência implica na escolha de um produto sobre o outro, ou seja, no julgamento da qualidade pelo consumidor, podendo ser afetada por vários fatores como influências psicológicas, nutricionais, genéticas, econômicas, sócio-culturais, sexo, idade ou mesmo religião. Já a aceitação se caracteriza por uma atitude positiva, que para, expressa o grau de gostar (TEIXEIRA, 1987).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Metodologia

Para uma visão geral deste trabalho, o fluxograma abaixo (Figura 4.1 e Figura 4.2) mostra a seqüência de métodos adotados em função dos objetivos.

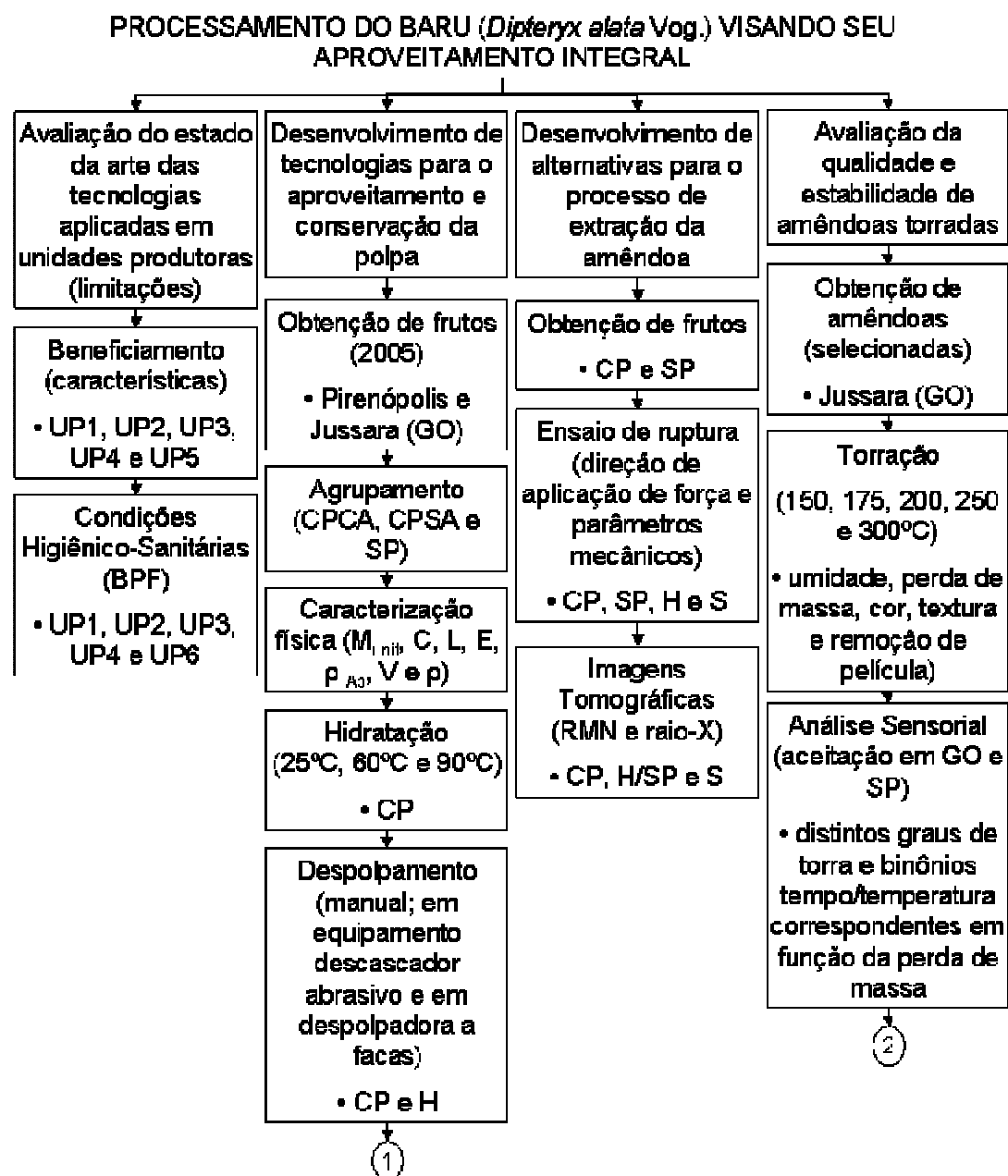


Figura 4.1. Fluxograma de atividades em função dos objetivos específicos (visão geral).

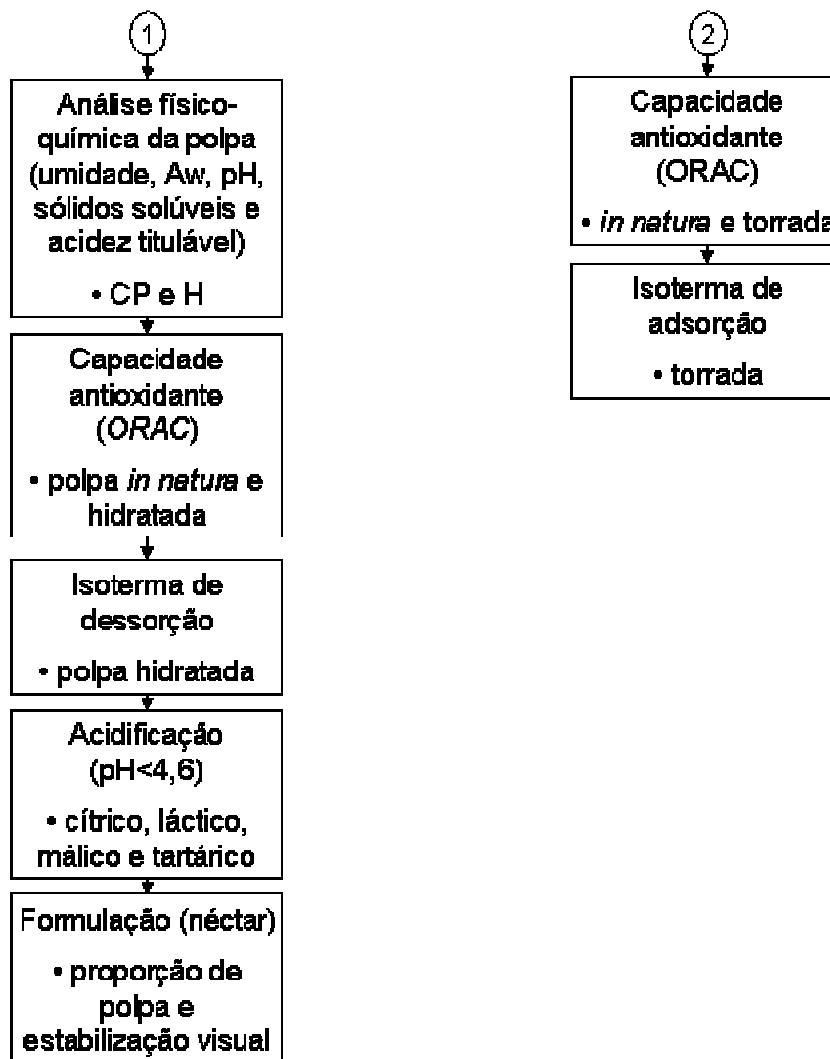


Figura 4.2. Fluxograma de atividades em função dos objetivos específicos (visão geral) - continuação.

#### 4.2 Estado da arte do processamento de baru

Para esta etapa, dividida em avaliação do beneficiamento e avaliação das condições higiênico-sanitárias, foram tomadas como objeto de estudo, organizações ou unidades produtoras envolvidas com a cadeia produtiva do baru no Estado de Goiás com potencial agroindustrial sustentável, situadas nos municípios de Pirenópolis e Jussara, respectivamente a 121 e 232 km da capital Goiânia; e na própria capital (Figura 4.3).

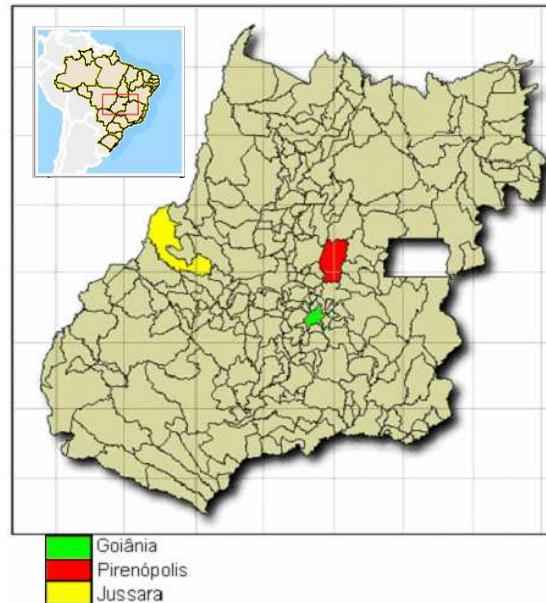


Figura 4.3. Mapa da distribuição geográfica dos municípios em Goiás. Fonte: SIEG, 2009.

Em um dos municípios, foram analisadas duas unidades produtoras, uma micro-empresa e uma empresa familiar, situadas na zona rural; e em outro município, foram analisadas uma micro-empresa no perímetro urbano e duas cooperativas na zona rural; e na capital, uma micro-empresa. Estas seis unidades produtoras (UP`s) foram aleatoriamente nomeadas UP1, UP2, UP3, UP4, UP5 e UP6.

### 4.2.1 Avaliação do beneficiamento

Foram realizadas inspeções para o levantamento do potencial produtivo nas unidades produtivas UP1, UP2, UP3, UP4 e UP5. Para tal foram analisadas as operações de despulpamento (quando aplicável), extração e torração da amêndoa com base na proporção de frutos processados e produtividade (kg/Homem-hora) ao longo da cadeia produtiva (ALVARADO & AGUILERA, 2001).

As variáveis mensuradas nos ensaios de despulpamento foram: massa dos frutos ( $M_F$ ); massa dos frutos hidratados ( $M_{FH}$ ); massa de água adicionada no despulpamento ( $M_W$ ); massa de polpa ( $M_P$ ) e massa de frutos sem polpa ( $M_{SP}$ ); tempo gasto na operação ( $t$ ); diâmetro do equipamento ( $D$ ); além da velocidade de centrifugação em rotações por minuto ( $N$ ). Nas operações de extração e torração

## **MATERIAL E MÉTODOS**

---

da amêndoa foram mensurados: massa de frutos ( $M_F$ ), massa de amêndoas extraídas ( $M_A$ ), massa de amêndoas inteiras ( $M_{AI}$ ), massas de resíduo gerado ( $M_R$ ) e massas de amêndoas antes ( $M_i$ ) e depois ( $M_f$ ) da torração, além dos respectivos tempos ( $t$ ) de processo. Os valores médios de cada parâmetro foram analisados com base no coeficiente de variação.

A partir dos dados dos ensaios de beneficiamento foram obtidas: a proporção de água adicionada ( $U$ ), a força centrífuga relativa ( $FCR$ ), a proporção de polpa ( $P_P$ ), a proporção de frutos despulpados ( $P_{SP}$ ), a capacidade produtiva por pessoa, por hora, no despulpamento ( $C_D$ ), a proporção de amêndoas obtidas na extração ( $P_A$ ), a proporção de resíduos gerados ( $P_R$ ), a proporção de amêndoas inteiras obtidas na extração ( $P_{AI}$ ), as capacidades produtivas por pessoa, por hora, na extração de amêndoa ( $C_{EX}$ ) e na obtenção de amêndoas inteiras ( $C_{AI}$ ), além da perda de massa na torração ( $P_M$ ) e a capacidade produtiva por pessoa, por hora, na torração de amêndoas ( $C_T$ ).

Em todos os ensaios os frutos foram coletados pelas comunidades agroextrativistas durante a safra de 2005. Para os ensaios de despulpamento, realizados em duplicata, foram utilizados no mínimo 40 kg de frutos, retirados aleatoriamente de embalagens em estoque. Para os ensaios de extração de amêndoas, realizados em triplicata, foram utilizados no mínimo 7 kg de frutos despulpados e secos ao sol ( $27 \pm 5^\circ\text{C}$  por 3 dias), no caso das unidades produtoras UP1 e UP2 (em equipamentos respectivamente denominados M1 e M2); e aproximadamente 2 kg de frutos sem polpa (consumido por animais no campo) e 12 kg de frutos com polpa, nas unidades produtoras UP4 (em equipamentos denominados M3 e M4) e UP5 (em equipamentos denominados M5), todos amostrados de forma aleatória. Para a torração das amêndoas, em duplicata, foram utilizados, no mínimo, 1,5 kg de amêndoas inteiras, com temperaturas na faixa de 120 a 190°C, na UP2, UP3 e UP5, em distintos fornos. Os materiais utilizados para cada ensaio foram disponibilizados pelos produtores nas unidades estudadas. As massas dos frutos e das amêndoas foram determinadas em balança digital (Filizola<sup>®</sup> com precisão  $\pm 100$  g).

Para o cálculo da proporção de água adicionada (%) no despulpamento ( $U$ ), utilizou-se a relação entre a massa de água com a massa total de frutos hidratados, conforme equação (1).



## MATERIAL E MÉTODOS

---

$$U (\%) = \frac{M_w}{M_{FH}} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

onde

$M_w$  = massa de água adicionada (kg);

$M_{FH}$  = massa de frutos hidratados (kg).

Para conferir se existia uma relação entre a rotação e geometria do equipamento com a eficiência no despulpamento, a força centrífuga relativa (FCR) ( $g$ ), sendo  $1g$  equivalente à aceleração da gravidade na superfície da Terra, foi descrita pela equação (2) (COLE-PARMER, 2010).

$$FCR (g) = 11,17 \times \frac{D}{2} \times \left( \frac{N}{1000} \right)^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

onde

$D$  = diâmetro de centrifugação (cm);

$N$  = velocidade de centrifugação em rotações por minuto (rpm).

Para o cálculo de proporção (%) de polpa ( $P_p$ ) e de frutos despulpados ( $P_{SP}$ ) utilizou-se a relação entre as respectivas massas com a massa total de fruto, de acordo com as equações (3) e (4).

$$P_p (\%) = \frac{M_p}{M_{FH}} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

$$P_{SP} (\%) = \frac{M_{SP}}{M_{FH}} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

onde

$M_p$  = massa de polpa (kg);

$M_{SP}$  = massa de frutos sem polpa (kg);

$M_{FH}$  = massa de frutos hidratados (kg).

## MATERIAL E MÉTODOS

---

A capacidade produtiva por pessoa por hora no despulpamento ( $C_D$ ) foi calculada conforme a equação (5).

$$C_D \text{ (kg/Homem - hora)} = \frac{M_{FH}}{O \cdot t} \quad (\text{Eq. 5})$$

onde

$M_{FH}$  = massa dos frutos hidratados (kg);

$O$  = quantidade de operadores envolvidos na operação;

$t$  = tempo gasto (h).

Para os cálculos das proporções em massa (%) de amêndoas ( $P_A$ ) e de resíduo gerado ( $P_R$ ) utilizaram-se a relação entre as massas de amêndoas ou de endocarpo com a massa total de fruto utilizado na operação de extração da amêndoa, de acordo com as equações (6) e (7).

$$P_A \text{ (\%)} = \frac{M_A}{M_F} \times 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

$$P_R \text{ (\%)} = \frac{M_R}{M_F} \times 100 \quad (\text{Eq. 7})$$

onde

$M_A$  = massa de amêndoas (kg);

$M_R$  = massa de resíduos (kg);

$M_F$  = massa de frutos (kg).

Para a proporção (%) de amêndoas inteiras ( $P_{AI}$ ) utilizou-se a relação entre as massas de amêndoas inteiras com a massa total de amêndoas obtidas no processo de extração, na equação (8).

$$P_{AI} \text{ (\%)} = \frac{M_{AI}}{M_A} \times 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

onde

$M_{AI}$  = massa de amêndoas inteiras (kg);

## MATERIAL E MÉTODOS

---

$M_A$  = massa de total de amêndoas (kg).

As capacidades produtivas por pessoa por hora (kg/Homem-h) de frutos utilizados para extração da amêndoa ( $C_{EX}$ ) e de amêndoas inteiras ( $C_{AI}$ ) foram calculadas através das equações (09) e (10).

$$C_{EX} \text{ (kg/Homem - hora)} = \frac{M_F}{H \cdot t} \quad (\text{Eq. 09})$$

$$C_{AI} \text{ (kg/Homem - hora)} = \frac{M_F}{O \cdot t} \quad (\text{Eq. 10})$$

onde

$M_F$  = massa de frutos (kg);

$O$  = quantidade de operadores envolvidos na operação;

$t$  = tempo (h).

Para o cálculo de perda de massa ( $P_M$ ) durante o processo de torração das amêndoas utilizou-se a diferença das massas iniciais e finais da operação pela massa inicial de amêndoas para o forneamento, conforme equação (11).

$$P_M \text{ (\%)} = \frac{(M_i - M_f)}{M_i} \times 100 \quad (\text{Eq. 11})$$

onde

$m_{inicial}$  = massas de amêndoas antes do processo de torração (g)

$m_{final}$  = massas de amêndoas depois do processo de torração (g)

A capacidade produtiva por pessoa por hora na torração de amêndoas ( $C_T$ ) foi calculada conforme a equação (12).

$$C_T \text{ (kg/Homem - hora)} = \frac{M_f}{t} \quad (\text{Eq. 12})$$

onde

$M_f$  = massa de amêndoas depois da torração (kg);

t = tempo gasto (h).

### 4.2.2 Condições higiênico-sanitárias

Nas UP1, UP2, UP3, UP4 e UP6, foram avaliadas as Boas Práticas de Fabricação (BPF) conforme os requisitos gerais de higiene da Portaria N° 326 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, através da lista de verificação ou *check list* modelo (ANEXO 1), conforme Programa de Alimentos Seguros do SENAI/FIEG (PAULA & STARLING, 2003).

Esta lista foi dividida em etapas como aspectos gerais de higiene e programa de treinamentos; de projetos e instalações; de fabricação; de limpeza e sanitização; de controle integrado de pragas; e, enfim, de controle de qualidade. No campo relacionado às conformidades, foram classificados em Conforme (C), Não conforme (NC), Não aplicável (NA), e Não observado (NO). Foram avaliadas as possíveis ações corretivas conforme as não-conformidades observadas *in loco*.

### 4.3 Obtenção de frutos e amêndoas de baru

Os frutos de baru foram obtidos diretamente em unidades produtoras de Goiás, provenientes da região de Pirenópolis (GO) e Jussara (GO). Referentes à safra de 2005, foram coletados maduros por comunidades extrativistas e armazenados em sacos trançados de polipropileno com aproximadamente 30 kg.

As amêndoas provenientes da região da Jussara (GO), referentes à safra de 2005, foram fornecidas já armazenadas em sacos de polietileno de baixa densidade, totalizando aproximadamente 30 kg. Estas foram previamente selecionadas através de análise visual, a critério da unidade produtora, em sadias e inteiras, sendo descartadas as amêndoas que apresentaram alterações de qualidade, como a presença de injúrias, insetos ou bolores.

O material coletado foi encaminhado para o Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) para caracterização física de agrupamentos, ensaios de hidratação, despulpamento, análises físico-químicas e capacidade antioxidante da polpa,

ensaios de acidificação e utilização da polpa, obtenção da isoterma de dessorção da polpa, condicionamento e ensaios de ruptura e tomografias de frutos; e as amêndoas para caracterização físicas, torração em diferentes temperaturas, análises de textura, cor, capacidade antioxidante, análise sensorial e obtenção da isoterma de adsorção da amêndoa.

### **4.4 Caracterização física do baru (frutos e amêndoas)**

Os frutos de cada região foram agrupados em função da polpa e amêndoa para o cálculo das proporções de cada grupo nas amostras estudadas.

Foram avaliadas as características físicas de frutos e amêndoas como: massa unitária, massa e proporção de polpa e de endocarpo (por diferença), comprimento, largura, espessura, massa específica aparente, volume e massa específica de frutos e amêndoas. A amostragem foi definida em função da quantidade total estimada de frutos e amêndoas. Os valores médios e desvios padrão de cada parâmetro foram analisados com base no coeficiente de variação. Eventuais adaptações de metodologias foram baseadas em Alvarado & Aguilera (2001) e estão descritas a seguir.

#### **4.4.1 Agrupamento dos frutos**

Os sacos contendo os frutos de baru foram pesados para determinação da massa total da amostra de cada região ( $M_{\text{região}}$ ). Em seguida foram agrupados em frutos com polpa e com amêndoa (CPCA); frutos com polpa e sem amêndoa (CPSA) e frutos sem polpa (SP). Os frutos sem polpa tiveram o epicarpo (casca) e o mesocarpo (polpa) consumidos pelo gado em sistemas de pecuária extensiva e outros animais no campo, restando o endocarpo lenhoso conforme características morfológicas já consideradas em outros estudos (FERREIRA et al., 1998; SANO et al., 1999).

As massas de cada agrupamento foram averiguadas para o cálculo das respectivas proporções ( $\%_{\text{Grupo}}$ ) através da relação entre a massa do grupo com a massa total de cada região, na equação (13). Foi utilizada uma balança digital Filizola<sup>®</sup> MF, com precisão  $\pm 20$  g.

$$\%_{\text{Grupo}} (\%) = \frac{M_{\text{Grupo}}}{M_{\text{Região}}} \times 100 \quad (\text{Eq. 13})$$

onde

$M_{\text{Grupo}}$  = massa de cada grupo – CPCA, CPSA ou SP (kg);

$M_{\text{Região}}$  = massa total de frutos de cada região (kg).

Os frutos considerados sem amêndoa através do método aplicado pelos produtores rurais foram abertos com auxílio de prensa hidráulica (Figura 4.6) para validação do método.

#### 4.4.2 Massa unitária

A massa média unitária ( $M_{\text{unit}}$ ) foi determinada pela relação da massa de 50 unidades de frutos ou de amêndoas, realizados no mínimo em triplicata.

As massas (g) da polpa ( $M_{\text{Polpa}}$ ) e do endocarpo ( $M_{\text{Endocarpo}}$ ) foram determinadas em função da massa unitária média da amêndoa e dos frutos CPCA e SP, de acordo com as equações (14) e (15).

$$M_{\text{Polpa}} (\text{g}) = \bar{M}_{\text{unit. CPCA}} - \bar{M}_{\text{unit. SP}} \quad (\text{Eq. 14})$$

$$M_{\text{Endocarpo}} (\text{g}) = \bar{M}_{\text{unit. SP}} - \bar{M}_{\text{unit. Amêndoa}} \quad (\text{Eq. 15})$$

onde

$M_{\text{unit. CPCA}}$  = massa unitária média dos frutos com polpa e com amêndoa (g);

$M_{\text{unit. SP}}$  = massa unitária média dos frutos sem polpa (g);

$M_{\text{unit. Amêndoa}}$  = massa unitária de amêndoas de baru (g).

Os cálculos da proporção ( $\%_{\text{Fração}}$ ) em massa de cada fração do baru SP (endocarpo e amêndoa) e CPCA (polpa, endocarpo e amêndoa) foram realizados de acordo com a equação (16).

$$\%_{\text{Fração}} (\%) = \frac{M_{\text{Fração}}}{\sum M_{\text{Frações}}} \quad (\text{Eq. 16})$$

onde

$M_{\text{Fração}}$  = massa de cada fração (polpa, endocarpo e amêndoa) do baru (g);

$\sum M_{\text{Fração}}$  = somatório das massas das frações do baru (g).

Os materiais utilizados nos ensaios de averiguação de massa foram: balde, béquer, balança digital (Filizola<sup>®</sup> MF com precisão  $\pm 20$  g) para frutos e balança analítica (Mettler Toledo<sup>®</sup> AB 204) para amêndoas.

### 4.4.3 Amostragem

Com o intuito de proporcionar amostras representativas de cada lote, como não há nenhuma instrução específica para o caso, conforme os métodos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (2008), a regra geral é colher amostras correspondentes à raiz quadrada do número de unidades de cada lote. Assim, a amostragem ou quantidade de frutos ou amêndoas para caracterização física foi definida pela raiz da quantidade total estimada de frutos ou amêndoas (Total Estim.), determinada em função da relação entre a massa do grupo ou da amêndoa e as respectivas massas médias unitárias, conforme equação (17). Os grupos tiveram, no mínimo, 14 frutos caracterizados.

$$\text{Amostragem (un.)} = \sqrt{\text{Total Estim.}} + 1 = \sqrt{\frac{M_{\text{Grupo/Amêndoa}}}{M_{\text{unit. (Grupo/Amêndoa)}}}} + 1 \quad (\text{Eq. 17})$$

onde

$M_{\text{Grupo/Amêndoa}}$  = massa total de frutos de cada grupo ou de amêndoas (kg);

$M_{\text{unit. (Grupo/Amêndoa)}}$  = massa unitária média de frutos de cada grupo ou de amêndoas (kg).

### 4.4.4 Comprimento, largura e espessura

Para as medições de comprimento, largura e espessura, foi utilizado paquímetro (Mitutoyo<sup>®</sup> com precisão  $\pm 0,05\text{mm}$ ), considerando sempre a maior medida possível em cada direção (Figura 4.4).

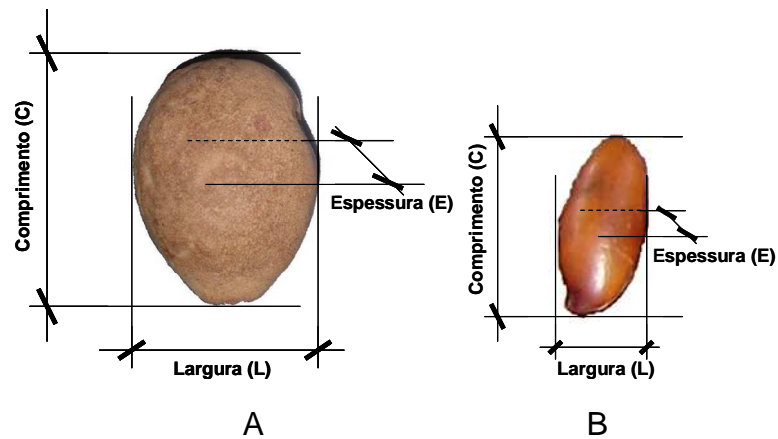


Figura 4.4. Representação esquemática das dimensões mensuradas: A) frutos e B) amêndoas de baru.

#### 4.4.5 Massa específica aparente

A massa específica aparente ( $\rho_{Ap}$ ) de cada agrupamento ou de amêndoas foi encontrado através da relação entre a massa de frutos ou amêndoas com o volume ocupado medido uma proveta, realizado em triplicata, conforme equação (18). Os frutos foram acomodados no interior da proveta com cuidados de não amassar ou comprimir, evitando interferências. Os materiais utilizados neste ensaio foram: proveta (1L) e balança semi-analítica (Gehaka<sup>®</sup> BG-4000 com precisão  $\pm 0,01$  g).

$$\rho_{Ap} \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{m_{\text{frutos / amêndoas}}}{V} \quad \text{(Eq. 18)}$$

onde

$m_{\text{frutos/amêndoas}}$  = massa de frutos ou amêndoas de baru (kg);

$V$  = volume medido em proveta ( $\text{m}^3$ ).

#### 4.4.6 Volume e Massa específica

A medição do volume dos frutos e amêndoas de baru foi efetuada pela diferença de volume de painço deslocado. A semente de painço foi utilizada devido ao seu pequeno tamanho e pela aplicação em estudos com cereais (AACC, 2000).



## MATERIAL E MÉTODOS

---

O volume (V) foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço. A amostra foi colocada no centro de uma placa de Petri, previamente tarada com semente de painço, e abaixo de um funil de vidro apoiado em tripé. As sementes de painço foram despejadas através do funil e recolhidas abaixo até o transbordamento na placa de Petri. Em seguida, a placa foi nivelada com o auxílio de uma régua e o volume do painço presente na cápsula foi medido através de proveta, sem a presença da amostra. Para este ensaio, as massas unitárias ( $M_{unit.}$ ) foram obtidas em balança analítica (Mettler Toledo® AB204). Estas determinações foram realizadas em triplicata para cada amostra.

Foram utilizados doze frutos classificados como baru com polpa e com amêndoa (CPCA) e doze unidades classificados como sem polpa (SP), escolhidos de forma aleatória e identificados. Para as amêndoas foram utilizadas aproximadamente 100g em cada repetição, realizado em triplicata.

A massa específica unitária ou real ( $\rho$ ) dos frutos (CPCA e SP) e amêndoas foi encontrada através da relação entre a massa e o volume, conforme equação (19)

$$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{m}{V} \quad \text{(Eq. 19)}$$

onde

m = massa do fruto ou amêndoas de baru (kg);

V = volume do fruto ou amêndoa de baru ( $m^3$ ).

Os dados foram apresentados em valores médios e respectivos desvios padrão. Os resultados foram avaliados por análise de variância e comparação de médias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio de programa estatístico Statistic for Windows®, versão 5.0.

### 4.5 Armazenamento

Após a caracterização, os frutos das distintas regiões foram homogeneizados, conforme normas do Instituto Adolfo Lutz (2008) para amostras sólidas, e juntamente com as amêndoas, foram armazenados em condições

## MATERIAL E MÉTODOS

---

controladas de temperatura e umidade relativa de modo que não ocorresse a germinação ( $T < 25^{\circ}\text{C}$ ; U.R.  $< 65\%$ ) até os ensaios seguintes.

### 4.6 Hidratação da polpa de baru

Foi avaliada a absorção de água pelos frutos de baru, nas temperaturas de  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $60^{\circ}\text{C}$  e  $90^{\circ}\text{C}$ , até peso constante. Foram utilizados aproximadamente 50 frutos (1,5 kg) com polpa (CP).

As amostras foram imersas em água, numa proporção (em massa) de água em relação aos frutos de 10:1, em vasilhame de aço inoxidável perfurado (Figura 4.5) previamente tarado, sendo as massas determinadas em intervalos de 10 minutos até 1 hora, de 30 minutos até 3,5 horas, de 1 hora até 10 horas e, quando aplicado, uma vez por dia ( $M_{HX}$ ). Para o tempo inicial ( $M_{H0}$ ), as amostras foram pesadas após rápida imersão em água. Foi estabelecido o escorrimento das amostras antes das pesagens por 1 minuto. Para esta etapa foram utilizados: panelas, fogão industrial (Dako<sup>®</sup> a gás GLP), termômetro de mercúrio (com precisão  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) e balança digital (Filizola<sup>®</sup> MF com precisão  $\pm 20$  g). A água utilizada nestes ensaios foi proveniente da rede de abastecimento.

Com os resultados obtidos foi calculada a relação (X) entre a massa de água (kg) absorvida pelo baru e a massa total de baru (kg), em função do tempo (Equação 20).



Figura 4.5. Baru acondicionado em vasilhame perfurado utilizado nos ensaios de hidratação.

$$X \text{ (kg água/kg baru)} = \left( \frac{M_{HX} - M_{H0}}{M_B} \right) \quad (\text{Eq. 20})$$

onde

$M_{HX}$  = massa de baru hidratado (kg);

## MATERIAL E MÉTODOS

---

$M_{H_0}$  = massa de baru hidratado no tempo inicial (kg);

$M_B$  = massa de baru com polpa (CP).

Com os valores médios de X foram construídos modelos cinéticos para a hidratação dos frutos de baru. Foram avaliados os modelos de Henderson-Pabis; Lewis; Page (Equações 21, 22 e 23, respectivamente) (FRANÇA et al., 2002), e Peleg (Equação 24) (FERRAZ, 2008; SOPADE et al., 1992; TURHAN et al., 2002), avaliando-se a eficiência de cada um deles pelos valores de  $R^2$ , com o auxílio do programa Statistic for Windows® 5.0, sendo os ajustes das curvas feitos por regressão não-linear estimados pelo método Quasi-Newton e critério de convergência de 0,0001.

Modelo de Lewis:

$$\frac{X_{eq} - X}{X_{eq} - X_1} = \exp(-k \cdot t) \quad (\text{Eq. 21})$$

Modelo de Henderson-Pabis:

$$\frac{X_{eq} - X}{X_{eq} - X_1} = A \cdot \exp(-k \cdot t) \quad (\text{Eq. 22})$$

Modelo de Page:

$$\frac{X_{eq} - X}{X_{eq} - X_1} = \exp(-k \cdot t^n) \quad (\text{Eq. 23})$$

Modelo de Peleg:

$$X = X_1 \pm \frac{t}{k_1 + k_2 \cdot t} \quad (\text{Eq. 24})$$

onde

$X_1$  = teor de água em base seca inicial (kg de água/kg baru);

$X$  = teor de água em base seca no tempo t (kg de água/kg baru);

$X_{eq}$  = teor de água em base seca de equilíbrio ( $t \rightarrow \infty$ ) (kg de água/kg baru);

A, k, n,  $k_1$ ,  $k_2$  = constantes;

t= tempo (h).

A relação da taxa de adsorção de água com a temperatura ( $k_1$ ) foi descrita pela modelo de Arrhenius, conforme equação (25).

$$k_1 = k_0 + \exp\left(\frac{E_a}{R T}\right) \quad (\text{Eq. 25})$$

onde

$k_0$  = constante;

$E_a$  = energia de ativação (kJ /mol);

$R$  = constante universal dos gases (8,314 J/mol K);

$T$  = temperatura (K).

#### **4.7 Despolpamento de baru**

Foram avaliados os rendimentos da polpa (kg de polpa / kg de fruto) em baru classificado em CP (com polpa), *in natura* e hidratado. A extração ocorreu, em triplicata, de forma manual - com auxílio de ralador doméstico (1 fruto *in natura*) e pela raspagem com auxílio de colher (10 frutos hidratados); em equipamento descascador abrasivo (lixamento) (HOBART® B-6025 operado a 1720 rpm) (1,5 kg) e em despoldadora a facas (Sterling® Speed-trol, com tela de 1,6 mm de abertura, rotação a 400 rpm e raio de giro de 55mm) (3,5 kg de baru).

As variáveis mensuradas nos ensaios de despolpamento foram: as massas de frutos ( $M_F$ ) *in natura* e hidratados ( $M_{FH}$ ), de polpa ( $M_P$ ) e de frutos despoldados ( $M_{SP}$ ). Os valores médios de cada parâmetro foram analisados de com base no coeficiente de variação.

Os dados foram tratados a fim de obter as proporções de polpa ( $P_P$ ) e de frutos despoldados ( $P_{SP}$ ). Para o cálculo das proporções (%) utilizou-se a relação entre as respectivas massas ( $M_P$  e  $M_{SP}$ ) com a massa total de fruto ( $M_F$ ), conforme as equações (3) e (4). Para este ensaio, os frutos hidratados foram despoldados imediatamente após o processo de hidratação a 90°C por 30 minutos.

### 4.8 Análise físico-química da polpa de baru

Foram avaliadas as características físico-químicas como teor de umidade, atividade de água ( $A_w$ ), pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez titulável total para polpa de baru *in natura* e hidratada.

Os dados foram tratados para a obtenção da relação entre o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e a acidez titulável total, também conhecida como *ratio*, conforme a equação (26).

$$Ratio = \frac{SST}{ATT} \quad (\text{Eq. 26})$$

onde

SST = teor de sólidos solúveis totais (°Brix);

ATT = acidez titulável total em percentual de massa de ácidos orgânicos na polpa (g de ácido cítrico/100 g de polpa de baru).

As análises físico-químicas foram realizadas, no mínimo em duplicata, conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos pela média e desvio padrão; e avaliados estatisticamente por análise de variância e testes de médias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio de programa estatístico Statistic for Windows<sup>®</sup>, versão 5.0.

Para este ensaio foram utilizados frutos *in natura* classificados em CP (com polpa). Estes foram despulpados manualmente com auxílio de facas, sendo a polpa homogeneizada e destinada às determinações físico-químicas. A polpa hidratada utilizada neste ensaio foi proveniente dos ensaios de hidratação (90°C por 30 minutos) e de despulpamento (despulpadora a facas Sterling<sup>®</sup> Speed-trol, com tela de 1,6 mm de abertura, rotação a 400 rpm e raio de giro de 55mm).

#### 4.8.1 Umidade

Para a determinação do teor de umidade foi utilizado o método gravimétrico até peso constante, em estufa de circulação de ar (Tecnal<sup>®</sup> TE-394/1), com temperatura de  $105 \pm 0,5^\circ\text{C}$  e intervalo de pesagem de uma hora. A pesagem de aproximadamente 2 gramas de polpa de baru, em cápsulas de porcelana

previamente calibradas, foi realizada utilizando balança analítica (Mettler Toledo<sup>®</sup> AB 204).

### **4.8.2 Atividade de água (Aw)**

Para determinação de atividade de água na temperatura de  $20\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  foi utilizado o equipamento (Aqualab<sup>®</sup> CX 2T com controle de temperatura Brookfield<sup>®</sup> TC-500), previamente calibrado com água destilada e com sais padronizados.

### **4.8.3 pH**

Para a determinação do pH das amostras utilizou-se a determinação eletrométrica, que consiste em pesar 1 grama da amostra, adicionar 10 mL de água destilada recém fervida a  $25^{\circ}\text{C}$ , agitar por trinta minutos, deixar em repouso por dez minutos para que ocorra a decantação, para posterior leitura do pH do sobrenadante utilizando potenciômetro (Digimed<sup>®</sup> DM 20), calibrado com solução tampão pH 4 e 7.

### **4.8.4 Sólidos solúveis totais (°Brix)**

O teor de sólidos solúveis (°Brix) da polpa foi determinado aproveitando a solução usada para a medição de pH, utilizando-se de uma a duas gotas filtradas em algodão, em refratômetro de bancada (Carl Zeiss<sup>®</sup> com precisão  $\pm 0,5^{\circ}\text{Brix}$ ). Os graus Brix referem-se à porcentagem em peso de sacarose em solução a  $20^{\circ}\text{C}$ .

### **4.8.5 Acidez titulável total**

A acidez titulável total da polpa foi determinada por volumetria de neutralização, pesando em balança analítica (Mettler Toledo<sup>®</sup> AB 204) 1g da amostra em vidro de relógio e transferido para um erlenmeyer de 125 mL com de 50 mL de água destilada. Após homogeneização em mesa agitadora (Tecnal<sup>®</sup> TE-145) por 2 horas, foram adicionadas três gotas de indicador de fenolftaleína para

titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio 0,01N até o ponto de viragem.

### **4.9 Acidificação da polpa de baru**

A polpa hidratada é um alimento de baixa acidez. Visando a conservação da mesma, foi realizado um estudo de acidificação. A curva de acidificação foi obtida visando determinar a quantidade de ácido que deve ser adicionada ao produto para o mesmo atingir um pH menor que 4,6, o que viabilizaria o envase a quente e/ou pasteurização do produto e/ou uso de conservantes.

Para este ensaio foram utilizadas soluções com 10% (m/v) de ácidos orgânicos usualmente aplicados em indústrias de alimentos, como o cítrico, láctico, málico e tartárico. A polpa hidratada utilizada neste ensaio foi proveniente dos ensaios de hidratação (90°C por 30 minutos) e de despulpamento (despulpadora a facas Sterling® Speed-trol, com tela de 1,6 mm de abertura, rotação a 400 rpm e raio de giro de 55mm).

Foi misturado em agitador magnético 10g de polpa de baru hidratada em 100 mL de água destilada, para a acidificação até pH próximo de 3. Para este ensaio foi utilizado balança analítica (Mettler Toledo® AB204); potenciômetro (Digimed® DM 20), previamente calibrado; béqueres e proveta. Os reagentes utilizados foram “P.A.” (para análise).

Foi realizada uma análise sensorial preliminar no laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA/UNICAMP para determinar o ácido que menos interfere no sabor do produto.

### **4.10 Utilização da polpa para formulação**

Tomou-se a polpa hidratada proveniente dos ensaios de hidratação (90°C por 30 minutos) e de despulpamento (despulpadora a facas Sterling® Speed-trol, com tela de 1,6 mm de abertura, rotação a 400 rpm e raio de giro de 55mm) para a formulação de néctares através da mistura em solução de sacarose (14° Brix inicial) e pH reduzido ao valor de 4,2 através de adição de solução de ácido cítrico 10% (p/v). Cada uma das amostras elaboradas foi submetida ao tratamento

## **MATERIAL E MÉTODOS**

---

térmico à temperatura de ebulição, envasada a quente em garrafas de vidro (250 mL) com tampas metálicas de garra, invertidas por cinco minutos e resfriadas (MCLELLAN & PADILLA-ZAKOUR, 2005; VENTURINI FILHO, 2005).

Inicialmente, foi realizada uma avaliação sensorial pela equipe técnica do Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA/UNICAMP para escolha da proporção da polpa de baru em amostras com 5, 10, 25 e 50% (p/v).

Com a bebida contendo a polpa na concentração de 25% foi realizado um teste com três hidrocolóides: Xantana<sup>®</sup> a 0,05%, 0,1% e 0,2%; Gelana<sup>®</sup> a 0,05%, 0,1% e 0,2%; e Xantana<sup>®</sup> + Gelana<sup>®</sup> (50% de cada) a 0,05%, 0,1% e 0,2%. Os hidrocolóides foram hidratados a 70°C em agitador mecânico (Tecnal<sup>®</sup> TE-039/1 com 800 rpm) por 1 minuto utilizando parte da formulação, e adicionados à polpa, totalizando 6 garrafas por tratamento. Após a pasteurização, conforme descrito anteriormente, três amostras foram armazenadas refrigeradas (5°C) e três em temperatura ambiente (25°C) para avaliação visual da estabilidade por até 30 dias.

### **4.11 Ensaios de ruptura do baru**

Em ensaios preliminares visando definir a melhor direção de aplicação da força de compressão para a ruptura dos frutos e obtenção de amêndoas inteiras, foi utilizada uma prensa hidráulica (Figura 4.6) do Laboratório de Carnes do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA/UNICAMP. Foram avaliados, no mínimo, cinco unidades de frutos com polpa e sem polpa; e a força foi aplicada na direção da espessura e da largura, ambas perpendiculares ao eixo de maior dimensão (comprimento) da amêndoa de baru, conforme representação esquemática (Figura 4.7).





Figura 4.6. Prensa hidráulica.

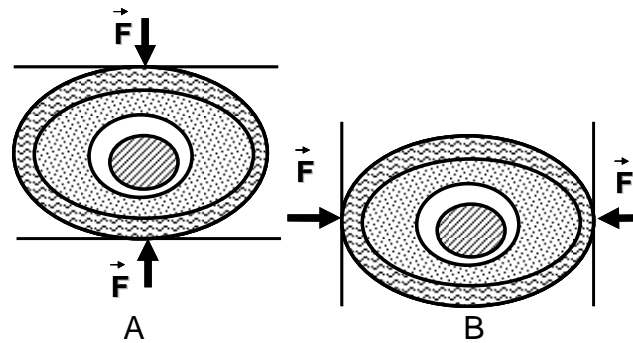


Figura 4.7. Representação esquemática da direção de aplicação da força de compressão aplicada no baru ao longo da A) espessura e B) largura

Em seguida, conhecendo-se a melhor direção para aplicação da força de compressão, foram utilizadas máquinas universais de ensaio de materiais dos Laboratórios de Propriedades Mecânicas de Materiais Biológicos e de Ensaio de Materiais da FEAGRI/UNICAMP (Canners Machinery<sup>®</sup> (CML) D-1804-C com célula de carga de capacidade máxima aproximada de 5.000 N e taxa de deformação de 0,6 mm/s; e EMIC<sup>®</sup> (Figura 4.8), com célula de carga com capacidade máxima de 300.000 N e taxa de deformação de 1,0 mm/s), sendo os dados obtidos através de software (Tesc<sup>®</sup> 3,05). Para a utilização adequada da máquina universal de ensaios de materiais (EMIC<sup>®</sup>), com a finalidade de evitar o deslizamento do fruto durante a compressão foram projetados e construídos dois pratos de apoio do espécime (Figura 4.9). Um deles fixado no cabeçote móvel (superior), com superfície recartilhada, e outro na base fixa (inferior) com rebaixo em forma de 'V'.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para estes ensaios de ruptura, os frutos foram tratados a fim de se avaliar o melhor condicionamento que proporcionasse características mecânicas favoráveis para a obtenção das amêndoas inteiras.

Os condicionamentos das amostras de baru foram: baru *in natura* com polpa (CP) e sem polpa (SP); frutos hidratados e despulpados (H); frutos despulpados secos em estufa (Fanem<sup>®</sup> 315 SE) à temperatura de  $150\pm 3^{\circ}\text{C}$  por 50 minutos (S).



Figura 4.8. Máquina universal para ensaio de materiais com capacidade máxima de 300 kN.



A

B

Figura 4.9. Dispositivos desenvolvidos para evitar o deslizamento do baru na extração da amêndoa em máquina universal de ensaio de materiais, fixados nas partes: A) superior, com superfície recartilhada e B) inferior, com rebaixo em forma de 'V'.

Para os ensaios de compressão do baru foram utilizados lotes com no mínimo 25 unidades de frutos. A largura de cada espécime, previamente numerado, foi medida com auxílio de um paquímetro (Mitutoyo<sup>®</sup>, com precisão  $\pm$

## MATERIAL E MÉTODOS

0,05mm). Para o tratamento CP, a polpa nas regiões de contato foi removida de modo a minimizar a deformação inicial (Figura 4.10).

O espécime foi acomodado (Figura 4.11) cuidadosamente no equipamento, sendo necessária à aplicação de força inicial aproximada de 3% do total para se manter na posição, conforme representação esquemática da força de compressão aplicada na direção da largura (Figura 4.7).

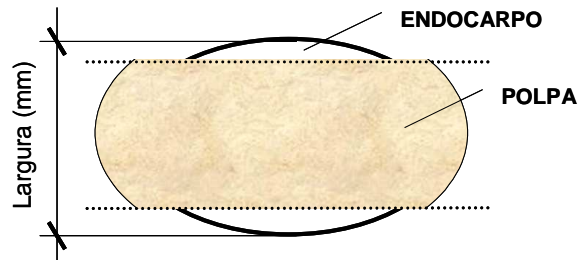


Figura 4.10. Representação esquemática da parte da polpa removida para ensaios de ruptura do baru.



Figura 4.11. Acomodação inicial do espécime na máquina universal de ensaios.

Foram determinados os parâmetros mecânicos, como força máxima (N) e respectiva deformação (mm), deformação específica e energia total de deformação (J), a partir da curva força-deformação, conforme estudos para caracterização mecânica de materiais biológicos (ARAÚJO, 2005; KOYUNCU et al., 2004; LU & ABBOTT, 2004; NORTON, 2000; VARELA et al., 2008).

Obteve-se inicialmente a curva força-tempo que foi convertida em força-deformação, utilizando-se a taxa de compressão mantida constante durante o ensaio. Assim, utilizando-se da curva, identificou-se a força máxima e a respectiva deformação ( $\delta$ ) necessária para a ruptura do espécime. A deformação específica

## MATERIAL E MÉTODOS

( $\varepsilon$ ) foi definida pela relação da deformação ( $\delta$ ) pela largura inicial ( $L_0$ ), conforme equação (27)

$$\varepsilon (\text{mm/mm}) = \frac{\delta}{L_0} \quad (\text{Eq. 27})$$

onde

$\delta$  = deformação (mm);

$L_0$  = Largura inicial (mm).

Para o cálculo da energia de deformação ( $E$ ) para a ruptura do baru foi feita uma integração numérica utilizando-se da Regra do Trapézio para calcular a área sob a curva até a força máxima, conforme Figura 4.12 e equação (28).

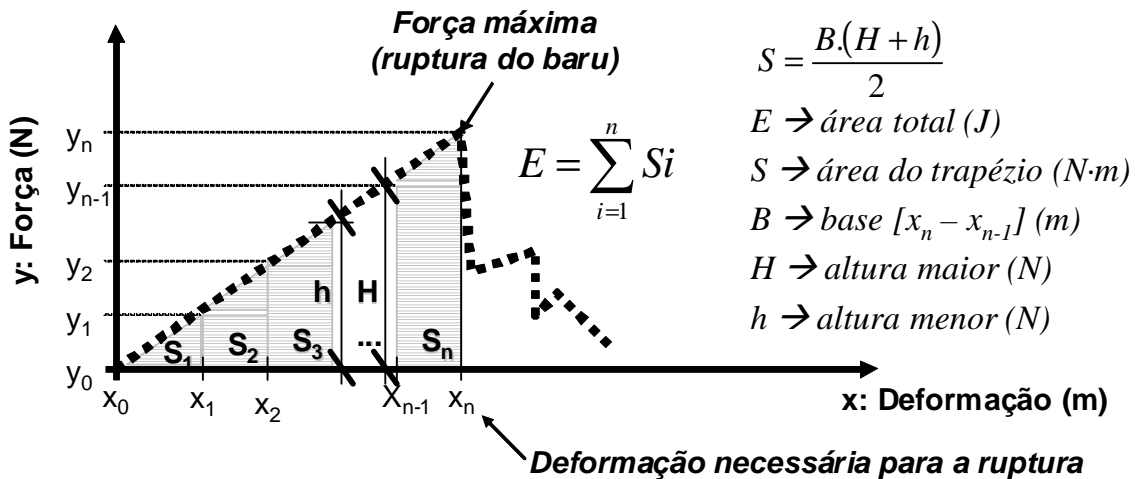


Figura 4.12. Regra do Trapézio na integração numérica para cálculo da energia de deformação ( $E$ ) para a ruptura do baru.

$$E (\text{J}) = \sum_{i=1}^n S_i = \left[ \frac{(x_1 - x_0) \cdot (y_1 + y_0)}{2} \right] + \left[ \frac{(x_2 - x_1) \cdot (y_2 + y_1)}{2} \right] + (\dots) + \left[ \frac{(x_n - x_{n-1}) \cdot (y_n + y_{n-1})}{2} \right] \quad (\text{Eq. 28})$$

onde

$\Sigma S$  = somatória de áreas dos trapézios que corresponde à área total sob a curva (N.m), sendo (1J = 1N.m);

$x$  = deformação (m);

$y$  = força de compressão (N).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

---

Nestes ensaios foram observadas, para cada tratamento, as formas de rompimento do endocarpo; o percentual de obtenção de amêndoas inteiras, além da comparação destas informações com as imagens tomográficas (item 4.12), avaliando a estrutura do fruto e suas folgas internas.

