

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
MESTRADO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS E SEMENTES DA *Swartzia  
burchelli*, EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO E SUA  
APLICAÇÃO NA COBERTURA DE MORANGOS

Ludmilla Souza Barbosa

ANÁPOLIS – GO  
NOVEMBRO DE 2011

**CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS E SEMENTES DA *Swartzia burchelli*, EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO E SUA APLICAÇÃO NA COBERTURA DE MORANGOS**

LUDMILLA SOUZA BARBOSA

ORIENTADOR: PROF. DR. DIEGO PALMIRO RAMIREZ ASCHERI

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de MESTRE.

Anápolis

2011

**CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS E SEMENTES DA *Swartzia burchelli*,  
EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO E SUA APLICAÇÃO NA  
COBERTURA DE MORANGOS**

Por

Ludmilla Souza Barbosa

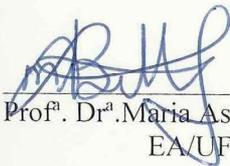
Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE  
EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: 28 / 11 / 2011.



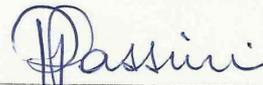
---

Prof. Dr. Diego Palmiro Ramirez Ascheri  
Orientador  
UEG/UnUCET



---

Prof. Dr.ª Maria Assima Bittar Gonçalves  
EA/UEG



---

Prof. Dr.ª Roberta Passini  
UEG/UnUCET

## **DEDICATÓRIA**

A Deus por me guiar e sempre me apoiar nas horas mais difíceis.

Aos meus amados pais, João Antônio e Dalva, por todo o amor, carinho e compreensão.

Às minhas irmãs que sempre me apoiaram.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas (UnUCET), em especial ao Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola, pela oportunidade a mim concedida.

Ao Prof. Dr. Diego Palmiro Ramirez Ascheri, orientador desta dissertação, por seu empenho, sabedoria, carinho e compreensão.

Aos meus professores do curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, pelos conhecimentos transmitidos e dedicação na sua tarefa de formar mestres.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg), pelo suporte financeiro.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos (RJ), que forneceu apoio à realização da pesquisa.

Aos professores componentes da banca, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Assíma Bittar Gonçalves e Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Roberta Passini, por aceitarem compor a banca de defesa de minha dissertação.

Ao Dr. Vidal de Freitas Mansano, por fornecer material para minha pesquisa.

À Eliete, por toda a ajuda de secretária.

As amigas mais que especiais de mestrado, Renata, Carla e Fernanda, pela amizade, apoio e pelos momentos compartilhados de muitos risos e trabalho também.

Ao Fausto e Victor, pela ajuda e disposição.

Àqueles que em algum momento fizeram parte da minha vida nesse período: Dênis, Jacqueline, Ananda, Maria Angélica, Rafaela, Gracielly, João Paulo (Jaum), Túlio, Dona Alba, Sr. Valdeir, Sr. Waldomiro, Igor, as técnicas do laboratório de química, em especial a Paula, Cris e Sr. Fernando.

A todos os meus amigos pelo apoio e incentivo incondicional, desde aqueles mais próximos até aqueles mais distantes, meus sinceros agradecimentos.

Muito Obrigada.

*“Tua caminhada ainda não terminou...  
A realidade te acolhe dizendo que pela frente o horizonte da vida  
necessita de tuas palavras e do teu silêncio.  
Se amanhã sentires saudades, lembra-te da fantasia e  
sonha com tua própria vitória.  
Não faças do amanhã o sinônimo de nunca,  
Nem o ontem te seja o mesmo que nunca mais.  
Teus passos ficaram.  
Olhes para trás...  
mas vá em frente, pois há poucos que precisam que  
chegues para poderem seguir-te”.*