Os dados foram apresentados em valores médios e respectivos coeficientes de variação. Os resultados foram avaliados por análise de variância e comparação de médias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio de programa estatístico Statistic for Windows<sup>®</sup>, versão 5.0.

### **4.12 Imagens tomográficas do baru**

Para observar e entender as possíveis alterações na estrutura do fruto submetido a diferentes tratamentos foram utilizadas tomografias de ressonância magnética nuclear (RMN) e tomografias computadorizada de raios-X (TC). Estes ensaios foram realizados na Embrapa Instrumentação Agropecuária em São Carlos/SP.

#### **4.12.1 Ressonância Magnética Nuclear (RMN)**

Foi utilizado o tomógrafo (Varian<sup>®</sup> INOVA) (Figura 4.13) com campo magnético de 2 T, com frequência de 85 MHz para núcleos de hidrogênio.



Figura 4.13. Tomógrafo de ressonância magnética nuclear (RMN).

Para aquisição das imagens foi utilizada a seqüência de spin-eco, usando um tempo de eco de 20 ms (mili segundos), tempo de repetição de 2 segundos (imagens ponderadas em densidade de hidrogênios) e número de médias de

## MATERIAL E MÉTODOS

aquisições igual a 4 ( $nt=4$ ). A matriz coletada continha 128 pontos e os dados foram processados (*zero-filling*) e uma matriz foi construída de 256x256 pontos, pelo software do equipamento. O *field of view* (campo de visão) foi de 10cmx10cm.

Foi aplicada a ressonância magnética nuclear para avaliar através das tomografias, o efeito da hidratação à 90°C por 30mi n e 25°C por 48h em relação ao fruto *in natura* . Para estes ensaios foi utilizado somente um indivíduo para cada tratamento.

### 4.12.2 Raios-X

Foi utilizado o microtomógrafo (SkyScan<sup>®</sup> 1172) (Figura 4.14), com câmera (Hamamatsu<sup>®</sup> 100/250 de 10 *megapixels*) e software próprio (versão 1.5). A aquisição das imagens no formato TIFF com tamanho de *pixel* de 17,41  $\mu\text{m}$  foi de 6 a 9h, com tensão de 100 kV, corrente de 100  $\mu\text{A}$ , filtro de alumínio e cobre, distância entre a amostra e a fonte de radiação de 260,407 mm, distância entre a amostra e a câmera de 346,708 mm e posição vertical de 32,025 mm, 4,740 mm e 42,660 mm para os frutos *in natura* , hidratado e seco, respectivamente.



Figura 4.14. A) Microtomógrafo por raios-X e B) detalhe da acomodação do baru.

A reconstrução das imagens, durando até 30h, gerou arquivos no formato BMP com tamanho de *pixel* de 17,41  $\mu\text{m}$ , com dimensões de 3968x3968, 2668x3084, 3140x2792 *pixels*, em 1.718, 1.224, 1.208 fatias ou seções para o fruto *in natura*, hidratado e seco, respectivamente.

Foi aplicado os raios-X para avaliar, através da tomografia computadorizada de um mesmo espécime, o efeito de distintos condicionamentos como: *in natura*; hidratado a 90°C por 30minutos e despulpado manual; e secagem à 150°C por 50 minutos em estufa (Fanem<sup>®</sup> 315 SE).

Através do software (DataViewer<sup>®</sup> SkyScan<sup>®</sup> 1.3.2) foram inspecionadas as imagens em três dimensões conforme representação esquemática dos planos de visualização (Figura 4.15), sendo o eixo y localizado ao longo do comprimento do baru, o eixo x na largura e o eixo z na espessura.

Após o ajuste do plano x, perpendicularmente ao comprimento da amêndoa, na parte de maior espessura e largura da amêndoa, foi determinada a folga F (mm) através da somatória das medidas de F1 e F2 (Figura 4.16). Para este procedimento foram realizados seis repetições. Os resultados da folga F (F1+F2) foram avaliados por análise de variância e testes de médias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio de programa estatístico Statistic for Windows<sup>®</sup> 5.0.

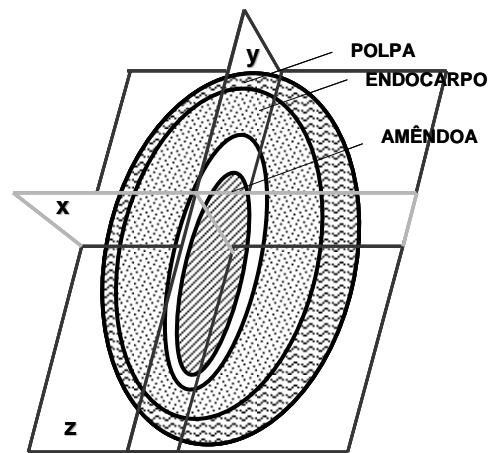


Figura 4.15. Representação esquemática dos planos de visualização das tomografias computadorizadas.

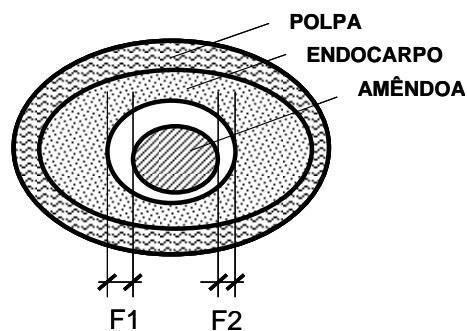


Figura 4.16. Representação esquemática da folga entre a amêndoa e endocarpo no plano x (corte transversal).

### 4.13 Torração da amêndoa

Visando conhecer, além da variação de umidade, as variações de massa, cor e textura de amêndoas de baru durante o processo de torração, para

## **MATERIAL E MÉTODOS**

---

correlacioná-los com a aceitação por consumidores; estas foram torradas nas temperaturas de 150, 175, 200, 250 e 300°C com  $\pm 5^\circ\text{C}$  em torrador rotativo (Probat-Werke<sup>®</sup> Pre 1 Z com controlador digital de temperatura Delt<sup>®</sup>), destinado originalmente para torração de café. Para minimizar possíveis erros entre os ensaios devido a quedas de temperatura no interior do equipamento durante a torração, amostras de aproximadamente 15g foram processadas para cada tempo de torração pré-determinado, em duplicata.

O intervalo entre cada tempo de torração foi tal que no mínimo 14 amostras foram obtidas ao longo de cada temperatura de torra, com exceção da temperatura de 300°C que totalizou 12 pontos de torra. Após a retirada das amostras do torrador, estas foram resfriadas com ar comprimido à temperatura ambiente ( $25\pm 5^\circ\text{C}$ ) para a paralisação imediata do processo.

As curvas de torração foram construídas em função da perda de massa, a cor instrumental e a força máxima de compressão. Também foram avaliados para alguns pontos ao longo do processo de torra, o teor de umidade; e para as temperaturas, a proporção de amêndoas que perderam a película durante o processo e a facilidade de remoção da película, pois também ajudaram no processo decisório do melhor binômio temperatura/tempo de torra.

Foram avaliados os modelos de Lewis; Henderson-Pabis; e Page (Equações 21, 22 e 23, respectivamente) (FRANÇA et al., 2002), baseado nos valores de  $R^2$ , com o auxílio do programa Statistic for Windows<sup>®</sup> 5.0, sendo os ajustes das curvas feitos por regressão não-linear estimados pelo método Quasi-Newton e critério de convergência de 0,0001.

### **4.13.1 Umidade**

O teor de umidade foi determinado utilizando um analisador de umidade por infravermelho (Gehaka<sup>®</sup> IV 2002 com precisão  $\pm 0,01\text{g}$ ). Foram utilizados aproximadamente 2 g de amêndoas moídas.



### 4.13.2 Perda de massa

Para a avaliação da perda de massa ( $P_M$ ) da amêndoa ao longo do processo de torração foi utilizada balança analítica (Mettler Toledo<sup>®</sup> AB 204) e adotada a equação (11).

### 4.13.3 Cor

A análise instrumental de cor das amêndoas (*in natura* e torradas) sem casca e moídas foi realizada em colorímetro (Hunterlab<sup>®</sup> Colorquest II), através de cubeta de quartzo de 20mm. O aparelho foi calibrado para medição de reflectância (RSIN), no sistema de cor CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), iluminante D65 e ângulo do observador de 10° (BISPO, 1999).

Em quatro leituras de cada cubeta contendo as amostras, sendo duas em cada lado, foram obtidas as coordenadas colorimétricas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Os dados foram expressos em média e desvio padrão e utilizados para o cálculo do valor  $\Delta E^*$ , um número absoluto que indica a diferença de “sensação” na totalidade da cor, incluindo brilho, tom e saturação, entre as amostras torradas e *in natura*, através da equação (29).

$$\Delta E^* = \left[ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Eq. 29})$$

onde

$\Delta L^*$  = variação da Luminosidade ( $L^*$  da amostra torrada menos  $L^*$  da amostra *in natura*);

$\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  = variação das coordenadas cromáticas (amostra torrada menos amostra *in natura*).

### 4.13.4 Textura

As análises de textura das amêndoas foram realizadas em texturômetro (Stable Micro Systems<sup>®</sup> TA-XT2i) calibrado, com célula de carga com capacidade máxima de 500 N.

Durante os ensaios ( $27 \pm 5^\circ\text{C}$ ), utilizando compressão uniaxial entre pratos planos horizontais (RESENDE et al., 2007), as amostras íntegras (*in natura* e

torradas) despeliculadas manualmente, foram comprimidas em sua posição de repouso natural com prato cilíndrico de alumínio (*probe*) com 0,045 m de diâmetro, a uma taxa de deformação (pré- teste, teste e pós-teste) de 1 mm/s. O ensaio de compressão foi finalizado quando a deformação da amêndoa atingiu 0,005 mm. Foram utilizadas dez amêndoas em cada ponto de torra para cada temperatura.

### **4.13.5 Remoção de película**

A remoção da película da amêndoa foi avaliada em dois momentos para as temperaturas de 150°C, 175°C e 250°C, escolhidas aleatoriamente.

No primeiro momento, logo após a retirada das amostras do torrador, foi determinada a frequência de amêndoas sem película aplicando o seguinte critério: amêndoas com 100% das películas aderidas (+); amêndoas com 50% de películas aderidas ( $\pm$ ); e amêndoas sem película (-).

No segundo momento, após resfriadas, as películas das amêndoas foram retiradas manualmente pelas extremidades para avaliar a facilidade de remoção, mantendo-se o seguinte critério: muita facilidade na remoção da película (+), média facilidade na remoção da película ( $\pm$ ) e película muito aderida (-). A observação da facilidade na remoção das películas é importante, pois pode sugerir um princípio de remoção mecânica.

### **4.14 Análise sensorial da amêndoa de baru torrada**

Os testes de aceitação foram realizados em Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA/UNICAMP e Departamento de Engenharia de Alimentos da PUC-GO (Pontifícia Universidade Católica de Goiás), em cabines individuais com provadores voluntários e amostras devidamente codificadas.

As amostras foram apresentadas monadicamente em blocos balanceados de acordo com Macfie et al. (1989) em conjunto com uma ficha para a avaliação dos atributos aroma, cor, sabor, textura e aparência global. No ANEXO 3 encontram-se a ficha da análise sensorial aplicada neste experimento e o modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para pesquisas que

envolvem seres humanos aplicado aos consumidores voluntários e submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da FCM/UNICAMP (Protocolo n. 130544).

Foi utilizada a escala hedônica estruturada de 9 pontos, onde o 1 representa a nota mínima “desgostei muitíssimo” e o 9 “gostei muitíssimo”, sendo o 5 “indiferente”. Para o atributo intenção de compra foi aplicada a escala estruturada de 5 pontos, na qual 5 representou a nota máxima “certamente compraria” e 1 representou a nota mínima “certamente não compraria”, empregando os procedimentos descritos para análise sensorial (DUTCOSKY, 1996; TEIXEIRA, 1987).

Inicialmente foi avaliada a aceitação das amêndoas em diferentes graus de torra com consumidores em potencial no município de Goiânia (GO) e Campinas (SP). Para tal as amêndoas foram torradas a 175°C por 8, 10, 12, 14 e 16 minutos em torrador rotativo (Probat-Werke® Pre 1 Z).

Posteriormente, conhecendo-se o tempo de torra a 175°C com a maior aceitação, foram avaliadas diferentes binômios tempo/temperatura de torração, correspondentes à esta mesma perda de massa.

Os resultados dos testes de aceitação foram avaliados por análise de variância e testes de médias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) com auxílio de programa estatístico Statistic for Windows® 5.0.

### **4.15 Capacidade antioxidante *in vitro* da polpa e da amêndoa**

Com o intuito de avaliar o potencial antioxidante *in vitro* de amêndoas (*in natura* e torradas) e de polpa de baru (*in natura* e hidratada), foi realizado o ensaio pelo método ORAC hidrofílico (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*) no Laboratório de Bioaromas do Departamento de Ciências de Alimentos da FEA/UNICAMP, expressos em micromoles de Trolox equivalente por grama de amostra em base seca ( $\mu\text{mol TE/g}$ ), a partir dos extratos metanólicos, seguindo a metodologia descrita por Dávalos et al. (2004) com adaptações.

Para este ensaio, foram utilizadas amêndoas *in natura* com e sem película; amêndoas torradas (150°C, 175°C, 200°C, 250°C e 300 °C), em função dos resultados da análise sensorial; polpa *in natura*; e polpa hidratada (25°C e 90°C), em função dos resultados dos ensaios de hidratação.

### 4.15.1 Preparo da amostra

Para a preparação das amostras para o ensaio de ORAC, foram pesadas 0,5g da amostra, adicionadas de 2,5ml hexano, mantendo sob agitação em mesa orbital (Tecnal<sup>®</sup> TE-145) por 20 minutos a 250 rpm. As amostras foram centrifugadas a 9.000 rpm por 10 minutos (Beckman Couter<sup>®</sup> Allegra X-22R). Após a separação do sobrenadante e descarte do precipitado, o solvente residual foi evaporado em rotavapor (Büchi<sup>®</sup> RE 120) à 40°C por aproximadamente 30s, para posterior adição de 5ml de metanol e agitação em mesa orbital (Tecnal<sup>®</sup> TE-145) por mais 1h.

Foram adicionados mais 5ml metanol no balão, para retirada de compostos aderidos à vidraria, mantendo sob agitação por 20 minutos. Juntou-se o conteúdo do balão ao reservado em frasco e após centrifugação por 10 minutos, o sobrenadante foi separado para o ensaio de ORAC e o precipitado descartado. Neste ensaio as amostras foram armazenadas em frascos âmbar para evitar as possíveis degradações dos compostos com potencial antioxidante.

Para fins de cálculo de concentração final das amostras, não foi levado em consideração o volume do hexano, pois o mesmo foi totalmente evaporado. Considerando a massa de amostras 0,5 g e volume total de solvente de 10 mL (metanol), a concentração da solução-mãe é de 50 mg/mL. Para análise de ORAC, considerando que foram utilizados 20 µL desta solução mãe em volume final de cada poço da placa de 200 µL, a concentração final das amostras corresponde a 5 mg/mL.

### 4.15.2 Ensaio de ORAC

Os reagentes previamente preparados (ANEXO 3) foram adicionados em cada poço de placa preta com 96 poços (Greiner<sup>®</sup> 655096 uclear) na seguinte ordem: 20µL do extrato, sendo para o branco 20 µL de solução Tampão Fosfato de Potássio (pH 7,4; 0,075 M) e para o Padrão, 20 µL de Trolox (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) Aldrich<sup>®</sup>; 120 µL de Fluoresceína Sódica. (C<sub>20</sub>H<sub>10</sub>Na<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) VETEC<sup>®</sup> e, por fim, 60 µL de AAPH (2,2'-azobis (2-methylpropionamide) dihydrochloride, 97%) Aldrich<sup>®</sup>. Logo o ensaio ORAC hidrofílico tem como volume final 200 µL.

## MATERIAL E MÉTODOS

---

Após a adição de todos os reagentes na placa, fez-se à leitura da fluorescência a cada 1 minuto, durante 80 minutos a 37°C em Fluorímetro (Novo Star<sup>®</sup> BMG Labtechnologies), com os seguintes filtros: emissão 520 nm e excitação 485 nm. O ensaio foi realizado em triplicata.

Com o intuito de estabelecer a maior concentração de amostra para que o valor final do decréscimo da fluorescência fosse equivalente ao do branco, ou seja, na faixa de tempo estabelecido para o experimento (80 minutos), várias diluições da solução-mãe foram testadas.

As leituras da fluorescência a cada minuto foram utilizadas no cálculo da AUC (Sigla para a tradução em inglês, *Area Under the Curve*, que corresponde a área abaixo da curva formada no gráfico), onde x corresponde ao tempo de reação e y ao decréscimo da fluorescência. Para o cálculo da AUC foi utilizada a equação (30):

$$AUC=1+\frac{f_2}{f_1}+\frac{f_3}{f_1}+\frac{f_4}{f_1}+\frac{f_n}{f_1} \quad (\text{Eq. 30})$$

onde

$f_1$  = leitura da fluorescência no tempo 1 minuto;

$f_2$  = leitura da fluorescência no tempo 2 minutos;

$f_n$  = leitura da fluorescência no tempo 80 minutos

Foi calculado o AUC para todas as amostras, para soluções com diferentes concentrações do Trolox (1, 2,5, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 75 e 90%) e para o branco (sem a adição de antioxidante). Subtraiu-se do AUC amostras/padrões o AUC do branco.

Fez-se uma curva padrão de Trolox, conforme ilustrado no Figura 4.17, onde o eixo X refere-se ao AUC Trolox subtraído do AUC branco e o eixo Y à concentração ( $\mu\text{mol}$ ) do padrão na placa. Através da equação ( $y = ax^2 + bx + c$ ), aplicou-se o AUC de cada amostra para determinar a concentração de Trolox. Para cada placa lida era realizada uma nova curva padrão de Trolox.

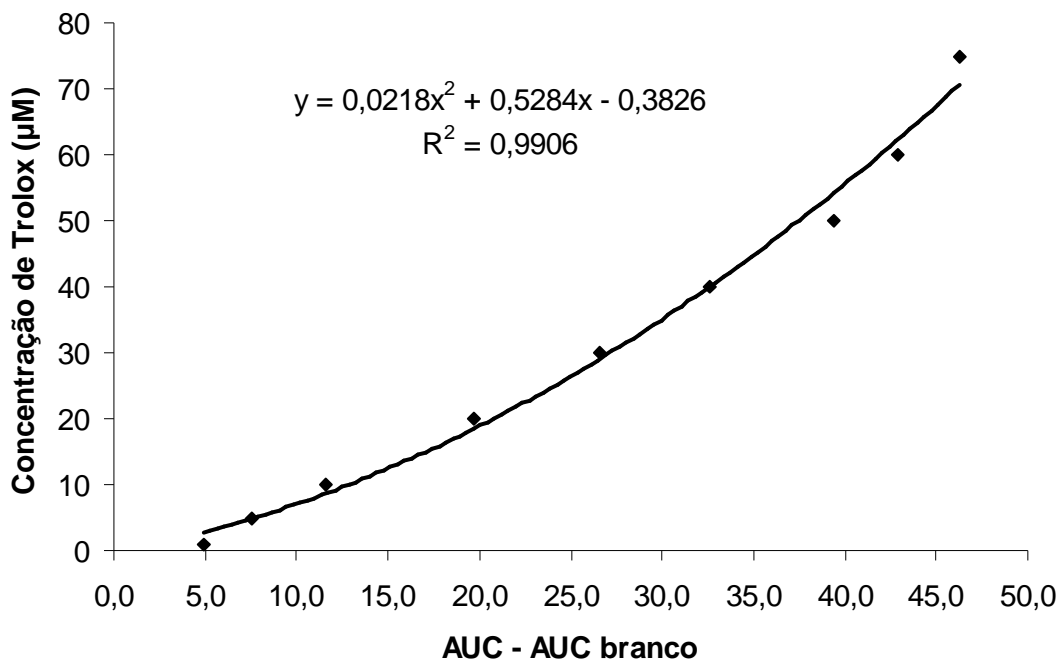


Figura 4.17. Curva padrão de Trolox e exemplo de equação.

O resultado final foi expresso em µmol Trolox Equivalente (TE) por g de extrato. Para os demais padrões lidos, o resultado final foi expresso em µmol TE/µmol padrão, pois o mesmo foi preparado na concentração de 1µmol (concentração final). Os resultados finais foram avaliados por análise de variância e testes de médias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) com auxílio de programa estatístico Statistic for Windows® 5.0.

Para validação do método foram analisados 4 padrões no teste de ORAC, catequina, ácido clorogênico, quercetina e ácido gálico.

#### 4.16 Isotermas de sorção da polpa e da amêndoa

As isotermas de dessorção de umidade para polpa e adsorção para a amêndoa foram realizadas no Laboratório de Química da PUC-GO (Pontifícia Universidade Católica de Goiás) em dessecadores com soluções saturadas de sais de cloreto de lítio Merck® (LiCl.H<sub>2</sub>O), cloreto de magnésio Vetec® (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O), nitrato de magnésio Vetec® (Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O), cloreto de sódio Vetec® (NaCl), sulfato de amônio Merck® (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e sulfato de potássio Vetec® (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) com as respectivas atividades de água (Aw) a 25°C de 0,11, 0,33, 0,53,

## MATERIAL E MÉTODOS

---

0,75, 0,80 e 0,97 (AGUIRRE & GASPARINO FILHO, 2002; TEIXEIRA NETO, 1997; TEIXEIRA NETO & VITALI, 1996).

Amostras de aproximadamente 2g da polpa de baru (hidratado a 90°C por 30 minutos, em função dos resultados do ensaio de hidratação, e despolidos manualmente) e da amêndoa de baru (torrada a 175°C por 10 minutos, em função dos resultados da análise sensorial, e triturada em almofariz) foram pesadas em balança analítica (Tecnal<sup>®</sup> B-TEC 210) e dispostas em cadinhos previamente tarados. As amostras foram mantidas nos dessecadores até atingir peso constante (diferença entre 3 pesagens sucessivas com valor menor ou igual a 10 mg/g de sólido seco). Para impedir o crescimento de microrganismos durante o ensaio a polpa de baru foi acrescida de 1.000 ppm de metabissulfito de sódio Synth<sup>®</sup> (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Todos os reagentes utilizados foram P.A.

Em paralelo foi determinada a umidade inicial da amêndoa torrada em estufa a 105°C (Biopar<sup>®</sup>) e a umidade inicial da polpa hidratada em estufa à vácuo a 70°C (Tecnal<sup>®</sup> TE-395 e bomba aspiradora Fanem<sup>®</sup> com vácuo de 10±2,5 cmHg, que corresponde a aproximadamente 13,33 kPa). Os cadinhos previamente tarados, com aproximadamente 2 g de amostras foram pesados em balança analítica (Sartorius<sup>®</sup> BL 210S) até peso constante, conforme Instituto Adolfo Lutz (2008). As umidades de equilíbrio em base seca ( $X_{eq}$ ) foram calculadas através da equação (31).

$$X_{eq} = \frac{me - ms}{ms} \quad (\text{Eq. 31})$$

onde

me = massa da amostra quando atingido o equilíbrio (kg);

ms = massa seca da amostra (kg).

Através destes resultados foram construídos modelos cinéticos para as isotermas das amêndoas torradas e polpa hidratada de baru. Foram avaliados os modelos BET (Brunauer - Emmett - Teller), Kats – Kutarov, GAB (Guggenheim - Anderson - de Boer), Henderson, Halsey, Oswin e DLP (Double Log Polynomial) (Equações 32, 33, 34, 35, 36, 37 e 38, respectivamente), aplicados em ajustes dos

## MATERIAL E MÉTODOS

---

dados experimentais de isotermas de sorção de diversos alimentos (PARK et al., 2001; FANTINATTI et al., 2005; MOURA et al., 2004; FADINI et al., 2006; SAMPAIO et al., 2009; MERMELSTEIN, 2009). A eficiência de cada um deles foi avaliada pelos valores de  $R^2$ , com o auxílio do programa Statistic for Windows<sup>®</sup> 5.0, sendo os ajustes das curvas feitos por regressão não-linear estimados pelo método Quasi-Newton e critério de convergência de 0,0001.

BET (Brunauer - Emmett - Teller):

$$X_{eq} = \frac{(X_m \cdot C \cdot Aw)(1 - (n+1) \cdot Aw^n + n \cdot Aw^{n+1})}{(1 - Aw)(1 + (C-1) \cdot Aw - C \cdot Aw^{n+1})} \quad (\text{Eq. 32})$$

KATS - KUTAROV:

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot Aw \cdot (1 - Aw^n)}{(1 - Aw)(1 - Aw + C \cdot Aw)} \quad (\text{Eq. 33})$$

GAB (Guggenheim - Anderson - de Boer):

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot k \cdot Aw}{(1 - k - Aw)(1 - k \cdot Aw + C \cdot k \cdot Aw)} \quad (\text{Eq. 34})$$

HENDERSON:

$$1 - Aw = \exp(-(k \cdot X_{eq}^n)) \quad (\text{Eq. 35})$$

HALSEY:

$$Aw = \exp\left(\frac{-a}{X_{eq}^b}\right) \quad (\text{Eq. 36})$$

OSWIN:

$$Aw = a \cdot \left(\frac{Aw}{1 - Aw}\right)^b \quad (\text{Eq. 37})$$



## MATERIAL E MÉTODOS

---

DLP (Double Log Polynomial):

$$X_{eq} = B_3 \cdot Chi^3 + B_2 \cdot Chi^2 + B_1 \cdot Chi + B_0 \quad (\text{Eq. 38})$$

onde

$X_{eq}$  = teor de umidade de equilíbrio em base seca (kg água/kg sólido seco);

$X_m$  = teor de umidade na monocamada molecular em base seca (kg água/kg sólido seco);

$A_w$  = atividade de água (adimensional);

Chi = valor Chi  $[-\ln(-\ln(A_w))]$

C, n, k, a, b,  $B_0$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  e  $B_3$  = coeficientes empíricos.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Estado da Arte do Processamento de Baru

#### 5.1.1 Avaliação do Beneficiamento

Nas inspeções realizadas foram identificadas algumas particularidades na cadeia produtiva, destacando-se a forma de extração da amêndoa de baru e o aproveitamento dos subprodutos.

A UP1, em residência na zona rural, possuía três funcionários e fornecia sementes *in natura* para outras empresas que processavam a amêndoa. Suas etapas de beneficiamento compreendiam a coleta, armazenamento, hidratação, despulpamento, secagem dos frutos, extração, seleção e acondicionamento de amêndoas (Figura 5.1).

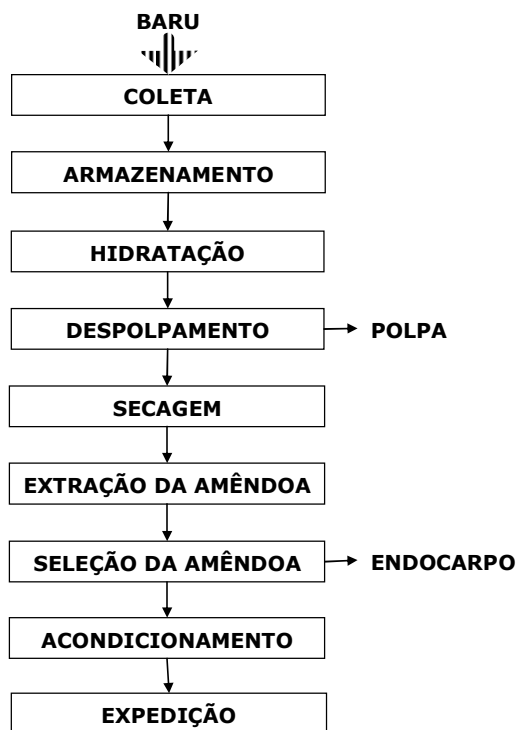


Figura 5.1. Fluxograma das etapas de beneficiamento da UP1.

A coleta era realizada a cavalo pelos próprios funcionários e os frutos acondicionados em sacos de polipropileno e armazenados em locais próximos à área de manipulação. Os frutos eram hidratados em bombonas plásticas de 200

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

litros. No despulpamento a UP1 utilizava um despulpador adaptado, composto de um tambor metálico de combustível acoplado a um motor elétrico (Figura 5.2), removendo a polpa dos frutos por batimento. Após o despolpa os frutos eram secos ao Sol por 24h, diretamente no solo, que, em princípio, facilitava a quebra dos frutos. Esta operação, por sua vez, ocorria em equipamento elétrico (M1) com dois bocais similares à mandíbulas (Figura 5.3), com possibilidade de serem utilizados simultaneamente, que realizavam a extração da amêndoa pela ruptura dos frutos. Este equipamento era alimentado manualmente pelos operadores, apresentando grande risco devido ao perigo às mãos e ao rosto, pois muitos frutos retornavam. As amêndoas inteiras e quebradas eram armazenadas em latões de leite de material plástico e comercializadas em sacos de polietileno de baixa densidade. As amêndoas descartadas e a polpa eram utilizadas para alimentação animal (bovinos, suínos e cães).



Figura 5.2. Despulpador utilizado na UP1.

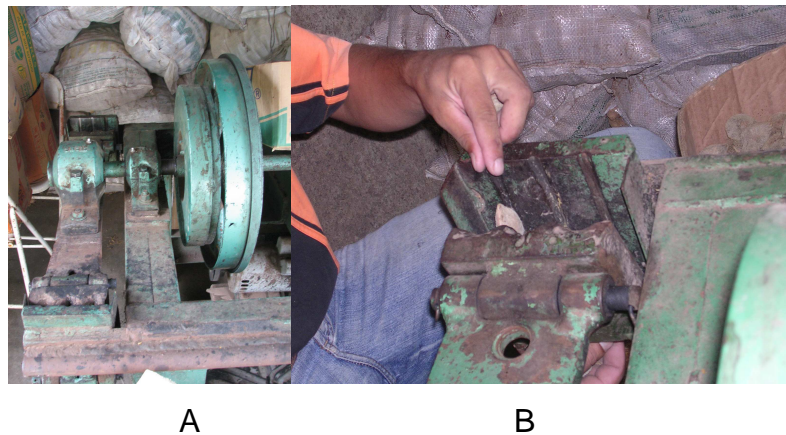


Figura 5.3. Equipamento para extração de amêndoa na UP1 (M1): A) visão geral; B) detalhe da alimentação do equipamento.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A UP2 com sete funcionários funcionava em galpão desativado de secagem de grãos e, outra parte, em residência na zona rural. Além de fornecer farinha de amêndoa de baru torrada para merenda escolar do município, produzia e comercializava amêndoas de baru torradas e, em menor escala, paçoca, doce de leite, rapadura e licor com amêndoas de baru, além de aguardente e adubo a partir da polpa. Suas etapas de beneficiamento compreendiam a coleta ou recebimento, armazenamento, hidratação, despulpamento, secagem, extração, seleção e processamento da amêndoa e da polpa. A Figura 5.4 apresenta um diagrama de blocos do processamento desta unidade.

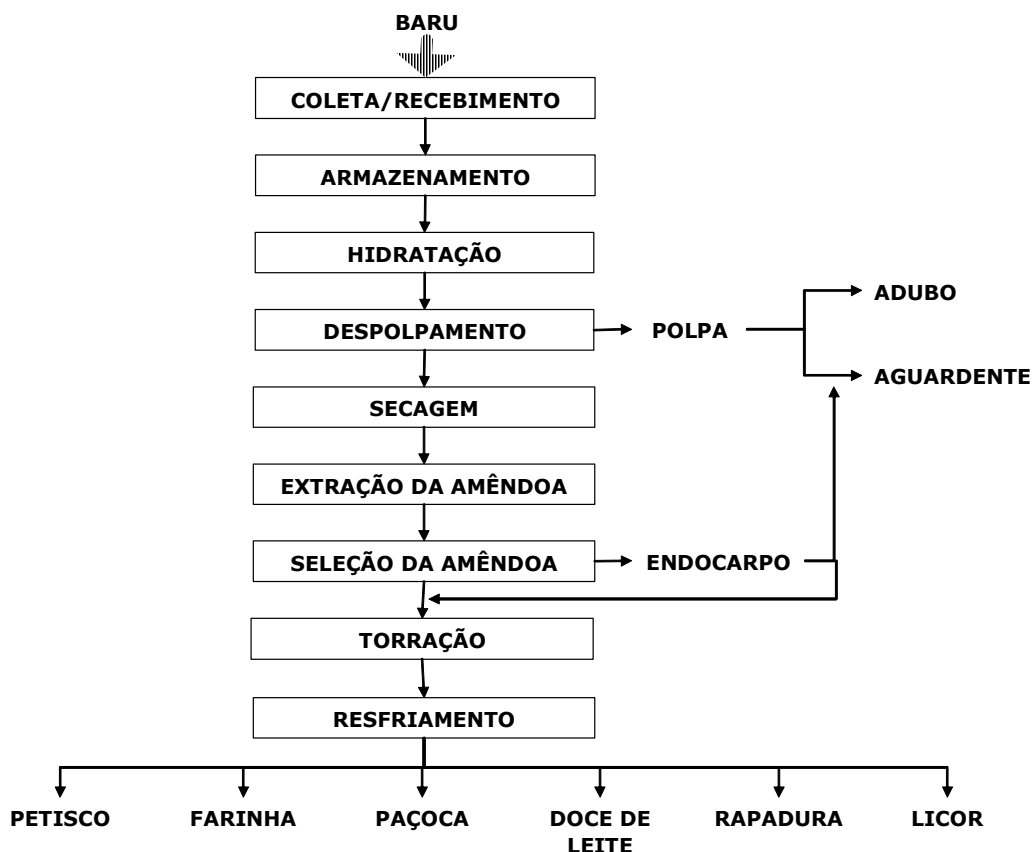


Figura 5.4. Fluxograma das etapas de beneficiamento da UP2

Os frutos, coletados por moradores da região, acondicionados em sacos de polipropileno eram armazenados no galpão da empresa, próximo à área de manipulação. A hidratação dos frutos era realizada em tanques de aço inoxidável (4x2x1m) e o despulpamento realizado, em equipamento mecânico adaptado, construído em aço inoxidável (Figura 5.5).



Figura 5.5. Despoldador utilizado na UP2.

Os frutos despoldados eram secos ao Sol por 24h, sobre um piso de cimento, e em seguida seguiam para a etapa de extração da amêndoa. Para a extração da amêndoa eram utilizados dois equipamentos elétricos com a função de quebrar o fruto, similares ao da UP1, sendo um com um bocal e o outro (M2) com dois bocais (Figura 5.6), podendo operar simultaneamente.



Figura 5.6. Equipamento para extração de amêndoa na UP2 (M2): A) visão geral; B) detalhe da alimentação do equipamento.

Após a separação manual do endocarpo e das sementes inteiras e quebradas, estas foram encaminhadas para a residência do proprietário para continuidade do processamento. O endocarpo era aplicado como biomassa para a elaboração de uma bebida fermentada e destilada artesanalmente, similar a aguardente; ou seguia como biomassa para a torração da amêndoa.

Para a torração das amêndoas era utilizado forno à lenha (Figura 5.7), sendo as mesmas reviradas a cada 10 minutos. O resfriamento das amêndoas era

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

realizado diretamente em bancadas de ardósia ou borrifando salmoura. Para a obtenção dos produtos derivados, eram utilizados multiprocessador adaptado em balde de aço inoxidável, tachos de cobre para os doces, liquidificador industrial, fogão industrial, além de tabuleiros, peneiras, mesas, dentre outros utensílios em geral.



Figura 5.7. Forno à lenha para a torração das amêndoas na UP2.

A UP3 funcionava nos fundos da residência do proprietário com três funcionários, em perímetro urbano, e produzia, além das amêndoas torradas e salgadas, biscoitos doces e barras de cereais (Figura 5.8). A torração das amêndoas era realizada em forno industrial à gás, sendo reviradas a cada 10 minutos, sendo o tempo controlado por timer analógico de corda. Para fabricação dos derivados de amêndoas eram utilizados equipamentos como um misturador com capacidade de 15 kg, multiprocessador doméstico, fogão industrial, além de utensílios artesanais construídos com madeira.

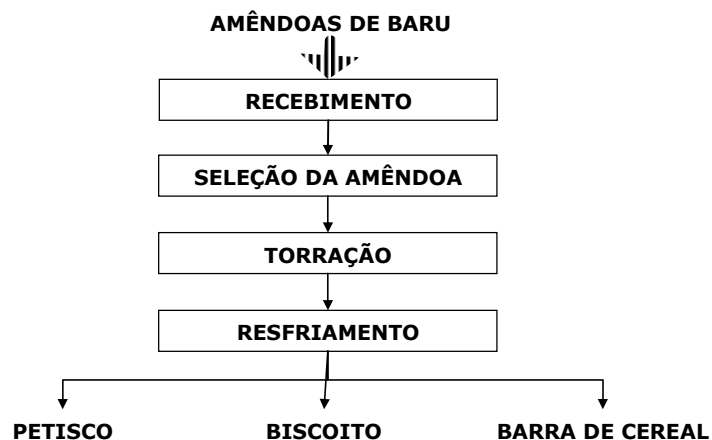


Figura 5.8. Fluxograma das etapas de beneficiamento da UP3.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As unidades produtoras UP4 e UP5 foram agrupadas devido à similaridade dos métodos aplicados no beneficiamento de baru, em particular, na operação de extração da amêndoa (Figura 5.9).



Figura 5.9. Fluxograma das etapas de beneficiamento das UP4 e UP5.

A extração era realizada em equipamentos artesanais com a finalidade de cortar o fruto (Figura 5.10). O equipamento M3, especialmente projetado com um sistema de mola para diminuir o trabalho na extração manual, é acionado por uma alavanca que impulsiona as lâminas verticais do equipamento, cortando o fruto transversalmente, sem danificar a amêndoa devido ao espaçamento na parte central das lâminas, com o formato do fruto. O mecanismo do equipamento M4, similar ao primeiro, porém mais rústico, sem o sistema de retorno da alavanca com mola, para aliviar o esforço repetitivo do operador. O M5 consistia numa foice de ferro fixada pela extremidade em uma base de madeira (cavalete), com um cabo de madeira para a alavanca.

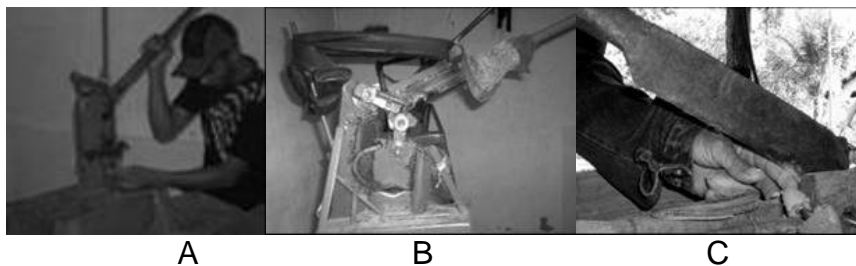


Figura 5.10. Equipamentos para extração da amêndoa através do corte dos frutos, denominados de: A) M3, B) M4 e C) M5. Fonte: Pimentel, 2008.



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nestas unidades produtoras, as sementes, antes da torração em fornos domésticos à gás, eram sanitizadas em recipientes contendo uma parte de cloro e dez partes de água potável, seguido de enxágüe em água corrente e secagem imediata sobre peneiras de palha ou panos ao ar livre. Os resíduos eram aproveitados como carvão vegetal ou biomassa.

Para a operação de despulpamento nas unidades produtoras UP1 e UP2, as médias e os coeficientes de variação das variáveis mensuradas estão apresentadas na Tabela 5.1 e Tabela 5.2.

Tabela 5.1. Valores médios para massa de frutos hidratados ( $M_{FH}$ ), massa de água adicionada ( $M_W$ ), tempo gasto (t) na operação, massa de polpa ( $M_P$ ) e massa de frutos sem polpa ( $M_{SP}$ ) no despulpamento de baru em unidades produtoras (UP).

UP	$M_{FH}$ (kg)	$M_W$ (kg)	t (min)	$M_P$ (kg)	$M_{SP}$ (kg)
1	41,99 (19,5)	18,09 (3,8)	57,50 (6,1)	19,47 (19,5)	7,79 (19,5)
2	124,70 (12,8)	57,00 (7,4)	32,50 (10,9)	57,00 (7,4)	22,80 (7,4)

Onde: Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Tabela 5.2. Valores médios para velocidade de rotação do despulpador (N), diâmetro (D) no despulpamento de baru em unidades produtoras (UP).

UP	N (rpm)	D (m)
1	110 (4,5)	0,51 (1,4)
2	191 (0,4)	0,63 (4,3)

Onde: Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Pela quantidade média de frutos despulpados superior a 100 kg em aproximadamente 30 minutos de operação, a UP2 sugere uma capacidade aproximadamente de 3 vezes superior a UP1. Os resultados apontam para a falta de padronização dos procedimentos operacionais. As demais unidades produtoras não atuavam com a mesma tecnologia no beneficiamento do fruto.

Os dados calculados no despulpamento, apresentados na Tabela 5.3, foram similares para as duas unidades produtoras, para a proporção de água adicionada (44,8 a 45,9%), proporção de polpa removida (46%) e frutos despulpados (18%), exceto pela força centrífuga relativa (FCR) promovida pelo despulpador da UP2 ( $12,83 \pm 0,44g$ ) que foi superior a determinada na UP1 ( $3,26 \pm 0,17g$ ), fator que influenciou diretamente no aumento da capacidade

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

produtiva por pessoa por hora, do patamar de  $43,6 \pm 5,9$  kg/Homem-hora para  $230,0 \pm 4,5$  kg/Homem-hora, respectivamente.

Tabela 5.3. Valores médios das proporções de água adicionada (U), de polpa ( $P_P$ ), de frutos despulpados ( $P_{SP}$ ), força centrífuga relativa (FCR) e capacidade produtiva por pessoa por hora (kg/Homem-hora) obtidos no despulpamento em unidades produtoras (UP).

UP	U (%)	$P_P$ (%)	$P_{SP}$ (%)	FCR (g)	$C_D$ (kg / Homem-hora)
1	43,76 (15,8)	46,4 (0,0)	18,5 (0,0)	3,3 (5,2)	6,3 (5,2)
2	45,87 (5,4)	45,9 (5,4)	18,3 (5,4)	12,8 (3,4)	4,6 (1,7)

Onde: Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Apesar de não ter sido realizado nenhum ensaio microbiológico, foi evidente, após 24 horas de hidratação à temperatura de aproximadamente 30°C, a fermentação da polpa, alterando a qualidade. De acordo com Pimentel (2008), o processo de hidratação dos frutos e despulpamento com água eleva os custos de produção da amêndoa torrada.

Contudo, dependendo da temperatura e do tempo aplicados, a operação de hidratação apresenta o potencial de cumprir a função do branqueamento ou escaldamento, reduzindo a contaminação microbiológica inicial; inativando enzimas responsáveis por alterações indesejadas durante o processamento e armazenamento da polpa e; por fim, cozinhando parcialmente os tecidos, favorecendo a permeabilidade celular e a melhoria das operações seguintes como o despulpamento. Apesar do aumento de resíduo aquoso na cadeia produtiva, há o potencial de pesquisas para caracterização e reuso da água de hidratação do baru. Conforme Rocha et al. (2003) e Siqueira et al. (dados não publicados), a hidratação do baru foi apontada como um procedimento bastante eficiente e viável economicamente para a remoção da polpa e posterior secagem dos frutos despulpados, o que diminui a resistência de quebra do endocarpo, favorecendo a extração da amêndoa.

Os valores médios e os coeficientes de variação das variáveis mensuradas durante a operação de extração da amêndoa para cada unidade produtora inspecionada, estão apresentados na Tabela 5.4.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 5.4. Valores médios para massa total de frutos ( $M_F$ ), tempo da operação da operação de extração de amêndoa (t), massa total das amêndoas extraídas ( $M_A$ ), massa de amêndoas inteiras ( $M_{Ai}$ ) e massas de resíduo gerado ( $M_R$ ) na extração de amêndoas em distintos equipamentos.

Eq.	Fruto	$M_F$ (kg)	t (min)	$M_A$ (kg)	$M_{Ai}$ (kg)	$M_R$ (kg)
M1	SP	7,58 (5,1)	30,60 (13,5)	0,57 (3,2)	0,47 (1,7)	7,01 (5,3)
M2	SP	27,58 (9,5)	70,00 (24,7)	2,04 (13,5)	1,70 (14,7)	25,55 (9,2)
M3	CP	12,29 (14,4)	n.d.	0,48 (4,0)	0,38 (16,9)	11,39 (15,9)
	SP	2,40 (15,3)	n.d.	0,22 (22,2)	0,18 (28,1)	1,87 (36,7)
M4	CP	15,01 (8,1)	n.d.	0,63 (5,9)	0,54 (11,4)	14,22 (10,6)
	SP	1,94 (13,6)	n.d.	0,16 (9,8)	0,14 (16,5)	1,71 (18,3)
M5	CP	12,58 (6,8)	n.d.	0,58 (7,6)	0,52 (15,1)	11,59 (9,2)

Onde: Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%); Eq. = equipamento extrator de amêndoas; SP = sem polpa; CP = com polpa; n.d. = não determinado.

Cabe ressaltar que a tecnologia aplicada para a extração da amêndoa na UP1 e UP2 pela ruptura dos frutos através da compressão, é distinta e inovadora dentre as demais unidades produtoras, que cortam o fruto para extração da amêndoa, porém em ambos os casos, com elevados risco ao operador. Os resultados indicam não só a falta de padronização dos procedimentos operacionais, mas a necessidades de novos ensaios.

Os dados obtidos na extração, apresentados na Tabela 5.5, indicam que a proporção de amêndoa em relação ao fruto é maior para o baru sem polpa (7,4 a 8,9%) que para o fruto com polpa (4,0 a 4,6%). O beneficiamento de baru apresenta elevados índices de geração de resíduo sólidos (na ordem de 88 a 95%), aplicados ocasionalmente como biomassa ou na fabricação de carvão vegetal.

Os equipamentos utilizados nas UP1 e UP2 apresentaram as capacidades produtivas, em relação as quantidades de frutos utilizados na operação de extração e de amêndoas inteiras obtidas, nas faixas 15 a 24 kg/Homem-h e 0,9 a 1,5 kg/Homem-h, respectivamente. Isto sugere um método com potencial de aumentar capacidade produtiva por pessoa por hora na operação de extração da amêndoa, quando comparados ao sistema de corte, de aplicação mais usual pelas unidades produtoras. Contudo, os equipamentos apontam a necessidade de adequações que resultem no aumento da capacidade produtiva e da segurança na operação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 5.5. Valores médios das proporções de amêndoas ( $P_A$ ), de amêndoas inteiras ( $P_{Ai}$ ) e de resíduos gerados ( $P_R$ ), e capacidades produtivas na extração da amêndoa ( $C_{EX}$ ) e de obtenção de amêndoas inteiras ( $C_{Ai}$ ) obtidos na extração de amêndoas com distintos equipamentos.

Eq.	Fruto	$P_A$ (%)	$P_{Ai}$ (%)	$P_R$ (%)	$C_{EX}$ (kg/Homem-h)	$C_{Ai}$ (kg/Homem-h)
M1	SP	7,6 (2,0)	81,6 (1,7)	92,4 (0,2)	15,0 (8,1)	0,9 (11,6)
M2	SP	7,4 (4,4)	83,6 (1,3)	92,6 (0,3)	24,5 (24,3)	1,5 (26,9)
M3	CP	4,0 (13,4)	77,8 (13,6)	92,5 (2,3)	n.d.	n.d.
	SP	8,9 (6,6)	82,3 (7,2)	89,2 (0,6)	n.d.	n.d.
M4	CP	4,2 (12,2)	85,1 (6,9)	94,6 (3,2)	n.d.	n.d.
	SP	8,5 (7,1)	83,5 (11,1)	87,9 (4,9)	n.d.	n.d.
M5	CP	4,6 (8,1)	89,5 (8,2)	92,2 (7,7)	n.d.	n.d.

Onde: Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%); Eq.= equipamento extrator de amêndoas; SP = sem polpa; CP = com polpa; n.d.= não determinado.

Os valores médios e o coeficiente de variação obtidos no ensaio de torração nas unidades produtoras estão apresentados na Tabela 5.6

Além dos resultados indicarem falta de padronização da operação, principalmente nas unidades produtoras UP2 e UP5, a perda de massa da amêndoa na torração (3,9 a 5,0%) indicou a necessidade de estabelecer parâmetros de controle da qualidade, e a capacidade produtiva por pessoa por hora (2,9 a 3,2 kg/Homem-hora), a necessidade de avaliações em outros tipos de torrador, como o rotativo utilizado para café, visando não só a padronização do processamento, mas o aumento da capacidade produtiva.

Tabela 5.6. Valores médios das massas de amêndoas inicial ( $M_i$ ) e final ( $M_f$ ) da torração, do tempo da operação ( $t$ ), percentagem de perda de massa na torração ( $P_M$ ) e a capacidade produtiva na torração ( $C_T$ ) em unidades produtoras.

UP	$M_i$ (kg)	$M_f$ (kg)	$t$ (min)	$P_M$ (%)	$C_T$ (kg/Homem-h)
2	1,95 (32,6)	1,87 (32,4)	35,00 (20,2)	4,0 (5,7)	3,2 (12,6)
3	1,51 (0,5)	1,43 (0,5)	42,50 (8,3)	5,0 (0,5)	2,0 (7,8)
5	7,34 (11,9)	7,05 (12,1)	50,00 (28,3)	3,9 (3,0)	2,9 (16,5)

Onde: Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

As etapas de beneficiamento do baru, geralmente, são realizadas de forma artesanal, sem parâmetros de controle, resultando em problemas de qualidade e padronização no produto, dificultando a entrada no mercado. Nesse sentido,

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

conforme Nepomuceno (2006), essas unidades produtoras necessitariam de recursos para investir em tecnologias e apoio técnico para maior padronização de seus produtos e melhor adequação às legislações pertinentes para a fabricação e comercialização do baru.

### 5.1.2 Condições higiênico-sanitárias

Na Tabela 5.7, estão apresentados os resultados obtidos através da aplicação da lista de verificação (ANEXO 1) nas unidades produtoras (UP's).

Tabela 5.7. Percentual de itens observados em distintas unidades produtoras (UP) classificados em “Conforme”, “Não conforme”, “Não aplicável” e “Não observado” referentes às etapas de aspectos gerais de higiene e programa de treinamentos (1); de projetos e instalações (2); de fabricação (3); de limpeza e sanitização (4); de controle integrado de pragas (5); e de controle de qualidade (6).

UP	CLASSIFICAÇÃO	ETAPA	ETAPA	ETAPA	ETAPA	ETAPA	ETAPA
		1	2	3	4	5	6
1	<i>Conforme</i>	0,0	7,5	8,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Não conforme</i>	85,7	84,9	80,0	100,0	93,3	100,0
	<i>Não aplicável</i>	9,5	5,7	12,0	0,0	6,7	0,0
	<i>Não observado</i>	4,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
2	<i>Conforme</i>	0,0	22,6	8,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Não conforme</i>	85,7	69,8	80,0	100,0	93,3	100,0
	<i>Não aplicável</i>	9,5	5,7	12,0	0,0	6,7	0,0
	<i>Não observado</i>	4,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
3	<i>Conforme</i>	19,0	47,2	34,0	36,4	40,0	8,0
	<i>Não conforme</i>	61,9	37,7	52,0	54,5	46,7	92,0
	<i>Não aplicável</i>	9,5	5,7	12,0	0,0	6,7	0,0
	<i>Não observado</i>	9,5	9,4	2,0	9,1	6,7	0,0
4	<i>Conforme</i>	47,6	35,8	34,0	9,1	6,7	0,0
	<i>Não conforme</i>	38,1	54,7	54,0	90,9	86,7	100,0
	<i>Não aplicável</i>	9,5	7,5	12,0	0,0	6,7	0,0
	<i>Não observado</i>	4,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
5	<i>Conforme</i>	90,5	83,0	72,0	54,5	80,0	20,0
	<i>Não conforme</i>	4,8	7,5	16,0	45,5	20,0	80,0
	<i>Não aplicável</i>	0,0	7,5	12,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Não observado</i>	4,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0

Dos 21 itens observados na etapa 1, referente aos aspectos gerais de higiene e programa de treinamentos, três das cinco unidades produtoras apresentaram índices superiores a 60% de não-conformidades, sendo duas na

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

---

ordem de 80% (UP1 e UP2). Dentre as não-conformidades, foi observado que os colaboradores não eram orientados quanto à possibilidade de contaminação dos alimentos através da manipulação quando afetados por problemas de saúde e a necessidade de afastamento da área de processamento. Estes não eram submetidos a exames para avaliação da saúde. Não eram treinados a evitar contaminações em função do cumprimento da sistemática de higienização das mãos. Não apresentavam uniformes apropriados nem equipamentos de proteção individual. Foram observados roupas e objetos pessoais na área de manipulação de alimentos. Comportamentos inadequados foram observados em pessoal envolvido no processo produtivo.

Dos 53 itens observados na etapa 2 referente aos aspectos gerais de projetos e instalações, três das cinco unidades produtoras apresentaram índices superiores a 50% de não-conformidades (UP1, UP2 e UP4). Dentre as não-conformidades, foi observado estabelecimento próximo de áreas que representam ameaças de contaminações como currais ou chiqueiros; equipamentos sem condições adequadas para higienização, funcionamento, manutenção ou mesmo com materiais impróprios para alimentos; ausência de separações físicas que evitavam contaminação cruzada ou presença de pragas e animais; instalações e edificações de modo a dificultar as operações higiênicas e fluxo sem cruzamento das etapas de processamento. Algumas edificações apresentaram sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto, impróprios ou em condições inadequadas, acarretando problemas ao meio ambiente e à comunidade.

Dos 50 itens observados na etapa 3 referente aos aspectos gerais de fabricação, das cinco unidades produtoras analisadas, duas apresentaram índices próximos de 80% de não-conformidades (UP1 e UP2) e duas na faixa de 50 a 55% (UP3 e UP4). Dentre as não-conformidades, foi observado em vários estabelecimentos, a produção de alimentos sem condições de higiene adequadas. A água utilizada nos processos produtivos constituía um risco para a saúde do consumidor. As matérias-primas não eram transportadas, recebidas ou armazenadas em condições que garantiam a proteção contra contaminação. As empresas não possuíam dados e não realizavam monitorização periódica dos processos produtivos de fornecedores; muito menos possuíam especificações escritas para a matéria-prima, ingredientes, aditivos e coadjuvantes. Operações do

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

---

processamento eram realizadas em condições com possibilidade de contaminação, deterioração e proliferação de microorganismos patogênicos e deteriorantes.

Dos 11 itens observados na etapa 4 referente aos aspectos gerais de limpeza e sanitização, três das cinco unidades produtoras apresentaram índices superiores a 90% de não-conformidades (UP1, UP2 e UP4). Dentre as não-conformidades, foi observado que a área de manipulação, equipamentos e utensílios não eram higienizados adequadamente. Não haviam procedimentos e documentos para as diferentes áreas de processamento.

Dos 15 itens observados na etapa 5 referente aos aspectos gerais de controle integrado de pragas, três das cinco unidades produtoras apresentaram índices superiores a 85% de não-conformidades (UP1, UP2 e UP4). Dentre as não-conformidades, foi observado que os estabelecimentos não dispunham de meios para o armazenamento de resíduos e materiais não comestíveis, contribuindo para a contaminação. As áreas de processamento nem sempre eram mantidas limpas e em boas condições. As empresas não examinavam regularmente o estabelecimento e áreas ao redor para detectar evidências de infestações que afetam a segurança alimentar.

Dos 25 itens observados na etapa 6 referente aos aspectos gerais de controle de qualidade, todas as unidades produtoras analisadas apresentaram, no mínimo, 80% de não-conformidades, sendo que três atingiram índices de 100% (UP1, UP2 e UP4). Dentre as não-conformidades, foi observado que quando havia rotulagem, nem sempre continham informações claras e adequadas. As especificações microbiológicas, químicas e físicas de insumos e produtos não eram baseadas em princípios científicos consistentes, além do mais, os procedimentos de monitorização, métodos analíticos, limites críticos e ações corretivas não eram devidamente definidos. Dificilmente eram mantidas amostras (contraprova) dos lotes de produção e estes nem sempre eram identificados quanto à situação (em análise, aprovado ou rejeitado) ou mesmo com data de validade e número de lote para uma melhor rastreabilidade. Os gerentes e supervisores não utilizam metodologias apropriadas de avaliação dos riscos de contaminações nas diversas etapas de beneficiamento para assegurar a produção de alimentos aptos ao consumo humano.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 5.11 resume as observações, em porcentagem total, referentes às conformidades (C), não-conformidades (NC), itens não aplicáveis (NA) e não observados (NO) em cada unidade produtora (UP).

Dentre as unidades produtoras analisadas, a UP1 e UP2, além de apresentarem características similares nos processos de fabricação, o que justifica os itens não aplicáveis ou não observados, apresentaram elevados índices de não conformidades no que tange aspectos gerais de fabricação, de controle integrado de pragas e, principalmente, de limpeza e sanitização e de controle de qualidade. Apesar de semelhanças nas etapas de produção, a UP3, com diferenças na organização empresarial, apresentou índices na faixa de 37 a 61%, exceto para aspectos gerais de controle de qualidade, com valor superior a 90%.

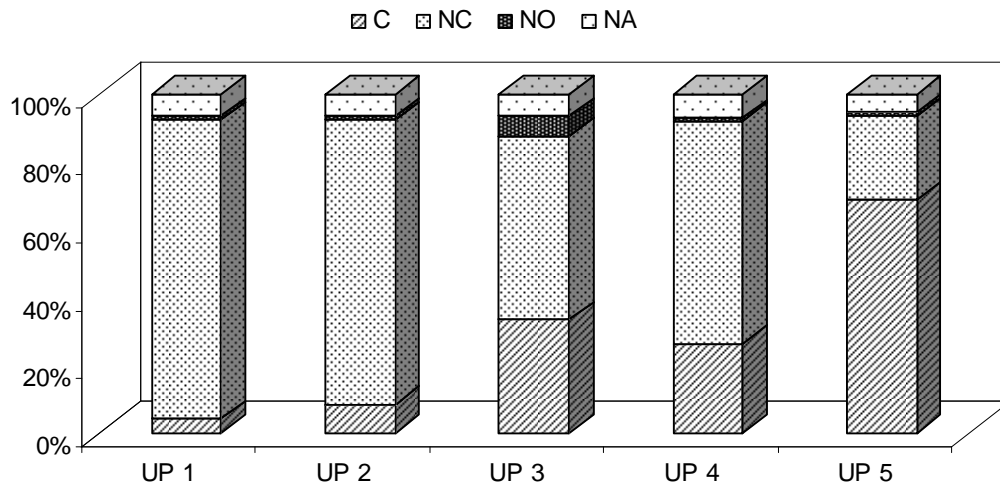


Figura 5.11. Porcentagem média das observações referentes às conformidades (C), não-conformidades (NC), itens não aplicáveis (NA) e não observados (NO) em unidades produtoras (UP).

Mesmo situada em zona urbana, a UP4 apresentou elevados índices de não conformidades, de 90 a 100%, para os aspectos gerais de limpeza e sanitização, de controle integrado de pragas e, principalmente, de controle de qualidade. Para os aspectos gerais como os de fabricação, de projetos e instalações ou de higiene pessoal e programas de treinamento, a empresa apresentou 38 a 55% de não conformidades.

Já a UP6, situada em zona urbana, tinha um engenheiro de alimentos como responsável técnico pela fabricação de derivados da amêndoa de baru, resultando



## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

---

em taxas de não conformidades inferiores a 20% enquanto para a etapa de higiene pessoal e treinamentos obteve valor próximo a 5%. O mesmo comportamento não foi observado para os aspectos gerais de limpeza e sanitização (45%) e de controle de qualidade (80%).

Dentre as possíveis ações corretivas para as não-conformidades observadas destacam-se a adequação das instalações industriais, a elaboração de manual, implantação e treinamentos de boas práticas de manipulações de alimentos, elaboração de procedimentos documentados para a monitorização, com itens de verificação e freqüências adequadas, para garantir a qualidade da água e remoção de resíduos, as boas práticas no transporte, na manutenção preventiva em todas as etapas do beneficiamento de baru.

Além de adequações de processos e instalações, capacitação dos manipuladores em relação à segurança, processamento e qualidade de alimentos; ajudaria a garantir a competitividade e sustentabilidade no processamento de baru. Contudo, são necessárias pesquisas orientadas para saltos de produtividade, melhoria da qualidade e aumento do valor agregado de produtos e inserção das comunidades tradicionais e de empreendimentos no mercado; desenvolvimento de novas tecnologias e processos para produção de alimentos seguros, diversificados e nutritivos, atendendo as exigências e tendências de mercado.

### **5.2 Caracterização física do baru (frutos e amêndoas)**

#### **5.2.1 Agrupamento dos frutos**

A partir das amostras provenientes da região de Pirenópolis (GO) e de Jussara (GO), contendo respectivamente, 32,62 e 26,31 kg de baru, os frutos foram agrupados, e a massa total de cada grupo e suas respectivas proporções estão apresentadas na Tabela 5.8.

Os frutos sem polpa e sem amêndoa não foram considerados, já que não representavam nem 1% das amostras, sendo agrupados como SP. A proporção média calculada para os frutos com polpa e com amêndoa (CPCA), com polpa e

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

sem amêndoa (CPSA) e sem polpa (SP), foram respectivamente 76,4%, 5,0% e 18,6% (Figura 5.12).

Tabela 5.8. Massa ( $M_{\text{Grupo}}$ ) e proporção ( $\%_{\text{Grupo}}$ ) dos agrupamentos propostos para as amostras das regiões estudadas.

Região	Grupo	$M_{\text{Grupo}}$ (kg)	$\%_{\text{Grupo}}$ (%)
Pirenópolis	CPCA	23,72	72,72
	CPSA	2,24	6,87
	SP	6,66	20,42
Jussara	CPCA	21,07	80,08
	CPSA	0,84	3,19
	SP	4,40	16,72

Onde: CPCA = com polpa e com amêndoa; CPSA = com polpa e sem amêndoa; SP = sem polpa.

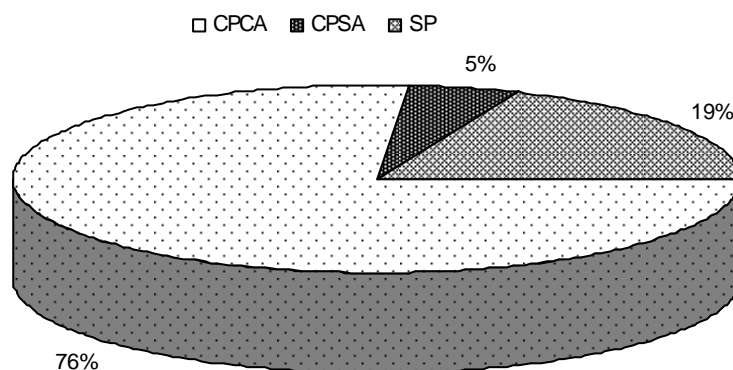


Figura 5.12. Proporção média ( $\%_{\text{Grupo}}$ ) dos agrupamentos de baru: CPCA (com polpa e com amêndoa), CPSA (com polpa e sem amêndoa) e SP (sem polpa).

Dentre os frutos classificados como sem amêndoa através do método geralmente aplicado pelos extrativistas ao coletar o fruto no solo, chacoalhando-o, todas as amostras abertas apresentaram alterações na semente, geralmente mal formadas ou atacadas por pragas em geral, como observado na Figura 5.13.

Estas observações inferem na necessidade de estabelecimento de métodos e padrões de classificação para que se obtenha maior eficiência nas operações de beneficiamento do baru, visando e aproveitamento integral de suas frações.

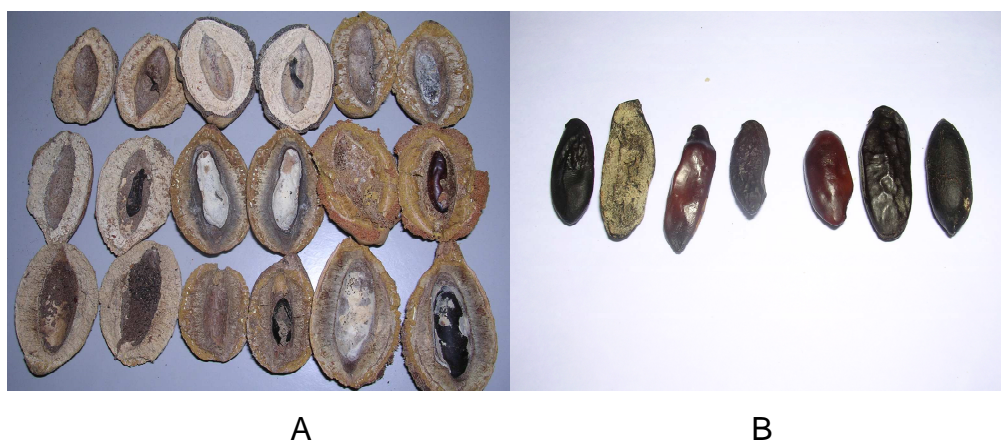


Figura 5.13. A) Baru classificado em frutos sem amêndoa; B) detalhe de amêndoas mal formadas.

### 5.2.2 Massa unitária e amostragem

A Tabela 5.9 apresenta a massa unitária de cada grupo, o total estimado de frutos por grupo e a amostragem para os ensaios posteriores.

Tabela 5.9. Massa unitária e desvio padrão, quantidade total de baru estimada e quantidade estimada para amostragem representativa de cada agrupamento das amostras provenientes de distintas regiões.

Região	Grupo	Munit. (g)	Total Estim. (un.)	Amostragem (un.)
Pirenópolis	CPCA	28,90 ± 3,08	821	30
	CP SA	19,47 ± 0,92	115	12
	SP	17,70 ± 0,50	376	20
Jussara	CPCA	27,50 ± 2,82	766	29
	CP SA	13,87 ± 0,46	61	9
	SP	15,33 ± 1,01	287	18

Onde: CPCA = com polpa e com amêndoa; CP SA = com polpa e sem amêndoa; SP = sem polpa.

Os frutos com polpa e com amêndoa (CPCA) de ambas as regiões apresentaram a massa unitária superior aos frutos com polpa sem amêndoa (CP SA) e sem polpa (SP), apesar do coeficiente de variação de aproximadamente 10%. Entre as regiões estudadas, os valores médios para o baru de grupos CPCA, CP SA e SP, foram respectivamente  $28,20 \pm 0,99$ g,  $16,67 \pm 3,96$ g e  $16,52 \pm 1,67$ g (Figura 5.14). Não foi aplicado o teste Tukey para a comparação de médias, pois as amostras não eram pareadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As massas unitárias encontradas para os frutos com polpa e com amêndoa (CPCA) foram similares aos estudados por Sano et al. (1999), Côrrea et al. (2000) e Veloso et al. (2008) para frutos em condições semelhantes,  $30,54 \pm 11,87\text{g}$ ,  $33,24 \pm 3,54\text{g}$  e  $32,20 \pm 4,03\text{g}$ , respectivamente. Os frutos sem polpa (SP) também foram similares aos valores encontrados por Sano et al. (1999) para os frutos que tiveram a polpa consumida por animais ( $12,60 \pm 1,96\text{g}$ ). Todos apresentaram coeficientes de variação superiores a 10%.

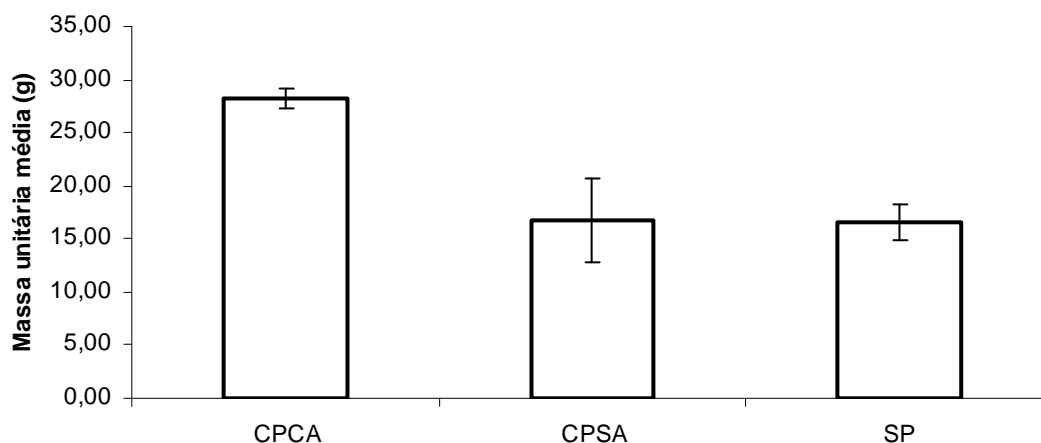


Figura 5.14. Massa unitária média de baru classificado em frutos com polpa e com amêndoa (CPCA), com polpa e sem amêndoa (CPSA) e frutos sem polpa (SP). As linhas verticais representam o desvio padrão das amostras.

A massa unitária média das amêndoas ( $1,32 \pm 0,05\text{g}$  com coeficiente de variação de 3,8%), apresentou-se nas faixas encontradas por Sano et al. (1999) e Veloso et al. (2008), respectivamente,  $1,17 \pm 0,23\text{g}$  e  $1,29 \pm 0,13\text{g}$ , com coeficientes de variação superiores a 10%. Através do cálculo de amostragem, foi estimado um total médio de 21186 amêndoas, resultando em amostragem de aproximadamente 200 unidades para as determinações de comprimento, largura, espessura e massa específica aparente.

Por diferença de massas, o fruto do baruzeiro apresentou uma composição média de polpa, endocarpo e amêndoa, respectivamente de 41,43%, 53,89% e 4,68% (Figura 5.15). Apesar da proporção de polpa ser inferior a proporção de endocarpo, o mesmo não foi observado por Siqueira et al. (dados não publicados), que apresentaram proporções médias de polpa, endocarpo e amêndoa,

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

respectivamente, 53,84%, 41,86% e 4,29%; nem por Veloso et al. (2008), que apresentaram proporções médias de polpa, endocarpo e amêndoa, respectivamente, 51,93%, 44,07% e 4,01%

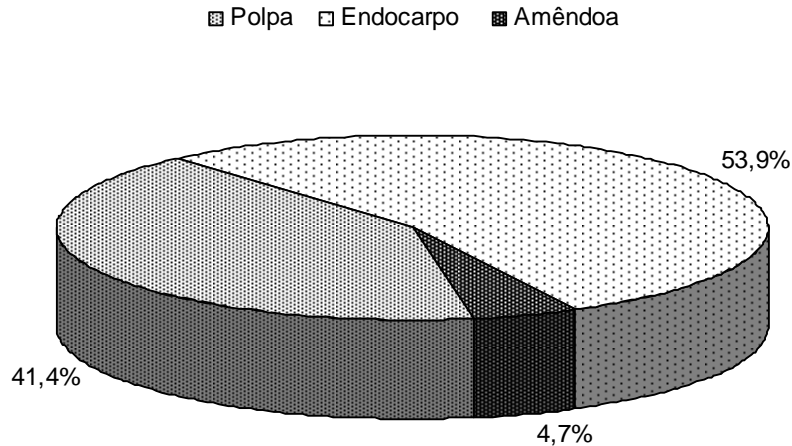


Figura 5.15. Proporção em massa das frações (polpa, endocarpo e amêndoa) que compõem o baru com polpa e com amêndoa (CPCA).

Esses resultados indicam que, no beneficiamento da amêndoa (que representa o maior interesse comercial), caso a polpa nem o endocarpo sejam aproveitados, os resíduos sólidos gerados atinjam patamares de aproximadamente 95% em massa de frutos processados. Representam dados relevantes que justificam o desenvolvimento ou aprimoramento de tecnologias para o aproveitamento integral do fruto, agregando valor aos resíduos e favorecendo o desenvolvimento sustentável, no que tange não só a preservação do meio ambiente como também nos desenvolvimentos econômicos e sociais das comunidades extrativistas.

### 5.2.3 Comprimento, largura e espessura

Os valores médios e os respectivos desvios padrão apresentados na Tabela 5.10 indicaram que, independente do agrupamento proposto, o comprimento e a largura apresentaram a mesma ordem de grandeza. O mesmo não foi observado para a espessura, já que os frutos com polpa e com amêndoa

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

(CPCA), independente da região, apresentaram valores superiores aos frutos sem polpa (SP). Os resultados apresentaram coeficientes de variação superiores a 10%. Não foi aplicado o teste de Tukey para a comparação de médias, pois as amostras não eram pareadas.

Tabela 5.10. Valores médios e desvio padrão do comprimento, largura e espessura de cada agrupamento para as amostras provenientes de distintas regiões de Goiás.

Região	Grupo	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
Pirenópolis	CPCA	52,26 ± 4,39	39,10 ± 3,98	29,03 ± 3,81
	CPSA	48,97 ± 4,09	35,47 ± 2,91	25,63 ± 3,30
	SP	51,57 ± 5,57	35,80 ± 5,25	21,77 ± 2,79
Jussara	CPCA	52,56 ± 4,62	37,53 ± 4,00	28,25 ± 3,49
	CPSA	50,14 ± 5,91	35,51 ± 5,43	27,76 ± 4,79
	SP	50,00 ± 6,15	33,50 ± 3,29	20,94 ± 3,10

Onde: CPCA = com polpa e com amêndoa; CPSA = com polpa e sem amêndoa; SP = sem polpa.

Os frutos avaliados neste estudo apresentaram comprimento, largura e espessura similares a outros trabalhos, conforme a Tabela 5.11.

Tabela 5.11. Valores médios e desvio padrão do comprimento, largura e espessura de cada agrupamento estudado por distintos autores para o baru.

Referência	Grupo	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
Côrrea et al. (2000)	CP	54,30 ± 2,73	40,65 ± 2,28	30,44 ± 0,63
Veloso et al. (2008)	CP	54,21 ± 2,99	40,69 ± 1,62	30,45 ± 1,30
Sano et al. (1999)	CP	54,44 ± 4,85	38,88 ± 4,76	29,86 ± 5,96
	SP	48,00 ± 3,90	29,00 ± 1,50	19,00 ± 1,80

Onde: CP = baru com polpa e SP = baru sem polpa.

Dentre as dimensões médias de cada agrupamento de baru, foi observado que a espessura possui o menor valor médio, apresentando um comportamento decrescente em função da presença de polpa, indicando um possível parâmetro para seleção.

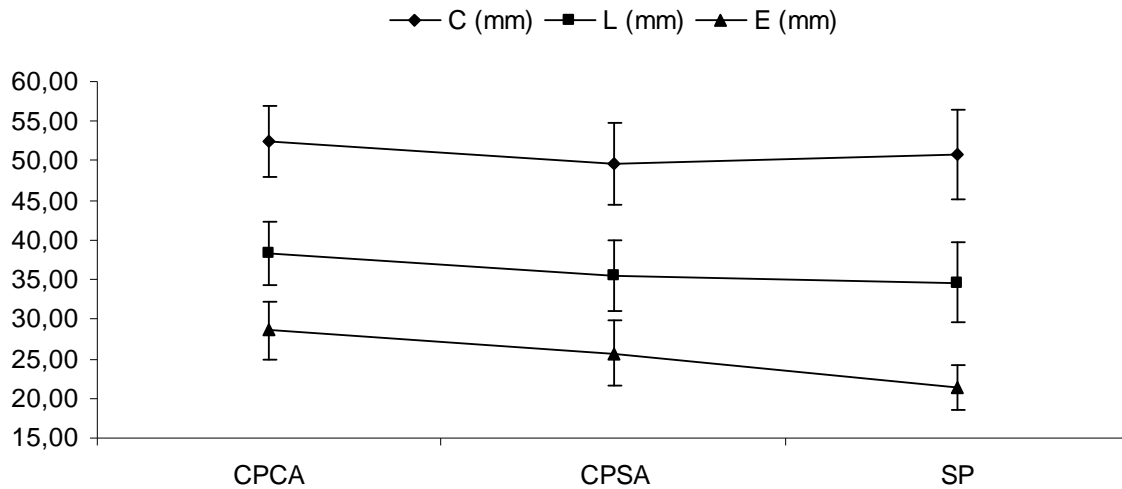


Figura 5.16. Valores médios de comprimento (C), largura (L) e espessura (E) para o baru classificado em frutos com polpa e com amêndoa (CPCA), com polpa e sem amêndoa (CPSA) e sem polpa (SP). As linhas verticais representam o desvio padrão das amostras.

Conforme os histogramas de freqüência (Figura 5.17, Figura 5.18 e Figura 5.19), 26 mm de espaço para um equipamento de classificação seriam possíveis separar frutos CPCA e SP, pois ficariam retidos aproximadamente 81% de frutos CPCA, e passariam pelo espaço, aproximadamente, 97% de frutos SP.

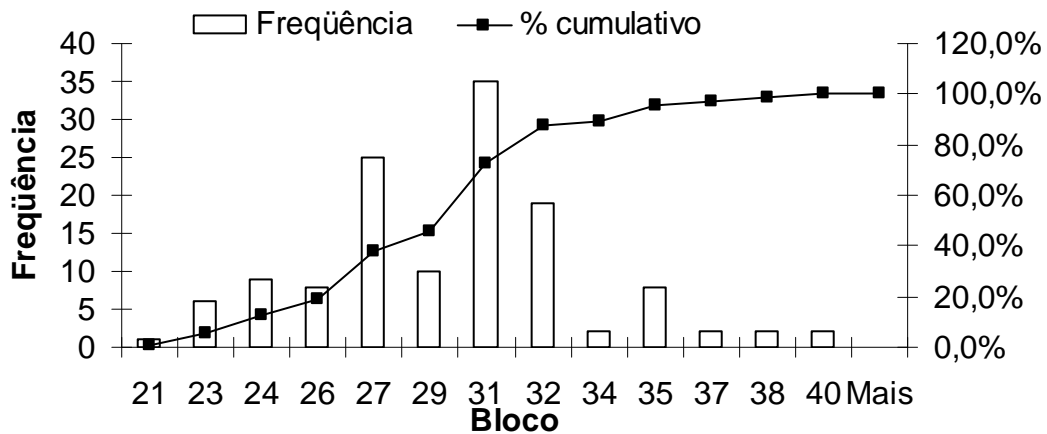


Figura 5.17. Histogramas de freqüência com percentual cumulativo para a espessura média (mm) de baru com polpa e com amêndoa (CPCA).

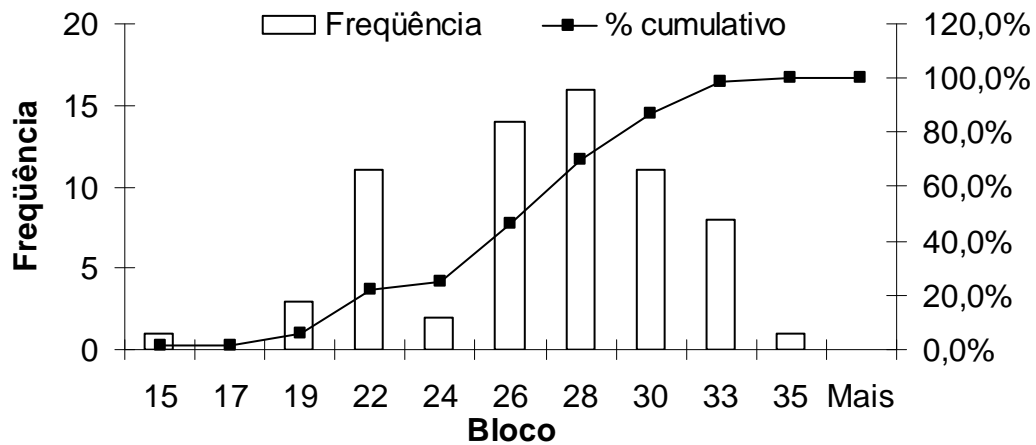


Figura 5.18. Histogramas de frequência com percentual cumulativo para a espessura média (mm) de baru com polpa e sem amêndoa (CPSA).

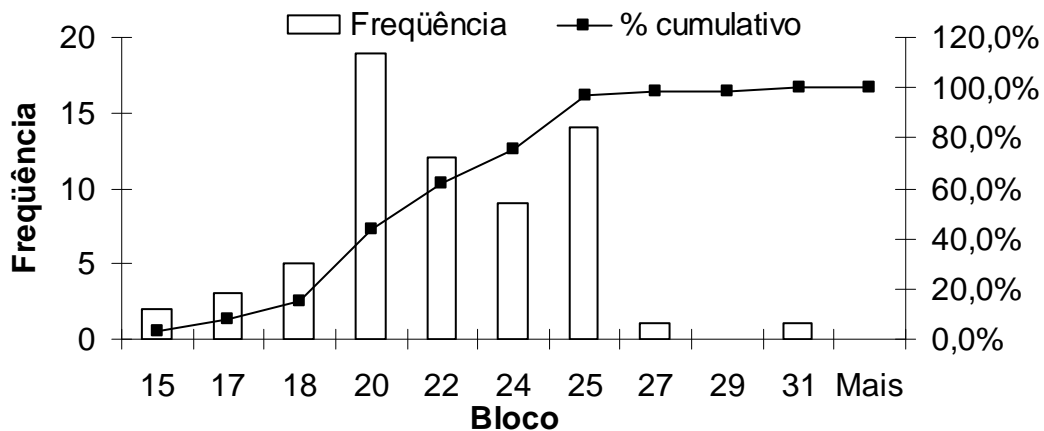


Figura 5.19. Histogramas de frequência com percentual cumulativo para a espessura média (mm) de baru sem polpa (SP).

Apesar dos frutos de baruzeiro, oriundos de diferentes árvores de diversas regiões, apresentarem características físicas diferentes entre regiões e plantas, conforme Veloso et al. (2008), a proposta estabelecida de 26 mm de espaçamento para equipamento classificador, em espessuras do baru reportadas neste trabalho e por outros autores, conforme a Figura 5.20, indicam o potencial da espessura do baru ser aplicada como um parâmetro para a classificação de frutos com polpa e sem polpa em sistemas de rolos divergentes ou peneiras vibratórias, melhor direcionando-os para as etapas de beneficiamento mais adequadas, seja o despulpamento ou diretamente para extração da amêndoa.



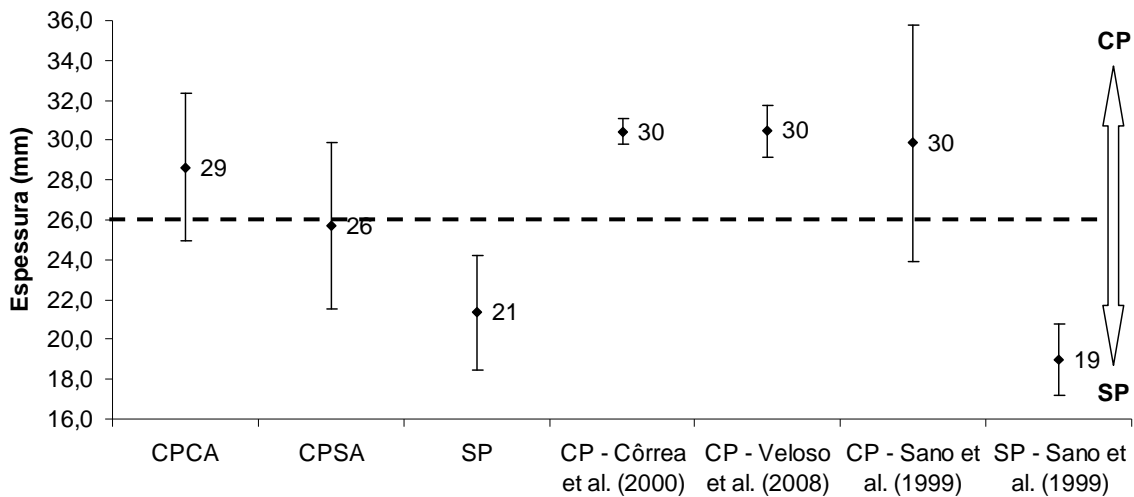


Figura 5.20. Espessuras médias e desvios padrão (linhas verticais) de frutos com polpa e com amêndoa (CPCA), com polpa e sem amêndoa (CPSA) e sem polpa (SP), obtidos neste trabalho; e valores obtidos por outros autores para baru com polpa (CP) e sem polpa (SP). Linha tracejada horizontal: representa uma hipotética separação física para a classificação do baru.

As amêndoas utilizadas nesta pesquisa apresentaram as dimensões na ordem de  $26,52 \pm 2,84$ ,  $10,73 \pm 1,07$  e  $8,99 \pm 0,85$  mm para comprimento, largura e espessura, respectivamente, com coeficientes de variação próximos de 10%. Estes valores foram similares aos encontrados por Ferreira et al. (1998) em amêndoas obtidas em Curvelo (MG), ( $17,9 \pm 3,8$ ,  $9,7 \pm 1,8$  e  $8,3 \pm 1,2$  mm para comprimento, largura e espessura, respectivamente), por Sano et al. (1999) em amêndoas obtidas de diversas regiões do cerrado goiano ( $23,8 \pm 1,9$ ,  $10,1 \pm 0,8$  e  $8,5 \pm 0,8$  mm para comprimento, largura e espessura, respectivamente), por Veloso et al. (2008) em amêndoas de diversas regiões de Goiás ( $24,9 \pm 1,1$ ,  $10,7 \pm 0,5$  e  $8,5 \pm 0,5$  mm para comprimento, largura e espessura, respectivamente).

#### 5.2.4 Massa específica aparente, Volume e Massa específica

Entre as regiões estudadas, as médias obtidas e desvio padrão para a massa específica aparente ( $\rho_{Ap}$ ), volume (V) e massa específica ( $\rho$ ) do baru classificado em frutos com polpa e com amêndoa (CPCA), com polpa e sem amêndoa (CPSA) e sem polpa (SP), estão apresentadas na Tabela 5.12.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 5.12. Valores médios e desvio padrão para a massa específica aparente ( $\rho_{Ap}$ ), volume (V) e massa específica ( $\rho$ ) do baru com polpa (CP) e sem polpa (SP).

Grupo	$\rho_{Ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )	V (mL)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
CPCA	519,3 ± 49,6	30,8 ± 2,6	942,8 ± 48,6
CPSA	479,0 ± 54,5	n.d.	n.d.
SP	517,1 ± 41,9	14,1 ± 0,9	1063,2 ± 74,1

Onde: n.d.= não determinado.

Os frutos apresentaram resultados similares de massa específica aparente (aproximadamente 500 kg/m<sup>3</sup>), com coeficientes de variação inferiores a 10%. Não foi aplicado o teste de Tukey para a comparação de médias, pois as amostras não eram pareadas.

Os resultados médios de volume (30,8 e 14,1 mL, respectivamente) e massa específica unitária (943,8 e 1063,2 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente) para o baru com polpa (CPCA) e sem polpa (SP) apresentaram diferença significativa entre si, com 95% de significância.

As amêndoas apresentaram resultados médios de massa específica aparente (670,3±3,3 kg/m<sup>3</sup>), volume (1,30±0,05 mL) e massa específica unitária (1022,3±38,83 kg/m<sup>3</sup>) com coeficientes de variação inferiores a 4%.

Os frutos do baruzeiro apresentaram valores de massa específica aparente inferiores aos produtos agrícolas apresentados na Tabela 5.13, como amendoim, feijão carioquinha, grão de café cru, milho e urucum, avaliados por Ribeiro et al. (2002); e massa específica unitária, próximas as encontradas para o amendoim.

Já as amêndoas de baru apresentaram a massa específica dentro das faixas encontradas para amendoim e café em grãos, e massa específica unitária inferior em relação a diferentes produtos agrícolas.

Tabela 5.13. Faixa de massa específica aparente ( $\rho_{Ap}$ ) e massa específica unitária ( $\rho$ ) encontradas para diferentes produtos agrícolas.

Produto	$\rho_{Ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
Amendoim	683,2 a 730,9	1102 a 1105
Feijão carioquinha	805,6 a 833,1	1327 a 1328
Café (grão cru)	661,6 a 763,5	1267 a 1270
Milho	762,0 a 846,4	1371 a 1374
Urucum	641,3 a 667,7	1259 a 1265

Fonte: Ribeiro et al. (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estes resultados são importantes não só para o dimensionamento de embalagens utilizadas para o acondicionamento de amêndoas de baru ou dimensionamento de silos para armazenamento a granel de frutos e amêndoas, mas para o desenvolvimento de projetos de máquinas e equipamentos agroindustriais.

### 5.3 Hidratação da polpa de baru

Nos ensaios de hidratação a 25°C, 60°C e 90°C, as massas de água por kg de baru se estabilizaram em aproximadamente 23 horas, 6 horas e 40 minutos (Figura 5.21).

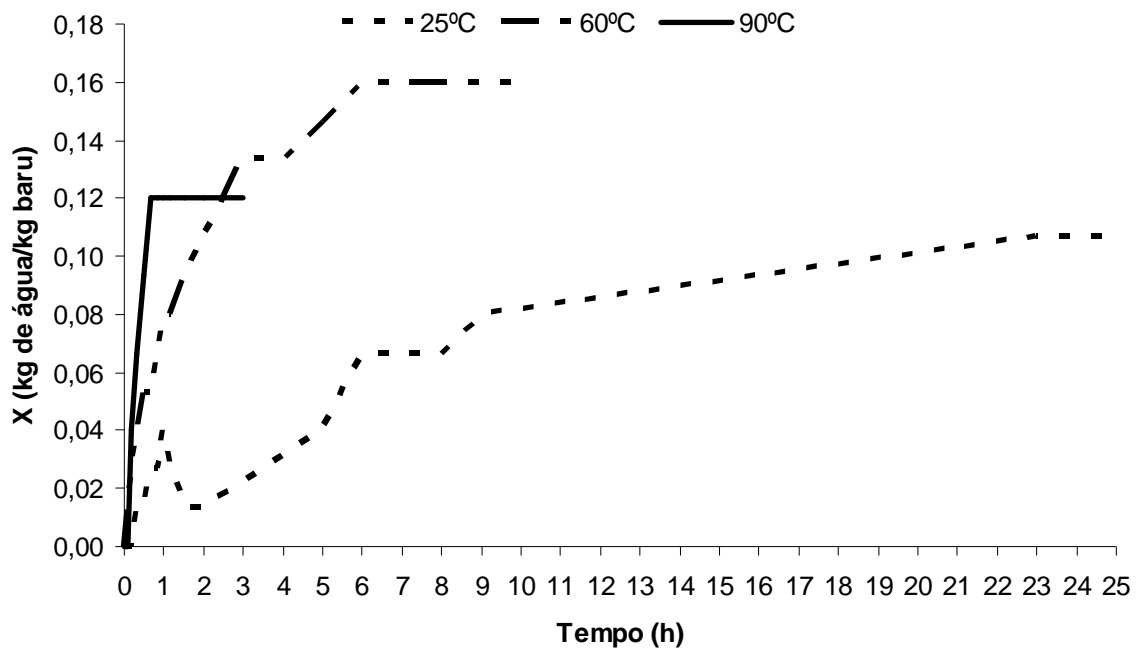


Figura 5.21. Massa de água absorvida pelo baru com polpa (CP) submetido à hidratação em distintas temperaturas (25°C, 60°C e 90°C).

Foi observado que a quantidade de água absorvida para hidratação a 60°C foi superior aos demais ensaios e, provavelmente, em função do teor de amido encontrado na polpa de baru (aproximadamente 38%) (TOGASHI, 1993; TOGASHI & SGARBIERI, 1994) e do tipo de amido, pode-se explicar estes fenômenos, mas estas características não são amplamente estudadas para este fruto. Apesar de insolúveis a 25°C, sabe-se que o amido sofre um quecimento na ordem de 50 a

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

---

70°C propicia o aumento de absorção de água pelos grânulos de amido; e que os grânulos podem ser destruídos pelo aquecimento prolongado à temperatura elevada (90°C), desaparecendo as estruturas naturais que prendiam fisicamente a água, restando somente as moléculas livres hidratadas (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

Também foi observado que a remoção da polpa dos frutos hidratados a 60°C e 90 °C foi dificultada após o resfriamento a temperatura ambiente (25±5°C). Sabe-se que com o resfriamento, as cadeias de moléculas de amilopectina durante a retrogradação do amido se realinham e reassociam, formando um precipitado insolúvel, ocorrendo a sinérese e promovendo o endurecimento, no caso de produtos de panificação (AZEREDO, 2004).

Conforme Siqueira et al. (dados não publicados), para a remoção mecânica da polpa, a hidratação do baru a 96°C por 5 e 10 minutos foram insuficientes para promover um bom despulpamento, por 15 a 20 minutos foram suficientes, e acima de 20 minutos, apesar de proporcionar um bom despulpamento, a operação tornava-se antieconômica em função do gasto de energia. Contudo, ficou estabelecido para os próximos ensaios, o processo de hidratação a 90°C por 30 minutos e despulpamento imediato.

Além do mais, esta operação tem o potencial de cumprir a função do branqueamento da polpa, reduzindo a contaminação microbológica inicial, inativando ou destruindo enzimas naturais, e por fim, cozinhando parcialmente os tecidos, favorecendo a permeabilidade celular e a melhoria da eficiência de processamentos e operações como acidificação, adição de solutos, tratamento térmico, dentre outras (FELLOWS, 2006).

Foram construídos modelos cinéticos para alteração de umidade baseados nos modelos de Lewis; Henderson-Pabis; Page (FRANÇA et al., 2002), e Peleg (FERRAZ, 2008; SOPADE et al., 1992; TURHAN et al., 2002), avaliando-se a eficiência de cada um deles pelos valores de  $R^2$ . Os valores dos parâmetros calculados para os ajustes e os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) estão apresentados na Tabela 5.14.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 5.14. Valores dos parâmetros dos modelos de hidratação de polpa em distintas temperaturas e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Modelo de Lewis			
Temperatura (°C)	k		$R^2$
25,0	0,100		0,921
60,0	0,600		0,982
90,0	2,200		0,944

Modelo de Henderson e Pabis			
Temperatura (°C)	k	A	$R^2$
25,0	0,1161	0,9392	0,9141
60,0	0,5000	0,9000	0,9903
90,0	2,4000	1,1000	0,9500

Modelo de Page			
Temperatura (°C)	k	n	$R^2$
25,0	0,2000	0,8000	0,9289
60,0	0,6000	0,8000	0,9955
90,0	2,8000	1,3000	0,9506

Modelo de Peleg			
Temperatura (°C)	$k_1$	$k_2$	$R^2$
25,0	52,5186	8,0315	0,9205
60,0	7,6362	5,3060	0,9936
90,0	1,0000	0,0000	1,0000

Onde: k, A, n,  $k_1$ ,  $k_2$  = constantes.

Os valores de coeficientes de determinação, principalmente para as temperaturas de 60 e 90°C ( $R^2 > 0,95$ ), indicam que o modelo proposto por Peleg foi o mais adequado para o ajuste das curvas de hidratação. Os outros modelos também apresentaram bons resultados, contudo, são geralmente aplicados em estudos de torração.

Os gráficos representados pela Figura 5.22, Figura 5.23 e Figura 5.24 apresentam os resultados dos dados observados e preditos para as curvas de hidratação a 25, 60 e 90°C para o modelo de Peleg.

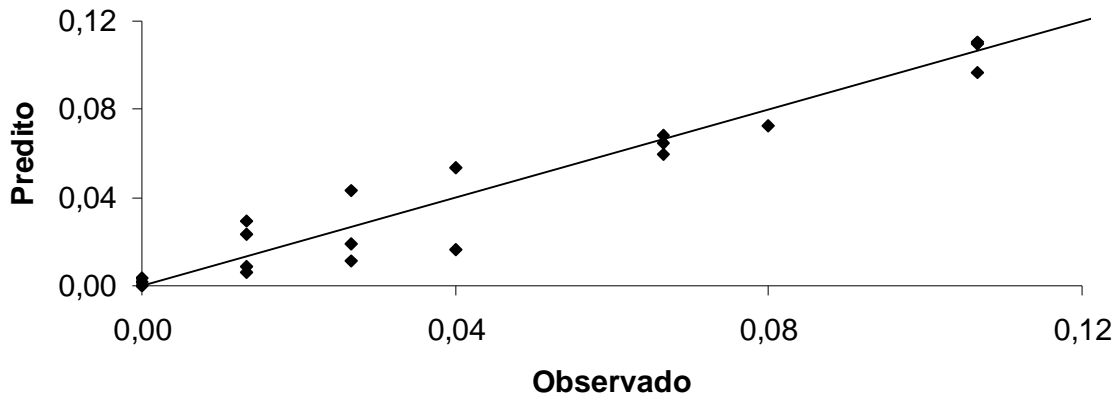


Figura 5.22. Valores preditos e observados para o modelo de Peleg na hidratação a 25°C.

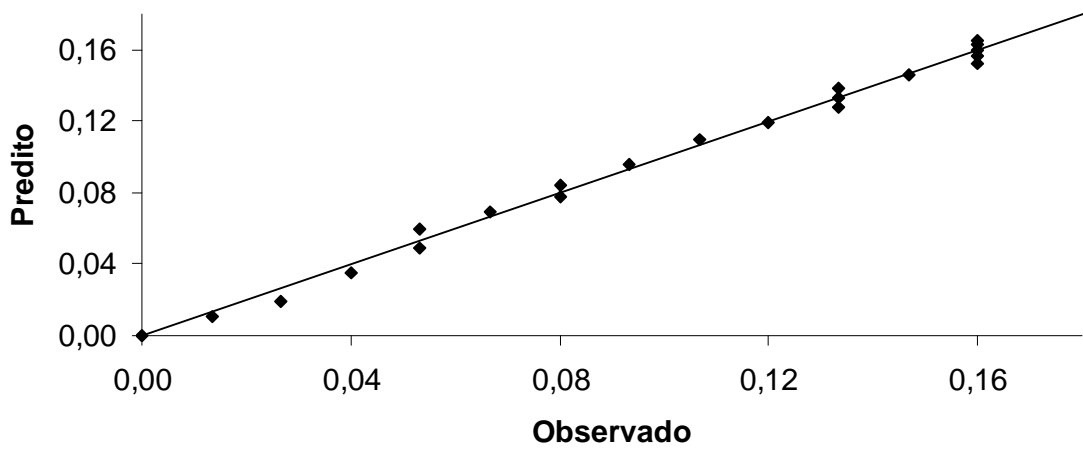


Figura 5.23. Valores preditos e observados para o modelo de Peleg na hidratação a 60°C.