*(Charles Chaplin)*

## SUMÁRIO

|  | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| LISTA DE FIGURAS .....   | x             |
| RESUMO .....   | xii           |
| ABSTRAT .....  | xiv           |
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 1             |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA .....  | 3             |
| 2.1 Generalidades sobre a <i>Swartzia burchelli</i> .....                          | 3             |
| 2.2 Amido .....  | 3             |
| 2.2.1 Propriedades morfológicas do amido .....                                     | 6             |
| 2.2.2 Composição do amido .....  | 7             |
| 2.3 Propriedades tecnológicas do amido .....                                       | 9             |
| 2.3.1 Gelatinização .....  | 9             |
| 2.3.2 Retrogradação do amido .....   | 10            |
| 2.3.3 Propriedades de pasta .....  | 12            |
| 2.4. Filmes e coberturas comestíveis biodegradáveis .....                          | 14            |
| 2.4.1 Plastificantes .....   | 17            |
| 2.4.2 Obtenção de filmes biodegradáveis pelo método de “ <i>casting</i> ” .....    | 18            |
| 2.4.3 Propriedades dos filmes .....  | 19            |
| 2.4.3.1 Permeabilidade ao vapor de água (PVA) .....                                | 19            |
| 2.4.3.2 Solubilidade em água .....   | 20            |
| 2.4.3.3 Espessura de biofilmes .....   | 21            |
| 2.4.3.4 Aplicações de cobertura comestível de amido em pós-colheita .....          | 22            |
| 2.5 Qualidade do morango e aplicação de tecnologia para aumentar a vida útil ..... | 24            |
| 2.5.1 Características físico-químicas do morango .....                             | 24            |
| 2.5.2 Conservação e tecnologia para aumentar a vida útil .....                     | 26            |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 28            |
| 3.1 Caracterização física dos frutos e sementes .....                              | 28            |
| 3.1.1 Amostragem dos frutos .....  | 28            |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.2 Determinações físicas .....  | 28 |
| 3.2. Extração e caracterização do amido das sementes .....   | 29 |
| 3.2.1 Extração do amido .....  | 29 |
| 3.2.2 Caracterização do amido .....  | 30 |
| 3.2.2.1 Composição centesimal, forma e tamanho dos grânulos.....   | 30 |
| 3.2.2.2 Viscosidade de pasta.....  | 30 |
| 3.3. Elaboração dos filmes biodegradáveis .....  | 31 |
| 3.3.1 Medida de espessura e determinações de permeabilidade ao vapor de água e solubilidade em água..... | 31 |
| 3.4 Análise pós-colheita dos frutos de morango .....   | 33 |
| 3.4.1 Perda de massa.....  | 35 |
| 3.4.2 Sólidos solúveis .....   | 35 |
| 3.4.3 Acidez titulável total.....  | 35 |
| 3.4.4 pH .....   | 35 |
| 3.4.5 Delineamento experimental e análise estatística dos resultados .....                               | 36 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....   | 37 |
| 4.1 Dimensões dos frutos e sementes da <i>Swartzia burchelli</i> .....                                   | 37 |
| 4.2 Caracterização do amido .....  | 43 |
| 4.2.1 Composição centesimal .....  | 43 |
| 4.2.2 Características morfológicas .....   | 44 |
| 4.2.3 Viscosidade de pasta do amido.....   | 45 |
| 4.3 Caracterização física dos filmes biodegradáveis de amido .....                                       | 47 |
| 4.3.1 Avaliação geral dos filmes elaborados .....  | 47 |
| 4.3.2 Espessura, permeabilidade ao vapor de água e solubilidade em água.....                             | 48 |
| 4.4 FRUTOS DE MORANGO COBERTOS COM SOLUÇÃO FILMOGÊNICA .....   | 60 |
| 5. CONCLUSÕES .....  | 68 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | 69 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 70 |
| APÊNDICES .....  | 85 |

## LISTA DE TABELAS

|   | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| TABELA 1. Quantidade de amido da semente do fruto <i>Swartzia burchelli</i> , glicerol e água destilada utilizados no planejamento experimental para o preparo das soluções filmogênicas para obtenção dos filmes biodegradáveis. ....  | 31            |
| TABELA 2. Características físicas e organolépticas do fruto <i>Swartzia burchelli</i> e seus constituintes. ....  | 38            |
| TABELA 3. Parâmetros físicos de 50* frutos inteiros da <i>Swartzia burchelli</i> . ....   | 39            |
| TABELA 4. Dimensões dos parâmetros físicos das sementes* de 50 frutos da <i>Swartzia burchelli</i> . ....   | 41            |
| TABELA 5. Composição química do amido extraído da semente da <i>Swartzia burchelli</i> (em % base seca). ....   | 43            |
| TABELA 6. Resultados experimentais de espessura, solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água (Pva) dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído das sementes da <i>S. burchelli</i> , água e glicerol. .... | 49            |
| TABELA 7. Análise de variância da espessura dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído dos caroços da <i>S. burchelli</i> , água e glicerol. ....  | 51            |
| TABELA 8. Análise de variância da permeabilidade ao vapor de água dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído das sementes da <i>S. burchelli</i> , água e glicerol. ....   | 53            |
| TABELA 9. Análise de variância da solubilidade dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído da semente do fruto <i>Swartzia burchelli</i> , água e glicerol. ....  | 57            |
| TABELA 10. Médias de perda de massa, sólidos solúveis, pH e acidez titulável obtidas dos morangos cobertos ou não pela solução filmogênica de amido da semente de <i>S.burchelli</i> e glicerol. ....                                   | 61            |
| TABELA 11. Análise de variância para o efeito de perda de massa dos frutos de morango cobertos com solução filmogênica de amido da semente da <i>Swartzia burchelli</i> e glicerol, e do tempo de armazenamento. ....                   | 66            |