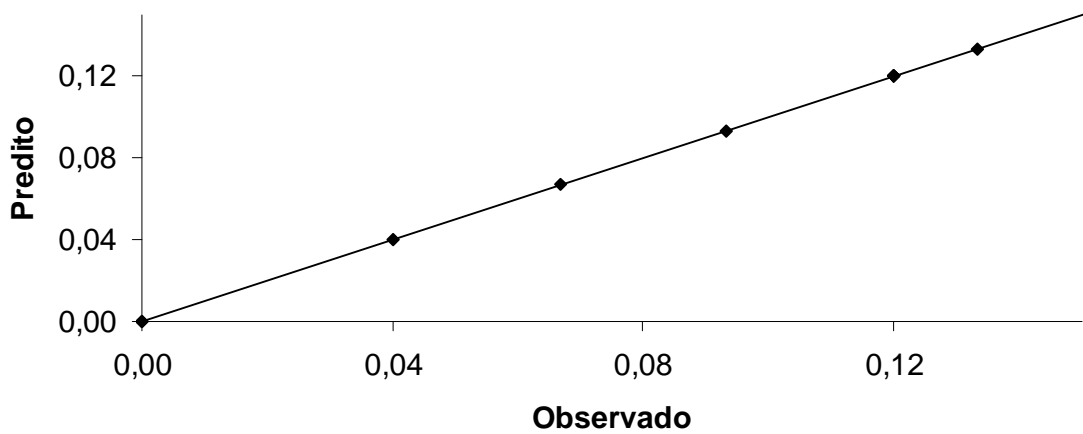


Figura 5.24. Valores preditos e observados para o modelo de Peleg na hidratação a 90°C.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O baru apresentou o perfil esperado para a hidratação descrita pela equação de Peleg, pois indicou o decréscimo de  $k_1$  (que fisicamente representa o inverso da taxa de absorção de água) com o aumento de temperatura. Os valores de  $k_2$  (que fisicamente representam a saturação de água do sistema, em função da composição química ou tipo e estrutura do material) também decresceram com o aumento de temperatura, indicando que a capacidade de absorção de água pelo baru é influenciada pela temperatura. O mesmo comportamento é encontrado para hidratação de diversos produtos vegetais, incluindo castanhas, cereais, ervilhas, sementes, dentre outros (FERRAZ, 2008; MOREIRA et al., 2008; SOPADE et al., 1992; TURHAN et al., 2002).

A influência da temperatura na constante de Peleg  $k_1$  foi descrita pela equação de Arrhenius, como representado na Figura 5.25.

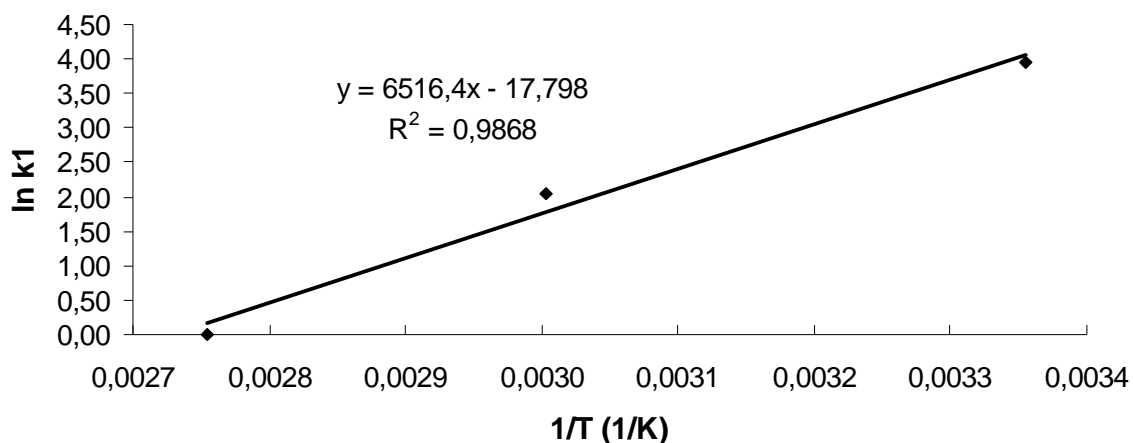


Figura 5.25. Gráfico de Arrhenius para a constante  $k_1$  de Peleg durante a hidratação do baru.

Através da linearização do modelo de Arrhenius (Equação 39), a energia de ativação foi obtida através da equação (40)

$$\ln(k_1) = \ln(k_0) - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \quad (\text{Eq. 39})$$

$$E_a = -R \cdot a \quad (\text{Eq. 40})$$

onde

$k_0$  = constante;

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

$E_a$  = energia de ativação (kJ/mol);

$R$  = constante universal dos gases (8,314 J/mol K);

$T$  = temperatura (K).

$a$  = inclinação da reta

Portanto, a Energia de ativação ( $E_a$ ) da hidratação do baru foi de 54,18 kJ/mol para a faixa de temperatura de 25 a 90°C, e exibe uma magnitude perto dos valores encontrados na literatura propostos para materiais biológicos, como 14,8 a 59,3 kJ/mol para o processo de hidratação de ervilhas para a faixa de 20 a 100°C (TURHAN et al., 2002), 6,748 kJ/mol para a hidratação do feijão para a faixa de 20 a 50°C (RESENDE & CORRÊA, 2007), e de 18,8 a 50 kJ/mol para o gel de amido (FISH, 1975), para fins de comparação. A energia de ativação que representa a energia mínima exigida para que um determinado processo seja desencadeado, sendo que neste caso, quanto menor o seu valor, mais facilmente se dá o processo de hidratação. O gráfico na Figura 5.25 ainda permite ainda a interpolação da temperatura para obtenção de outras taxas de permeabilidade de água.

### 5.4 Despulpamento de baru

Os resultados na Tabela 5.15 correspondem às médias de massas de frutos ( $M_F$ ), de polpa ( $M_P$ ) e de frutos despulpados ( $M_{SP}$ ) por três métodos de despulpamento de baru *in natura* e hidratado, sendo as respectivas proporções (%) representadas na Figura 5.26.

Tabela 5.15. Valores médios para as massas de frutos ( $M_F$ ), de polpa ( $M_P$ ) e de frutos despulpados ( $M_{SP}$ ), obtidos através de distintos métodos de despulpamento de baru *in natura* e hidratado.

Despulpamento	Condicionamento	$M_F$ (kg)	$M_P$ (kg)	$M_{SP}$ (kg)
Manual (ralador e colher)	<i>in natura</i>	35,6 (13)	11,8 (5)	18,9 (6)
	Hidratado	343,7 (8)	180,6 (13)	163,2 (5)
Descascador abrasivo	<i>in natura</i>	1190,0 (1)	320,0 (0)	870,0 (2)
	Hidratado	1710,0 (2)	1010,0 (1)	700,0 (4)
Despulpadeira a facas	<i>in natura</i>	n.d.	n.d.	n.d.
	Hidratado	3572,0 (0)	1385,5 (0)	2186,5 (0)

Onde: Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação (%); n.d.= não determinado.



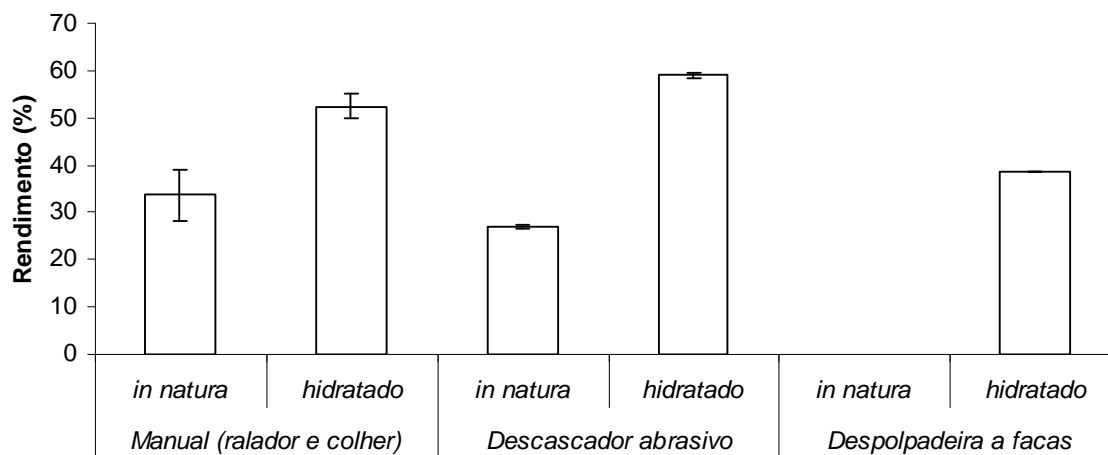


Figura 5.26. Valores médios para as proporções de polpa ( $P_P$ ) obtidas nos ensaios de despulpamento. As linhas verticais representam o desvio padrão.

Nos ensaios para o despulpamento de baru *in natura* com auxílio de ralador, além do risco de ferir a mão durante a operação, foi observado o acúmulo de resíduo “ceroso” no ralador, de difícil remoção, caracterizando uma perda de polpa superior a 10% em massa.

O despulpamento manual de frutos hidratados possibilitou um aumento no rendimento de extração de polpa superior a 50%, além de facilitar a separação do epicarpo do mesocarpo, resultando em polpa com melhor aspecto visual. A operação aplicando o baru hidratado indicou um método em potencial para remoção quase total da polpa de baru com baixos coeficientes de variação. Além da facilidade e rapidez da remoção da polpa, principalmente para frutos sem danos visíveis na polpa, observados pela análise visual da qualidade da matéria-prima.

O despulpamento de baru hidratado em despulpadoras a facas (que promove a abrasão do fruto em peneiras), apesar da proporção de polpa inferior à média (40% da massa inicial), foi o método que apresentou o menor desvio padrão, além da uniformidade da polpa, favorecendo a padronização do produto final. Durante a operação em despulpadora a facas, foi observado que a tela (ou peneira) que promove a separação da polpa dos frutos apresentou os orifícios preenchidos pela polpa (Figura 5.27). Provavelmente devido ao tamanho da abertura da tela utilizada neste ensaio, a polpa não foi totalmente removida dos frutos (Figura 5.28). A polpa resultante deste processo apresentou um aspecto

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

farináceo, cujo aspecto pode ser observado na Figura 5.29 (massa comprimida manualmente).

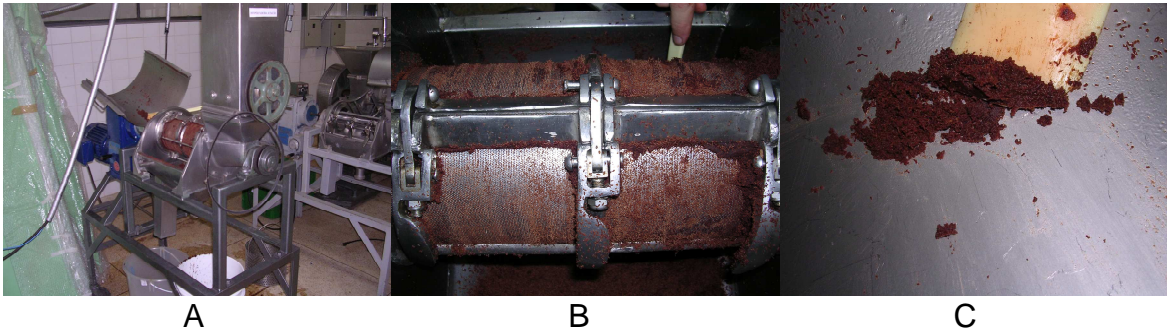


Figura 5.27. Despolpadora a facas: A) vista geral; B) tela que promove o despolpamento com as pequenas aberturas preenchidas com polpa; C) polpa removida da tela por raspagem.



Figura 5.28. Frutos despolpados resultantes da operação em despolpadora a facas.

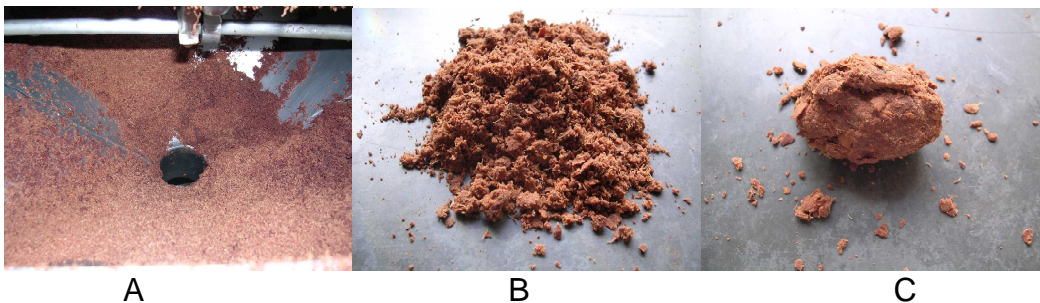


Figura 5.29. Polpa de baru hidratada: A) no coletor do equipamento; B) antes da compressão; e C) após a compressão pelas mãos.

No descascador abrasivo, apesar da possibilidade de aumento na capacidade produtiva em massa de frutos por batelada, o método levou ao lixamento do endocarpo, prejudicando a qualidade da polpa em função de pequenos fragmentos no produto final; e para a retirada da polpa foi necessário a lavagem do equipamento. O despolpamento de frutos *in natura* em despolpadora a facas não foi possível, pois a polpa não foi removida, independentemente do tempo da operação. Apesar do despolpamento em descascador abrasivo ter

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

apresentado o maior valor médio para o rendimento de extração de polpa, entre os tratamentos, esta só foi retirada do equipamento através do processo de lavagem do mesmo, resultando em polpa visualmente diluída, além do mesmo problema identificado no ensaio com frutos *in natura* em relação ao lixamento do endocarpo. Contudo, o desenvolvimento de equipamento despulpador abrasivo projetado de modo a facilitar o aproveitamento da polpa poderia evitar a operação de hidratação do fruto.

### 5.5 Análise físico-química da polpa de baru

Como indicado na Tabela 5.16, a faixa de umidade dos frutos *in natura* foi de 14,90 a 23,35%, com média de 19,91%. A faixa de umidade está praticamente dentro da encontrada para baru proveniente de diferentes procedências do Estado de Minas Gerais, que compreende de 20,53 a 27,24 % (BOTEZELLI, 1998). O processo de hidratação do baru aumentou o teor médio de umidade da polpa em aproximadamente 2 vezes, reduzindo pela metade os sólidos solúveis totais.

Tabela 5.16. Valores médios e desvio padrão do teor de umidade (U), atividade de água (Aw), pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e *ratio* da polpa de baru.

Polpa	U (%)	Aw	pH	SST (°Brix)
<i>in natura</i>	19,91 ± 4,44 b	0,650 ± 0,027 b	4,86 ± 0,12 b	6,0 ± 0,0 a
Hidratada	43,86 ± 15,07 a	0,948 ± 0,003 a	5,44 ± 0,24 a	3,0 ± 0,0 b

Onde: Todos os valores com a mesma letra, numa mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

A atividade de água (Aw) indica a possibilidade da polpa de baru *in natura* ser considerada um alimento relativamente seguro em função de seu baixo valor de Aw (0,65), contudo susceptível à deterioração por reações químicas ou atividade enzimática. O valor de pH encontrado para a polpa *in natura* (4,86) foi inferior ao 5,49 reportado por Sano & Almeida (1998).

O processo de hidratação da polpa de baru resultou no aumento de Aw ao patamar de 0,948, classificando-a como alimento de elevada atividade de água, que em conjunto com seu valor de pH (5,44) a caracteriza como alimento de baixa acidez. Isto aponta a necessidade de tratamentos térmicos mais severos ou a

aplicação de métodos combinados de conservação para estender a vida útil da polpa e favorecer o aproveitamento e o desenvolvimento de novos produtos.

O pH da polpa hidratada foi superior ao observado na polpa *in natura*, o que foi atribuído ao efeito da hidratação, além da diluição para realização da medida. O pH pode aumentar por desdobramento de proteínas, que pode ter ocorrido no ensaio de hidratação, o qual foi realizado com água da rede de abastecimento.

A acidez titulável total da polpa *in natura* não foi determinada, mas a acidez (ATT) da polpa hidratada foi de  $0,94 \pm 0,14$  (g ácido cítrico/ 100g polpa), resultando na relação SST/ATT (*ratio*) de  $3,41 \pm 0,49$ , que representa um dos melhores parâmetros de avaliação do sabor, geralmente sendo mais representativo do que a mensuração isolada de açúcares e acidez (MACHADO et al., 2007).

Estas informações são importantes para o estabelecimento do Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para a polpa de baru e definição dos métodos de conservação adequados, porém não foram encontradas referências para comparação.

### 5.6 Acidificação da polpa de baru

Os resultados da curva de acidificação encontram-se na Figura 5.30. O ácido que apresentou o melhor resultado em análise sensorial preliminar feita pela equipe do laboratório de Frutas e Hortaliças do DTA/FEA foi o ácido cítrico. A quantidade necessária para a acidificação da polpa de baru foi uma das menores dentre os ácidos avaliados: 1g de ácido cítrico para 100g de polpa hidratada para o  $\text{pH} < 4,0$ .

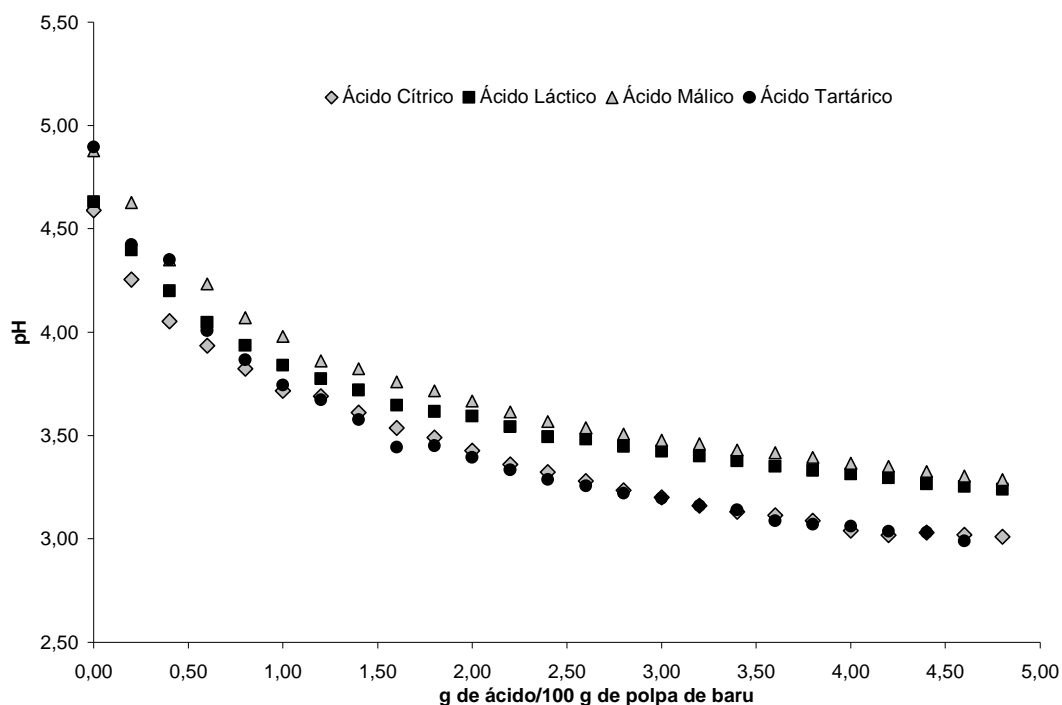


Figura 5.30. Curvas de acidificação para polpa de baru.

### 5.7 Utilização da polpa para formulação

Para a seleção da melhor formulação de néctar, realizou-se uma avaliação sensorial pela equipe técnica do Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA/UNICAMP das bebidas processadas (Figura 5.31). Apesar de todas as amostras apresentarem e decantação da polpa, escolheu-se, com melhor resultado, a proporção de 25% (p/v) de polpa de baru na formulação, sendo a cor e o sabor adstringente, fatores limitantes da escolha. Não existe um Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para néctar, suco ou bebida de polpa de baru.

O hidrocolóide que apresentou o melhor resultado quanto a uniformidade na bebida foi obtido com a combinação xantana + gelana na proporção de 0,1%p/v (0,05% xantana + 0,05% gelana). Nesta concentração a bebida ficou mais uniforme não havendo decantação de polpa, sendo que com os outros hidrocolóides e outras concentrações, este resultado não foi alcançado. Na concentração de 0,2% de hidrocolóides, a decantação da polpa foi similar a 0,1%.

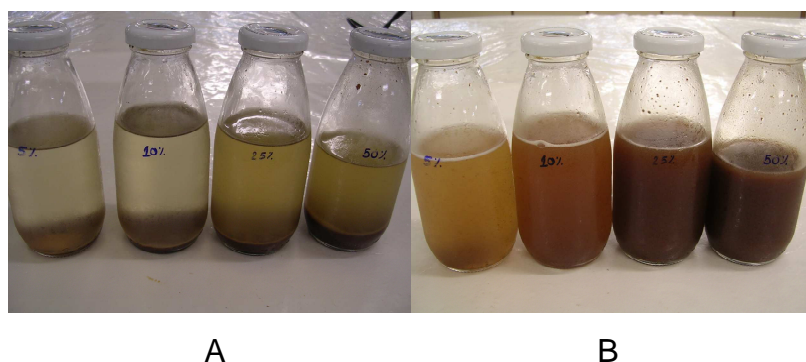


Figura 5.31. Bebidas processadas com as respectivas proporções de 5, 10, 25 e 50% (p/v) de polpa de baru: A) mantida em repouso a temperatura ambiente (25°C); B) após agitação manual para a avaliação sensorial sob refrigeração (5°C).

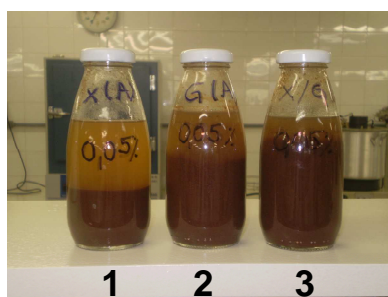


Figura 5.32. Bebida de polpa de baru com 0,05% de hidrocolóides a temperatura ambiente (25°C): 1) xantana; 2) gelatina; 3) 0,025% xantana + 0,025% gelatina.

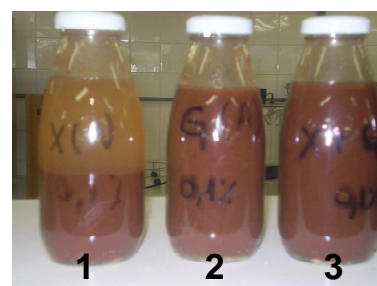


Figura 5.33. Bebida de polpa de baru com 0,1% de hidrocolóides a temperatura ambiente (25°C): 1) xantana; 2) gelatina; 3) 0,05% xantana + 0,05% gelatina.

A bebida elaborada pode ser caracterizada como um néctar, pois compreende uma mistura de xarope de açúcar acidificado e polpa de fruta com sólidos em suspensão, envasada a quente em embalagens apropriadas (MCLELLAN & PADILLA-ZAKOUR, 2005; VENTURINI FILHO, 2005).

Em função dos sólidos em suspensão serem sensíveis ao paladar, operações como desintegração, filtração, homogeneização, dentre outras aplicadas para o desenvolvimento de bebidas, poderiam favorecer o aproveitamento da polpa de baru.

O processamento de néctar com polpa de baru pode representar uma forma de agregar valor ao resíduo gerado no beneficiamento do baru. Outras formas de aproveitamento desta fração são estudadas visando o aproveitamento integral do fruto, como substituição de farinhas em formulações de biscoitos estudados por Mendonça (2008), ou desenvolvimento de gelado comestível em projeto de Edital

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

SENAI/SESI de Inovação Tecnológica, favorecendo o desenvolvimento econômico e sustentável das comunidades rurais e a preservação do Cerrado (MARTINS, 2009).

### 5.8 Ensaio de ruptura do baru

Primeiramente, nos ensaios preliminares realizados na direção da espessura (Figura 5.34), tanto para os frutos com polpa (CP) quanto sem polpa (SP), observou-se o esmagamento parcial ou mesmo ruptura do fruto. Nos ensaios na direção da largura, tanto para os frutos CP quanto os SP, não foi possível o rompimento de muitos indivíduos devido à dificuldade de apoiar os frutos e evitar seu deslizamento, contudo, indicou a possibilidade de pontos de menor espessura ao longo do endocarpo e fragilidade na possível “solda” entre os cotilédones. Não foi possível a visualização da possível folga interna entre a amêndoa e o endocarpo em função da deformação pela força aplicada (Figura 5.35).



Figura 5.34. Baru submetido à aplicação de força ao longo da espessura: A) com polpa (CP) e B) sem polpa (SP).

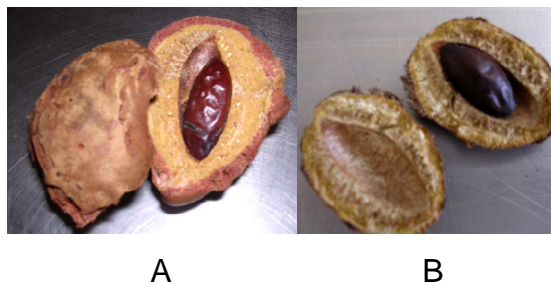


Figura 5.35. Baru submetido à aplicação de força ao longo da largura: A) com polpa (CP) e B) sem polpa (SP).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos ensaios com a máquina universal com capacidade máxima de 5.000 N, não foi possível atingir a ruptura, pois o nível da força excederia a capacidade do equipamento. Utilizou-se então a máquina universal (EMIC<sup>®</sup>) com capacidade máxima de 300 kN.

As curvas obtidas, independente do condicionamento, podem ser ilustradas pela curva típica da relação da força-deformação (Figura 5.36). A ausência significativa de uma região plástica antes da ruptura (onde o material adquire uma deformação permanente com a aplicação da força) é característica de material frágil. A ruptura (suficiente para a extração da amêndoa) se deu no ponto de máxima força.

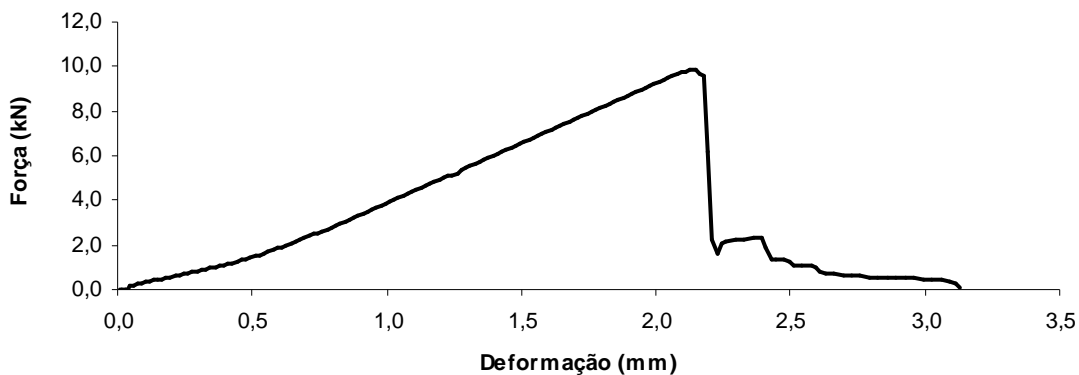


Figura 5.36. Curva força-deformação característica dos ensaios de ruptura de baru.

Os valores médios e os respectivos coeficientes de variação para força máxima, deformação na força máxima ( $\delta$ ), deformação específica ( $\epsilon$ ) e energia de deformação ( $E$ ), obtidos nos ensaios de compressão dos frutos de baru com polpa (CP), sem polpa (SP), hidratados a 90°C por 30 minutos e despulpados (H) e frutos despulpados e secos a 150°C por 50 minutos (S), estão apresentados na Tabela 5.17.

A força máxima aplicada para a ruptura do espécime, apesar de superior para o fruto hidratado (H), apresentou a mesma ordem de grandeza, variando de 7927 a 9284 N. O condicionamento S (fruto seco a 150°C por 30 minutos) foi aplicado, pois, além de representar uma alternativa para o processamento do baru com a possibilidade simultânea de torração da amêndoa ainda no interior no endocarpo (ROCHA, 2003; MARTINS et al., 2009), indicava a possibilidade de



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

redução da força de compressão para a ruptura dos frutos em prensa hidráulica, estudados por Siqueira et al. (dados não publicados), que reportaram para o baru submetido a hidratação (96°C por 15 minutos) e despulpamento, faixas de 4786 a 6767 N, e para os frutos despulpados e secos (150°C por 60 minutos), de 3678 a 5688 N, inferiores aos encontrados neste trabalho (1kgf = 9,80665 N).

Tabela 5.17. Valores médios para força máxima, deformação na força máxima ( $\delta$ ), deformação específica ( $\epsilon$ ) e energia de deformação (E), obtidos nos ensaios de compressão dos frutos de baru com polpa (CP), sem polpa (SP), hidratados a 90°C por 30 minutos e despulpados (H) e frutos despulpados e secos a 150°C (S).

Amostra	Força Máxima (N)		$\delta$ (mm)		$\epsilon$ (mm.mm <sup>-1</sup> )		E (J)	
CP	8357,3 (7)	a	1,955 (9)	b	0,055 (13)	a	7,00 (12)	a
SP	8269,7 (15)	a	2,143 (17)	b	0,066 (12)	b	8,47 (29)	b
H	9284,4 (11)	b	2,164 (17)	b	0,066 (19)	b	9,26 (21)	b
S	7926,7 (20)	a	1,719 (21)	a	0,051 (10)	a	6,55 (31)	a

Onde: Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação (%). Todos os valores com a mesma letra, numa mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Os valores encontrados para o baru foram superior às forças aplicadas para extração de noz comum (*Juglans regia* L.) reportada por Koyuncu et al. (2004), e castanha-de-caju por Araújo (2005), que apresentaram faixas de 333 a 472 N e de 119 a 198 N, respectivamente. Para estudos com o coco babaçu em prensas hidráulicas, foi obtido uma faixa de 19,42 a 33,64 kN (SOLER et al., 2007).

A deformação na força máxima ( $\delta$ ) apresentou uma variação de 1,719 a 2,164 mm entre os tratamentos estudados, correspondendo à uma deformação específica média ( $\epsilon$ ) de 5,5 a 6,6% da largura do fruto para a obtenção de 100% de amêndoas inteiras. Sabe-se da influência da umidade nas propriedades mecânicas, conforme abordado por Araujo & Ferraz (2006), que apesar de evidente neste experimento, não foi levada em consideração para a caracterização do baru.

A energia de deformação média armazenada no material até a força máxima (E), a baixa taxa de deformação (1,0 mm/s), variou de 6,55 a 9,26 J. Este dado é importante para o desenvolvimento de equipamentos que utilize o mesmo princípio para a compressão entre dois pratos planos, porém novos estudos variando a taxa de deformação podem resultar no aumento do rendimento de

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

extração de amêndoas de baru, como estudado por Araújo & Ferraz (2006) para castanha de caju.

Foi observada, em geral, que as formas predominantes de ruptura foram similares, com tendência de ruptura na possível zona de “solda” entre os cotilédones e nas extremidades no sentido da espessura, independente do tratamento ao que os frutos foram submetidos, como observado na Figura 5.37. Estas informações são importantes para o projetista, visando o aumento da eficiência de máquinas para este fim.

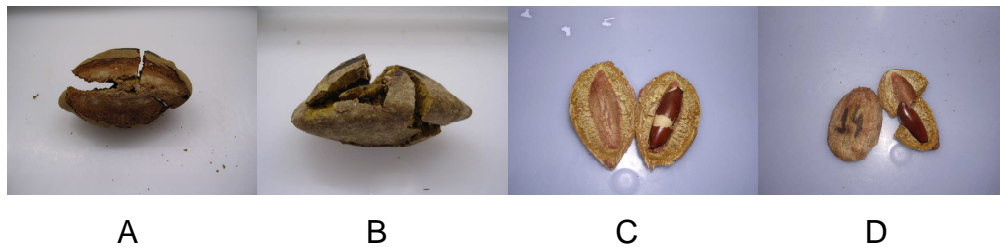


Figura 5.37. Baru: A) com polpa (CP); B) sem polpa (SP); C) hidratado a 90°C por 30 minutos e despulpado (H); e D) despulpado e seco a 150°C por 50 minutos (S).

### 5.9 Imagens tomográficas do baru

#### 5.9.1 Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

Nas tomografias por RMN dos frutos *in natura* e mesmo dos hidratados (90°C/30min e 25°C/48h) não houve mudança no padrão das imagens, aparecendo somente a amêndoa, como observado na Figura 5.38.

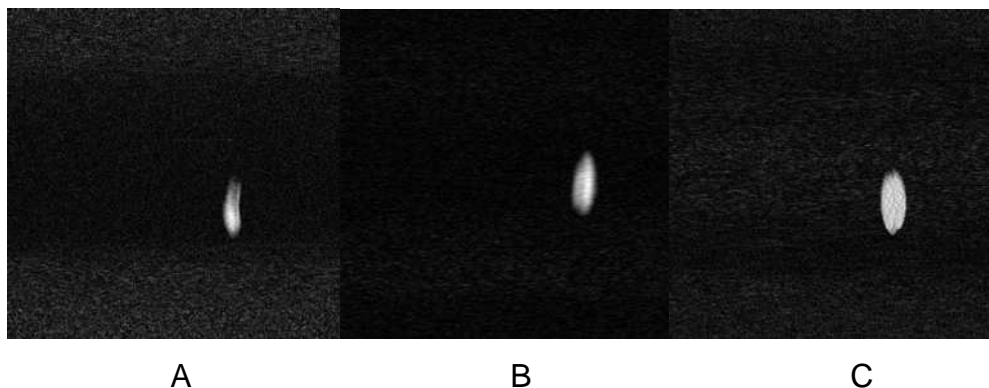


Figura 5.38. Imagem tomográfica (RMN) de baru A) *in natura*, B) hidratado a 90°C por 30 minutos e C) hidratado 25°C por 48 horas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A imagem obtida por meio da tomografia de ressonância magnética mostra a distribuição espacial dos prótons no seu ambiente químico, onde predominantemente, são detectados os prótons de hidrogênio da água. De acordo com Biscegli & Crestana (1996), fibras, peles e polpas geralmente aparecem menos intensas devido às baixas concentrações de água livre. Em aplicações com castanha de caju, a análise permite a identificação de amêndoas com defeitos (PAIVA et al., 2004), porém o mesmo não foi observado para o baru, indicando que o método aplicado não foi o adequado para a inspeção interna do espécime visando avaliar as folgas ou efeitos dos distintos condicionamentos.

### 5.9.2 Raios-X

Na Figura 5.39 podem observadas as tomografias computadorizadas (TC) do baru *in natura*, hidratado (90°C/30min) sem polpa e, por fim, despulpado e seco (150°C/50min). As imagens mostram, nos três planos de visão, detalhes do fruto em escala micrométrica e suas respectivas frações como a polpa, o endocarpo e a amêndoa.

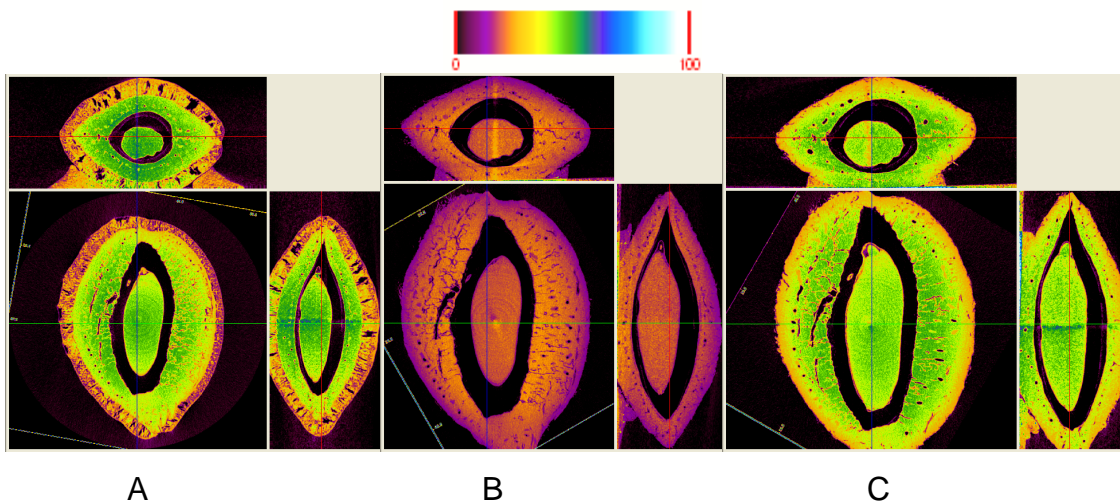


Figura 5.39. Imagem tomográfica de Raios-X de um único espécime: A) *in natura*; B) hidratado (90°C/30min) e despulpado; C) seco (150°C/50min).

A escala de cores está diretamente correlacionada com a escala de cinza, que representam os valores de atenuação média do feixe de raios-X associada a cada elemento de área (*pixel*), permitindo a diferenciação de densidade do

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

material (BISCEGLI & CRESTANA, 1996; MACEDO et al., 1996), porém este assunto não foi abordado neste trabalho assim como a diferença entre os padrões de imagem para os distintos tratamentos, pois para isso, seria necessário, não só a tomografia de um material de referência, como também o ajuste da janela, ou seja, a forma de mostrar apenas uma faixa de tons de cinza que nos interessa, adaptando a nossa capacidade de visão aos dados obtidos pelo microtomógrafo.

As áreas mais escuras correspondem aos espaços vazios, ou seja, à atenuação nula, constituindo uma importante ferramenta metodológica não-destrutiva, promissora para estudos de sistemas biológicos sendo possível determinar as dimensões internas e características sem afetar a integridade do fruto. Os valores médios da folga F (Tabela 5.18), somatória das folgas F1 e F2 mensurados através da Figura 5.40, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ( $p \leq 0,05$ ), variando de 5,46 a 5,53 mm.

Tabela 5.18. Valores médios com seus respectivos desvios padrão das folgas F1, F2 e da somatória F dos distintos condicionamentos do espécime.

Condicionamento	F1 (mm)	F2 (mm)	F (mm)
<i>in natura</i>	2,99 ± 0,26 ab	2,50 ± 0,27 a	5,49 ± 0,08 a
hidratado (90°C/30min)	3,43 ± 0,31 a	2,08 ± 0,13 b	5,52 ± 0,22 a
seco (150°C/50min)	2,88 ± 0,37 b	2,58 ± 0,09 a	5,46 ± 0,36 a

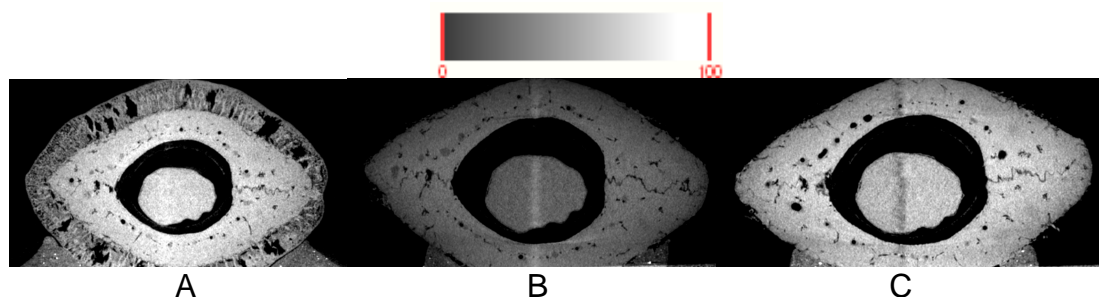


Figura 5.40. Tomografia do corte transversal do baru utilizada para mensurar a folga F ( $F=F1+F2$ ): A) *in natura*; B) hidratado (90°C/30min) e despulpado; C) despulpado e seco (150°C/50min).

Apesar de não ser observada uma nítida zona de “solda” entre os cotilédones do endocarpo, a inspeção das imagens corrobora as hipóteses de pontos mais susceptíveis à ruptura, como irregularidades no interior do material, poros, microfraturas e trechos de menor espessura ao longo do endocarpo, fator que pode ter influenciado na diferença do padrão das imagens e nas características mecânicas em função do teor de umidade; além da folga entre a

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

amêndoa e o endocarpo, fator importante para projetar um equipamento em conjunto com as características mecânicas, que favorece a integridade das amêndoas durante a aplicação de força para a ruptura do endocarpo.

### 5.10 Torração da amêndoa

#### 5.10.1 Umidade

A torração das amêndoas foi feita às temperaturas de 150, 175, 200, 250 e 300°C. As curvas a seguir (Figura 5.41, Figura 5.42, Figura 5.43, Figura 5.44 e Figura 5.45) representam valores de umidade em função do tempo de torração nestas temperaturas.

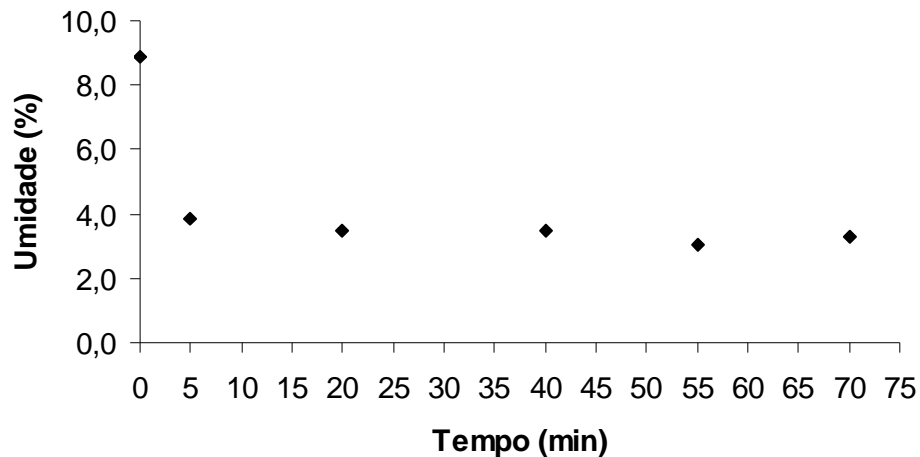


Figura 5.41. Variação de umidade durante a torração a 150°C.

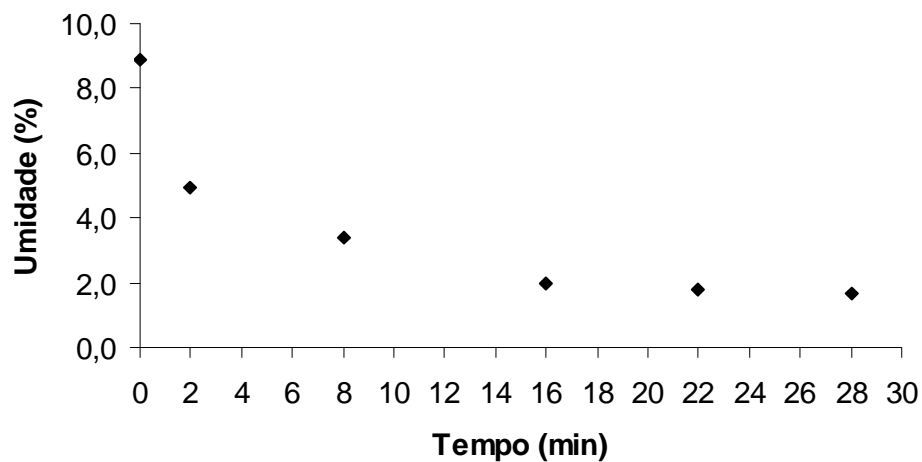


Figura 5.42. Variação de umidade durante a torração a 175°C.

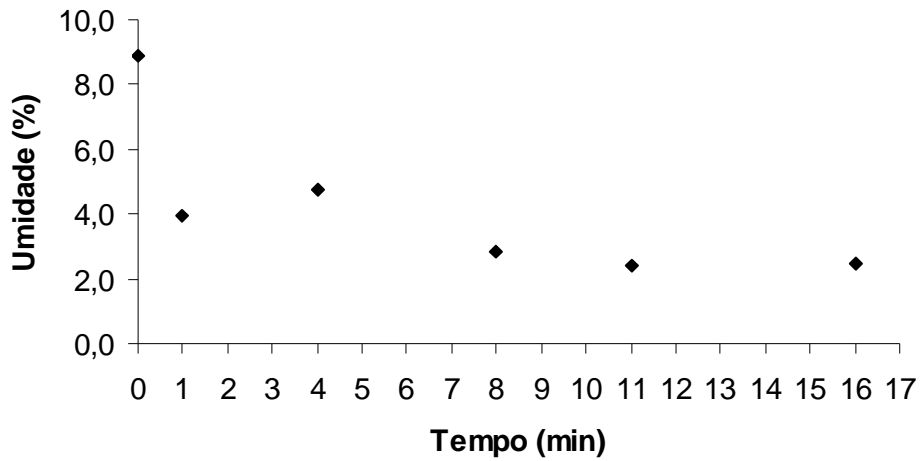


Figura 5.43. Variação de umidade durante a torração a 200°C.

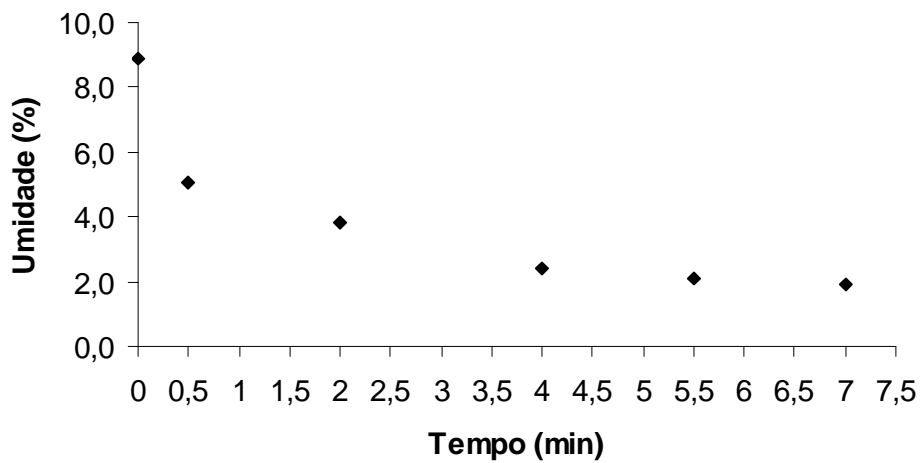


Figura 5.44. Variação de umidade durante a torração a 250°C.

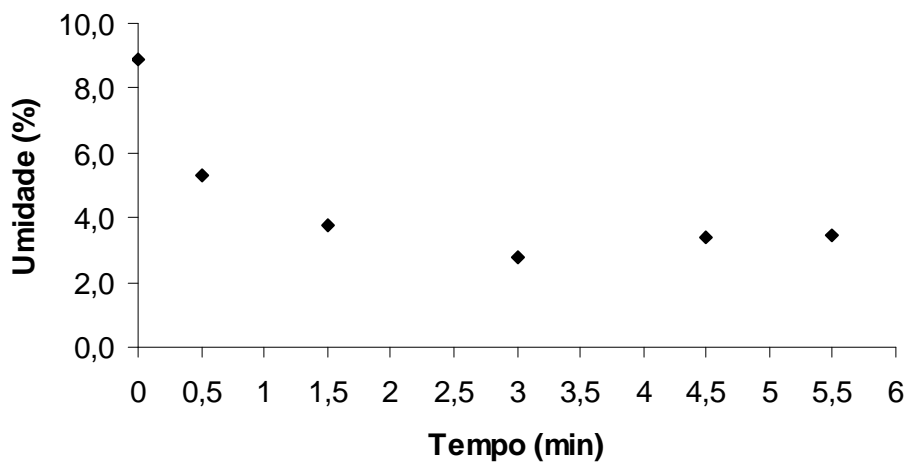


Figura 5.45. Variação de umidade durante a torração a 300°C.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, numa abordagem empírica da equipe do laboratório de Frutas e Hortaliças, foi observada durante o processo de torração uma fase de rápida queda do teor de umidade e, posteriormente uma fase com o teor de umidade praticamente contínuo, caracterizada pelo desenvolvimento de cor, sabor e aroma, em função das reações de escurecimento não-enzimático.

Através destas observações, foram escolhidos os melhores binômios temperatura/tempo de torra (150°C/20-30min, 175°C/10-20min, 200°C/5-10min, 250°C/3-5min e 300°C/2-3min) para a análise sensorial de aceitação, com a umidade em base úmida (b.u.) de aproximadamente 3%. A confirmação destes resultados dependia do cruzamento das informações físicas como perda de massa/umidade, cor e força de compressão (textura), além da facilidade de retirada da película, e para tal, construiu-se curvas passando pelo ponto ideal, visando a otimização do processo.

### 5.10.2 Perda de massa

As figuras a seguir apresentam as curvas de torração (Figura 5.46, Figura 5.47, Figura 5.48, Figura 5.49 e Figura 5.50), expressas pela variação de massa (%) durante a torração, para cada temperatura estudada.

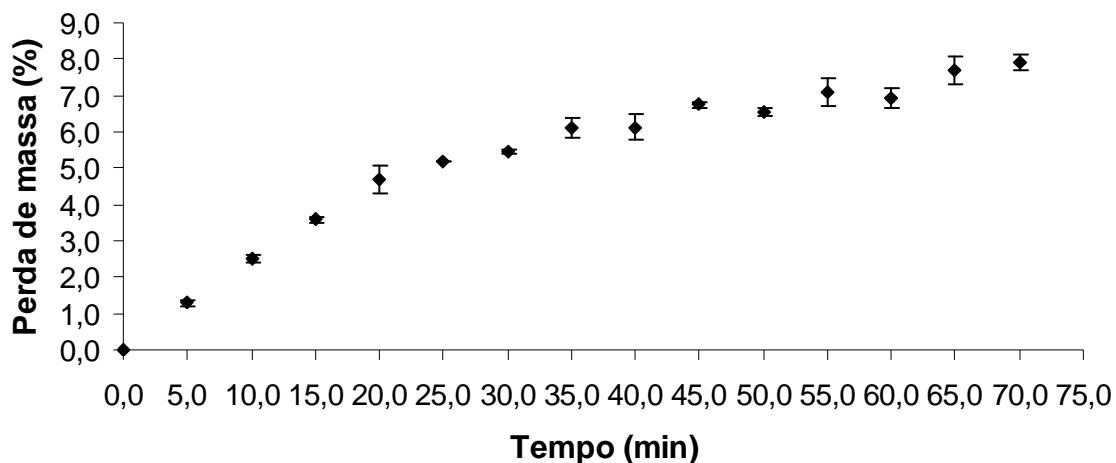


Figura 5.46. Variação de massa (%) durante a torração a 150°C

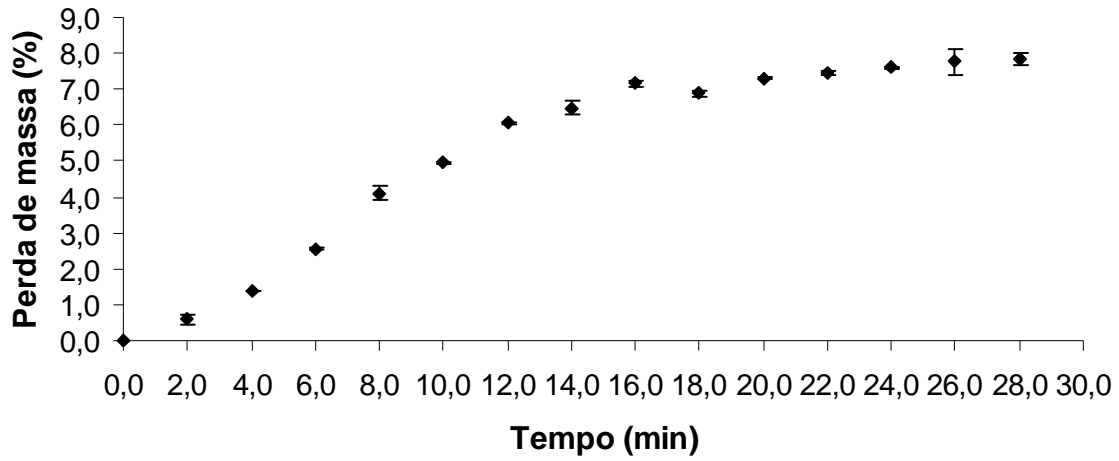


Figura 5.47. Variação de massa (%) durante a torração a 175°C

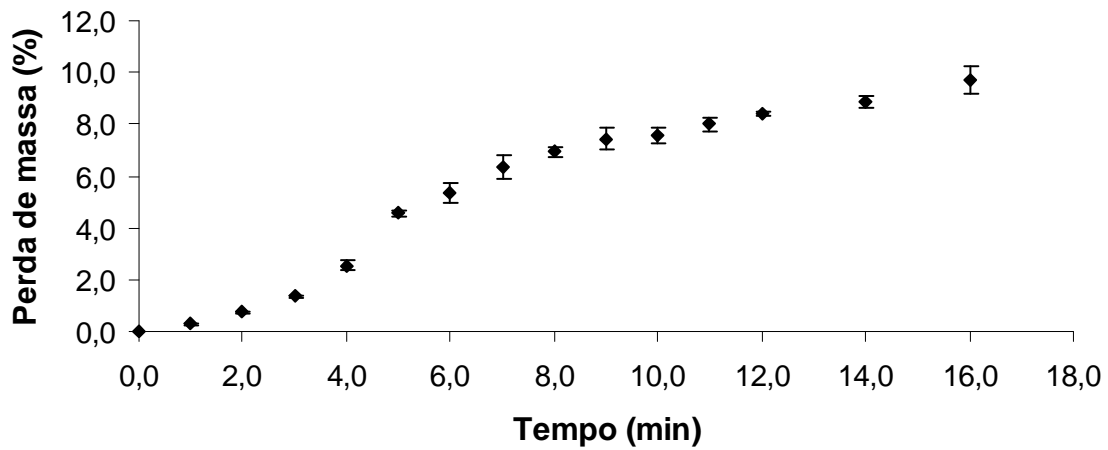


Figura 5.48. Variação de massa (%) durante a torração a 200°C

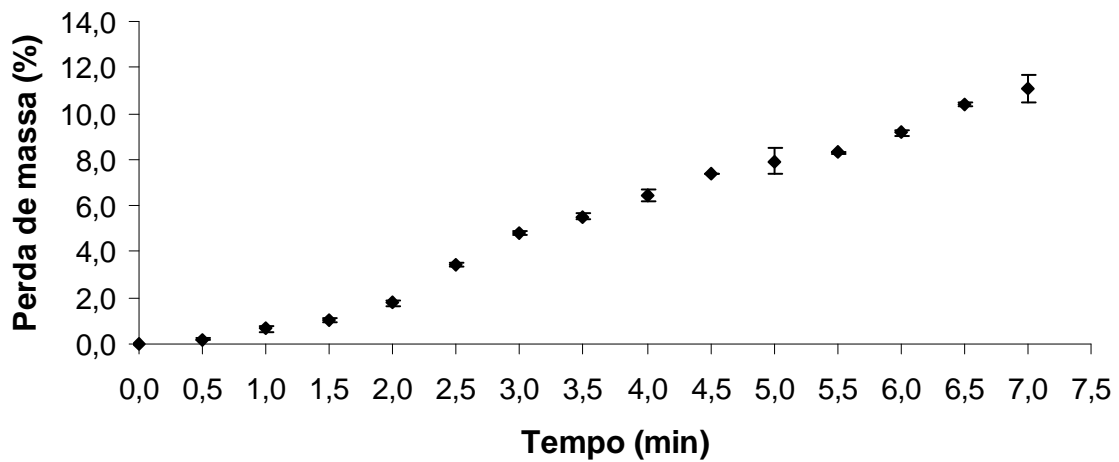


Figura 5.49. Variação de massa (%) durante a torração a 250°C



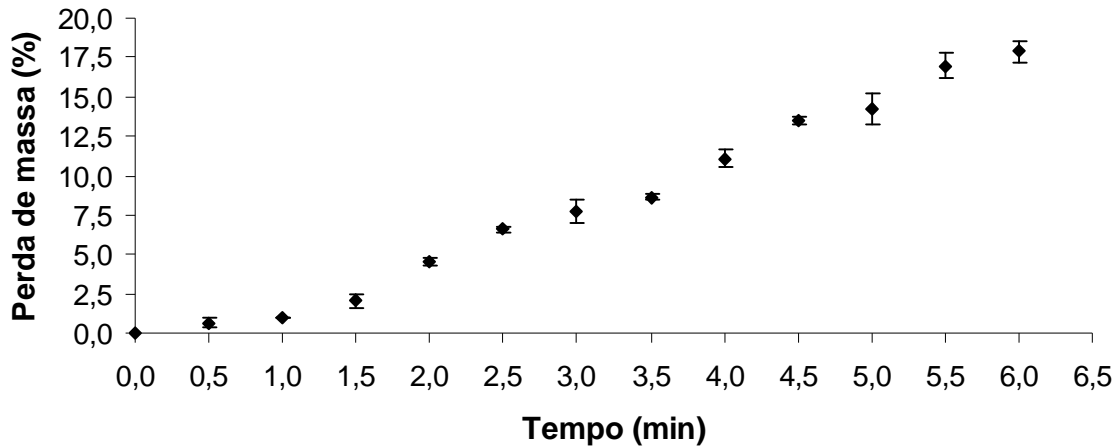


Figura 5.50. Variação de massa (%) durante a torração a 300°C

Foram observadas nas curvas de perda de massa, as fases de secagem, nos primeiros minutos, e a fase de torração, onde o percentual de perda de massa aumenta com o aumento da temperatura em função das reações de pirólise.

Os binômios temperatura/tempo de torra escolhidos previamente (150°C/20-30min, 175°C/10-20min, 200°C/5-10min, 250 °C/3-5min e 300°C/2-3min) apresentaram uma perda de massa compreendendo as respectivas faixas de 4,7 a 5,5%, 4,9 a 7,3%, 4,6 a 7,6%, 4,8 a 7,9% e 4,5 a 7,7%.

Com base nas curvas de perda de massa na torração em função do tempo, foram avaliados os modelos de Lewis, Henderson-Pabis e Page. A Tabela 5.19 apresenta os parâmetros para estes modelos, além dos respectivos  $R^2$ , e como pode ser observado, o modelo de Page foi o que apresentou a melhor correlação dos dados ( $R^2 > 0,98$ ), para todas as temperaturas, apesar de todos os modelos aplicados apresentarem um ajuste muito bom. França et al. (2002) já havia utilizado os mesmos modelos para descrever a variação do teor de umidade e voláteis durante o processo de torrefação de café.

As curvas a seguir (Figura 5.51, Figura 5.52, Figura 5.53, Figura 5.54 e Figura 5.55) apresentam os valores preditos e observados para o modelo de Page nas temperaturas trabalhadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 5.19. Valores dos parâmetros dos modelos de perda de massa na torração de amêndoas de baru em distintas temperaturas e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Modelo de Lewis			
Temperatura (°C)	K		$R^2$
150,0	0,0292		0,979
175,0	0,0954		0,958
200,0	0,1078		0,944
250,0	0,1195		0,937
300,0	0,0307		0,953

Modelo de Henderson e Pabis			
Temperatura (°C)	K	A	$R^2$
150,0	0,0279	0,9637	0,982
175,0	0,1054	1,1098	0,971
200,0	0,1229	1,1107	0,967
250,0	0,1393	1,0849	0,968
300,0	0,1393	1,0849	0,979

Modelo de Page			
Temperatura (°C)	K	n	$R^2$
150,0	0,0495	0,8510	0,990
175,0	0,0307	1,4666	0,991
200,0	0,0469	1,4034	0,980
250,0	0,0559	1,4948	0,990
300,0	0,0164	1,4191	0,994

Onde: K, A e n = constantes.

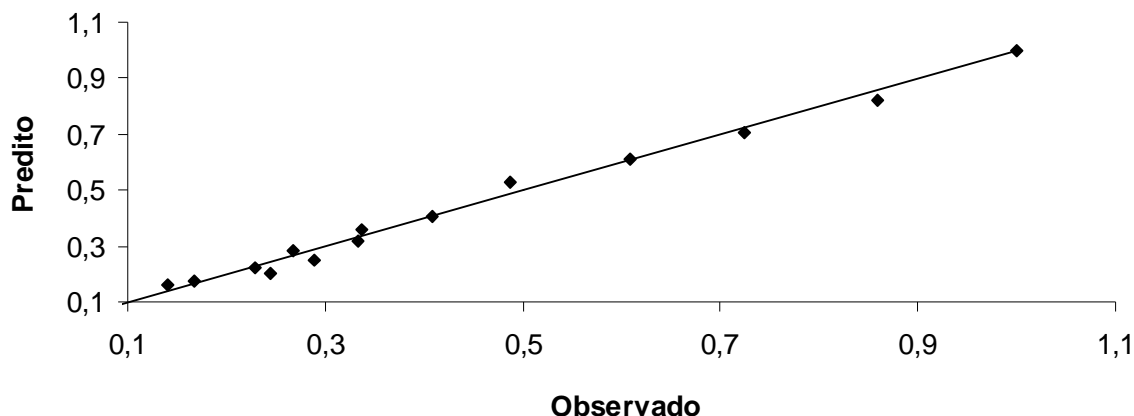


Figura 5.51. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 150°C

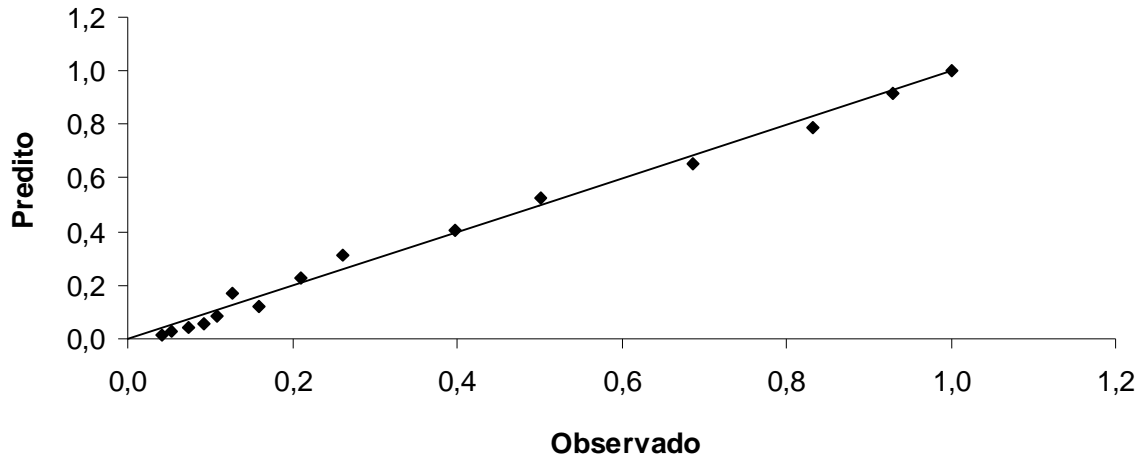


Figura 5.52. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 175°C

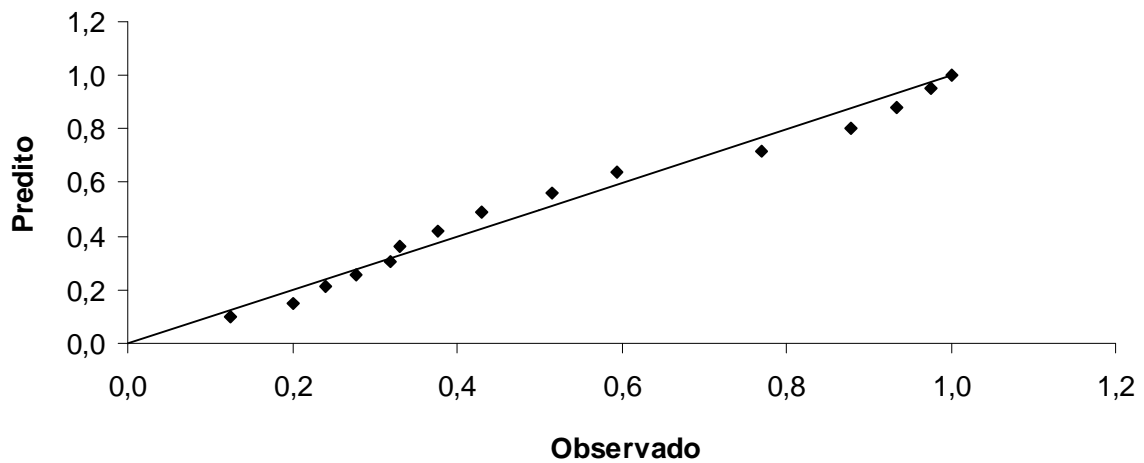


Figura 5.53. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 200°C

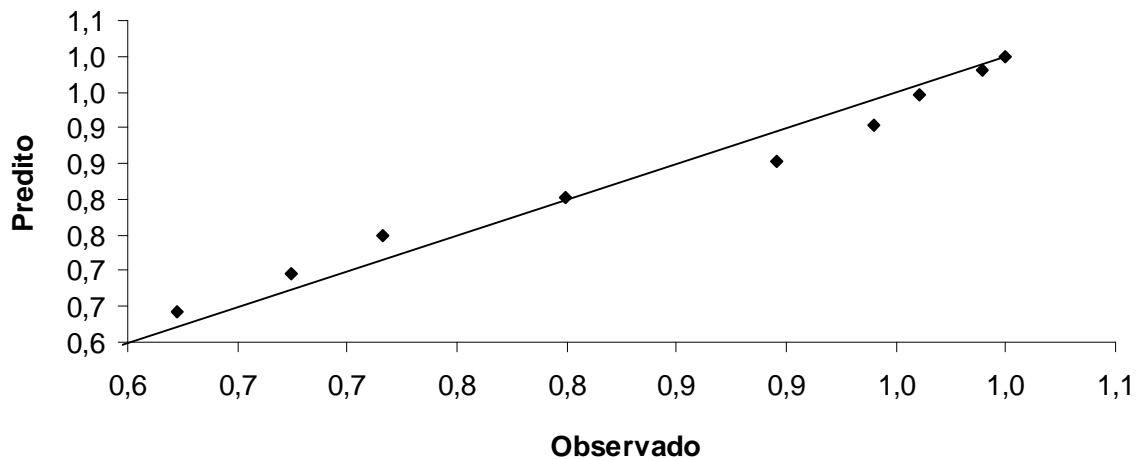


Figura 5.54. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 250°C

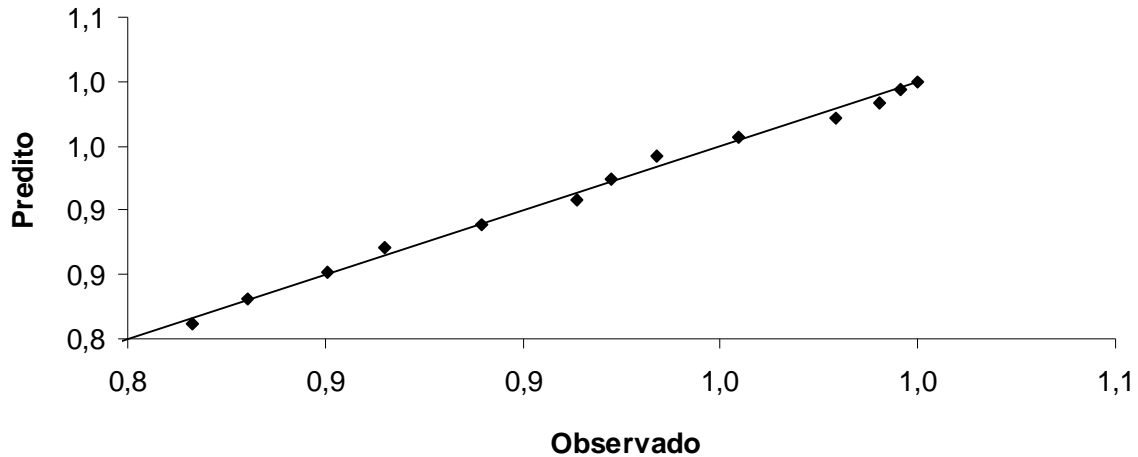


Figura 5.55. Valores preditos e observados do modelo de Page para perda de massa na torração a 300°C

Tentou-se introduzir o modelo de Arrhenius ( $\ln K \times 1/T$ ) para os dados obtidos a partir da equação de Page, contudo, sem uma boa correlação, provavelmente em função do intervalo entre as temperaturas estudadas.

### 5.10.3 Cor

Os valores das coordenadas cromatográficas representados na Figura 5.56 indicam que a luminosidade ( $L^*$ ) diminuiu ao longo da torração da amêndoa de baru a 150°C de 76,70 para 55,55. A intensidade das cores vermelho ( $a^*$ ) e amarelo ( $b^*$ ) aumentaram de 3,13 para 10,91 e de 16,49 para 21,18, respectivamente, apresentando uma variação total de cores ( $\Delta E$ ) de 23,01 após 70 minutos de torração, ilustrado na Figura 5.57. As tabelas com os valores médios e seus respectivos desvios padrão estão em anexo (ANEXO 4).

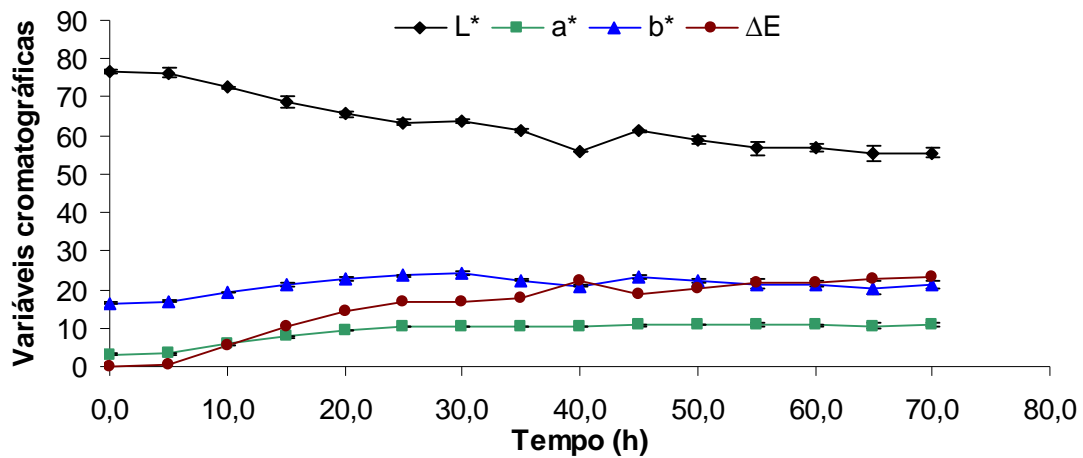


Figura 5.56. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 150°C.



Figura 5.57. Variação de cor de amêndoas de baru torradas a 150°C.

As amêndoas de baru torradas a 175°C apresentaram uma redução da luminosidade ( $L^*$ ) até 48,81 (Figura 5.58). Já as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  aumentaram ao longo do processo, atingindo, respectivamente, picos de 11,65 em 20 minutos e 23,73 em 1 minuto; e diminuíram, chegando após 28 minutos a respectivamente 10,83 e 17,57, com diferença total de 28,95 (Figura 5.59).

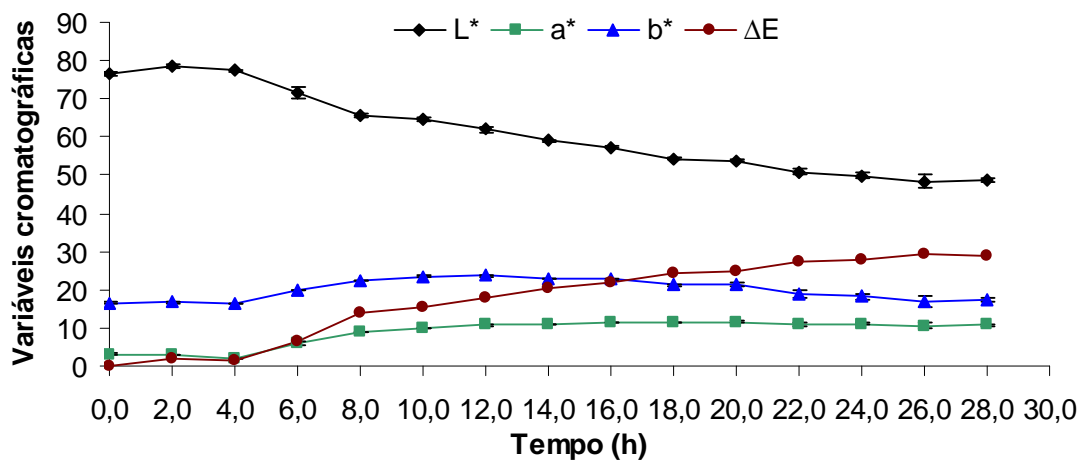


Figura 5.58. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 175°C.

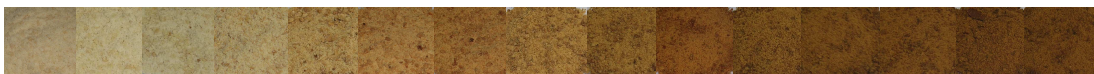


Figura 5.59. Variação de cor das amêndoas de baru torradas a 175°C.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A torração na temperatura de 200°C reduziu a luminosidade ( $L^*$ ) até 42,52 após 16 minutos, conforme os dados apresentados na Figura 5.60. Já as demais coordenadas apresentaram o mesmo comportamento do ensaio anterior, sendo que a coordenada  $a^*$  atingiu o pico de 11,56 em 11 minutos e final de 9,04; e  $b^*$  apresentou o valor máximo (23,94) em 7 minutos, com o final de 12,05. Já a diferença total ( $\Delta E$ ) atingiu o valor final de 34,97, como ilustrado na Figura 5.61.

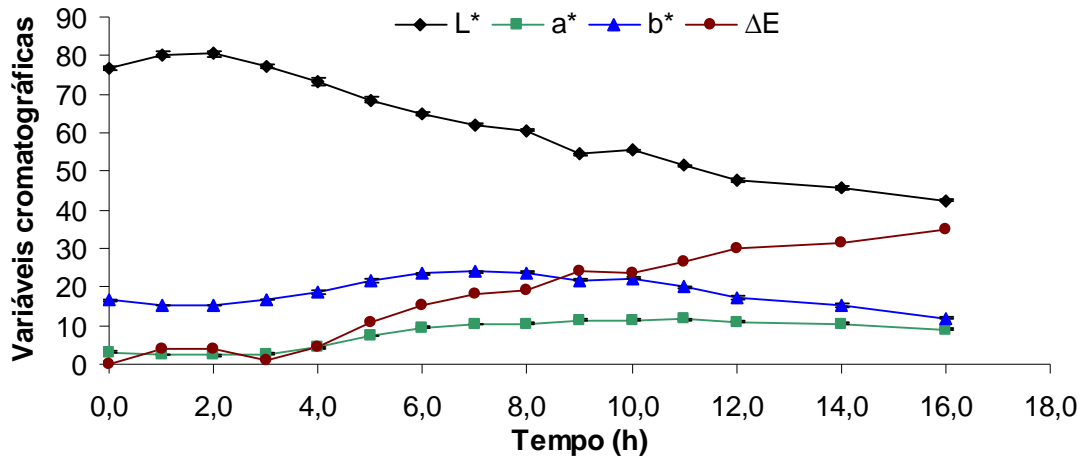


Figura 5.60. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 200°C.

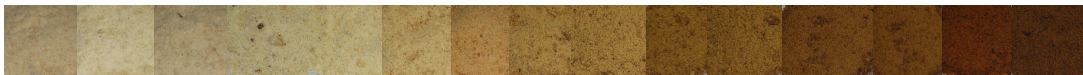


Figura 5.61. Variação de cor das amêndoas de baru torradas a 200°C.

A torração a 250°C durou somente 7 minutos, reduzindo o  $L^*$  até 41,45 (Figura 5.62). Já a coordenada  $a^*$  atingiu o pico de 10,06 em 5 minutos com o resultado final de 7,48; e  $b^*$ , 22,70 em 4 minutos, com o final de 10,12; sendo a diferença total na ordem de 36,08, ilustrado pela Figura 5.63.

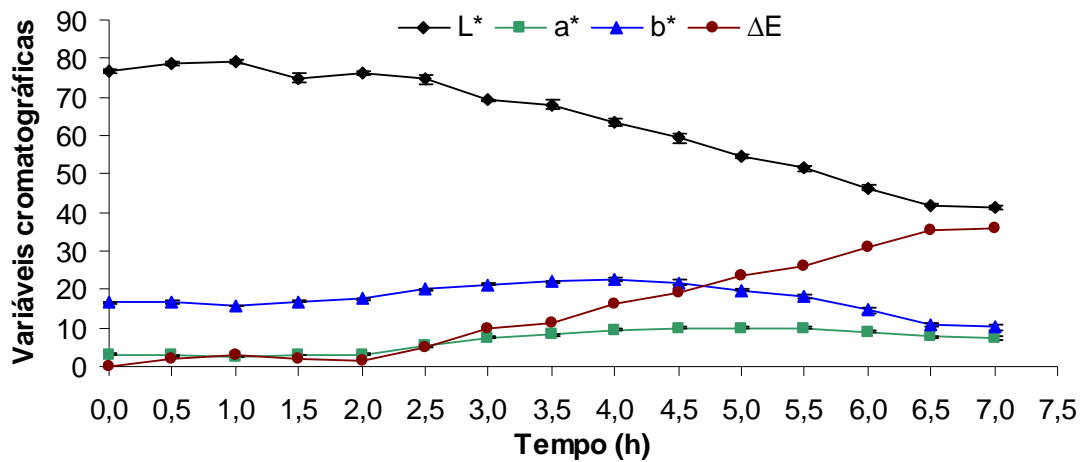


Figura 5.62. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 250°C.



Figura 5.63. Variação de cor das amêndoas de baru torradas a 250°C.

Os dados apresentados na Figura 5.64 indicam que a luminosidade ( $L^*$ ) diminuiu ao longo da torração da amêndoa de baru a 300°C para 33,84, tendendo ao preto, como pode ser observado na Figura 5.65. A intensidade das cores vermelho ( $a^*$ ) e amarelo ( $b^*$ ) atingiram os picos máximos de 9,26 (3 minutos) e 21,79 (2,5 minutos), respectivamente. Porém, ao final de 6 minutos de torração, estes valores tenderam a zero, que representa a cor cinza, apresentando o maior  $\Delta E$  (45,63) dentre as temperaturas estudadas.

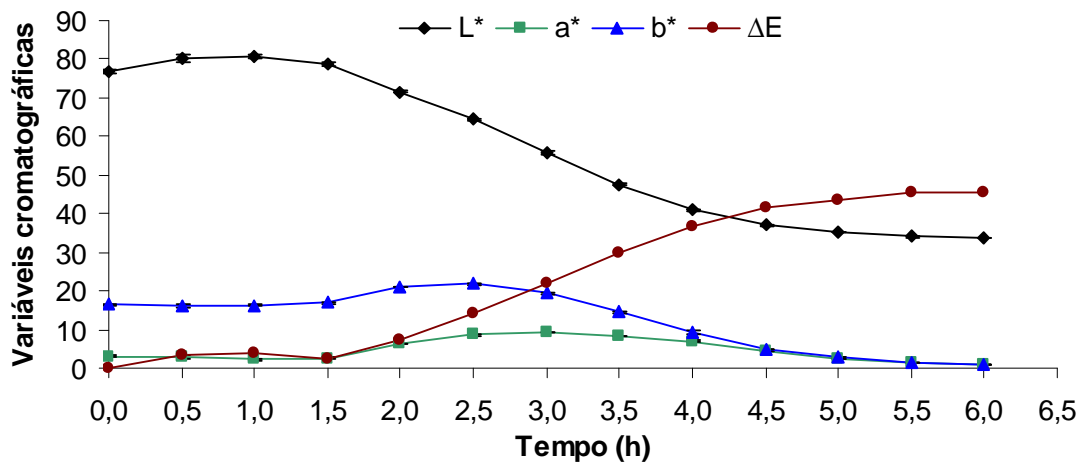


Figura 5.64. Variação das coordenadas cromatográficas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru durante a torração a 300°C.



Figura 5.65. Variação de cor das amêndoas de baru torradas a 300°C.

Nos binômios temperatura/tempo de torra (150°C/20-30min, 175°C/10-20min, 200°C/5-10min, 250°C/3-5min e 300°C/2-3min), as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  determinadas para a amêndoa de baru, apresentaram uma faixa média de 58,50 a 64,30, 8,09 a 11,00 e 20,71 a 23,54, respectivamente. Moura et al. (2007) reportaram para café torrado  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  na faixa de 31,64 a 33,97, 8,32 a 8,69, 7,28 a 10,92, respectivamente. Yeh et al. (2002) reportaram para amendoim cru  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de 55,79, 12,18 e 40,66, respectivamente. Wall & Gentry (2007) que avaliaram a luminosidade ( $L^*$ ) de amêndoas de macadâmia crua, seca e torrada, reportaram as faixas de 87,50 a 90,03, 83,27 a 85,40 e 80,65 a 84,58, respectivamente, superiores aos valores encontrados para a amêndoa de baru.

Conforme os resultados cinéticos representados na Figura 5.66, a diferença total de cor ( $\Delta E$ ) das amêndoas torradas em distintas temperaturas em relação à amêndoa *in natura* ocorreu mais rapidamente, e com maior intensidade, com o aumento da temperatura.

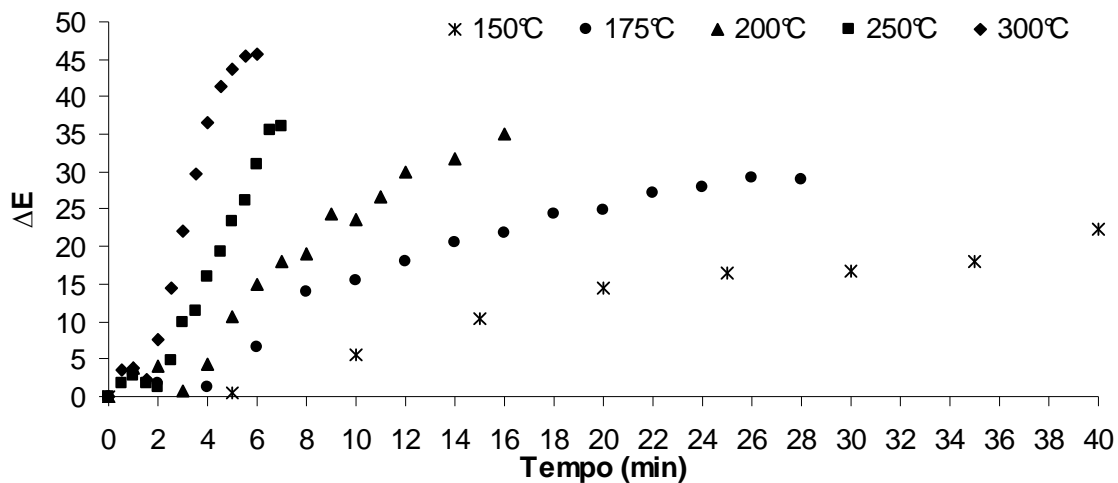


Figura 5.66. Cinética da diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de amêndoas de baru torradas em temperaturas distintas.

Foi observado também que, nos binômios temperatura/tempo de torra escolhidos (150°C/20-30min, 175°C/10-20min, 200°C/5-10min, 250°C/3-5min e 300°C/2-3min), a inclinação da curva é acentuada, ou seja, é aumentada a diferença



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

de cor ( $\Delta E$ ) em relação a amêndoa *in natura*, e corrobora o início da fase de pirólise, em função do aumento da perda de massa.

Com base nas curvas de diferença total de cor versus tempo, foram avaliados os modelos de Lewis, Henderson-Pabis e Page, aplicados na torra do café por França et al. (2002). A Tabela 5.20 apresenta os parâmetros para estes modelos, além dos respectivos  $R^2$ .

Tabela 5.20. Valores dos parâmetros dos modelos de diferença total de cor ( $\Delta E$ ) na torração de amêndoas de baru em distintas temperaturas e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Modelo de Lewis			
Temperatura (°C)	K		$R^2$
150,0	0,0354		0,9602
175,0	0,0609		0,9562
200,0	0,0551		0,9284
250,0	0,0521		0,8654
300,0	0,0994		0,8949
Modelo de Henderson e Pabis			
Temperatura (°C)	K	A	$R^2$
150,0	0,0378	1,0624	0,9724
175,0	0,0678	1,0950	0,9722
200,0	0,0622	1,0621	0,9472
250,0	0,0646	1,0585	0,9165
300,0	0,0646	1,0585	0,9292
Modelo de Page			
Temperatura (°C)	K	n	$R^2$
150,0	0,0258	1,0937	0,9628
175,0	0,0257	1,3179	0,9808
200,0	0,0228	1,3896	0,9668
250,0	0,0115	1,9207	0,9881
300,0	0,0432	1,5829	0,9617

Onde: K, A e n = constantes.

Todos os modelos deram um bom ajuste, considerando os valores de  $R^2$ , porém, entre eles, o modelo de Page foi o que apresentou os melhores resultados. As figuras a seguir (Figura 5.67, Figura 5.68, Figura 5.69, Figura 5.70 e Figura 5.71) apresentam os valores preditos e observados para o modelo de Page em relação à diferença de cor para as temperaturas estudadas.

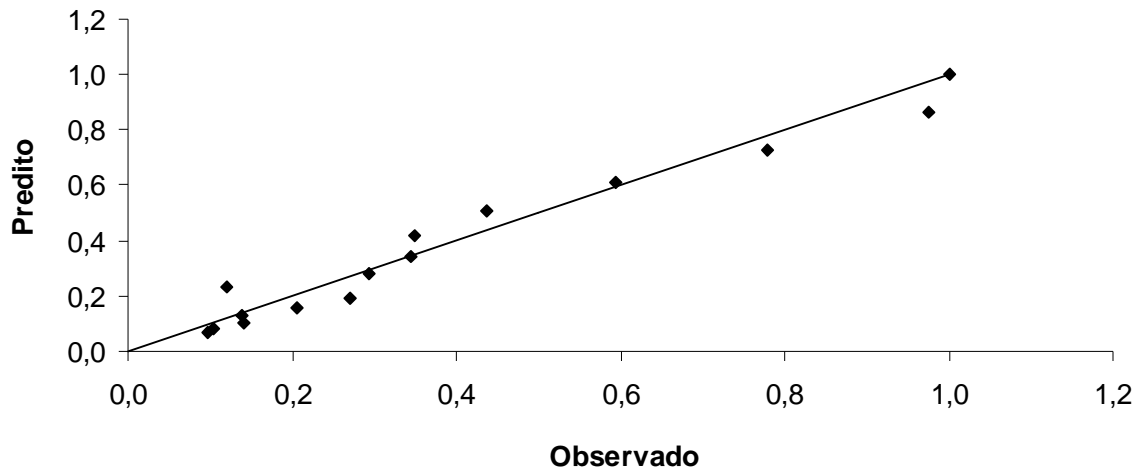


Figura 5.67. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 150°C.

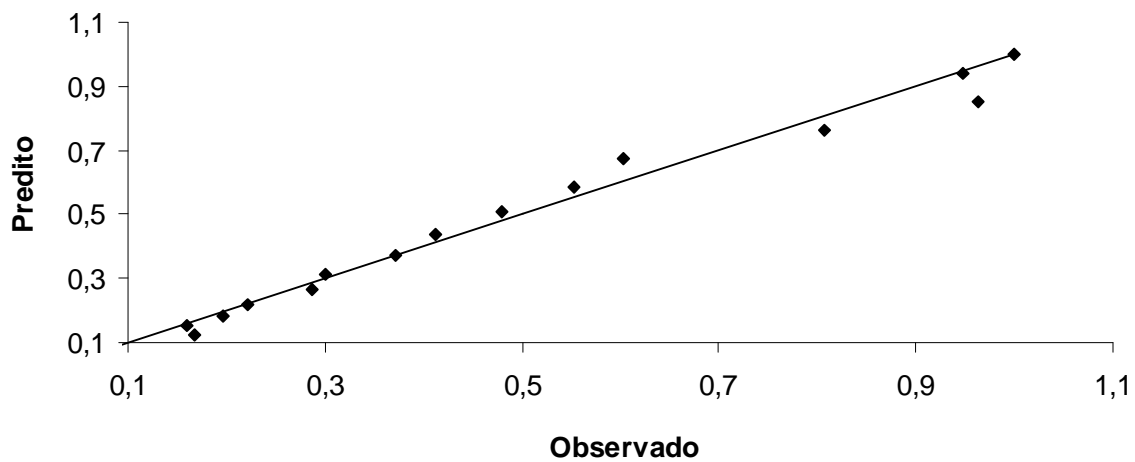


Figura 5.68. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 175°C.

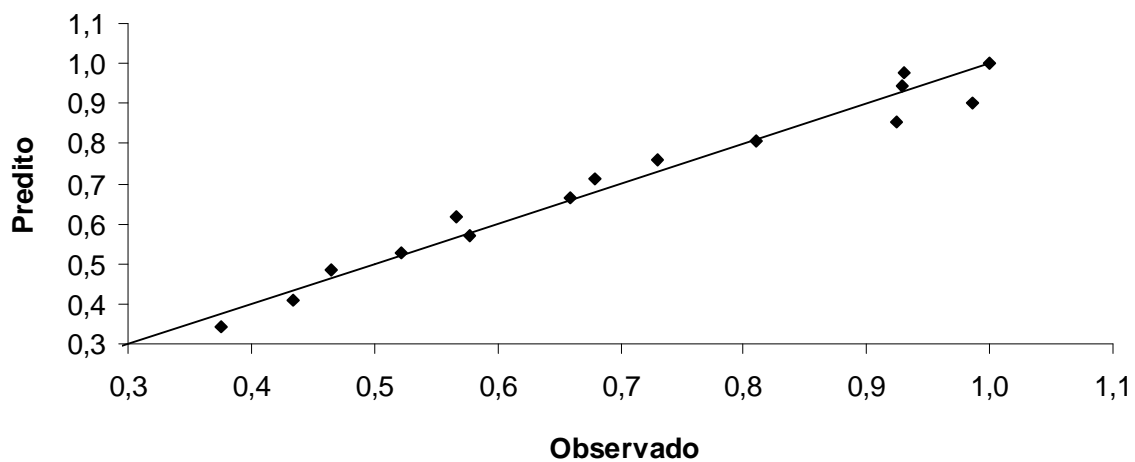


Figura 5.69. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 200°C.

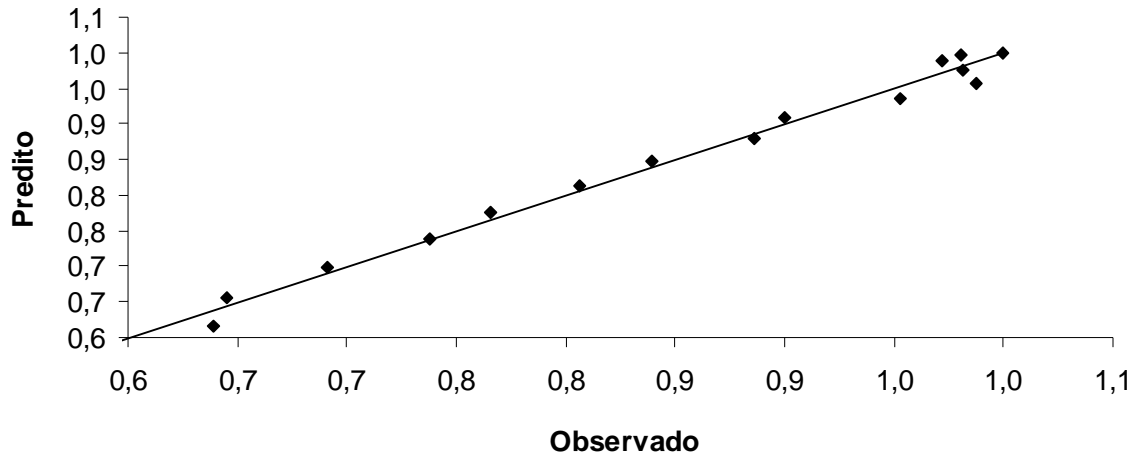


Figura 5.70. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 250°C.

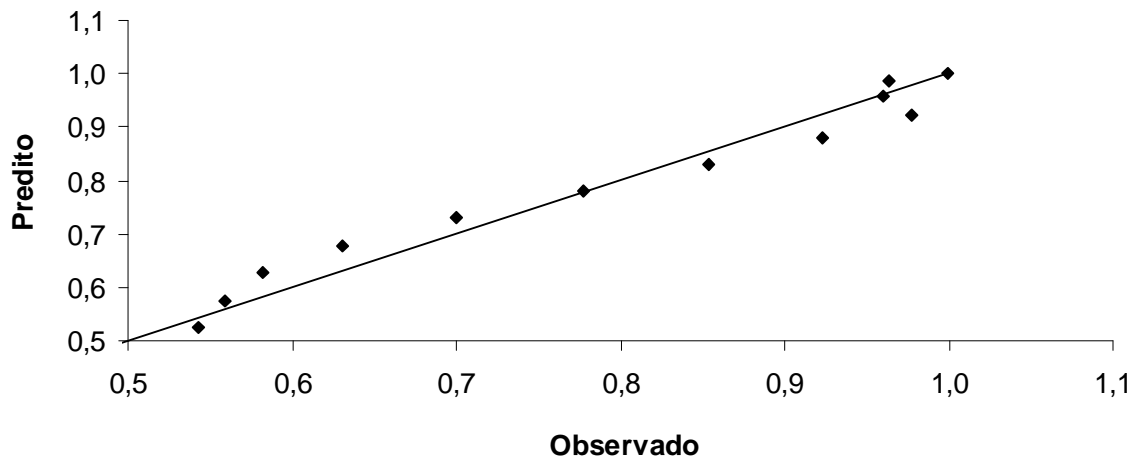


Figura 5.71. Valores preditos e observados do modelo de Page para diferença total de cor na torração a 300°C.

Tentou-se introduzir o modelo de Arrhenius ( $\ln K \times 1/T$ ) para os dados obtidos a partir da equação de Page, contudo, sem uma boa correlação, principalmente para a temperatura de 300°C, provavelmente em função dos efeitos da pirólise.

#### 5.10.4 Textura

As curvas típicas obtidas são ilustradas pela curva típica da relação força-deformação (Figura 5.72). Como o intuito deste experimento era simular a mastigação e determinar a força máxima que um consumidor faria ao comprimir a amêndoa pelos dentes posteriores, a deformação não foi determinada.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras a seguir (Figura 5.73, Figura 5.74, Figura 5.75, Figura 5.76 e Figura 5.77) apresentam a média da força máxima das amêndoas versus tempo para os ensaios de compressão das torrações realizadas.

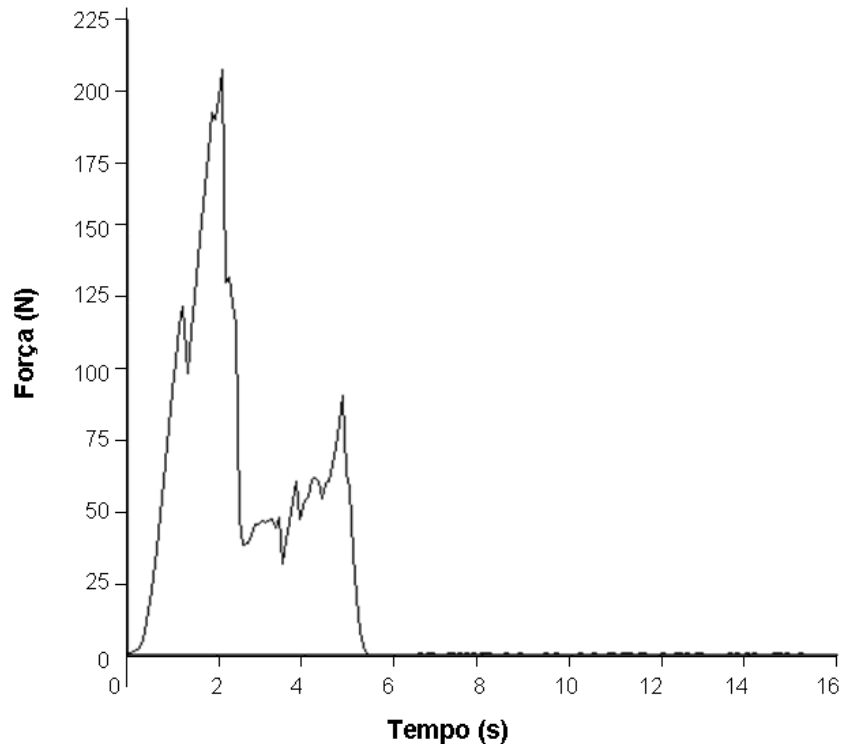


Figura 5.72. Curva força-deformação característica dos ensaios de compressão de amêndoas de baru.