## LISTA DE FIGURAS

|   | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| FIGURA 1. Estrutura do amido (Feniman, 2004).....   | 4             |
| FIGURA 2. Estrutura da amilose (Feniman, 2004).....   | 5             |
| FIGURA 3. Estrutura da amilopectina (Feniman, 2004).....  | 5             |
| FIGURA 4. Estrutura ramificada da amilopectina (Buléon <i>et al.</i> , 1998).....   | 6             |
| FIGURA 5. Curva de empastamento obtido em RVA apresentando os parâmetros comumente medidos e viscosidade em unidade RVU (Thomas e Atwell, 1999).....  | 13            |
| FIGURA 6. Dimensões da esfericidade: (a) comprimento ou maior eixo; (b) largura ou eixo médio; (c) espessura ou menor eixo, todas em mm.....  | 29            |
| FIGURA 7. Morangos acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e expostos a temperatura ambiente. ....   | 34            |
| FIGURA 8. Frutos da <i>Swartzia burchelli</i> . a) frutos inteiros. , b) corte transversal mostrando o pericarpo e as sementes. ....  | 37            |
| FIGURA 9. (a) Fruto da <i>Swartzia burchelli</i> ; (b) fruto com tonalidade marrom; (c) polpa; (d) corte transversal do fruto, mostrando o mesocarpo, arilo e semente; (e) semente e seu corte transversal..... | 38            |
| FIGURA 10. Distribuição da freqüência de: (a) massa, (b) comprimento, (c) largura, (d) espessura, e (e) esfericidade de 50 frutos da <i>Swartzia burchelli</i> .....  | 40            |
| FIGURA 11. Distribuição da freqüência do número de sementes por fruto, em relação a 50 frutos da <i>Swartzia burchelli</i> .....  | 42            |
| FIGURA 12. Microfotografia dos grânulos de amido da semente do fruto da <i>Swartzia burchelli</i> (Scale bar=30 $\mu$ m).....   | 44            |
| FIGURA 13. Distribuição de freqüências do comprimento e largura dos grânulos de amido da semente do fruto da <i>Swartzia burchelli</i> .....  | 45            |
| FIGURA 14. Perfil de viscosidade de pasta do amido extraído da semente do fruto da <i>Swartzia burchelli</i> .....  | 46            |
| FIGURA 15. Foto de um filme biodegradável à base de amido extraído das sementes da <i>S. burchelli</i> , água e glicerol, referente aos tratamentos T1, T2, T3 e T4. ....                                       | 48            |
| FIGURA 16. Gráfico de Pareto para espessura de filmes à base de amido de semente do fruto da <i>Swartzia burchelli</i> e glicerol.....  | 50            |

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 17. (a) Superfície de resposta e (b) curvas de contorno para a espessura dos filmes biodegradáveis a base de amido extraído das sementes da <i>S. burchelli</i> em função da concentração de amido e do glicerol. ....                     | 52 |
| FIGURA 18. Gráfico de Pareto para permeabilidade de vapor de água de filmes à base de amido de semente do fruto da <i>Swartzia burchelli</i> e glicerol. ....   | 54 |
| FIGURA 19. (a) Superfície de resposta e (b) curvas de contorno, para a permeabilidade ao vapor de água dos filmes biodegradáveis a base de amido extraído das sementes da <i>S. burchelli</i> em função da concentração de amido e glicerol. .... | 55 |
| FIGURA 20. Gráfico de Pareto para solubilidade em água de filmes à base de amido de semente do fruto da <i>Swartzia burchelli</i> e glicerol. ....  | 58 |
| FIGURA 21. (a) Superfície de resposta e (b) curvas de contorno, para solubilidade em água dos filmes biodegradáveis a base de amido extraído das sementes da <i>S. burchelli</i> em função da concentração de amido e glicerol.....               | 59 |
| FIGURA 22. Morangos cobertos com a solução filmogênica de amido de semente da <i>S.burchelli</i> e glicerol.....  | 63 |
| FIGURA 23. Diferença da aparência dos frutos de morango sem e com cobertura até o sexto dia. ....   | 63 |

BARBOSA, L.S. **Caracterização dos frutos e sementes da *Swartzia burchelli*, extração e caracterização do amido e sua aplicação na cobertura de morangos.** 2011. 117f. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis.

## RESUMO

O cerrado, detentor de um rico patrimônio de recursos naturais, abriga espécies de frutos ainda pouco conhecidos. Da *Swartzia burchelli*, por exemplo, seus frutos e sementes ainda não têm sido elucidados. Por esse motivo o presente trabalho tem por objetivos determinar as medidas físicas do fruto e sementes e caracterização física e físico-química do amido extraído da semente da *S.burchelli* e a elaboração de coberturas para aplicação na conservação de morangos. Os frutos foram coletados na Fazenda Boa Vista dos Leites, localizada no município de Gameleira de Goiás. Foram selecionados 50 frutos maduros para caracterização física de frutos e sementes, determinando-se o comprimento, largura, altura, massa e número de sementes/fruto. Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva. Do amido extraído das sementes foram determinadas a composição físico-química, forma e tamanho dos grânulos e suas propriedades reológicas. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em valor médio  $\pm$  desvio padrão. Os filmes foram elaborados de acordo com a técnica de *casting*, preparadas com quantidades de amido e glicerol que variaram de acordo com o delineamento fatorial inteiramente casualizado  $2^2$  (Amido: 1,44 e 3,56 % e glicerol: 5,86 a 34,14%, baseado na massa do amido). Os filmes foram caracterizados quanto à espessura, permeabilidade ao vapor de água e solubilidade em água. Aplicou-se um modelo matemático preditivo das variáveis dependentes (espessura, permeabilidade e solubilidade), fazendo uso da análise de variância ao nível de 5% de probabilidade, processados e analisados com o auxílio do programa de análise estatística *Statistica* 8.0. As Soluções filmogênicas foram aplicadas como cobertura na conservação pós-colheita de morangos da cultivar *Sweet Charlie*. A seleção das coberturas foi realizada de acordo com a capacidade de permeação dos filmes, selecionando-se aqueles de menor e maior permeabilidade. Os frutos de morango foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, cada uma com 8 frutos, expostos em temperatura ambiente. As análises foram realizadas aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias, quanto à perda de massa, pH, acidez titulável e sólidos solúveis. O amido extraído apresentou uma pureza de 99,24% com baixos teores de outras frações em sua composição química. Seus grânulos apresentaram formas ovaladas, circulares e achatadas, com comprimento e largura de aproximadamente 30  $\mu$ m. As propriedades reológicas mostraram que o amido possui baixo

poder de inchamento e apresenta uma viscosidade elevada. Com a variação da quantidade de amido e glicerol na solução filmogênica, obtêm-se filmes com diferentes propriedades de espessura, permeabilidade e solubilidade. O tratamento com 3,56% de amido e 34,14% de glicerol foi o de maior permeabilidade, enquanto o de menor permeabilidade e maior solubilidade foi o filme contendo 1,44% de amido e 5,86% de glicerol, que quando usado como cobertura dos morangos, tiveram menor perda e menor alterações em suas características fisiológicas.

**PALAVRA-CHAVE:** fruto do cerrado, banha de galinha, glicerol, viscosidade do amido, filmes biodegradáveis.

BARBOSA, L.S. **Caracterização dos frutos e amido das sementes da *Swartzia burchelli* para elaboração de filmes biodegradáveis e sua aplicação na cobertura em frutos de morango**. 2011. 117f. (Master's in Agricultural Engineering) - Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis.