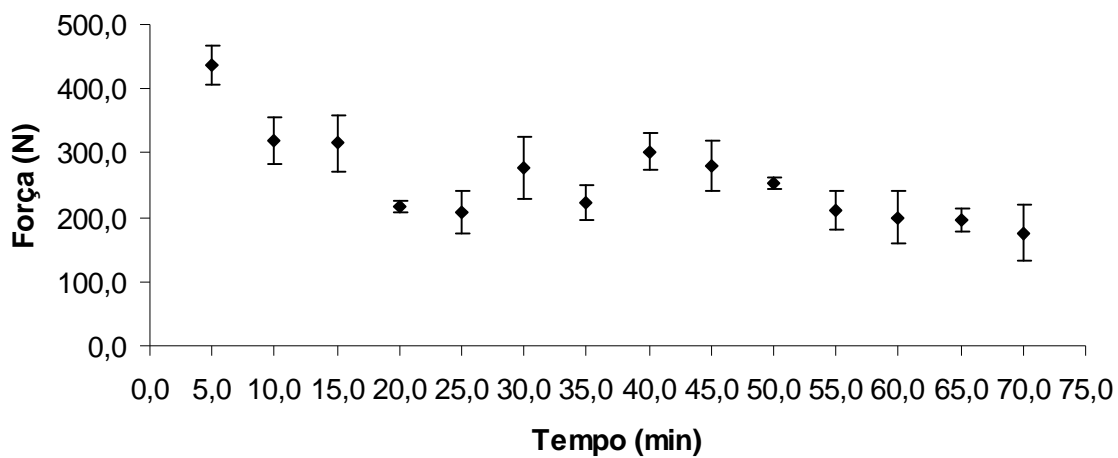


Figura 5.73. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 150°C

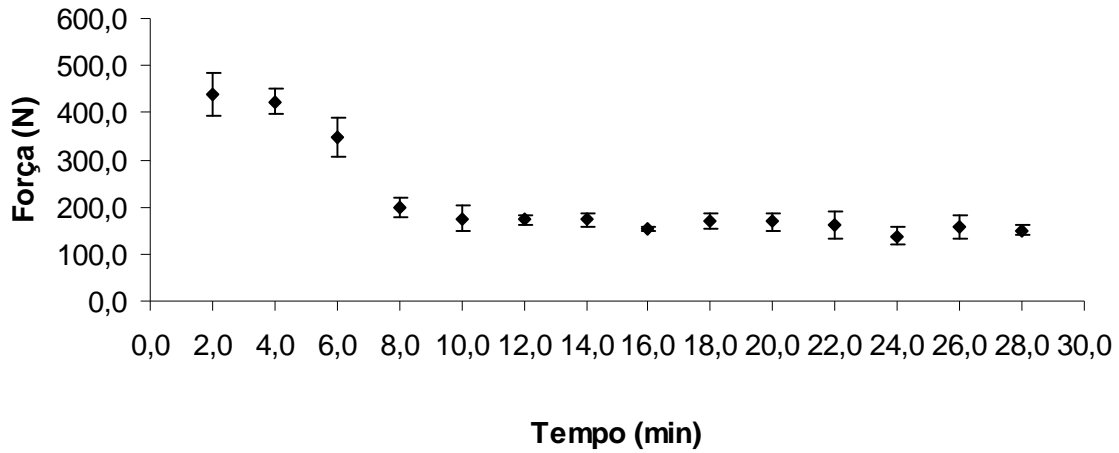


Figura 5.74. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 175°C

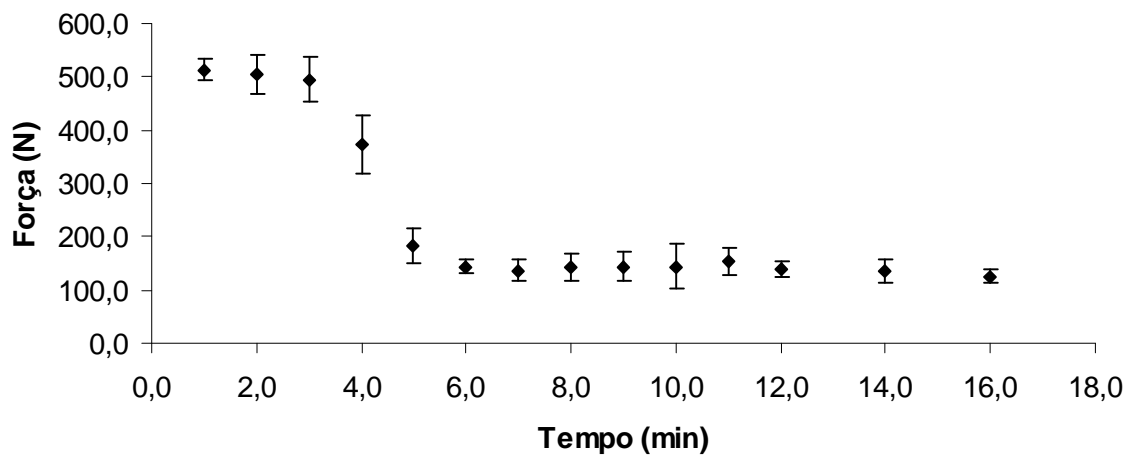


Figura 5.75. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 200°C

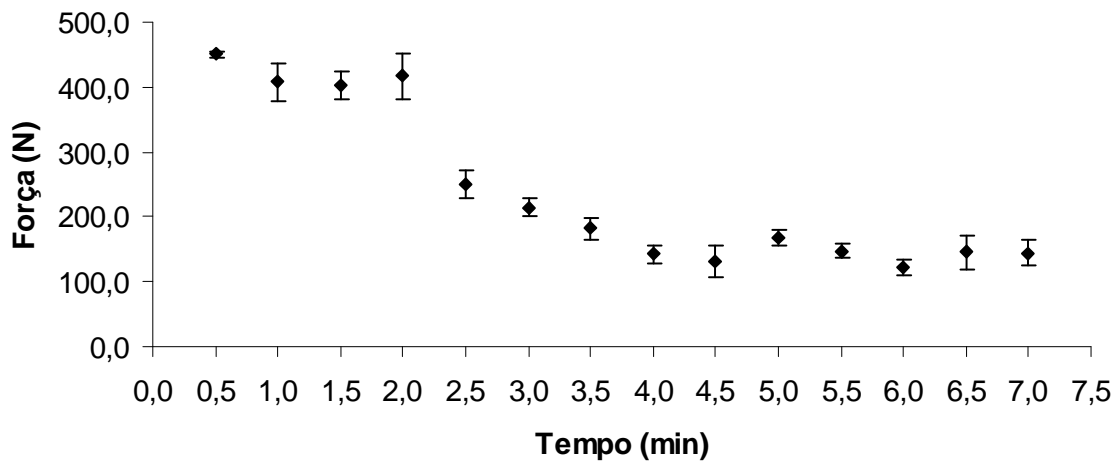


Figura 5.76. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 250°C

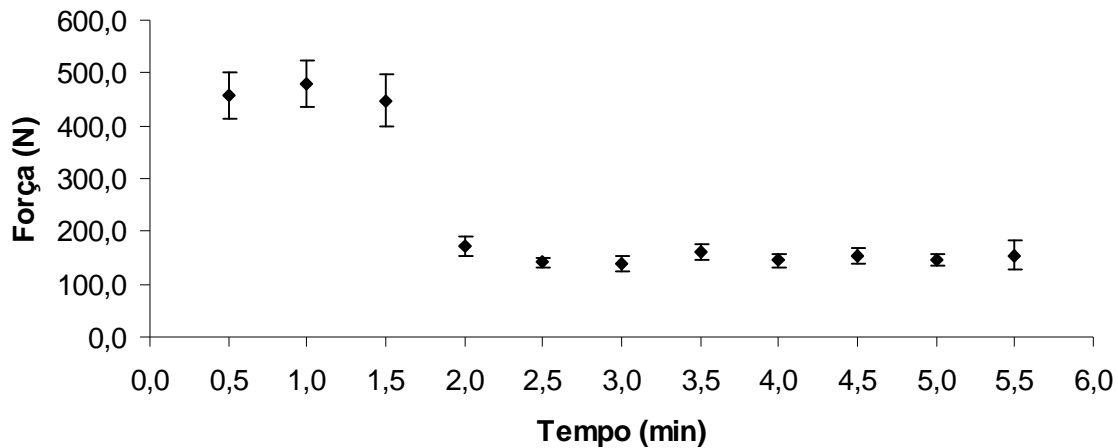


Figura 5.77. Variação da força máxima de compressão durante a torração a 300°C

Os resultados mostram que nos tempos 20, 8, 5, 2,5 e 2 minutos nas temperaturas de 150, 175, 200, 250 e 300°C, respectivamente, houve um decréscimo da força máxima de compressão, que passa da faixa de 400-500 N para aproximadamente 200 N, sugerindo que a água eliminada na fase inicial da torração (fase de secagem) influencia diretamente na textura da amêndoa.

Nos binômios temperatura/tempo de torra (150°C/20-30min, 175°C/10-20min, 200°C/5-10min, 250°C/3-5min e 300°C/2-3min), observou-se, além da proximidade do ponto de diminuição repentina de força, a formação da cor e aroma característico.

Resende et al. (2007) encontraram para o feijão com o teor de umidade (b.s.) 0,3%, submetido a aplicação de força na mesma orientação que a amêndoa de baru com deformação final de 0,002m, aproximadamente 40 N. Silva (2005) encontrou 9,86 N para a macadâmia seca com teor de umidade (b.s.) de 1,5%; e Delalibera et al. (2008) encontraram 415,31 N para milho com 16% de teor de umidade (b.s.); contudo, ambos aplicaram métodos diferentes deste trabalho (teste de penetração).

### 5.10.5 Remoção de película

No primeiro momento foram determinadas as proporções de amêndoas com 100% de película aderida (+), com 50% de película (±) e sem película (-) na

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

saída do torrador nos processos de torra a 150, 175 e 250°C. Os resultados estão apresentados nas figuras a seguir (Figura 5.78, Figura 5.79 e Figura 5.80).

Como pode ser observado, o processo de torra nas temperaturas de 150, 175 e 250°C não retira as películas das amêndoas, com um sucesso parcial no processo a 250°C.

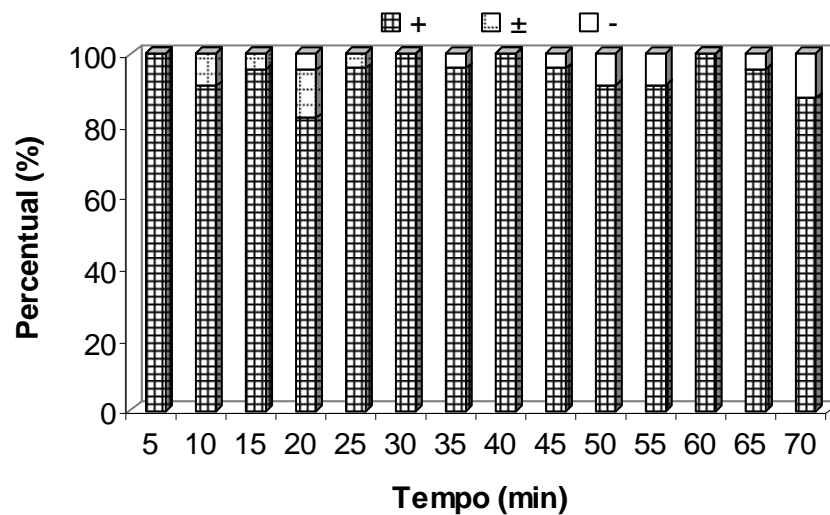


Figura 5.78. Proporção de amêndoas com 100% de película aderida (+), com 50% de película (±) e sem película (-) no processo de torra a 150°C.

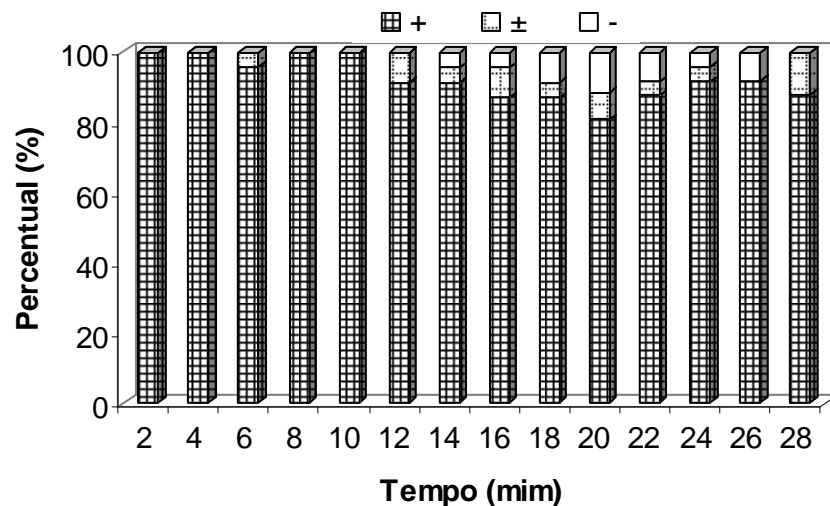


Figura 5.79. Proporção de amêndoas com 100% de película aderida (+), com 50% de película (±) e sem película (-) no processo de torra a 175°C.

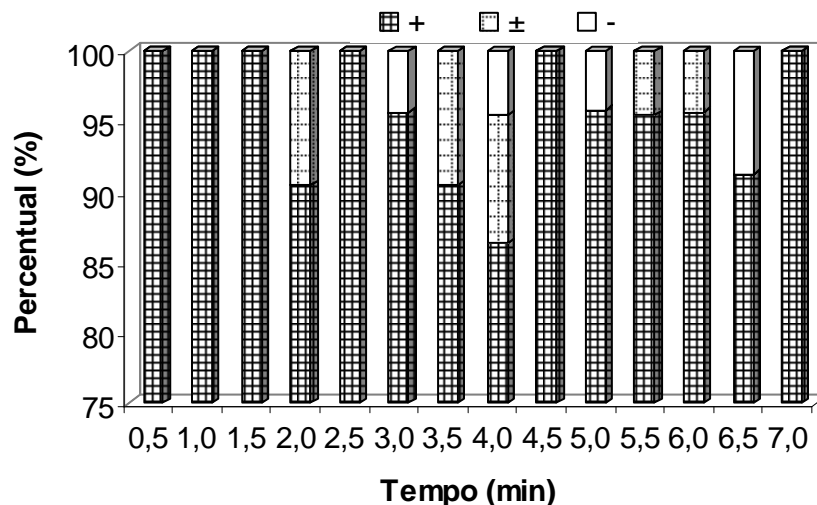


Figura 5.80. Proporção de amêndoas 100% de película aderida (+), com 50% de película (±) e sem película (-) no processo de torra a 250°C.

No segundo momento, após o resfriamento das amêndoas submetidas aos processos de torra a 150, 175 e 250°C, foi avaliada a proporção de amêndoa com muita facilidade na remoção da película (+), média facilidade na remoção da película (±) e película muito aderida (-). Os resultados estão apresentados nas figuras a seguir (Figura 5.81, Figura 5.82 e Figura 5.83).

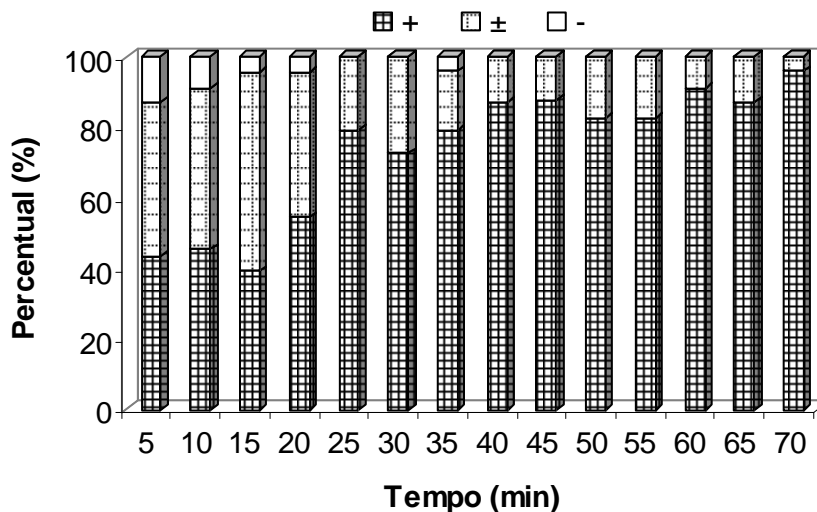


Figura 5.81. Proporção de amêndoas no processo de torra a 150°C com muita facilidade na remoção da película (+), média facilidade na remoção da película (±) e película muito aderida (-).



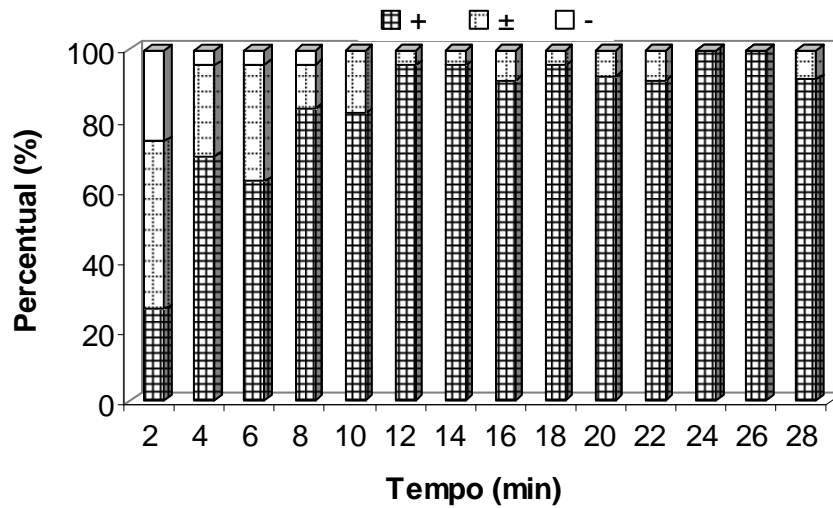


Figura 5.82. Proporção de amêndoas no processo de torra a 175°C com muita facilidade na remoção da película (+), média facilidade na remoção da película (±) e película muito aderida (-).

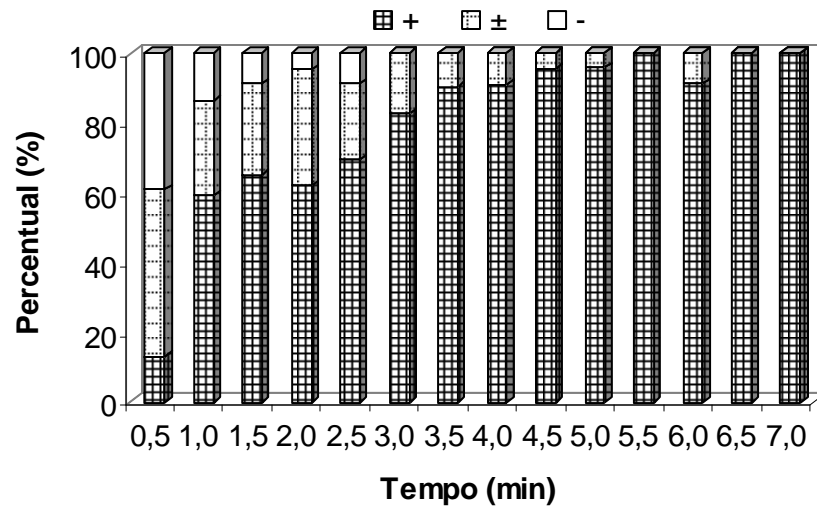


Figura 5.83. Proporção de amêndoas no processo de torra a 250°C com muita facilidade na remoção da película (+), média facilidade na remoção da película (±) e película muito aderida (-).

Foi observado nos binômios temperatura/tempo de torra (175°C/10-20min e 250°C/3-5min), facilidade de remoção da película, na ordem de 80 a 95%. Através destes resultados, pode-se sugerir que a remoção mecânica das películas das amêndoas de baru seja eficiente.

5.11 Análise sensorial da amêndoa de baru torrada

Inicialmente, foi avaliada a aceitação de amêndoas de baru torradas a 175°C em diferentes graus de torra (8, 10, 12, 14 e 16 minutos) seguindo as escalas de 1 a 9 para cor, aroma, sabor, textura e aparência global, e de 1 a 5 para intenção de compra. Em Goiânia (GO), onde 37% dos provadores (consumidores de castanhas, nozes e amendoim) já conheciam o fruto ou a amêndoa como petiscos, apesar do aroma e da textura (Tabela 5.21) não apresentarem diferença significativa entre os distintos graus de torra ( $p \leq 0,05$ ) e da proximidade dos valores médios das amostras torradas por 10 e 12 minutos, a amostra torrada por 10 minutos, em geral, se destacou nos atributos avaliados (Figura 5.84).

Tabela 5.21. Média e desvio padrão dos atributos avaliados em Goiânia (GO) para amêndoas de baru torradas a 175°C por tempos (t) diferentes.

T (min)	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Aparência Global	Intenção de Compra
8	6,8 ± 1,6 <sub>ab</sub>	6,4 ± 1,3 <sub>a</sub>	6,7 ± 1,5 <sub>abc</sub>	6,5 ± 1,7 <sub>a</sub>	6,8 ± 1,2 <sub>ab</sub>	3,6 ± 1,0 <sub>ab</sub>
10	7,3 ± 1,1 <sub>a</sub>	6,7 ± 1,5 <sub>a</sub>	7,2 ± 1,5 <sub>a</sub>	7,1 ± 1,5 <sub>a</sub>	7,2 ± 1,2 <sub>a</sub>	3,8 ± 1,0 <sub>a</sub>
12	6,9 ± 1,3 <sub>ab</sub>	6,7 ± 1,5 <sub>a</sub>	6,9 ± 1,6 <sub>ab</sub>	6,8 ± 1,6 <sub>a</sub>	7,1 ± 1,3 <sub>a</sub>	3,8 ± 0,9 <sub>a</sub>
14	6,5 ± 1,8 <sub>ab</sub>	6,4 ± 1,6 <sub>a</sub>	6,1 ± 1,9 <sub>bc</sub>	6,5 ± 1,8 <sub>a</sub>	6,7 ± 1,5 <sub>ab</sub>	3,3 ± 1,2 <sub>ab</sub>
16	6,1 ± 2,0 <sub>b</sub>	6,2 ± 1,8 <sub>a</sub>	5,9 ± 2,2 <sub>c</sub>	6,2 ± 2,2 <sub>a</sub>	6,2 ± 2,0 <sub>b</sub>	3,0 ± 1,2 <sub>b</sub>

Onde: Todos os valores com a mesma letra, numa mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

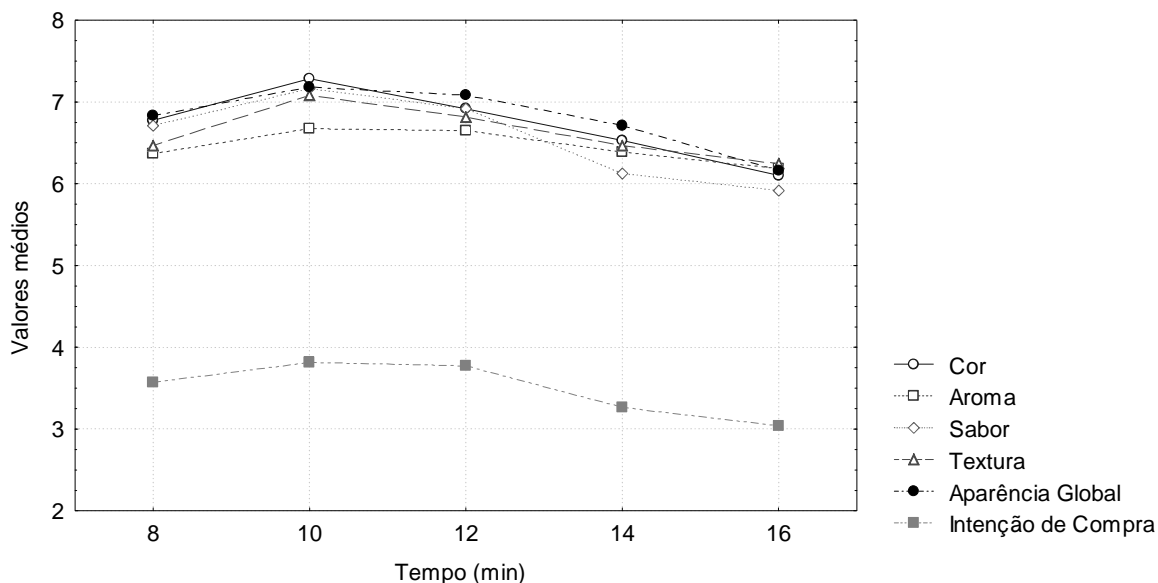


Figura 5.84. Valores médios dos atributos avaliados em Goiânia (GO) para a aceitação de amêndoas de baru torradas a 175°C em diferentes graus de torra.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em Campinas (SP), onde 28% dos provadores já conheciam o baru (a maioria por intermédio do autor desta tese), de acordo com a Tabela 5.22, a textura também não apresentou diferença significativa entre os distintos graus de torra ( $p \leq 0,05$ ). Apesar da amostra torrada por 8 minutos não apresentar diferença significativa com a amostra torrada por 10 minutos nos atributos avaliados (Figura 5.85), a última, em geral, apresentou valores médios superiores.

Tabela 5.22. Média e desvio padrão dos atributos avaliados em Campinas (SP) para amêndoas de baru torradas a 175°C por tempos (t) diferentes.

t (min)	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Aparência Global	Intenção de Compra
8	7,2 ± 1,6 <sub>ab</sub>	6,7 ± 1,4 <sub>a</sub>	7,0 ± 1,4 <sub>a</sub>	6,6 ± 1,4 <sub>a</sub>	7,1 ± 1,2 <sub>a</sub>	3,7 ± 1,1 <sub>a</sub>
10	7,3 ± 1,0 <sub>a</sub>	6,8 ± 1,6 <sub>a</sub>	7,0 ± 1,4 <sub>a</sub>	6,8 ± 1,8 <sub>a</sub>	7,0 ± 1,4 <sub>a</sub>	3,8 ± 1,2 <sub>a</sub>
12	6,5 ± 1,6 <sub>bc</sub>	6,5 ± 1,5 <sub>a</sub>	6,5 ± 1,4 <sub>ab</sub>	6,7 ± 1,5 <sub>a</sub>	6,6 ± 1,2 <sub>ab</sub>	3,5 ± 0,9 <sub>ab</sub>
14	5,6 ± 1,8 <sub>cd</sub>	6,3 ± 1,7 <sub>a</sub>	5,8 ± 1,7 <sub>bc</sub>	6,3 ± 1,9 <sub>a</sub>	5,9 ± 1,6 <sub>bc</sub>	3,1 ± 1,2 <sub>bc</sub>
16	4,8 ± 1,8 <sub>d</sub>	5,3 ± 2,0 <sub>a</sub>	5,2 ± 2,2 <sub>c</sub>	6,2 ± 2,0 <sub>a</sub>	5,4 ± 1,8 <sub>c</sub>	2,7 ± 1,2 <sub>c</sub>

Onde: Todos os valores com a mesma letra, numa mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

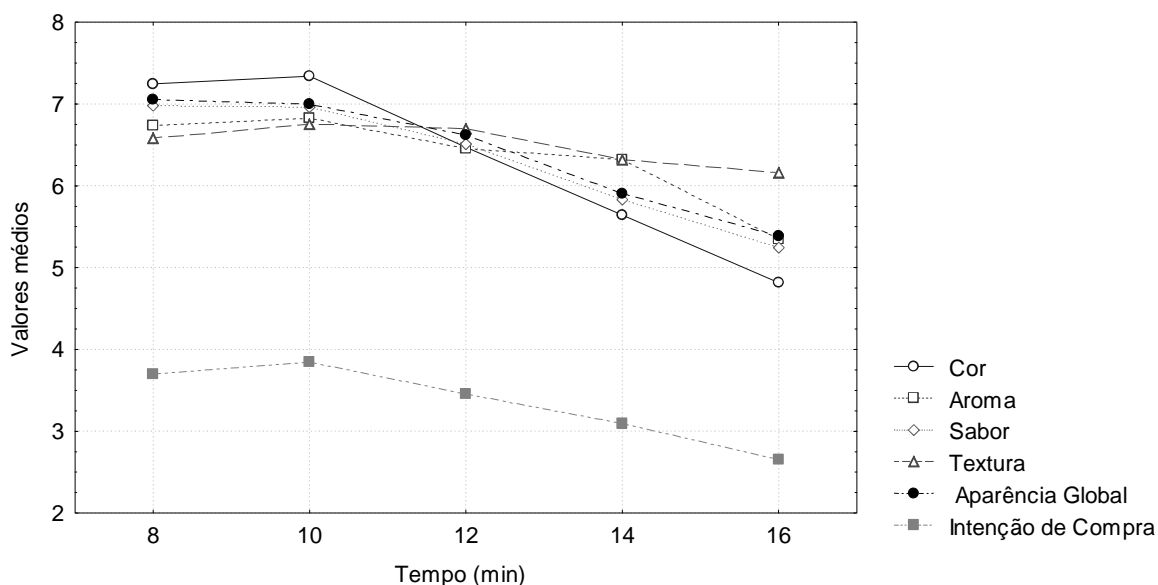


Figura 5.85. Valores médios dos atributos avaliados em Campinas (SP) para a aceitação de amêndoas de baru torradas a 175°C em distintos graus de torra.

Os consumidores em potencial provenientes de regiões distintas apresentaram opiniões de aceitação similares em relação ao grau de torra das amêndoas de baru, sendo as maiores médias para os atributos cor e sabor, influenciando na aparência global e intenção de compra.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se também que quanto maior o grau de torra da amêndoa de baru, menor é sua aceitação devido a desenvolvimento de cor escura e sabor amargo (queimado) em função de reações de pirólise. Conforme Melo (2004), o grau de torra do grão de café afeta diretamente o sabor da bebida, apresentando maior aceitação em graus intermediários, pois à medida que o grão se torna mais escuro, ocorre à carbonização de alguns componentes, acentuando o sabor de queimado.

Posteriormente, conhecendo-se o tempo de torra a 175°C com a maior aceitação, foi avaliada em Campinas (SP) a aceitação de amêndoas submetidas à diferentes binômios tempo/temperatura de torração (175°C/10min, 200°C/5min, 250°C/3min e 300°C/2min), correspondentes em função do teor de umidade (3%). As médias dos atributos para amêndoas torradas em diversas temperaturas estão apresentados na Tabela 5.23.

Tabela 5.23. Média e desvio padrão dos atributos avaliados em Campinas (SP) para amêndoas de baru correspondentes, torradas em distintos binômios tempo/temperatura (t/T).

t/T	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Aparência Global	Intenção de Compra
I	7,5 ± 1,6 <sub>a</sub>	6,7 ± 1,5 <sub>a</sub>	7,1 ± 1,6 <sub>a</sub>	7,0 ± 1,8 <sub>a</sub>	7,1 ± 1,5 <sub>a</sub>	4,3 ± 1,3 <sub>a</sub>
II	5,3 ± 1,8 <sub>b</sub>	5,5 ± 1,7 <sub>b</sub>	5,5 ± 1,8 <sub>b</sub>	6,2 ± 1,8 <sub>ab</sub>	5,5 ± 1,7 <sub>b</sub>	2,9 ± 1,3 <sub>b</sub>
III	4,7 ± 2,0 <sub>b</sub>	5,5 ± 2,0 <sub>b</sub>	5,7 ± 2,0 <sub>b</sub>	6,3 ± 1,7 <sub>ab</sub>	5,5 ± 1,7 <sub>b</sub>	2,8 ± 1,2 <sub>b</sub>
IV	3,6 ± 1,7 <sub>c</sub>	4,9 ± 2,1 <sub>b</sub>	4,9 ± 2,0 <sub>b</sub>	6,1 ± 1,9 <sub>b</sub>	4,7 ± 2,0 <sub>b</sub>	2,4 ± 1,2 <sub>b</sub>

Onde: t/T = binômio tempo/temperatura: I) 10min/175°C, II) 5min/200°C, III) 3min/250°C e IV) 2min/300°C; Todos os valores com a mesma letra, numa mesma coluna, não diferem significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ).

Observa-se que, dentre os binômios avaliados, a amostra torrada com menor temperatura por um tempo maior (175°C/10min) destacou-se significativamente ( $p \leq 0,05$ ) em todos os atributos analisados (Figura 5.86).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

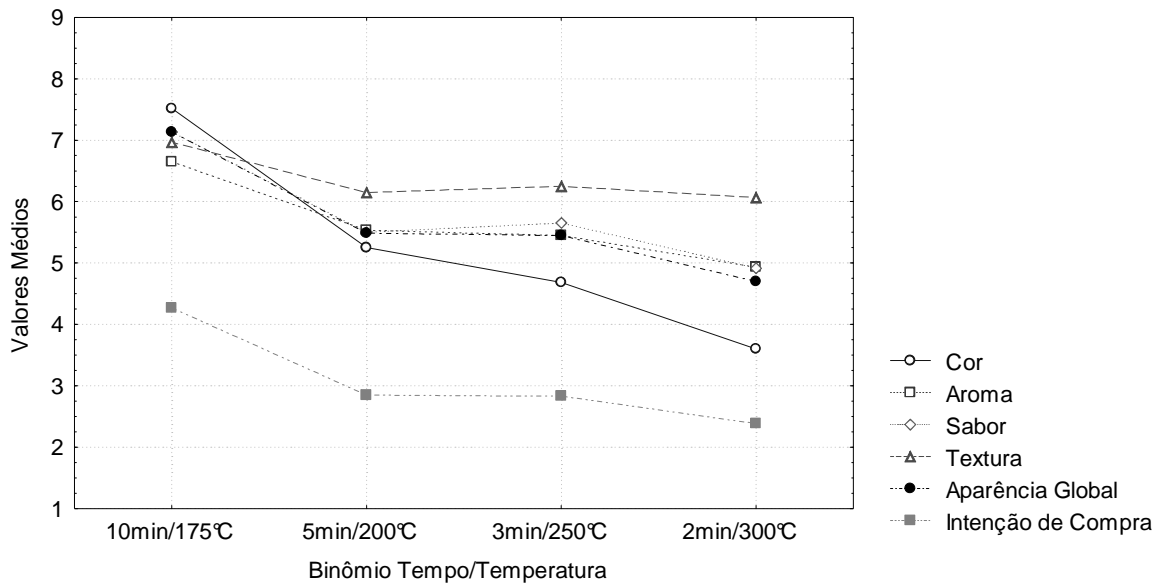






Figura 5.86. Valores médios dos atributos avaliados em Campinas (SP) para a aceitação de amêndoas de baru correspondentes, torradas em distintos binômios tempo/temperatura.

Correlacionando estes resultados com os resultados dos ensaios de torração, o ponto de torra de maior aceitação (10min/175°C) apresentou as maiores médias para perda de massa (4,9%) e para a diferença total de cor ( $\Delta E = 15,6$ ) dentre os binômios tempo/temperatura avaliados na análise sensorial, apesar das amostras serem correspondentes em função do teor de umidade (3%). A textura neste ponto (175,6 N) foi inferior às amostras torradas a 200 e 250°C (182,9 e 214,7, respectivamente) e superior a amêndoa torrada a 300°C (172,4 N).

Adotando o binômio (10min/175°C) de maior aceitação como um padrão de torração, as tabelas a seguir (Tabela 5.24, Tabela 5.25 e Tabela 5.26) apresentam as médias dos parâmetros do ensaio de torração para processos correspondentes em função dos parâmetros perda de massa, diferença total de cor e força máxima de compressão, respectivamente. Estas indicam, em função dos coeficientes de variação, que no geral, o processo controlado pela cor possa ser eficiente. Contudo novas análises sensoriais devem ser realizadas para corroborar esta hipótese. As cores mostradas são representações das cores da torra real e podem sofrer alterações conforme o tipo de impressão.





## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 5.24. Valores médios de perda de massa (%), diferença total de cor ( $\Delta E$ ), cor do grau de torra e força máxima de compressão (N) para a torração de amêndoas de baru em distintos binômios tempo/temperatura, correspondentes em função da perda de massa (%).

Binômio Tempo/Temperatura	Perda de massa (%)	$\Delta E$	Cor	Força Média (N)
10min/175°C	4,95	15,57		175,64
5min/200°C	4,49	10,59		182,86
3min/250°C	4,83	9,99		214,75
2min/300°C	4,54	7,57		172,37
<b>Média</b>	<b>4,70</b>	<b>10,93</b>		<b>186,40</b>
<b>CV (%)</b>	<b>4,73</b>	<b>30,73</b>		<b>10,41</b>

Onde: CV = coeficiente de variação (%).





Tabela 5.25. Valores médios de perda de massa (%), diferença total de cor ( $\Delta E$ ), cor do grau de torra e força máxima de compressão (N) para a torração de amêndoas de baru em distintos binômios tempo/temperatura, correspondentes em função da diferença total de cor ( $\Delta E$ ).

Binômio Tempo/Temperatura	Perda de massa (%)	$\Delta E$	Cor	Força Média (N)
10min/175°C	4,9	15,57		175,64
6min/200°C	5,4	15,08		144,39
4min/250°C	6,4	16,09		142,25
2,5min/300°C	6,6	14,43		141,06
<b>Média</b>	<b>5,84</b>	<b>15,29</b>		<b>150,83</b>
<b>CV (%)</b>	<b>13,66</b>	<b>4,63</b>		<b>11,00</b>

Onde: CV = coeficiente de variação (%).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 5.26. Valores médios de perda de massa (%), diferença total de cor ( $\Delta E$ ), cor do grau de torra e força máxima de compressão (N) para a torração de amêndoas de baru em distintos binômios tempo/temperatura, correspondentes em função da força máxima de compressão (N).

<b>Binômio Tempo/Temperatura</b>	<b>Perda de massa (%)</b>	<b><math>\Delta E</math></b>	<b>Cor</b>	<b>Força Média (N)</b>
10min/175°C	4,95	15,57		175,64
5min/200°C	4,49	10,59		182,86
3,5min/250°C	5,53	11,42		181,58
2min/300°C	4,54	7,57		172,37
<b>Média</b>	<b>4,88</b>	<b>11,29</b>		<b>178,11</b>
<b>CV (%)</b>	<b>9,89</b>	<b>29,24</b>		<b>2,78</b>

Onde: CV = coeficiente de variação (%).

### 5.12 Capacidade antioxidante *in vitro* da polpa e da amêndoa

Os valores obtidos para os padrões analisados (catequina, ácido clorogênico, quercetina e ácido gálico), apresentados na Tabela 5.27, foram similares aos valores médios encontrados por Dávalos et al. (2004) para catequina, ácido clorogênico e quercetina,  $10,5 \pm 0,4$ ,  $5,70 \pm 0,15$  e  $10,5 \pm 0,4$   $\mu\text{mol Trolox Equivalente}/\mu\text{mol padrão}$ , respectivamente.

Tabela 5.27. Valores obtidos no ensaio de ORAC para os padrões analisados.

<b>Padrões</b>	<b>ORAC (<math>\mu\text{mol TE}/\mu\text{mol padrão}</math>)</b>
Catequina	16,83
Ácido clorogênico	5,4
Quercetina	7,79
Ácido gálico	2,07

Todas as amostras analisadas apresentaram proteção antioxidante contra os radicais peróxidos. Os valores de ORAC-hidrofílico das amêndoas *in natura* (com casca e sem casca) e torradas em distintas temperaturas apresentaram variação de 4,29 a 5,45  $\mu\text{mol Trolox Equivalente}/\text{g}$  de amostra (Tabela 5.28). As

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

amostras não apresentaram diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ), indicando que as operações de remoção da película e de torração (em graus de torra correspondentes em função da perda de massa) não alteraram a capacidade antioxidante das amêndoas.

Tabela 5.28. Média e desvio padrão dos valores de ORAC-hidrofílico de amêndoa de baru *in natura* e torradas em distintos binômios tempo/temperatura.

Amêndoa de baru	ORAC ( $\mu\text{mol TE/g}$ )
<i>in natura</i> com casca	4,98 $\pm$ 0,83
<i>in natura</i> sem casca	4,49 $\pm$ 0,36
torrada à 150°C por 20min	5,45 $\pm$ 0,16
torrada à 175°C por 10min	5,38 $\pm$ 0,87
torrada à 200°C por 5min	4,29 $\pm$ 0,46
torrada à 250°C por 3min	5,39 $\pm$ 0,03
torrada à 300°C por 2min	4,47 $\pm$ 0,44

Os valores de ORAC-hidrofílico para as amêndoas de baru foram similares a castanha do Brasil ( $8,62 \pm 2,06$ ) e inferiores às demais amêndoas e ao amendoim, estudados por Wu et al. (2004), conforme o Quadro 5.1.

Quadro 5.1. Média e desvio padrão dos valores de ORAC-hidrofílico de amêndoas e amendoim.

Amostras estudadas	ORAC ( $\mu\text{mol TE / g}$ )
Nozes ( <i>Prunus</i> spp.)	42,82 $\pm$ 8,71
Castanha do Brasil ( <i>Bertholletia excelsa</i> )	8,62 $\pm$ 2,06
Castanha de Caju ( <i>Anacardium occidentale</i> )	15,23 $\pm$ 2,04
Avelã ( <i>Corylus avellana</i> )	92,75 $\pm$ 17,78
Macadamia ( <i>Macadamiaspp.</i> )	14,43 $\pm$ 2,31
Pistache ( <i>Pistácia vera</i> )	75,57 $\pm$ 10,50
Amendoim ( <i>Arachis hypogaea</i> )	28,93 $\pm$ 2,36

Fonte: Wu et al. (2004).

A capacidade antioxidante, além de indicar o potencial em aplicações para atender o nicho de mercado de alimentos funcionais, pode influenciar no aumento da vida útil evitando possíveis reações oxidativas que alterem a qualidade das amêndoas.

Dentre os valores médios obtidos para polpa *in natura* e as polpas hidratadas em distintas temperaturas (Tabela 5.29), aquela hidratada a 90°C por



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

30 minutos apresentou o menor potencial antioxidante, porém, sem diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação às demais amostras.

Tabela 5.29. Média e desvio padrão dos valores de ORAC-hidrofílico de polpa de baru.

Polpa de baru	ORAC ( $\mu\text{mol TE/g}$ )
<i>in natura</i>	57,28 $\pm$ 18,73
hidratada à 25°C por 24h	73,85 $\pm$ 1,78
hidratada à 90°C por 30min	46,69 $\pm$ 7,53

A polpa de baru apresentou os resultados de ORAC - hidrofílico na faixa de 46,69 a 73,85  $\mu\text{mol TE/g}$ ; e apesar de aproximadamente 10 vezes superior à amêndoa de baru, foi inferior às frutas do Cerrado estudadas por Kuratomi et al. (2008), como o murici (92,1  $\mu\text{mol TE/g}$  de extrato) e a guapeva (99,82, 105,22 e 86,40  $\mu\text{mol TE/g}$  de extrato, para a casca, semente e polpa, respectivamente).

Sant`Ana et al. (2007) avaliaram *in vitro* o potencial antioxidante por método colorimétrico, de polpas de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC), ingá (*Inga alba* (SW.) Willd.), jatobá (*Hymenaea stingonocarpa* Mart. Ed Hayne), lobeira (*Solanum aff. lycocarpum* St. Hil.), macaúba (*Acrocomia aculeata* Jacq.) e de amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog), em função da presença de compostos bioativos na composição, como fitatos e taninos. Dentre os espécimes vegetais analisados, a amêndoa de baru apresentou o maior potencial antioxidante.

Estudos *in vitro* que avaliam o potencial antioxidante de diversos frutos do Cerrado, como araticum, banha de galinha, cagaita, lobeira e pequi através de métodos colorimétricos, sugerem o potencial de aplicações economicamente viáveis e ambientalmente corretas dos recursos deste bioma, pois a busca por antioxidantes naturais tem aumentado em aplicações nos setores farmacêuticos, cosméticos e nutricionais (ROESLER et al., 2006; 2007a; 2007b; 2008).

### 5.13 Isotermas de sorção da polpa e da amêndoa

A isoterma de adsorção a 25°C da amêndoa foi realizada com o objetivo de se avaliar o ganho de umidade da amêndoa torrada (com maior aceitação indicado

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

pela análise sensorial) e sua estabilidade em ambientes mais úmidos. A Figura 5.87 apresenta estes resultados.

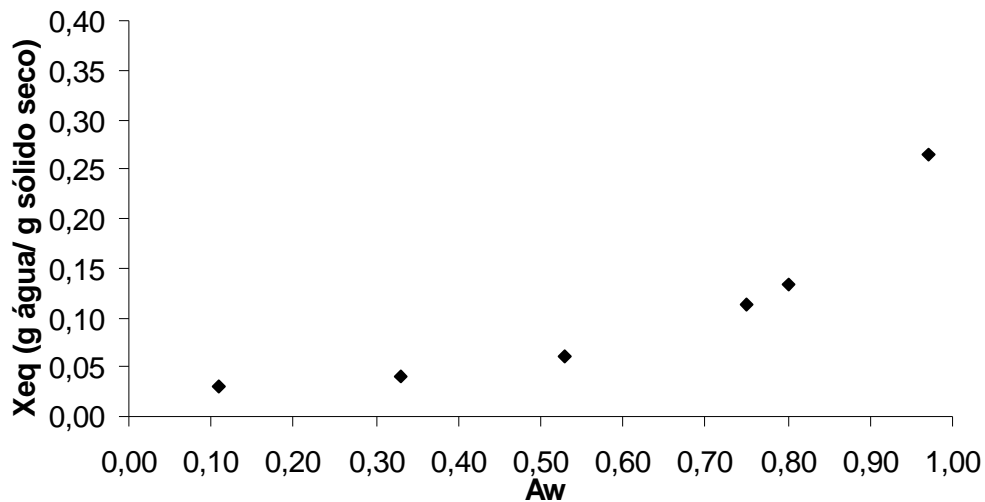


Figura 5.87. Isotermas de adsorção para amêndoas.

A atividade de água da amêndoa torrada a 175°C por 10 minutos é inferior a 0,55, provavelmente próximo à camada primária de água. Apesar da falta de pontos de Aw entre 0,60 e 0,70, a isoterma de dessorção da amêndoa de baru indica que em ambientes com umidades relativas elevadas (< 80%) a amêndoa pode aumentar o teor de água em três a seis vezes.

Estes resultados podem favorecer não só aos estudos do tipo de embalagem mais adequado ante a capacidade de sorção de água pela amêndoa, mas também para o cálculo da atividade de água de misturas como outras matérias-primas com diferentes atividades de água (BOBBIO & BOBBIO, 2001), como no caso de granolas ou barras de cereais.

A isoterma de dessorção a 25°C da polpa foi realizada com o objetivo de avaliar a estabilidade da mesma em relação à umidade relativa. É sabido que a polpa *in natura* apresenta grande estabilidade, mesmo à temperatura ambiente (Aw = 0,65).

A Figura 5.88 apresenta os resultados da isoterma de dessorção da polpa hidratada.

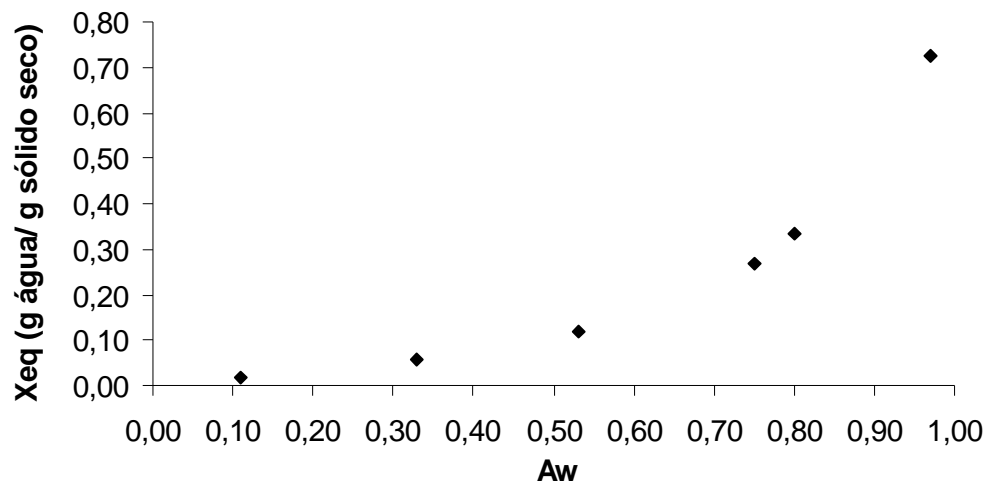


Figura 5.88. Isothermas de dessorção para polpa de baru.

A atividade de água da polpa hidratada ( $>0,95$ ) permite o crescimento de diversos grupos de microrganismos. A polpa é microbiologicamente mais estável somente com uma umidade em torno de 0,2g água por g de sólidos, porém, face ao grande ganho de umidade na etapa de hidratação, deve ser aplicado o processo de conservação adequado.

Através destes resultados foram construídos modelos cinéticos para as isothermas das amêndoas torradas e polpa hidratada de baru. Foram avaliados os modelos BET (Brunauer - Emmett - Teller), Kats – Kutarov, GAB (Guggenheim - Anderson - de Boer), Henderson, Halsey, Oswin e DLP, aplicados em ajustes dos dados experimentais de isothermas de sorção de pêra desidratada, sementes florestais, polpa de caju, drageados de macadâmia doces e salgados, e biscoitos com adição de determinadas frações de frutas (FADINI et al., 2006; FANTINATTI et al., 2005; MOURA et al, 2004; PARK et al., 2001; ROOS, 2001; SAMPAIO et al., 2009). A Tabela 5.30 e a Tabela 5.31 apresentam os valores dos parâmetros dos modelos de adsorção e dessorção para a amêndoa e polpa, respectivamente.

Todos os modelos deram um bom ajuste, considerando os valores de  $R^2$ . Portanto, entre os modelos estudados, GAB e DLP foram os que apresentaram os melhores resultados tanto para a amêndoa como para a polpa.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 5.30. Valores dos parâmetros dos modelos de isoterma de adsorção das amêndoas torradas e os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Modelo	Parâmetros				$R^2$
BET	$X_m$ *	C 0,0011	n 4,2327	K	0,9602
KATS-KUTAROV	$X_m$ *	C 0,1562	n 0,0010		0,9935
GAB	$X_m$ 0,0394	C 11,5830	K 0,8807		0,9964
HENDERSON	n 1,3375	K 26,2277			0,9653
HALSEY	a 0,0092	b 1,5192			0,9905
OSWIN	a 0,0687	b 0,3929			0,9852
DLP	$B_3$ -0,0043	$B_2$ 0,0231	$B_1$ 0,0354	$B_0$ 0,0416	0,9997

Tabela 5.31. Valores dos parâmetros dos modelos de isoterma de desorção da polpa hidratada e os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Modelo	Parâmetros				$R^2$
BET	$X_m$ 24,6090	C 0,0018	n 5,5974	K	0,9962
KATS-KUTAROV	0,5384	0,1738	1,6037		0,9999
GAB	$X_m$ 0,2373	C 0,5366	K 0,8084		0,9999
HENDERSON	n 0,8105	K 4,0866			0,9977
HALSEY	a 0,0901	b 0,8559			0,9745
OSWIN	a 0,1441	b 0,4710			0,9726
DLP	$B_3$ -0,0117	$B_2$ 0,0636	$B_1$ 0,1112	$B_0$ 0,0598	0,9997

O modelo de sorção de GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer), baseado na teoria de BET (Brunauer-Emmet-Teller), é uma equação tri paramétrica, tem sido sugerido por ser versátil e tem sido aplicado com sucesso para vários alimentos desidratados, permitindo um melhor ajuste dos dados de sorção das sementes até a atividade de água de 0,9 (PADULA, 1996; PARK et al., 2001; ROOS, 2001;

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

SAMPAIO et al., 2009; TEXEIRA NETO, 1997; 2002; TEXEIRA NETO & VITALI, 1996). O modelo DLP é relativamente recente e são poucos os trabalhos indicando sua aplicação, e foi desenvolvido pela empresa Decagon, que o considera superior a outros modelos, pois o mesmo fornece um maior ajuste em ampla faixa de  $A_w$  (MERMELSTEIN, 2009).

As figuras a seguir (Figura 5.89, Figura 5.91, Figura 5.90 e Figura 5.92) apresentam os valores preditos e observados para o modelo de GAB e DLP em relação às isotermas obtidas.

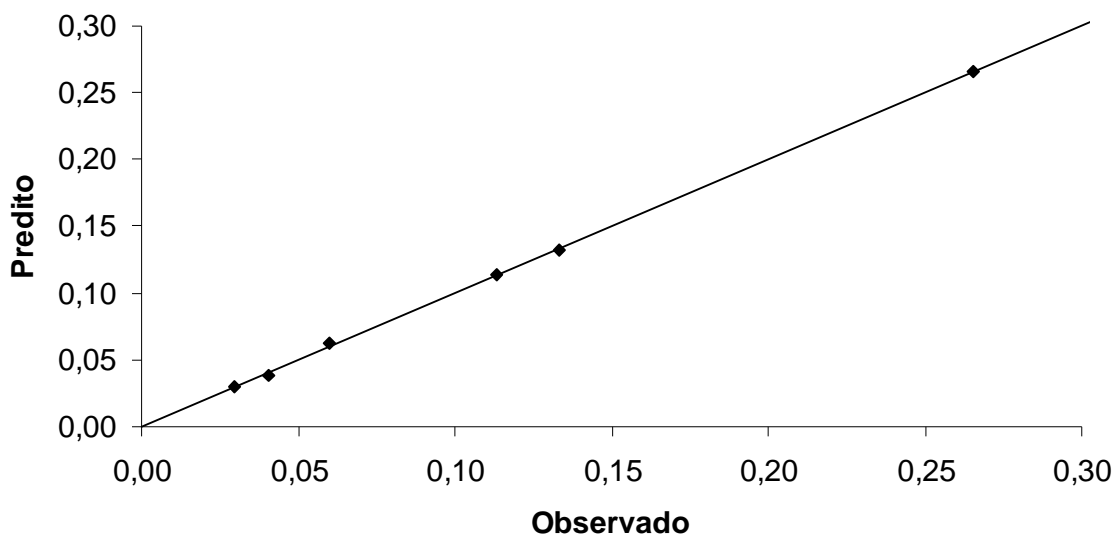


Figura 5.89. Valores observados e preditos para o modelo de GAB da isoterma adsorção de amêndoas de baru.

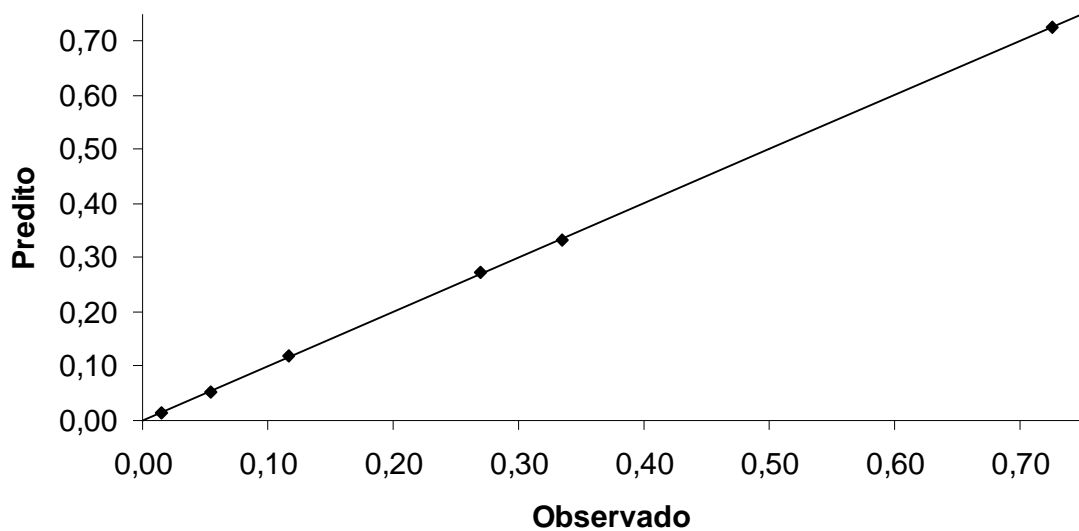


Figura 5.90. Valores observados e preditos para o modelo de DLP da isoterma adsorção de amêndoas de baru.

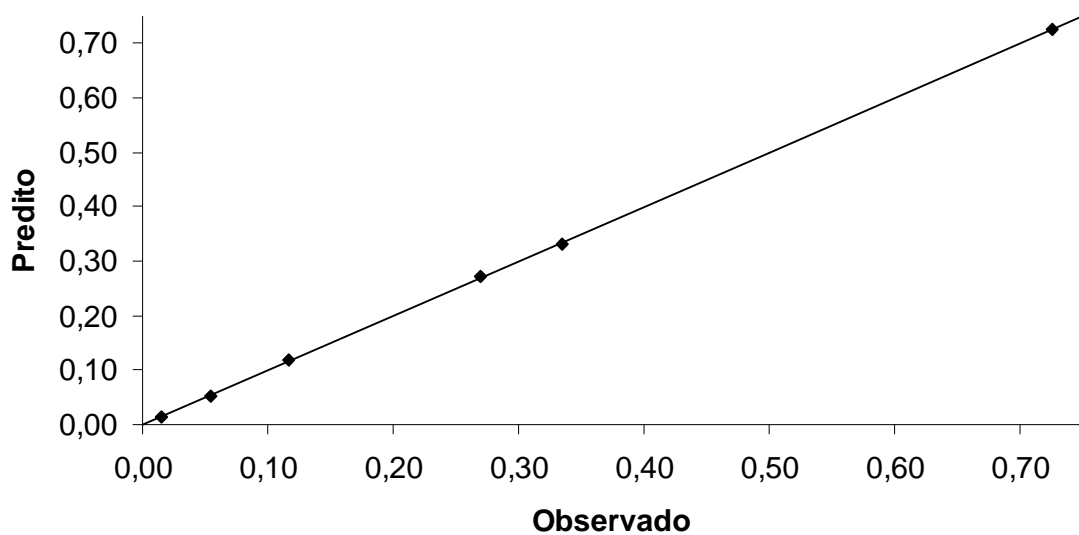


Figura 5.91. Valores observados e preditos para o modelo de GAB da isoterma dessorção de polpa de baru.

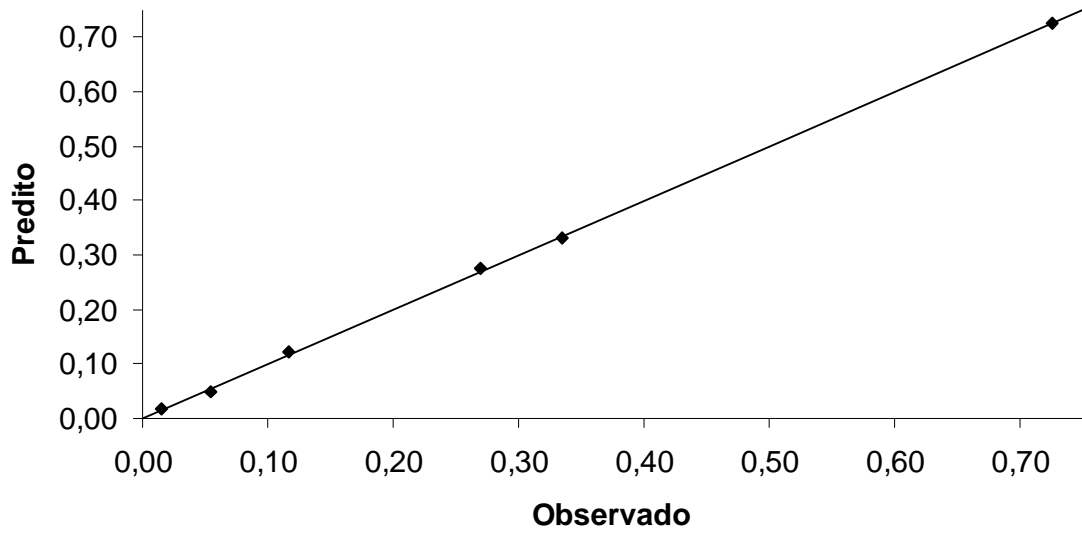


Figura 5.92. Valores observados e preditos para o modelo de DLP da isoterma dessorção de polpa de baru.





### 6 CONCLUSÕES

Das unidades que beneficiam o baru poucas fazem a hidratação dos frutos, sempre sem controle desta operação. A etapa de extração das amêndoas, mesmo quando utilizando equipamento elétrico, não apresentam nenhuma segurança ao operador. A etapa de torração das amêndoas ocorre sem controle e padronização. Em relação às condições higiênico-sanitárias, a maior parte das unidades apresentava mais de 80% de não-conformidades. As limitações identificadas apontam um vasto campo para explorações científicas, desenvolvimentos e inovações tecnológicas que podem favorecer o aumento da produtividade e da segurança das unidades produtoras, para o aproveitamento integral do fruto propiciando o desenvolvimento sustentável.

O baru pode ser agrupado em função da polpa e, dentre as características físicas, a espessura mínima de 26mm pode favorecer a operação de seleção em frutos com polpa (>26mm) e sem polpa (<26mm).

Na hidratação, a temperatura influenciou na velocidade de absorção de água, sendo que à 90°C foram necessários 30 minutos de imersão, melhor descrito pelo modelo de Peleg. Apesar de o descascador abrasivo apontar um método com potencial para o despulpamento de frutos *in natura*, a hidratação favoreceu a remoção da polpa quente no despulpador a facas.

As análises físico-químicas da polpa *in natura* apresentaram características de alimentos relativamente seguros, no ponto de vista microbiológico, em função do pH ( $4,86 \pm 0,12$ ) e principalmente pela atividade de água ( $0,650 \pm 0,027$ ), porém, a hidratação aumentou a atividade de água ( $0,948 \pm 0,003$ ) e o pH ( $5,44 \pm 0,24$ ), enquadrando o baru como um alimento de baixa acidez.

A hidratação não afetou significativamente na capacidade antioxidante da polpa pelo método de ORAC-hidrofílico, que compreendeu a faixa de 46,69 a 73,85  $\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$  de amostra. A polpa hidratada deve ser

## **CONCLUSÕES**

---

rapidamente processada devido às suas características físico-químicas. Os modelos que melhor representaram os resultados das isotermas (a 25°C) de dessorção de polpa hidratada foram o de GAB e DLP. O ácido cítrico apresentou a menor interferência no sabor, sendo necessário 1g de ácido cítrico para 100g de polpa hidratada para o  $\text{pH} < 4,0$ . Esta tecnologia, baseada nos métodos combinados de conservação, pode aumentar a vida útil da polpa hidratada e favorecer sua utilização em distintas formulações, como no caso do néctar avaliado ou sorvetes (pesquisa em andamento).

Para a ruptura do baru, a aplicação da força de compressão (11 kN) entre pratos planos com deslocamento médio de aproximadamente 7% no sentido da largura do fruto favoreceu a extração de amêndoas inteiras, independente do condicionamento. A tomografia computadorizada de raios-X do baru permitiu a inspeção interna sem invasão ou corte do espécime; a visualização de diversas irregularidades no endocarpo; de pontos susceptíveis a ruptura com aplicação da força de compressão no sentido da largura; e de folgas internas, variando de 5,46 a 5,53 mm. Estas informações são de fundamental importância para novos ensaios, aprimoramento ou desenvolvimento de equipamento para a extração de amêndoas de baru.

Durante a torração, os parâmetros perda de massa e diferença de cor foram descritos pelo modelo de Page. Através dos resultados das análises sensoriais das amêndoas torradas, pode-se inferir que a aceitação do produto é influenciada diretamente pela cor e pelo grau de torra, sendo que o binômio tempo e temperatura de torração com maiores índices de aceitação foi de 10 minutos a 175°C.

A torração das amêndoas não alterou significativamente a capacidade antioxidante pelo método de ORAC-hidrofilico, que compreendeu a faixa de 4,29 a 5,45  $\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$  de amostra, minimizando possíveis reações oxidativas que alterem a qualidade da amêndoa durante o armazenamento. Através do estudo da isoterma da amêndoa conclui-se que, para a manutenção de sua qualidade e estabilidade é fundamental a utilização de sistemas de

## CONCLUSÕES

---

embalagem que o protejam da umidade e do oxigênio, de forma a preservar, e por maior tempo, a qualidade inicial, evitando perda de crocância e alterações no sabor em atividade de água superior a 0,55. Os modelos que melhor representaram os resultados das isotermas (a 25°C) de adsorção de amêndoas torradas foram o de GAB e DLP. Novos estudos para a comparação dos graus de torra correspondentes em função da cor e o desenvolvimento de um padrão de identidade e qualidade para amêndoas torradas, assim como um sistema de controle através da cor e a utilização de torradores rotativos, podem garantir a qualidade e, conseqüentemente, o aumento do consumo e o alcance de novos mercados pelas unidades produtoras de baru.

Visando o aproveitamento integral e o desenvolvimento sustentável no processamento de baru, sugerem-se fluxogramas de processo (Figura 6.1) para o caso de frutos sem polpa, frutos despulpados através de despulpador abrasivo (polpa *in natura*) e de despulpador a facas (polpa hidratada). Neste processamento, a coleta em lona ou esteiras, quando possível, poderia reduzir as sujidades e contaminações iniciais. Após recebimento, a seleção em função da espessura, poderia favorecer no dimensionamento de silos armazenamento, e no direcionamento das operações subseqüentes, despulpamento em despulpador abrasivo ou a facas, no caso de frutos com polpa (CP), ou diretamente extração de amêndoas em equipamentos a serem desenvolvidos ou aprimorados, no caso de frutos sem polpa (SP), consumidos por animais no Cerrado. A torração em torradores rotativos e a qualidade padronizada em função da cor favoreceriam a índices maiores de aceitação, principalmente se acondicionadas em sistemas de embalagens que favoreçam o aumento da vida útil. Os endocarpos poderiam ser utilizados como biomassa para a produção de energia térmica para as operações de hidratação a 90°C por 30 minutos e na torração das amêndoas. As polpas *in natura* ou hidratadas (conservadas através dos métodos combinados de barreiras, como acidificação, adição de açúcares, tratamentos térmicos adequados, sistemas de embalagens, dentre outros), apresentam um potencial para a formulação não só de néctar (estudado neste trabalho), como também sorvetes ou outros alimentos.

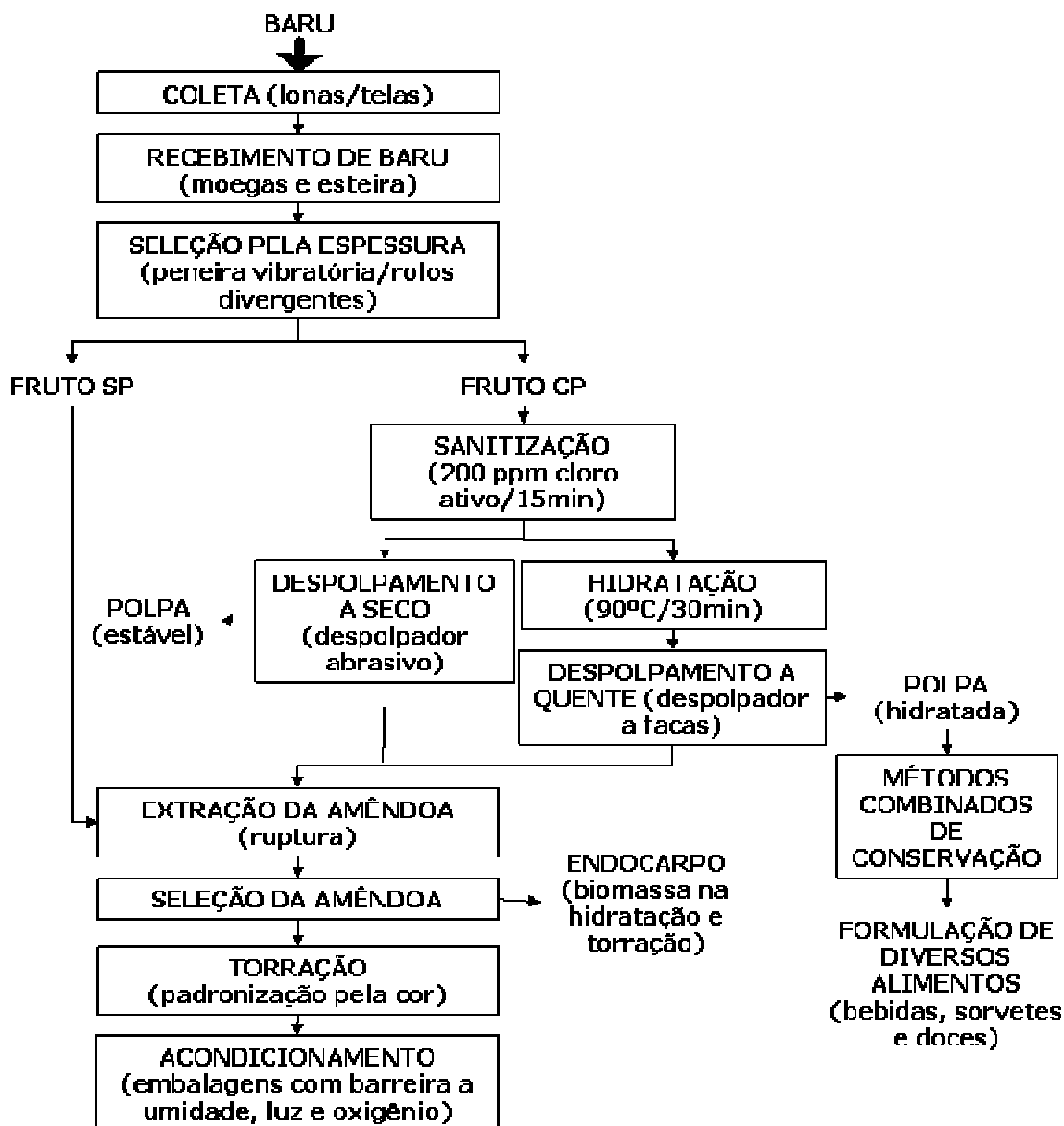


Figura 6.1. Fluxogramas de processamento e aproveitamento integral de baru.

## 7 TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolvimento de cartilhas, vídeos e programas de educação ambiental para o aproveitamento integral do baru, reduzindo o impacto ambiental e aumentando a receita das unidades produtoras;
- Elaboração e implementação de manual de Boas Práticas de Fabricação em unidades produtoras, assim como a capacitação dos manipuladores de alimentos;
- Classificação dos frutos e amêndoas em equipamentos de rolos divergentes e peneiras vibratórias;
- Avaliação do despulpamento em despulpadora a facas utilizando peneiras com aberturas maiores;
- Desenvolvimento de equipamento para o despulpamento a seco;
- Desenvolvimento de novos produtos oriundos da polpa, como semi-elaborado estável a temperatura ambiente, gelados comestíveis como sorvetes e picolés, entre outros.
- Avaliação da influência da variação da deformação específica e da taxa de deformação para a ruptura dos frutos;
- Desenvolvimento de equipamento para extração de amêndoas inteiras, com maior segurança e produtividade.
- Avaliação de outros métodos de extração do componente antioxidante;
- Avaliação das substâncias bioativas e desenvolvimento de novos produtos;
- Avaliação do potencial antioxidante através de ORAC lipofílico ou outros métodos *in vitro* que utilizem radicais diferentes ao usado no ORAC;
- Avaliação do potencial antioxidante *in vivo*, como a influência do consumo de amêndoas no nível de colesterol de cobaias (ratos ou camundongos);

## **TRABALHOS FUTUROS**

---

- Avaliação da isoterma (polpa e amêndoa) em outras temperaturas e mais condições diferentes de umidade relativa;
- Desenvolvimento de novos produtos oriundos de amêndoas, como drageados e misturas com frutos desidratados e cereais;
- Estabelecimento de padrão de identidade e qualidade para amêndoas de baru torradas e polpa de baru.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of American Association of Cereal Chemists**. 10. ed. Saint Paul: AACC, 2000.

AGUIAR, L. M. S.; AQUINO, F. G. **O Baru**. 04 jul, 2006. Disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br/?q=node/20770>> Acesso em: 24 out. 2007.

AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: Ecologia e caracterização**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. 249 p.

AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. (coord). **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas: ITAL/FUNDEPAG, 2002. 206 p. (Manual Técnico)

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. **Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2008.

ALMEIDA, S. P. **Cerrado: Aproveitamento Alimentar**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 188p.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464p.

ALVARADO, J. D.; AGUILERA, J. M. **Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos**. Zaragoza: Acribia, 2001. 410p.

ANGELES, N. D. L. Máquina de quebrar semente de baru alimenta expectativa de cooperados. **O Popular**, Goiânia, 26 jan. - 02 out. 2008. Campo, Pesquisa: Mecanização, p. 7.

AQUINO, F. **Projetos conciliam preservação com rentabilidade no Cerrado brasileiro**: segunda reportagem da série especial "A Nova Revolução do

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Cerrado”. Canal Rural. Notícias, 22 jul. 2008. Entrevista. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/canalrural/jsp/default.jsp?uf=1&local=1&action=noticias&id=2061231&section=noticias>>. Acesso em: 26 mai. 2009.

ARAKAKI, A. H. **Potencialidades do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.) para o desenvolvimento rural em fragmentos do Cerrado no assentamento Andalúcia/MS**. 2004. 75p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Local) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2004.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1999. 416p.

ARAÚJO, M. C. **Caracterização mecânica da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) para fins de beneficiamento e desenvolvimento de decortificador de cilindros rotativos**. 2005. 108p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

ARAÚJO, M. C.; FERRAZ, A. C. O. Efeito da umidificação, tratamento térmico e deformação sobre a decorticação da castanha de caju ‘CCP 76’ por meio de impacto único direcionado. **Eng.Agríc.**, v. 26, n.2, p.590-599, maio/ago. 2006.

ARRUDA, M. R. Cerrado Brasileiro: A Biodiversidade Ameaçada e o Desafio dos Novos Movimentos Sociais Ambientais. In: SIMPÓSIO AMBIENTALISTA BRASILEIRO NO CERRADO, 10, 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SABC, 2004. CD-ROM.

AZEREDO, H.M.C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195p.

BIRCH, A.E.; FENNER, G. P.; WATKINS, R.; BOYD, L. C. Antioxidant properties of evening primrose seed extracts. **J. Agric. Food Chemistry**, v.49, p. 4502-4507, 2001.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

BISBY, R.H.; BROOKE, R.; NAVARATNAM, S. Effect of antioxidant oxidation potential in the oxygen radical absorption capacity (ORAC) assay. **Food Chemistry**, 108. p. 1002–1007. 2008.

BISCEGLI, C.I.; CRESTANA, S. **Novo método de avaliação não-destrutiva do interior de frutas**. Circular Técnica, 5. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária. Dez, 1996. 13p. Disponível em: <[http://www.cnpdia.embrapa.br/\\_publicacoes.html](http://www.cnpdia.embrapa.br/_publicacoes.html)> Acesso em: 10 mar. 2009.

BISPO, E.S. **Processo de alcalinização dos "nibs" de cacau (*Theobroma cacao* L.) e avaliação da qualidade do pó**. 1999. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 143 p.

BOLLIGER, F. P. **Agroindústria, emprego e renda na perspectiva da demanda efetiva**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BOTEZELLI, L. Estudo do armazenamento de sementes de quatro procedências de baru, *Dipteryx alata* Vogel. 1998. 115p. Dissertação (Mestre em Manejo Ambiental) – Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedência de *Dipteryx alata* Vogel – (baru). **Cerne**, v. 6, n.1, p. 9-18, 2000.

BOZZA, A. F. O. Aproveitamento dos frutos o Cerrado. In: SIMPÓSIO AMBIENTALISTA BRASILEIRO NO CERRADO, 10, 2004 , Universidade Católica de Goiás. **Anais...** Goiânia: SABC, 2004. CD-ROM.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

BRENNAN, J. G.; BUTTERS, J. R.; COWELL, N. D.; LILLEY, A. E. V. **Las operaciones de la ingeniería de los alimentos**. 3.ed. Traducido por Justino González. Zaragoza: Acribia, 1998. 711 p.

BRASIL. Portaria n. 326, 30 jul. 1997. Aprova o regime técnico sobre as condições higiênico sanitárias e de BPF (Boas Práticas de Fabricação) para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. **Diário Oficial da União**, Ministério da Saúde, Brasília, DF, p. 16560-3, 1 ago. 1997. Seção I.

BRITO, M. A. **Fotossociologia e ecologia de população de *Dipteryx alata* Vog. (baru) em área de transição Cerrado denso/mata estacional, Pirenópolis, Goiás**. 2004. 127p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future: From Our Earth to One World**. New York: Oxford University Press, 1987.

CARLOS, R. Baru do Brasil. **Vida e Saúde**, Casa, p.44-46, abr. 2008.

CENTRAL DO CERRADO. **Baru (*Dipteryx alata* Vog)**, 02 abr. 2008. Disponível em: <<http://www.centraldoCerrado.org.br/baru.html/>>. Acesso em: 06 abr 2009.

CERRADO em pé. **Produção agroambiental sustentável de agricultores familiares**. Centro de Tecnologia Agroecológica de Pequenos Agricultores (Agrotec), 2005. Disponível em: <[downloads.caixa.gov.br/\\_arquivos/melhorespraticas/praticas\\_premiadas\\_2005\\_2006/Cerrado\\_em\\_pe.pdf](http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/melhorespraticas/praticas_premiadas_2005_2006/Cerrado_em_pe.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2007.

CERRADO que te quero Vivo! **Produtos e Meios de Vida Sustentáveis Apoiados pelo Programa de Pequenos Projetos Ecosociais (PPP-Ecos)**. Esta publicação é resultado do Projeto “Cerrado em Pé: Catálogo de Produtos de Uso Sustentável da Biodiversidade do Cerrado”, desenvolvido pelo Instituto Centro de Vida (ICV), com apoio do Fundo de Pequenos Projetos Ecosociais (PPP-

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

Ecos) e do Instituto Sociedade População e Natureza (ISPN), s.d. Disponível em: < <http://www.ispn.org.br/arquivos/CerradoQueTeQueroVivo-web.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

CHIRIFE, J.; FAVETTO, G.J. Some physico-chemical basis of food preservation by combined methods. **Food Research International**, v. 25. n. 5. p. 389-396, 1992.

CMBBC. **Conservação e Manejo da Biodiversidade do Bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.cmbbc.cpac.embrapa.br>>. Acesso em: 08 nov. 2007.

CNUMAD. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**, 2, 1992, Rio de Janeiro. Agenda 21. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996. 585 p.

\_\_\_\_\_. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Delegação Brasileira**. Divisão do Meio Ambiente do Ministério das Relações Exteriores; apresentação de Celso Lafer. Brasília: Fundação Alexandre Gusmão; Instituto de Pesquisas de Relações Internacionais, 1993. 144 p. (Coleção Relações Internacionais; 16)

COLE-PARMER Technical Library. **Princípios básicos da centrifugação**. Disponível em: <[http://www.coleparmer.com/techinfo/print.asp?htmlfile=basic-centrifugation\\_po.htm&id](http://www.coleparmer.com/techinfo/print.asp?htmlfile=basic-centrifugation_po.htm&id)>. Acesso em: 25 mai. 2010.

COLNAGO, L. A. **Análise do teor de óleos em sementes por RMN**. Circular Técnica, 3. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária. Dez, 1996. 14p. Disponível em: <[http://www.cnpdia.embrapa.br/\\_publicacoes.html](http://www.cnpdia.embrapa.br/_publicacoes.html)> Acesso em: 10 mar. 2009.

\_\_\_\_\_. **Ressonância Magnética Nuclear: Do laboratório ao "Chão de Fábrica"**. Informativo da Embrapa Instrumentação Agropecuária, 55. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária. Abr, 2008. Disponível em: <

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

[http://www.cnpdia.embrapa.br/informativo/abril\\_2008/info08.html](http://www.cnpdia.embrapa.br/informativo/abril_2008/info08.html)> Acesso em: 10 mar. 2009.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Baru vai fazer parte da alimentação de escolas e asilos.** 12 dez. 2005. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=73&NSN=178>>. Acesso em: 24 out. 2007.

CORRÊA, G. C.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R.; ZICA, L. F. Caracterização física de frutos de baru (*Dipteryx alata* Vog.) em três populações nos Cerrados do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, n. 2, p. 5-11, jul/dez, 2000.

CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; MASCARENHAS, S.; BISCEGLI, C.I.; MARTINETO, L.; COLNAGO, L.A. **Instrumentação agropecuária: contribuições no limiar do novo século.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC-Fluorescein) Assay. **J. Agric. Food Chem.**, 52, p. 48-54, 2004.

DELALIBERA, H.C.; WEIRICH NETO, P.H.; COLET, M.J.; GARBUIO, P.W.; SVERZUT, C.B. Resistência de grãos de milho à ruptura por compressão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2493-2497, dez, 2008.

DIAS, B.F.S. (coord). **Alternativas de desenvolvimentos dos Cerrados: Manejo.** Brasília: Fundação Pró-Natureza e Conservação dos Recursos Naturais Renováveis, [s.l.]: IBAMA, 1996.

DIRCEU CORTEZ. **Baru, tipo de castanha, pode acabar no Brasil.** Ag. Band News. Notícias. TerraTV, 04 mai. 2009. Entrevista. Disponível em: <<http://terratv.terra.com.br/templates/channelContents.aspx?channel=4416&contentid=232147>>. Acesso em: 04 mai. 2009.

DUDONNÉ, S.; VITRAC, X.; COUTIÈRE, P.; WOILLEZ, M.; MÉRILLON, J. M. Comparative Study of Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC Assays. **J. Agric. Food Chem**, 57. p. 1768–1774, 2009.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996. 123p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, Udonor Martin; Sueli Conceição da Silva. **Máquina extratora de amêndoas de frutos de pericarpo lenhoso**. BR. n. PI 03055825, 14 fev. 2003, 08 nov. 2005. Revista da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, n.1818, 08 nov. 2005. Disponível em: <[http://revista.inpi.gov.br/INPI\\_UPLOAD/Revistas/PATENTES1818.pdf](http://revista.inpi.gov.br/INPI_UPLOAD/Revistas/PATENTES1818.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2009.

FADINI, A.L.; SILVA, P.M.P.; JARDIM, D.C.P.; VISSOTO, F.Z.; QUEIROZ, M.B.; BATISTA, G. Isotermas de Sorção de Umidade e Estudo de Estabilidade de Macadâmias Drageadas. **Braz. J. Food Technol.**, v.9, n.2, p. 83-88, abr./jun. 2006.

FANTINATTI, J.B.; USBERTI, R.; BROD, F.P.R. Isotermas de sorção de sementes de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p.06-11, 2005.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. Trad. Florência Cladera Oliveira et al.. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FERRAZ, M.B.M. **Determinação de cinética de hidratação de ervilhas *Pisum sativum* desidratadas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

FERREIRA, R. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Caracterização morfológica de fruto, semente, plântula e muda de *Dipteryx alata* Vogel – (*Leguminosae papilionoideae*). **Cerne**, v. 4, n.1, p.73-87. 1998.

FISH, B. P. Diffusion and thermodynamics of water in potato starch gel. Fundamental aspects of the dehydration of foodstuffs. [s.l.]: **Society of Chemical Industry**, p. 143-157, 1975

FRANÇA, A. S.; OLIVEIRA, L.S.; CORRÊA, P.C. Estudo da adequação de modelos semi-empíricos para descrever a variação do teor de umidade e voláteis durante o processo de torrefação de café. **R. Bras. Armaz.**, Especial Café, Viçosa/MG, n.4, p.26-31, 2002.

FRANCIS, F. J. **Colorimetric Properties of Foods**. In: RAO, M.A.; RIZVI, S.H.; DATTA, A.K. (Ed.) Engineering Properties of Foods. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2005.

GIACHETTO, A. **Sorvetes com o sabor do Cerrado**. Pequenas Empresas & Grandes Negócios, 06 nov. 2006. Disponível em: <<http://video.globo.com/Videos/Player/Noticias/0,,GIM515542-7823-SORVETES+COM+O+SABOR+DO+CERRADO,00.html>>. Acesso em: 15 abr 2009.

GORDON, M.H. **Measuring antioxidant activity**. In: POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M.H. Antioxidants in food: Practical applications. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001. ISBN 1 85573 463 X.

HUNTERLAB. **CIE L\* a\* b\* Color Scale**. Applications Note, v. 8, n. 7, 2008a. Disponível em: < [http://www.hunterlab.com/appnotes/an07\\_96a.pdf](http://www.hunterlab.com/appnotes/an07_96a.pdf) >. Acesso em: 14 jan 2010.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

\_\_\_\_\_. **Colorimeters versus spectrophotometers**. Applications Note, v. 6, n. 5, 2008b. Disponível em: < [http://www.hunterlab.com/appnotes/an03\\_95r.pdf](http://www.hunterlab.com/appnotes/an03_95r.pdf) >. Acesso em: 14 jan 2010.

ICHIMARU PHARCOS INC, Kojima Hiroyuki; Ohara Mitsuharu; Tanaka Kiyotaka. **Cosmetic composition**. JP. n. 2002097150, 02 abr. 2002. European Patent Office, esp@cenet. Disponível em: <<http://v3.espacenet.com/inpadoc?submitted=true&DB=EPODOC&CC=JP&NR=2002097150&KC=&F=8&OREQ=0&textdoc=TRUE&FT=E>>. Acesso em: 06 mai. 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físicos e químicos para análises de alimentos**. Zenebon, O.; Pascuet, N. S.; Tiglea, P. (coord). 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

KOYUNCU, M. A.; EKINCI, K.; SAVRAN, E. Cracking Characteristics of Walnut. **Biosystems Engineering**, v. 87, n. 3, p. 305-311, 2004.

KURATOMI, R.I.; MALTA, L. G.; SHIGEMATSU, R. M.; PASTORE, G. M.; COROA, T. M. Avaliação do potencial antioxidante de frutas do cerrado. In: Congresso interno de iniciação científica da Unicamp, 16, 2008, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: PIBIC, 2008. Disponível em:<<http://www.prp.unicamp.br/pibic/congressos/xvicongresso/paineis/046089.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2010.

LEISTNER, L.; GOULD, G. W. **Hurdle Technologies: Combination Treatments for Food Stability, Safety and Quality**. New York: Kluwer / Plenum, 2002. 194p.

LOBO, A.; SAWYER, D. **O Bioma Cerrado**. Central do Cerrado. Disponível em: <<http://www.centrodocerrado.org.br/cerrado/>>. Acesso em: 4 mai. 2009.

LONG live the Cerrado!. **Sustainable Products and Livelihoods supported by the Global Environment Facility (GEF) Small Grants Programme in Brazil**.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Programa de Pequenos Projetos Ecosociais (PPP-ECOS). Projeto BRA/04/45. sd. 40 p.

LU, R.; ABBOTT, J. A. **Force/deformation techniques for measuring texture**. In: KILCAST, D. (Ed.) *Texture in food - Volume 2: Solid foods*. Cambridge: Woodhead Publishing/CRC Press, 2004.

MACDOUGALL, D. B. **Colour in food- Improving quality**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2002.

MACEDO, A.; VAZ, C. M. P.; CRUVINEL, P. E.; CRESTANA, S. **Tomógrafo de resolução micrométrica para estudos do sistema água-solo-planta**. Pesquisa em Andamento, 1. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. Set. 1996, p.1-5. Disponível em: <[http://www.cnpdia.embrapa.br/\\_publicacoes.html](http://www.cnpdia.embrapa.br/_publicacoes.html)> Acesso em: 10 mar. 2009.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall test. **Journal of Sensory Studies**, 4, p. 129-148, 1989.

MACHADO, S. S.; TAVARES, J. T. Q.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, C. S.; SOUZA, K. E. P. Caracterização de polpas de frutas tropicais congeladas comercializadas no Recôncavo Baiano. **Revista Ciência Agrônômica**, v.38, n.2, p.158-163, 2007.

MCLELLAN, M.R.; PADILLA-ZAKOUR, O. **Juice Processing**. In: BARRETT, D.M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. (Ed.) *Processing Fruits: Science and Technology*. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2005.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. **Estud. av.** v.22, n.63. São Paulo, 2008. p. 83-96. ISSN 0103-4014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a06.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2009



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

MARIN, A. M. F. **Potencial Nutritivo de Frutos do Cerrado: Composição em Minerais e Componentes Não Convencionais**. 2006. 108p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) – Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MARIN, A. M. F.; ARRUDA, S. F.; SIQUEIRA, E. M. A. Determinação da concentração de taninos em frutos do Cerrado. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 6, 2005, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2005a. CD-ROM.

MARIN, A. M. F.; ARRUDA, S. F.; SIQUEIRA, E. M. A. Determinação do teor de minerais em frutos do Cerrado. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 6, 2005b, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2005. CD-ROM.

MARINHO. **Produtos**. Licores. Disponível em: <<http://www.marinho.com.br/produtos.php>>. Acesso em: 7 mai. 2009.

MARTINS, B. A. **Avaliação físico-química de frutos do Cerrado *in natura* e processados para a elaboração de multimisturas**. 2006. 61p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2006.

MARTINS, B.A. **Goiás investe em pesquisa aplicada**. SENAI. Goiás Industrial, n. 229, ano 56, p. 12-14, set. 2009. Entrevista concedida a Andelaide Pereira.

MARTINS, B.A.; COBUCCI, R.M.A.; ROCHA, C.; SCHMIDT, F.L. Avaliação sensorial de amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) processadas no interior do fruto. In: ENEDS - Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social, 6, 2009, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: ITCP, 2009. CD-ROM.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

MARTINS, B. A. ; SCHMIDT, F. L. ; SILVA, A. M. L. ; APONTE, M. M. D. C. Avaliação do processo de fabricação artesanal de biscoito e barra de cereais a base de amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.). In: SLACA - Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos, 7, 2007, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2007. CD-ROM.

MELO, W.L.B. **A importância da informação sobre do grau de torra do café e sua influência nas características organolépticas da bebida.** Comunicado Técnico, 58. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária. Set, 2004. 4p.

MELO, M. M.; SOUZA, E. M. T.; ARRUDA, S. F.; SIQUEIRA, E. M. Amêndoa do baru: rica fonte de zinco do cerrado. (*Dipteryx alata* Vog.). In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 6, 2005, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2005. CD-ROM.

MENDONÇA, A.L. **Avaliação cinética de comportamento de Componentes do baru (*Dipteryx alata* Vog.) para estudo da vida de prateleira da polpa do fruto.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

MERMELSTEIN, N.H. Measuring Moisture Content & Water Activity. **Food Technology**, nov. 2009, p. 64-68.

MONTEIRO, L. Empresas conquistam mercados. **O Popular**, Goiânia, 30 abr. 2009. Economia

MOREIRA, D. S.; MELO, M. M.; ARRUDA, S. F.; SOUZA, E. M. T.; SIQUEIRA, E. M. A. Fonte rica em ferro no Cerrado: amêndoa do baru (*Dipteryx alata* Vog.). In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 6, 2005, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2005. CD-ROM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; CHAGURI, L.; FERNANDES, C. Water absorption, texture and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration. **Journal of Food Engineering**, 2008, v. 86, p. 584-594.

MOTTA, C. **Projetos conciliam preservação com rentabilidade no Cerrado brasileiro**: segunda reportagem da série especial “A Nova Revolução do Cerrado”. Canal Rural. Notícias, 22 jul. 2008. Entrevista. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/canalrural/jsp/default.jsp?uf=1&local=1&action=noticias&id=2061231&section=noticias>>. Acesso em: 26 mai. 2009.

\_\_\_\_\_. **Vagafogo Alumando Caminhos** - Resultado do projeto Vagafogo de Educação Continuada: formação de mão de obra para atividades cooperativadas e de preservação do meio ambiente em 1998, Pirenópolis, Goiás. Brasília: FUNATURA, 1999. 96p.

MOURA, R.S.F.; GOUVEIA, J.P.G.; ALMEIDA, F.A.C.; SOUSA, A.G.; SILVA, M.M.; OLIVEIRA, A.M.V. Modelagem matemática para isoterma em polpa de caju. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2, 2004.

MOURA, S.C.S.R.; GERMER, S.P.M.; ANJOS, V.D.A.; MORI, E.E.M.; MATTOSO, L.H.C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C.J.F. Influência dos Parâmetros de Torração nas Características Físicas, Químicas e Sensoriais do Café Arábica Puro. **Braz. J. Food Technol.**, v.10, n.1, p. 17-25, jan./mar. 2007.

NASCIMENTO, G.A.; BARBOSA, J.S. BPF - Boas Práticas de Fabricação: uma revisão. **Higiene Alimentar**. v. 21, n. 148, jan-fev, 2007.

NEPOMUCENO, D.L.M.G. **O extrativismo de Baru (*Dipteryx alata* Vog) em Pirenópolis (GO) e sua sustentabilidade**. 2006. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2006.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

NONNA PASQUA. **Produtos**. 2009. Disponível em: <<http://www.nonnapasqua.com.br/pt-br/site.php?secao=produtos>>. Acesso em: 7 mai. 2009.

NORTON, R.L. **Projeto de máquinas**: uma abordagem integrada. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

NOVAES PINTO, M.(Org.). **Cerrados: Caracterização, Ocupação e Perspectivas**. Brasília: UNB/Sematec, 1994. p.583-640.

OLIVEIRA, A. N. **Variação genética entre e dentro de procedências de baru (*Dipteryx alata* Vog)**. 1998. 80p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

ORDÓÑEZ, J. A. (Org.) **Tecnología de alimentos**. Traduzido por Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p. (volume 1, Componentes dos alimentos e processos).

OSAVA, M. **Sorvetes para salvar o Cerrado brasileiro**. Notícias sustentáveis. Envolverde/ IPS. 2009. Disponível em: <<http://mercadoetico.terra.com.br/noticias.view.php?id=1543>>. Acesso em: 03 abr 2009.

OU, B.; HUANG, D.; WOODILL, M., F.; JUDITH, D., E. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) assays: A comparative Study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 50, p.3122-3128, 2002.

PADULA, M. **Influência da embalagem na vida-de-prateleira de alimentos**. In: TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A. (Coord.) Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. 2. ed. Campinas: ITAL/NSI/AL, 1996. 74p. (Manual Técnico; 6).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

PAIVA, J. R.; BISCEGLI, C. I.; LIMA, A. C. Análise da castanha do cajueiro por tomografia de ressonância magnética. **Pesq. agropec. bras.**, v.39, n.11, p.1149-1152, nov. 2004.

PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.21, n.1, p. 73-77, jan.-abr. 2001.

PAULA, M. L.; STARLING, C. A. **BPF: Boas Práticas de Fabricação**. Apostila elaborada para curso do Programa Alimentos Seguros (PAS). Goiânia: FIEG/SENAI, 2003.

PELEG, M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 4, p. 1216-1219, 1988.

PEREIRA, R. C. Baru bom de briga. **Saúde!**. Bem estar. Ed. Abril, mai. 2006. Disponível em: <[http://saude.abril.com.br/edicoes/0273/nutricao/conteudo\\_133922.shtml](http://saude.abril.com.br/edicoes/0273/nutricao/conteudo_133922.shtml)>. Acesso em: 4 mai. 2009.

PIMENTEL, N. M. **Processo Produtivo para o Aproveitamento dos Produtos Florestais Não-Madeireiros do Baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 2008, 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. (coord). **Aquecimento global e cenários futuros da agricultura brasileira**. Campinas: Funcamp/Unicamp, set. 2008. 112 p. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/aquecimento\\_agricola.html](http://www.cpa.unicamp.br/aquecimento_agricola.html)>. Acesso em: 30 abr. 2009.

POPOV, A. I.; HALLENGA, K. **Modern NMR Techniques and Their Application in Chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1991.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

PORTO, S. **Agricultura familiar é solução para crise de alimentos, diz diretor da Conab**. Brasília: A Tarde online, Economia, 01 jun. 2008. Entrevista concedida a Danilo Macedo da Agência Brasil. Disponível em: <<http://www.atarde.com.br/economia/noticia.jsf?id=894368>>. Acesso em: 10 mai. 2009.

PRIOR, R.; HOANG, H.; GU, L.; WU, X.; BACCHIOCCA, M.; HOWARD, L.; HAMPSCH-WOODILL, M.; HUANG, D.; OU, B.; JACOB, R. Assays for Hydrophilic and Lipophilic Antioxidant Capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of Plasma and Other Biological and Food Samples. **J. Agric. Food Chem.**, 51, p. 3273-3279, 2003.

QUE BARATO. **Baru, castanha de exportação**. Uberlândia, 25 mai. 2008a. Disponível em: <[http://www.quebarato.com.br/classificados/baru-castanha-de-baru-exportacao\\_\\_1004425.html](http://www.quebarato.com.br/classificados/baru-castanha-de-baru-exportacao__1004425.html)>. Acesso em: 10 mai. 2009.

QUEIROZ, R. Estação aquece mercado de sorvetes em Goiânia. **O Popular**, Goiânia, 29 jan. 2009. Gastronomia. Disponível em: <<http://www.internetecia.net/noticias/estacao-aquece-mercado-de-sorvetes-em-goiania/130121/>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J.F.; DIAS, T.A.; SILVA, M.R. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia Cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo Bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v.5, p. 5-43, 2000. apud SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F.; BRITO, M.A. Baru: biologia e uso. Planaltina. DF: Embrapa Cerrados, mai. 2004. 52 p.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C. Modelagem matemática do processo de hidratação de sementes de Feijão. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 373-378, 2007.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; RIBEIRO, D.M.; FERREIRA NETO, A.F. Comportamento mecânico dos grãos de feijão submetidos a compressão. **Revista**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

**Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.4, p.404–409, 2007.

RIBEIRO, V.S; SOBRAL, M.C; AMEIDA, M.M; SILVA, G.F. Propriedades físicas de produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.1-6, 2002.

RIGONATO, V. D.; ALMEIDA, M. G. Cerrado: as fitofisionomias e a inter-relação com as populações tradicionais. **Revista Cerrados**, v. 2, n. 1, p. 39-53, jan./dez. 2004.

ROCHA, C.; COSTA, L. O.; ABREU, M. P. ; ANDRADE, L. T. A. Processamento de nozes do baru (*Dipteryx alata* Vog.). In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 5, 2003, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2003. CD-ROM.

RODRIGUEZ DE MASSAGUER, P. **Microbiologia dos processos alimentares**. São Paulo: Varela, 2005. 258p.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de Estágio e de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.

ROESLER, R.; CATHARINO, R. R.; MALTA, L. G.; EBERLIN, M. N.; PASTORE, G. M. Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of major components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, 110, p. 711-717, 2008.

\_\_\_\_\_; CATHARINO, R. R.; MALTA, L. G.; EBERLIN, M. N.; PASTORE, G. M. Antioxidant activity of *Annona crassiflora*: Characterization of major components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, 104, p. 1048-1054, 2007a.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

\_\_\_\_\_; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUZA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.27, n.1, p.53-60, jan-mar. 2007b.

\_\_\_\_\_; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; PASTORE, G. M. Evaluation of Antioxidant Properties of Brazilian Cerrado Fruit *Annona crassiflora* (Araticum). **Journal of Food Science**. v. 71, n. 2. p.102-107. 2006.

ROOS, Y.H. **Water Activity and Plasticization**. In: ESKIN, N.A.M.; ROBINSON, D.S. (Ed.) *Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical, and Microbiological Changes*. Boca Raton: CRC Press, 2001. (CRC series in contemporary food science).

SÁ, A. L. **Como Administrar Pequenos Negócios**. São Paulo: Ediouro, 1984.

SAMPAIO, R.M.; MARCOS, S.K.; MORAES, I.C.F.; PEREZ, V.H. Moisture adsorption behavior of biscuits formulated using wheat, oatmeal and passion fruit flour. **Journal of Food Processing and Preservation**, 33, p.105-113, 2009.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina. DF: Embrapa Cerrados, 1998. 556 p.

SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F.; BRITO, M.A. **Baru: biologia e uso**. Planaltina. DF: Embrapa Cerrados, mai. 2004. 52 p.

SANO, S.M.; VIVALDI, L.J.; SPEHAR, C.R. Diversidade morfológica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesq Agropec Trop.**, v. 34, n. 4, p. 513-518, abr, 1999.

SANT'ANA, L.P; MARIN, A. M. F.; SIQUEIRA, E. M. A.; ARRUDA, S. F. Potencial antioxidante de frutos do cerrado in vitro. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 7, 2007, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2007. CD-ROM.



SAS, **Institute SAS user's guide: statistics**, 5. SAS Institute, Inc., Statistical Analysis System Cary, 1995.

SCHAUSS, A.G.; WU, X.; PRIOR, R.L.; OU, B.; HUANG, D.; OWENS, J.; AGARWAL, A.; JENSEN, G.S.; HART, A.N.; SHANBROM, E. Antioxidant Capacity and Other Bioactivities of the Freeze-Dried Amazonian Palm Berry, *Euterpe oleraceae* Mart. (Acai). **J. Agric. Food Chem.**, 54, 2006. p. 8604-8610.

SCHMIDT, F.L. **Apostila do curso de Especialização em Gestão da Qualidade na Cadeia Produtiva de Alimentos** – Universidade Estadual de Campinas. 2005.

SCHMIDT, F.L. ; MARTINS, B. A. Avaliação do despolpamento de baru (*Dipteryx alata* Vog.). In: SLACA - Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos, 7, 2007, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2007. CD-ROM.

SGARBIERI, V.C. **Alimentação e Nutrição: Fator de saúde e desenvolvimento**. São Paulo: UNICAMP, 1987. 387 p.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: VARELA, 1996. 517 p.

SGARBIERI, V.C.; PACHECO, M.T.B. Revisão: alimentos funcionais fisiológicos. **Braz. J. Food Technol.**, v.2, n.1-2, p. 7-19, 1999.

SHILS, M.E.; YOUNG, V.R. (Ed.) **Moderns nutrition in health and desease**. 7 ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1989.

SIEG. Sistema de Informações Estatísticas e Geográficas de Goiás. **Estado de Goiás**. SIG Online. Governo do Estado de Goiás. Disponível em: <[http://www.sieg.go.gov.br:81/i3geo/aplicmap/inter\\_sieg.htm?4528028ec239696329d9e43e1cdfcb62](http://www.sieg.go.gov.br:81/i3geo/aplicmap/inter_sieg.htm?4528028ec239696329d9e43e1cdfcb62)>. Acesso em: 01 jun. 2009.

SIQUEIRA, M.I.D.; GERALDINE, R.M.; TORRES, M.C.L. Avaliação do despolpamento mecânico e rendimento do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.), resistência a quebra do caroço e ponto de torrefação da amêndoa. **Dados não publicados.**

SILVA, F.A. **Estudo da aplicação de energia de microondas na secagem da noz macadâmia (*Madamia integrifolia* Maiden & Betche).** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SILVA, A. K.; EGITO, M. Rede de Comercialização Solidária de Agricultores Familiares e Extrativistas do Cerrado: um novo protagonismo social. **Agriculturas**, v.2, n.2, p.14-16, jun, 2005. 132 p. Disponível em: <[www.agroecologia.org.br/modules/articles/04\\_artigo\\_3.pdf](http://www.agroecologia.org.br/modules/articles/04_artigo_3.pdf)> Acesso em: 15 out. 2007.

SILVA, D. S.; SILVA, J. A. JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. **Frutos do Cerrado.** Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001.178 p.

SILVA, M. R.; MARTINS, D. M. O.; SANTOS, G. G.; LACERDA, D. B. C. L. Avaliação da qualidade de biscoitos elaborados com polpa e amêndoa de baru. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 6, 2005, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2005a. CD-ROM.

SILVA, M. R.; SANTOS, G. G.; LACERDA, D. B. C. L.; MARTINS, D. M. O. Avaliação física e química de paçoca doce elaborada com amêndoa de baru. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 6, 2005, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2005b. CD-ROM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

SILVA, R. G.; LELES, M. G. I.; SILVA, A. M. L. Composição centesimal de algumas espécies frutíferas do Cerrado. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 5, 2003, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2003. CD-ROM.

SILVA, S. R. **Guia de Plantas do Cerrado utilizado na Chapada dos Veadeiros.** Brasília: WWF-Brasil, 2001. 132 p.

SLOWFOOD. **Fortalezas.** Slow Food Brasil. 2009a. Disponível em: <<http://www.slowfoodbrasil.com/content/view/30/49/>>. Acesso em: 7 mai. 2009.

\_\_\_\_\_. **Fortaleza da Castanha de Baru.** Slow Food Brasil. 2009b. Disponível em: <<http://www.slowfoodbrasil.com/content/view/106/69/>>. Acesso em: 7 mai. 2009.

SOARES JÚNIOR, M. S.; TORRES, M. C. L.; VERA, R.; CALIARI, M.; TEIXEIRA, J. S.; ALVES, L. C. Avaliação da qualidade sensorial de biscoitos de baru (*Dipteryx alata* Vog) para merenda escolar. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 5, 2003, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2003a. CD-ROM.

SOARES JÚNIOR, M. S.; TORRES, M. C. L.; VERA, R.; CALIARI, M.; FREITAS, L. F.; MELO, C. S. Estudo da torração de amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog). In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 5, 2003, Universidade Estadual de Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2003b. CD-ROM.

SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; TORRES, M. C. L.; VERA, R.; TEIXEIRA, J. S.; ALVES, L. C. Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesq Agropec Trop.**, v. 37, n. 1, p. 51-56, mar. 2007.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

SOLER, M.P.; VITALI, A.A.; MUTO, E.F. Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, n.4, p. 717-722, 2007.

SOPADE, P. A.; AJISEGIRI, E. S.; BADAU, M. H. The use of Peleg's equation to model water absorption in some cereal grains during soaking. **Journal of Food Engineering**, v. 15, p. 269-283, 1992.

TAKEMOTO, E.; OKADA, I. A.; GARBELOTTI, M. L.; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S. Composição Química da Semente e do Óleo de Baru (*Dypterix alata* Vog.). **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v.60, n.2, p.113-7, 2001.

TEIXEIRA, E. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180p.

TEIXEIRA NETO, R. O. **Isotermas de sorção de umidade**: técnicas de obtenção e aplicações. In: JARDIM, D. C. P.; GERMER, S. P. M. (Ed.). Atividade de água em alimentos. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1997. Cap. 6.

\_\_\_\_\_. **Alterações na qualidade de frutas e hortaliças desidratadas durante a estocagem**. In: AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. (coord). Desidratação de frutas e hortaliças. Campinas: ITAL/FUNDEPAG, 2002. 206 p. (Manual Técnico)

TEIXEIRA NETO, R. O; JARDIM, D. C. P. **Reações de transformação em alimentos**. In: TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A. (Coord.) Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. 2. ed. Campinas: ITAL/NSI/AL, 1996. 74p. (Manual Técnico; 6).

TEIXEIRA NETO, R. O; VITALI, A. A. (Coord.) **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. 2. ed. Campinas: ITAL/NSI/AL, 1996. 74p. (Manual Técnico; 6).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

TOGASHI, M. **Composição e caracterização química e nutricional do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. Campinas, 1993. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

TOGASHI, M.; SGARBIERI, V. C. Proximate chemical characterizations of the baru (*Dipteryx alata* Vog.) fruit. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.14, n.1, p.85-96. 1994.

TORRES, P.; GALLEGUILLOS, P.; LISSI, E.; LÓPEZ-ALARCÓN, C. Antioxidant capacity of human blood plasma and human urine: Simultaneous evaluation of the ORAC index and ascorbic acid concentration employing pyrogallol red as probe. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, 16, p. 9171–9175, 2008.

TREM DO CERRADO. **Produtos**. 2009. Disponível em: <<http://www.tremdoCerrado.com/produtos.html>>. Acesso em: 7 mai. 2009.

TURHAN, M.; SAYAR, S.; GUNASEKARAN, S.; Application of Peleg Model to study water absorption in chickpea during soaking. **Journal of Food Engineering**, v. 53, p. 153-159, 2002.

VARELA, P.; AGUILERA, J. M.; FIZSMAN, S. Quantification of fracture properties and microstructure features of roasted Marcona almonds by image analysis. **LWT**, v. 41, p.10-17, 2008.

VELOSO, V.R.S.; VERA, R.; NAVES, R.V.; SOARES JUNIOR, M.S.; SOUZA, E.R.B.; CALIARI, M.; FERNANDES, E.P.; FONSECA, F.A.; NASCIMENTO, J.L. Características físicas de frutos de baruzeiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no Cerrado do Estado de Goiás, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 10; Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, 54., out. 2008, Vitória. **Anais eletrônicos...** Vitória: Centro de Convenções, 2008. Disponível em: <[http://200.137.78.15/cd\\_XXCBF/paginas/PropagacaoSementesMudas/20080727\\_232159.pdf](http://200.137.78.15/cd_XXCBF/paginas/PropagacaoSementesMudas/20080727_232159.pdf)>. Acesso em: 13 mai. 2009.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.) **Tecnologia de bebidas**: matéria prima, processamento, BPF / APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 550p.

VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO, R. O. **Introdução à cinética de reação em alimentos**. In: TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A. (Coord.) Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. 2. ed. Campinas: ITAL/NSI/AL, 1996. 74p. (Manual Técnico; 6).

WALL, M.M; GENTRY, T.S. Carbohydrate composition and color development during drying and roasting of macadamia nuts (*Macadamia integrifolia*). **LWT**, v.40, p.587-593, 2007.

WU, X.; BEECHER, G.R.; HOLDEN, J.M.; HAYTOWITZ, D.B.; GEBHARDT, S.E.; PRIOR, R.L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States, **J. Agric. Food Chem.**, 52, 4026–4037, 2004.

YEH, J.Y.; PHILLIPS, R.D.; RESURRECCION, A.V.A.; HUNG, Y.C. Physicochemical and sensory characteristic changes in fortified peanut spreads after 3 months of storage at different temperatures. **J. Agric. Food Chemistry**, v.50, p. 2377-2384, 2002.

YILDIRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A.A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. **J. Agric. Food Chemistry**, v.49, p. 4083-4089, 2001.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Lista de verificação (check-list)

#### Definições para uso adequado do check-list:

Conformidade: Este campo está relacionado ao atendimento a requisitos especificados, podendo assumir as seguintes classificações: “Conforme (C)”, “Não conforme (NC)”, “Não aplicável (NA)” e “Não observado (NO)”.

#### Etapa 1 - Aspectos gerais de higiene pessoal e programa de treinamento

REQUISITOS	CONFORMIDADE
1.1 Os funcionários são orientados para comunicar à gerência quando estiverem afetados por uma doença transmissível ou por infecções que possam transmitir patógenos para os alimentos (hepatite viral A, diarreia, infecção gastrointestinal, vômito, febre, infecção naso-faríngeas com febre, infecções de pele, irritações, cortes infeccionados, lesões, feridas, secreções nos ouvidos, olhos ou nariz).	
1.2 Funcionários doentes ou portadores de agentes que possam ser transmitidos por alimentos são afastados das áreas de manipulação de produtos alimentícios.	
1.3 Funcionários com cortes ou lesões abertas não manipulam os alimentos, a menos que estejam devidamente protegidas por uma cobertura à prova de água e sem risco de contaminação para o produto.	
1.4 Pessoas que mantêm contato com alimentos são submetidas aos exames médicos laboratoriais que avaliem a sua condição de saúde antes do início de sua atividade e/ou periodicamente após o início das mesmas.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
1.5 Funcionários lavam as mãos adequadamente ao iniciar as atividades de manipulação de alimentos, imediatamente após usar o banheiro, após manipular produtos crus ou qualquer outro produto contaminado.	
1.6 O uniforme é constituído de roupas protetoras(de cores claras e sem bolsos externos acima da cintura), toucas que contenham todo o cabelo, botas e/ou luvas, quando necessário, sendo mantidos limpos e trocados com frequência adequada para garantir as condições sanitárias.	
1.7 Não são observados roupas e objetos pessoais na área de manipulação de alimentos, nem alimentos, guardados ou sendo consumidos, nos armários dos vestiários.	
1.8 Existe controle adequado que garante o cumprimento da sistemática de lavagem das mãos.	
1.9 Pessoas envolvidas em atividades de manipulação evitam qualquer comportamento que possa resultar na contaminação do produto alimentício com o fumar, cuspir, mastigar ou comer, espirrar ou tossir sobre os alimentos não protegidos e sentar no chão com uniforme.	
1.10 Pessoas nas áreas de manipulação não usam adornos como jóias, bijuterias e outros objetos que possam cair e/ou contaminar os alimentos.	
1.11 Unhas são mantidas aparadas e livres de qualquer tipo de esmalte, quando necessário.	
1.12 O emprego de luvas na manipulação de alimentos obedece, quando necessário às perfeitas condições de higiene e limpeza destas, sendo que não exime o manipulador da obrigação de lavar as mãos cuidadosamente.	



REQUISITOS	CONFORMIDADE
1.13 Todo pessoal envolvido no processo produtivo é treinado quanto seu papel na proteção do alimento contra a contaminação e a deterioração antes de iniciar na área de trabalho.	
1.14 Os manipuladores de alimentos recebem treinamentos de Boas Práticas de Fabricação e de habilidades específicas, compatíveis com a complexidade das tarefas que irão executar.	
1.15 O pessoal responsável pela manutenção de equipamentos de produção é treinado para identificar as deficiências que possam afetar a segurança do alimento e aplicar as ações corretivas apropriadas .	
1.16 O pessoal responsável pelos programas de limpeza e sanificação são treinados quanto os princípios e métodos necessários para uma higienização efetiva dos equipamentos de produção.	
1.17 O pessoal que realiza ou supervisiona o controle integrado de pragas é treinado para que este seja efetivo e eficiente.	
1.18 São realizadas avaliações periódicas da efetividade dos treinamentos e dos programas de capacitação.	
1.19 A aplicação dos treinamentos é reforçada e/ou realizada periodicamente ou quando necessário, bem como suas revisões e atualizações.	
1.20 Visitantes das áreas de manufatura e processamento de produtos alimentícios vestem roupas protetoras e observam as regras de higiene pessoal e boas práticas de fabricação.	
1.21 O trânsito de empregados e visitantes não resulta em contaminações cruzadas dos produtos.	

## Etapa 2 - Aspectos gerais de projetos e instalações

REQUISITOS	CONFORMIDADE
2.1 O estabelecimento está situado longe de áreas com meio ambiente poluído e atividades industriais que representam ameaça de contaminação ao alimento.	
2.2 O estabelecimento está situado em áreas não sujeitas a enchentes, infestações e pragas, e que permitem a retirada fácil, completa e efetiva de dejetos.	
2.3 Os equipamentos são instalados de tal forma que permita a manutenção, limpeza e funcionamentos adequados.	
2.4 Há separação adequada das atividades por meios físicos ou por outras medidas efetivas, em que possa ocorrer contaminação cruzada.	
2.5 Edifícios e instalações são projetados de forma a facilitar as operações higiênicas por meio de um fluxo sem cruzamento de etapas de processo, desde o recebimento de matérias primas até o produto acabado.	
2.6 A parte externa do prédio previne a entrada de contaminantes e de pragas, através da proteção de aberturas ou entradas.	
2.7 As áreas de acesso à fábrica são asfaltadas e com declive adequado que permite fácil escoamento de água.	
2.8 As superfícies das paredes divisórias e pisos são impermeáveis e de materiais não tóxicos, sendo as paredes lisas e impermeáveis até uma altura adequada.	
2.9 O piso é construído de forma a permitir drenagem e limpeza adequadas.	
2.10 O forro e outros acessórios fixos em posições elevadas são construídos de forma a minimizar o acúmulo de sujeira e de condensação de vapor e permitem limpeza adequada.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
2.11 As janelas são de fácil limpeza e são construídas de forma a minimizar o acúmulo de sujeira e quando necessário, estão protegidas por telas à prova de insetos, removíveis e laváveis. Quando necessário, são vedadas.	
2.12 As portas têm superfície lisa, não absorvente, fácil de lavar e quando necessário, fácil de sanificar.	
2.13 As superfícies que entram em contato com alimentos são de fácil limpeza, manutenção e sanificação. Estão em condições adequadas e são feitas de material liso, não absorvente, não tóxico e inerte para o alimento e agentes de limpeza e sanificação.	
2.14 O sistema de drenagem e de esgoto é equipado com sistema de fechamento adequado e foi projetado de tal forma que não permite risco de contaminação cruzada.	
2.15 Os equipamentos são projetados de forma a assegurar que, quando necessário, possam ser limpos e sanificados e até desmontados.	
2.16 Os equipamentos são confeccionados com material resistente, não absorventes, que não transmitem substâncias tóxicas, odores e sabores.	
2.17 Os equipamentos apresentam superfícies lisas, isentas de frestas e outras imperfeições que possam comprometer a higiene dos alimentos ou representar fontes de contaminação.	
2.18 Não há cruzamento entre equipamentos/ utensílios utilizados para materiais não comestíveis e comestíveis, ou para matérias primas ou preparações com produtos acabados.	
2.19 Os equipamentos usados para esterilizar, pasteurizar, cozer, resfriar, congelar ou manter em determinada temperatura são projetados para permitir que a temperatura necessária seja alcançada em tempo adequado e que seja mantida, controlada e monitorada.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
2.20 Recipientes para resíduo, retrabalho e descarte de substâncias perigosas estão clara e devidamente identificados, são de materiais e projetos adequados para este fim, e quando necessário são trancados a fim de evitar uso acidental ou malicioso.	
2.21 Não há acúmulo de resíduos gerais nas áreas de manipulação, estocagem e outras áreas de serviços que lidam com o produto alimentício.	
2.22 Recipientes e instalações para os resíduos gerais estão claramente identificados, limpos e sanificados, sendo os mesmos à prova de quebra e mantidos tampados.	
2.23 Os recipientes são esvaziados, limpos e sanificados com frequência devida para minimizar seu potencial de contaminação.	
2.24 A manipulação do resíduo é feita de forma a evitar a contaminação dos alimentos e/ou da água potável.	
2.25 O acesso de vetores ao resíduo é impedido e este é mantido em condições tais que não interfiram com o grau de limpeza apropriada.	
2.26 Sistemas para disposição e tratamento de resíduos e efluentes, como resíduo e esgoto estão disponíveis, são adequados e atendem no mínimo às disposições legais vigentes, tomando o cuidado de não acarretar nenhum problema ao meio ambiente ou à comunidade.	
2.27 Existem instalações adequadas, devidamente separadas para limpeza de alimentos, equipamentos e utensílios, dispondo de água fria e/ou quente, conforme necessidade.	
2.28 Os sanitários são separados das áreas onde há alimentos, ou não têm acesso direto a áreas de processo e estão em número adequado.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
2.29 Os sanitários são providos de vasos sanitários adequados e com tampas. Mictórios, quando existentes, são providos de sistema de descarga ou água corrente.	
2.30 Papel higiênico em quantidade adequada está disponível.	
2.31 Vasos sanitários são dotados de sistema de descarga que arrastam o papel higiênico, de forma que este possa ser descartado diretamente no vaso.	
2.32 Na impossibilidade do descarte do papel higiênico diretamente no vaso, os sanitários são dotados de cesto apropriado (material adequado, impermeável, com tampa, com pedal que permita acionamento adequado e com saco plástico interno). O descarte do conteúdo é feito de maneira apropriada e com frequência adequada.	
2.33 Há meios adequados para lavagem e secagem das mãos, tanto nos vestiários como em áreas em que esta operação é necessária como na entrada e em áreas de processo (onde aplicável).	
2.34 Os lavatórios dos sanitários são adequadamente projetados e dotados de produtos adequados para higienização das mãos. Onde necessário há sanificante para as mãos.	
2.35 Os vestiários são adequados, contam com número suficiente de armários, bem como de chuveiros e outras facilidades como local para guarda de calçados, toalhas, etc.	
2.36 Métodos próprios estão disponíveis para aquecer, resfriar, cozer, refrigerar, congelar e manter os alimentos refrigerados, congelados ou aquecidos.	
2.37 Quando necessário, para garantia da segurança e adequação do alimento, a temperatura ambiente é controlada.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
2.38 A ventilação (natural ou mecânica) minimiza a contaminação, controla a temperatura ambiental e os odores que possam afetar a qualidade do alimento.	
2.39 O sistema de ventilação foi projetado de forma a evitar a circulação de ar de uma área contaminada para uma área limpa, onde isto for necessário.	
2.40 A iluminação (natural ou artificial) garante que as operações sejam conduzidas de maneira higiênica.	
2.41 As lâmpadas estão protegidas contra queda e explosão, onde necessário e estão devidamente limpas.	
2.42 Instalações elétricas quando não embutidas, estão perfeitamente revestidas, não ficando soltas sobre a zona de manipulação de alimentos e permitem limpeza adequada.	
2.43 Em áreas de produção ou inspeção a iluminação é dimensionada para permitir que tais atividades sejam eficientemente conduzidas.	
2.44 A água utilizada na manipulação e processamento de produtos alimentícios é potável, devendo atender aos padrões da legislação vigente, comprovadamente e com a devida frequência.	
2.45 Suprimento de água potável dispõe de facilidades para estocagem, distribuição e temperaturas adequadas, estando devidamente identificados.	
2.46 O reservatório de água foi projetado e construído de forma a evitar contaminação. Apresenta-se íntegro, tampado e passa por programa de limpeza que garante a qualidade da água armazenada.	
2.47 O sistema de água não potável é separado e devidamente identificado e não permite conexão de refluxo ao sistema de água potável.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
2.48 O tratamento químico é realizado com substâncias apropriadas, as quais não representam fontes de contaminação, e é adequadamente controlado e monitorizado.	
2.49 A água de recirculação é tratada, controlada e monitorizada de maneira apropriada.	
2.50 Gelo e vapor quando usados como ingredientes ou em contato direto com alimentos, são fabricados com água potável, manuseados e estocados de forma a estarem protegidos de contaminações.	
2.51 Mangueiras, torneiras ou similares são projetadas para evitar retrosifonagem, não podendo, ainda, ocorrer contaminação cruzada entre os suprimentos de água potável e não potável.	
2.52 O volume, a temperatura e a pressão da água potável são adequados para todas as operações, inclusive limpeza.	
2.53 Existe procedimento documentado para monitorização com itens de verificação e freqüência adequadas para garantir a qualidade da água (PPHO 1).	

### Etapa 3 - Aspectos gerais de fabricação

REQUISITOS	CONFORMIDADE
3.1 A produção primária é manejada de forma a garantir a produção de alimento seguro.	
3.2 Na produção primária não é utilizada área em que o meio ambiente represente uma ameaça.	
3.3 Na produção primária os insumos químicos, pesticidas e drogas veterinárias permitidos são utilizados de forma apropriada para não haver resíduos em quantidades não toleráveis.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
3.4 O alimento primário é produzido em condições de higiene adequada.	
3.5 Há treinamento apropriado ao nível da produção primária.	
3.6 A água utilizada nos diversos processos produtivos não constitui um risco para a saúde do consumidor final.	
3.7 As matérias primas são armazenadas em condições que garantam a proteção contra contaminação, redução de perda da qualidade nutricional e deterioração.	
3.8 Os meios de transporte dos alimentos colhidos, transformados ou semi-processados são adequados para o fim a que se destinam.	
3.9 Produtos crus ou ingredientes só são recebidos quando os níveis de pragas, parasitas, microrganismos indesejáveis, pesticidas, drogas veterinárias ou substâncias tóxicas, são aceitáveis ou quando possam se reduzidos a níveis aceitáveis por separação e/ou por processamento normais.	
3.10 O responsável pela recepção avalia as condições das matérias-primas, tais como data de validade e fabricação dos produtos, condições de embalagem, nome e composição do produto, inscrição no órgão oficial, alvará do veículo de transporte, higiene do entregador, temperatura do produto (quando refrigerado) e se o produto é autorizado pela equipe técnica.	
3.11 Produtos e ingredientes crus são inspecionados e selecionados antes do processamento, quando necessário.	
3.12 Análises laboratoriais são realizadas, quando necessário.	
3.13 A empresa possui especificações escritas para ingredientes, aditivos e coadjuvantes, incluindo o disposto na legislação alimentar.	



REQUISITOS	CONFORMIDADE
3.14 A empresa tem dados que demonstram a capacidade de processo do fornecedor, em atender as especificações de forma consistente.	
3.15 A empresa realiza monitorização periódica para verificar se o fornecedor cumpre com as especificações e ainda conduz auditorias para validar seu programa de certificação quando necessário.	
3.16 A estocagem de alimentos permite limpeza e manutenção adequadas, evita o acesso e instalação de pragas, evita que o alimento seja contaminado e/ou deteriorado durante a estocagem.	
3.17 Materiais de limpeza e substâncias tóxicas são estocados separadamente dos alimentos, em áreas específicas, devidamente identificados e mantidos de forma a impedir contaminações de produtos alimentícios.	
3.18 Ingredientes que necessitam de refrigeração são mantidos a 4° C ou menos, devidamente monitorizados e os congelados são mantidos sob temperatura que não permitem o descongelamento.	
3.19 A rotação de estoque de ingredientes e materiais de embalagem é devidamente controlada para prevenir deterioração e/ou alteração, que torne o alimento impróprio para consumo.	
3.20 Matérias primas e insumos sensíveis à umidade são conservados sob condições adequadas para prevenir deterioração.	
3.21 Matérias-primas, semi-elaborados e produtos finais são estocados com devida identificação, sempre que necessário.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
3.22 Matérias-primas e produtos acabados são empilhados sobre estrados de PVC, mantendo distanciamento mínimo de 60 cm entre pilhas e entre pilhas e paredes.	
3.23 Substâncias químicas não alimentícias são recebidas e conservadas em área ventilada e seca, e se há necessidade de manipulação, estas são manipuladas e mantidas de maneira a evitar a contaminação dos alimentos, das superfícies que entram em contato com alimentos e de materiais de embalagem.	
3.24 Substâncias químicas não alimentícias são preparadas/armazenadas em recipientes limpos, identificados, são ainda distribuídas e manuseadas somente por pessoal treinado e autorizado.	
3.25 Produtos acabados são manuseados e estocados de forma a evitar danos e sob condições que evitem a contaminação ou multiplicação microbiana.	
3.26 Alimentos devolvidos com suspeita de problemas são claramente identificados e isolados em uma área designada para descarte.	
3.27 Matérias primas e insumos utilizados são registrados nos órgãos oficiais competentes, e utilizados somente após a aprovação da empresa.	
3.28 São cumpridas as especificações descritas nos rótulos das matérias primas e insumos, sendo respeitado seu prazo de validade.	
3.29 Subprodutos são armazenados de forma a impedir contaminações, e são retirados das áreas de trabalho sempre que necessário.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
3.30 As fórmulas dos produtos estão escritas e disponíveis e contém informações como identificação e quantidade de ingredientes aditivos específicos.	
3.31 Os aditivos utilizados no processo são permitidos para uso no alimento e possuem especificações que cumprem com os requisitos legais e são adicionados na quantidade especificada.	
3.32 Ingredientes ou aditivos críticos especificados nas formulações são controlados durante o preparo.	
3.33 Todas as operações de processo incluindo o acondicionamento, estocagem e expedição são realizadas em condições que excluam toda a possibilidade de contaminação, deterioração e proliferação de microorganismos patogênicos e deteriorantes	
3.34 Produtos crus ou subprocessados são efetivamente separados dos alimentos prontos para consumo	
3.35 As embalagens ou recipientes são inspecionados imediatamente antes do uso para verificar sua segurança e não são utilizados para alguma finalidade que possa dar lugar a uma contaminação do produto.	
3.36 O fornecedor deve ter sistema de segurança alimentar na produção das embalagens, incluindo BPF e, quando necessário, também o APPCC, quando se tratar de material de embalagem que tem contato com o produto alimentício.	
3.37 Os registros contem informações claras, legíveis e são datados e assinados pela pessoa responsável.	
3.38 A produção só tem início após os requerimentos de limpeza e sanificação terem sido completados .	
3.39 Há um programa para prevenir contaminação e corrosão dos equipamentos (layout e manutenção)	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
3.40 Os produtos químicos utilizados para lubrificação, isolamentos e pinturas são de grau alimentício.	
3.41 Há um programa de calibração dos equipamentos (lista dos equipamentos, protocolos e métodos de calibração, frequência, pessoa responsável, monitorização e registros).	
3.42 Há um programa por escrito de manutenção preventiva (lista de equipamentos e utensílios, manutenções necessárias e frequência, peças trocadas, pessoa responsável, método de monitorização, verificação e registros).	
3.43 As instalações, equipamentos e utensílios são mantidos em estado de adequação ou reparo e em condições que facilitam todos os procedimentos de limpeza e sanificação.	
3.44 Os equipamentos e utensílios encontram-se em bom estado de funcionamento e previnem a contaminação do produto alimentício por partículas de metal, fragmentos de plástico, descamações de superfícies e substâncias químicas.	
3.45 Durante o transporte os produtos são devidamente protegidos de perigos microbiológicos, físicos e químicos.	
3.46 O carregamento / descarregamento de produtos é realizado de forma a não contaminar o alimento.	
3.47 O veículo de transporte é limpo, sanificado (quando necessário), permite a separação efetiva de produtos alimentícios diferentes ou de não alimentícios, e possui ainda proteção efetiva contra contaminação.	
3.48 O veículo é dotado de sistema capaz de manter o nível necessário de temperatura, ou outra condição necessária para a proteção do produto.	
3.49 Equipamentos de medição de temperatura, umidade, etc. dos veículos, estão localizados de forma a permitir fácil verificação.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
3.50 Alimentos refrigerados são transportados a 4°C ou menos, devidamente monitorizados.	

#### Etapa 4 - Aspectos gerais de limpeza e sanificação

REQUISITOS	CONFORMIDADE
4.1 A área de manipulação, equipamentos e utensílios são limpos com frequência adequada e sanificados sempre que necessário.	
4.2 Procedimentos e documentos de limpeza e sanificação, contendo métodos, frequência, produtos utilizados e concentrações, responsabilidades e monitorização, para as diferentes áreas, equipamentos e utensílios, estão disponíveis.	
4.3 O programa de sanificação é conduzido de forma a não contaminar os produtos alimentícios e as embalagens, durante ou após a limpeza e sanificação, com aerossóis, resíduos químicos e outros.	
4.4 Os detergentes e desinfetantes são adequados para limpeza da área, equipamentos e utensílios.	
4.5 Os detergentes e desinfetantes utilizados são aprovados pelo órgão competente.	
4.6 Resíduos destes detergentes que possam permanecer nas superfícies que entram em contato com o alimento, são eliminados mediante enxágüe com água potável, antes da utilização das mesmas.	
4.7 Após manutenção em qualquer local do estabelecimento, que possa contaminar o alimento, são realizadas técnicas adequadas de limpeza e sanificação.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
4.8 O programa de limpeza e sanificação assegura que todas as partes do estabelecimento estejam adequadamente limpas, e este é monitorizado continuamente para verificar adequação e efetividade.	
4.9 O sistema de sanificação é monitorizado periodicamente através de auditorias ou inspeções pre-operacionais ou, quando adequado, por amostragem para fins de análises microbiológicas do meio ambiente e das superfícies que entram em contato com os produtos alimentícios.	
4.10 Equipamento de limpeza e sanificação são devidamente separados de áreas onde haja alimentos para evitar contaminação cruzada.	
4.11 Todo pessoal envolvido nas atividades de limpeza e sanificação recebem treinamento nos procedimentos e instruções de trabalho estabelecidos para tais atividades.	

#### Etapa 5 - Aspectos gerais de controle integrado de pragas

REQUISITOS	CONFORMIDADE
5.1 O estabelecimento dispõe de meios para armazenamento de resíduo e materiais não comestíveis antes de sua eliminação, de modo a impedir o ingresso de pragas e evitar contaminação de matéria-prima, alimentos, água potável, equipamentos e edifícios.	
5.2 As construções são mantidas em boas condições de reparo a fim de prevenir o acesso de pragas e para eliminar possíveis sítios de reprodução.	
5.3 Aberturas e drenagens (incluindo ralos internos) são mantidas teladas ou tampadas impedindo a entrada de pragas.	
5.4 Portas e janelas são mantidas fechadas.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
5.5 As plantas de processamento de alimentos estão livres de pragas e os animais são excluídos das áreas onde se encontram matérias primas, embalagens, alimentos prontos ou em qualquer das etapas de produção/industrialização.	
5.6 As áreas são mantidas limpas.	
5.7 Alimentos e refugos são estocados em recipientes à prova de pragas e/ou mantidas acima do piso e afastadas das paredes.	
5.8 A empresa examina regularmente o estabelecimento e a área ao redor para detectar evidências de infestações, que são tratadas de imediato sem afetar a segurança e adequação do produto alimentício.	
5.9 Existe um programa formal e efetivo para controle de pragas que inclui os produtos químicos utilizados, sua concentração, locais onde foi aplicado, método e frequência da aplicação, o nome do responsável pelo controle de pragas, um mapa com a localização de armadilhas, tipo e frequência de inspeção para prevenir a efetividade do programa.	
5.10 Os pesticidas utilizados são aprovados pelas autoridades regulamentares (Ministério da Saúde) e são usados segundo as instruções do rótulo e sob supervisão direta de um profissional que tem conhecimentos dos riscos durante a aplicação e dos resíduos que possam chegar ao produto.	
5.11 Antes da aplicação de pesticidas tem-se cuidado de proteger todos os alimentos, equipamentos e utensílios contra contaminação.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
5.12 Equipamentos e produtos utilizados são mantidos/armazenados em local seguro, longe dos produtos alimentícios e em embalagens identificadas e adequadas, sendo sua entrada e saída controladas e o operador treinado quanto à utilização dos produtos e riscos que estes agentes acarretam para a saúde.	
5.13 Após a aplicação dos praguicidas faz-se a limpeza dos equipamentos e dos utensílios contaminados para eliminar os resíduos antes da sua reutilização.	
5.14 No caso de contratação de empresa terceirizada para realização do controle de pragas, esta tem cópia atualizada da licença para funcionamento expedido órgão local competente e há um responsável com formação e/ou experiência na área para a supervisão do trabalho contratado.	
5.15 O lixo é armazenado em local fechado, lavável e limpo. Quando necessário é refrigerado. É retirado diariamente.	

#### Etapa 6 - Aspectos gerais de controle da qualidade

REQUISITOS	CONFORMIDADE
6.1 A rotulagem informa exatamente a composição do produto	
6.2 São tomados os devidos cuidados para garantir que alérgenos, presentes no produto sejam declarados nos rótulos.	
6.3 Os rótulos dos produtos contém informações claras e adequadas que permitam que o consumidor manipule, remova, armazene, prepare e use o produto com segurança e corretamente.	
6.4 Especificações microbiológicas, químicas e físicas são	



REQUISITOS	CONFORMIDADE
baseadas em princípios científicos consistentes, sendo que os procedimentos de monitorização, métodos analíticos, limites críticos e ações corretivas estão estabelecidos.	
6.5 Existem controles que garantem o cumprimento de todas as exigências nutricionais e apelos nutricionais dos rótulos dos produtos.	
6.6 Existe uma equipe de Controle da Qualidade.	
6.7 Os insumos e produtos possuem especificações definidas e atualizadas.	
6.8 Os insumos e produtos são analisados quando necessário no recebimento/liberação e esta análise inclui todos os parâmetros necessários para avaliação.	
6.9 Existem registros de discrepância de qualidade e ações corretivas.	
6.10 A fábrica dispõe de laboratório próprio para realização das análises de controle da qualidade.	
6.11 O laboratório está equipado e possui pessoal treinado para executar todas as análises conforme descrito na legislação.	
6.12 As análises microbiológicas e físico-químicas que não são realizadas no laboratório da unidade são eventualmente terceirizadas	
6.13 Os métodos e procedimentos utilizados para controle da qualidade são padronizados e reconhecidos.	
6.14 Os equipamentos de laboratório estão em bom estado de conservação.	
6.15 Os registros de resultados de análise são guardados por período superior ao prazo de validade do produto.	
6.16 São mantidas amostras dos lotes de produção durante um período não inferior a vida útil do produto.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
6.17 Os lotes de insumos e produtos acabados são identificados quanto a: "em análise", "aprovado" e "rejeitado".	
6.18 Os procedimentos documentados são cumpridos a fim de possibilitar o recolhimento de produto acabado no mercado, completa e rapidamente, de qualquer lote implicado em uma ocorrência de perigo imediato à saúde pública.	
6.19 Os produtos recolhidos são segregados, identificados e mantidos sob supervisão até que sejam destruídos, ou usados para outras finalidades que não o consumo humano ou ainda reprocessados, de forma que a segurança dos indivíduos seja garantida.	
6.20 Cada produto pré embalado possui código ou número de lote marcado, permanente e legível e data de validade para consumo, na rotulagem.	
6.21 Existem informações exatas e rápidas que permitem que todo o produto afetado possa ser rapidamente identificado, localizado e retirado dos pontos de venda.	
6.22 Os registros de distribuição contém informações suficientes para permitir rastreabilidade de um lote ou número de código.	
6.23 Gerentes e supervisores conhecem os princípios e práticas de higiene de alimentos para julgarem riscos potenciais, adotarem medidas preventivas e ações corretivas adequadas e assegurarem a monitorização e a supervisão necessárias.	
6.24 Gerentes e supervisores utilizam metodologia apropriada de avaliação dos riscos de contaminação nas diversas etapas de produção, intervindo sempre que necessário com o objetivo de assegurar a produção de alimentos aptos ao consumo humano.	

REQUISITOS	CONFORMIDADE
6.25 Os registros de processamento, produção e distribuição são mantidos, retidos e ficam à disposição por um período de tempo maior que o prazo de validade do produto, ou seja, por um ano após a data de validade contida no rótulo ou embalagem.	
6.26 Os registros contem informações clara, legíveis e são datados e assinados pela pessoa responsável.	

## ANEXO 2: Ficha da Análise Sensorial e TCLE

### A) Ficha da Análise Sensorial

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

1. Você conhece **baru**?

Não  Sim. Onde e como teve contato? \_\_\_\_\_

2. Ordene os produtos, sendo o 1 (um) para o que você mais consome e com que frequência o consumiu neste ano.

<input type="checkbox"/> Amendoim	Frequência _____
<input type="checkbox"/> Amêndoas de baru	Frequência _____
<input type="checkbox"/> Castanha-do-Pará	Frequência _____
<input type="checkbox"/> Castanha-de-caju	Frequência _____
<input type="checkbox"/> Macadâmia	Frequência _____
<input type="checkbox"/> Nozes	Frequência _____
<input type="checkbox"/> Outras (Qual _____)	Frequência _____

3. Você está recebendo 5 (cinco) amostras de **amêndoas de baru torradas**. Por favor, avalie, utilizando as escalas abaixo, o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra em relação aos atributos cor, aroma, sabor, textura e aparência global, e sua intenção de compra do produto.

9 – gostei muitíssimo	ESCALA PARA INTENÇÃO DE COMPRA	
8 – gostei muito		
7 – gostei moderadamente		
6 – gostei ligeiramente		
5 – nem gostei / nem desgostei		5 – certamente compraria
4 – desgostei ligeiramente		4 – provavelmente compraria
3 - desgostei moderadamente		3 – não sei se compraria
2 - desgostei muito		2 - provavelmente não compraria
1 - desgostei muitíssimo		1 – certamente não compraria

AMOSTRA	COR	AROMA	SABOR	TEXTURA	APARÊNCIA GLOBAL	INTENÇÃO DE COMPRA
Código	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Comentários gerais e sugestões sobre a apresentação e comercialização do produto:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## B) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

### **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISA COM SERES HUMANOS**

#### **PROJETO DE DOUTORADO:**

**Tecnologias para processamento e aproveitamento integral do baru (*Dipteryx alata* Vog.).**

RESPONSÁVEL PELA PESQUISA: **Bruno de Andrade Martins**

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS: Espécies do Cerrado constituem fontes de exploração econômica, por serem altamente nutritivas e, no caso do baru, estudos demonstraram um aproveitamento quase total, com perdas mínimas de sementes, mostrando-se assim, uma atividade de beneficiamento bastante compensadora. O aprimoramento e desenvolvimento de tecnologias para processamento e aproveitamento integral do baru (*Dipteryx alata* Vog.), baseado nos métodos combinados de conservação. A tecnologia de processamento por métodos combinados ou método de barreira é um método moderno que estende a vida útil do alimento, permitindo sua melhor distribuição. Esta tecnologia encontra demanda de consumo pela conveniência e pela qualidade

PROCEDIMENTO: Você receberá 4 amostras codificadas de amêndoas de baru torrada e uma ficha onde analisará atributos como textura, cor, aroma, sabor e impressão global do produto através de uma escala estruturada onde a nota mínima é para "Desgostei muitíssimo" e máxima para "Gostei muitíssimo". Também você analisará as amostras aplicando o Teste de Intenção de Compra para cada produto avaliado, usando escala estruturada de 5 pontos (1 = certamente não compraria; 3 = talvez compraria / talvez não compraria; 5 = certamente compraria). Entre cada amostra consuma água ou biscoito cream cracker se desejar. A amostras devem ser provadas da esquerda para a direita.

***O provador terá, durante a execução do projeto, toda a liberdade para questionamento de qualquer dúvida e esclarecimento sobre a pesquisa a ser realizada, bem como poderá deixar de participar a qualquer tempo, sem prejuízos. A equipe deixa claro ao provador que não haverá qualquer risco com a sua participação na pesquisa. Além disso, a equipe assegura que os dados de identidade fornecidos são sigilosos.***

#### **Membros da Equipe:**

BRUNO DE ANDRADE MARTINS  
FLAVIO LUIS SCHMIDT

FONE: (19) 3521.4017 / (19) 9100.3003  
FONE: (19) 3521.4017

**Comitê de Ética em Pesquisa em caso de reclamações: - ( 19) 3521-8936**

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura do responsável pela pesquisa: \_\_\_\_\_

Assinatura do provador: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_

### **ANEXO 3: Preparação das soluções - ORAC**

#### **Tampão Fosfato de Potássio**

Para 1 litro de Fosfato de Potássio Dibásico, com Peso Molecular de 174,18, pesou-se 13,06g. Pesou-se 10,21 g de Fosfato de Potássio Monobásico, cujo peso molecular é 136,09, para o preparo de 1 litro de solução. Adicionou-se o fosfato de potássio monobásico em um béquer contendo o fosfato de potássio dibásico, até pH 7,4. Este tampão foi armazenado em geladeira por 1 semana.

#### **Fluoresceína**

A concentração estoque de Fluoresceína foi de 3,87 mg/mL, esta solução foi dissolvida em Tampão e ficou armazenada por até 2 semanas na geladeira, envolvida com papel alumínio. Antes do ensaio, preparou-se a partir da solução estoque, uma segunda solução na concentração de 0,0387 mg/mL e fez-se uma última diluição até concentração de 0,000378 mg/mL. Para o ensaio, retirou-se desta terceira solução um volume de 120  $\mu$ L de FL para cada poço na placa. Logo, a concentração final (placa) de Fluoresceína é de 0,0002322 mg/mL.

#### **AAPH**

A concentração mãe do radical foi de 108 mg/mL, completando o volume com água. Desta solução, retira-se 60  $\mu$ L para cada poço na placa. Logo a concentração final (placa) de AAPH é de 32,4 mg/mL. A solução de AAPH foi sempre preparada minutos antes de ser colocada na placa.

#### **Trolox**

Este análogo da vitamina E serviu como padrão para o ensaio ORAC. Ele foi lido nas concentrações finais de: 0.5, 1.0, 10, 25, 50, 80 e 100  $\mu$ mol. O Trolox mais concentrado (1000  $\mu$ mol) foi preparado em eppendorfs e mantido em biofreezer na temperatura de -80°C, as diluições foram feitas com Tampão Fosfato de Potássio.

## ANEXO 4: Resultados de cor

150°C

Tempo (min)	L*	a*	b*	ΔE
0	76,70 ± 0,57	3,13 ± 0,13	16,49 ± 0,20	0,00
5	76,31 ± 1,34	3,32 ± 0,31	16,95 ± 0,16	0,63
10	72,54 ± 0,18	5,69 ± 0,12	19,28 ± 0,13	5,62
15	68,76 ± 1,35	7,74 ± 0,19	21,33 ± 0,37	10,37
20	65,54 ± 0,53	9,48 ± 0,16	22,90 ± 0,45	14,35
25	63,53 ± 0,53	10,37 ± 0,09	23,53 ± 0,32	16,59
30	63,83 ± 0,40	10,53 ± 0,06	24,21 ± 0,29	16,72
35	61,34 ± 0,48	10,38 ± 0,13	22,44 ± 0,38	17,99
40	55,95 ± 0,11	10,33 ± 0,19	20,97 ± 0,13	22,41
45	61,12 ± 0,39	10,70 ± 0,16	23,29 ± 0,30	18,60
50	58,86 ± 0,92	10,82 ± 0,19	22,21 ± 0,63	20,25
55	56,74 ± 1,73	10,87 ± 0,33	21,45 ± 1,23	21,97
60	56,68 ± 1,02	10,64 ± 0,17	21,37 ± 0,71	21,93
65	55,46 ± 2,03	10,60 ± 0,61	20,37 ± 1,70	22,84
70	55,55 ± 1,29	10,91 ± 0,32	21,18 ± 1,00	23,01

175°C

Tempo (min)	L*	a*	b*	ΔE
0	76,70 ± 0,57	3,13 ± 0,13	16,49 ± 0,20	0,00
2	78,50 ± 0,31	3,07 ± 0,16	16,67 ± 0,21	1,82
4	77,48 ± 0,33	2,15 ± 0,04	16,30 ± 0,07	1,27
6	71,61 ± 1,61	6,03 ± 0,44	19,77 ± 0,05	6,71
8	65,69 ± 0,33	9,07 ± 0,12	22,42 ± 0,15	13,84
10	64,53 ± 0,52	9,82 ± 0,03	23,54 ± 0,19	15,57
12	61,93 ± 0,60	10,70 ± 0,07	23,73 ± 0,32	18,11
14	58,94 ± 0,22	11,04 ± 0,12	22,95 ± 0,14	20,49
16	57,42 ± 0,45	11,36 ± 0,14	22,70 ± 0,37	21,86
18	54,29 ± 0,30	11,44 ± 0,07	21,29 ± 0,20	24,37
20	53,92 ± 0,46	11,65 ± 0,17	21,34 ± 0,43	24,79
22	50,90 ± 0,88	11,10 ± 0,50	19,05 ± 1,01	27,12
24	49,91 ± 0,67	11,05 ± 0,36	18,31 ± 0,79	27,99
26	48,41 ± 1,58	10,53 ± 0,77	16,90 ± 1,60	29,24
28	48,81 ± 0,34	10,83 ± 0,22	17,57 ± 0,44	28,95

200°C

Tempo (min)	L*	a*	b*	ΔE
0	76,70 ± 0,57	3,13 ± 0,13	16,49 ± 0,20	0,00
1	80,30 ± 0,61	2,54 ± 0,10	15,22 ± 0,03	3,87
2	80,41 ± 0,64	2,33 ± 0,13	15,35 ± 0,09	3,97
3	77,28 ± 0,37	2,60 ± 0,13	16,73 ± 0,22	0,83
4	73,28 ± 1,18	4,35 ± 0,19	18,63 ± 0,41	4,21
5	68,52 ± 0,90	7,48 ± 0,07	21,63 ± 0,29	10,59
6	65,00 ± 0,36	9,51 ± 0,10	23,55 ± 0,19	15,08
7	62,05 ± 0,31	10,46 ± 0,11	23,94 ± 0,32	17,99
8	60,68 ± 0,24	10,55 ± 0,19	23,72 ± 0,23	19,07
9	54,52 ± 0,24	11,50 ± 0,08	21,74 ± 0,19	24,28
10	55,34 ± 0,38	11,48 ± 0,21	22,20 ± 0,30	23,63
11	51,52 ± 0,28	11,56 ± 0,12	19,93 ± 0,24	26,78
12	47,76 ± 0,38	11,03 ± 0,17	17,14 ± 0,38	30,00
14	45,88 ± 0,40	10,41 ± 0,23	15,20 ± 0,38	31,69
16	42,52 ± 0,37	9,04 ± 0,27	12,05 ± 0,41	34,97

250°C

Tempo (min)	L*	a*	b*	ΔE
0,0	76,70 ± 0,57	3,13 ± 0,13	16,49 ± 0,20	0,00
0,5	78,56 ± 0,45	2,92 ± 0,22	16,80 ± 0,34	1,90
1,0	79,32 ± 0,53	2,50 ± 0,01	15,79 ± 0,11	2,79
1,5	74,89 ± 1,27	2,93 ± 0,12	16,96 ± 0,21	1,88
2,0	76,16 ± 0,36	3,12 ± 0,10	17,62 ± 0,26	1,25
2,5	74,51 ± 1,24	5,30 ± 0,30	20,04 ± 0,27	4,70
3,0	69,11 ± 0,08	7,56 ± 0,12	21,26 ± 0,18	9,99
3,5	68,11 ± 1,22	8,15 ± 0,30	22,11 ± 0,25	11,42
4,0	63,26 ± 0,98	9,44 ± 0,19	22,70 ± 0,61	16,09
4,5	59,42 ± 1,21	9,97 ± 0,21	21,85 ± 0,80	19,34
5,0	54,58 ± 0,39	10,06 ± 0,16	19,86 ± 0,29	23,42
5,5	51,45 ± 0,70	9,98 ± 0,18	18,25 ± 0,50	26,22
6,0	46,42 ± 0,63	9,05 ± 0,34	14,63 ± 0,65	30,91
6,5	41,97 ± 0,25	7,72 ± 0,22	10,63 ± 0,44	35,52
7,0	41,45 ± 0,41	7,48 ± 0,37	10,12 ± 0,60	36,08

300°C

Tempo (min)	L*	a*	b*	ΔE
0,0	76,70 ± 0,57	3,13 ± 0,13	16,49 ± 0,20	0,00
0,5	80,29 ± 1,08	2,86 ± 0,40	16,16 ± 0,32	3,62
1,0	80,55 ± 0,51	2,39 ± 0,22	16,34 ± 0,23	3,93
1,5	78,85 ± 0,45	2,62 ± 0,09	16,99 ± 0,12	2,27
2,0	71,52 ± 0,26	6,44 ± 0,05	20,90 ± 0,09	7,57
2,5	64,43 ± 0,38	8,57 ± 0,09	21,79 ± 0,21	14,43
3,0	55,70 ± 0,47	9,26 ± 0,06	19,43 ± 0,29	22,07
3,5	47,51 ± 0,29	8,29 ± 0,10	14,48 ± 0,15	29,71
4,0	40,98 ± 0,28	6,91 ± 0,19	9,42 ± 0,40	36,61
4,5	36,95 ± 0,05	4,30 ± 0,09	4,85 ± 0,11	41,43
5,0	35,22 ± 0,02	2,69 ± 0,07	2,75 ± 0,13	43,70
5,5	34,03 ± 0,09	1,37 ± 0,06	1,36 ± 0,10	45,31
6,0	33,84 ± 0,05	0,98 ± 0,08	0,97 ± 0,11	45,63