#### ABSTRAT

The Cerrado, holds a rich heritage of natural resources, is home to species of fruit still little known. From *Swartzia burchelli*, for example, fruits and seeds have not yet been elucidated. Therefore this study aims to determine the physical measurements of the fruit and seeds and physical characterization and physical chemistry of starch extracted from the seed of *S.burchelli* and preparation of coatings for application in the conservation of strawberries. Fruits were collected at Fazenda Boa Vista of milk, in the municipality of Gameleira of Goiás. We selected 50 fruits, ripe for the physical characterization of fruits and seeds, determining the length, width, height, weight and number of seeds / fruit. The results were submitted to descriptive statistical analysis. The Starch extracted from the seeds was determined by their physico-chemical composition, shape and size of the granules and their rheological properties. Analyses were performed in triplicate and results expressed as mean  $\pm$  standard deviation. The films were prepared according to the technique of *casting*, prepared with starch and glycerol amounts that varied according to the completely randomized factorial design 22 (Starch: 1.44 and 3.56% and glycerol: 5.86 to 34 14% based on weight of starch). The films were characterized as to thickness to, water vapor permeability and solubility in water. We applied a mathematical model predictive of the dependent variables (thickness, permeability and solubility), using analysis of variance at 5% probability, processed and analyzed with the help of statistical analysis program *Statistica* 8.0 The filmogenic solutions were applied as coverage on postharvest strawberry cultivar *Sweet Charlie*. The selection of roofing was carried out according to the ability to permeation of films, selecting those with lower and higher permeability. The strawberry fruits were packed in polystyrene trays, each with 8 fruits exposed at room temperature. Analyses were performed at 0, 2, 4, 6 and 8 days, the mass loss, pH, titratable acidity and soluble solids. The extracted starch showed a purity of 99.24% with low yields of other fractions in their chemical composition. Their granules showed ovals, round and flat, with length and width of approximately 30 microns. The rheological properties showed that starch has a low swelling power and has a high viscosity. By varying the amount of starch and glycerol in filmogenic solution is obtained films with different properties of

thickness, permeability and solubility. Since treatment with 3.56% starch and 34.14% glycerol the highest permeability, while the lower permeability and higher solubility was the film containing 1.44% starch and 5.86% glycerol, that when used as cover for strawberries, they had less loss and minor changes in their physiological characteristics.

**KEYWORD:** fruit of cerrado, lard Chicken, glycerol, viscosity of starch, biodegradable films.

## 1 INTRODUÇÃO

O cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, depois da Amazônia, composto por savanas, matas, campos e matas de galeria. Abriga um rico patrimônio de recursos naturais renováveis, porém apenas cerca de 2% de sua área é assegurada em forma de parques ou reservas. Só agora sua flora riquíssima começa a ser conhecida, despertando o interesse de vários órgãos e pesquisadores (Klink e Machado, 2005).

Hoje, existem mais de 58 espécies de frutos nativos do cerrado conhecidos e utilizadas pela população da região e de outros estados. O uso de frutos do cerrado em indústrias não é novidade, o interesse vem de longa data (Avidos e Ferreira, 2000). Entre esses frutos encontra-se a *Swartzia burchelli*, conhecida popularmente como "Banha de galinha", pertencente à família Fabaceae, e amplamente distribuída nos continentes (Polhill *et al.*, 1981). Seus frutos possuem cor amarela e em média seis sementes. Embora não muito comum, é um fruto constituinte do Brasil Central, onde não se tem informações quanto à sua produção deste fruto (Mansano *et al.*, 2002).

O gênero *Swartzia* compreende aproximadamente 125 a 150 espécies, das quais apenas nove foram estudadas quimicamente (Schultes, 1979). Das folhas, caules e raízes do gênero *Swartzia* têm sido estudadas as presenças de isoflavonóides, saponinas, triterpênicos e diterpenos aromáticos, com caráter atividade antimicrobiana, antifúngica, moluscicida e citotóxica, o que mostra a importância da investigação adicional sobre aspectos fitoquímicos e/ou farmacológicos destas espécies (Marqui *et al.*, 2008).

Na literatura não se há encontrado informações sobre o amido contido nas sementes da *S. burchelli*. Entretanto, em ensaios preliminares a esta pesquisa verificou-se a presença do mesmo, o que despertou interesse quanto a suas características físicas, físico-químicas e reológicas que possam atribuir a esta semente uso como matéria-prima amilácea de grande importância na agroindústria.

O amido constitui o carboidrato de reserva de muitas plantas, encontrando-se dentro de estruturas denominadas cloroplastos e amiloplastos, ocorrendo na forma de grânulos, cuja forma e tamanho varia de acordo com sua origem. É constituído por duas macromoléculas, compostas por unidades de glicose que apresentam estruturas e funcionalidades diferentes (amilose e amilopectina), além de possuir outros constituintes minoritários, os quais podem alterar o rendimento final do amido (Müller *et al.*, 2008).

Entre outras funções o amido serve para facilitar o processamento de produtos agroindustriais, fornecer textura, servir como espessante, fornecer sólidos em suspensão e

proteger os alimentos durante o processamento (Rocha *et al.*, 2008). Também pode ser usado no desenvolvimento de filmes biodegradáveis principalmente devido à demanda por alimentos de alta qualidade, às preocupações ambientais sobre o descarte dos materiais não renováveis das embalagens para alimentos e às oportunidades para criar novos mercados para as matérias-primas formadoras de filme, derivadas de produtos agrícolas (Henrique *et al.*, 2008).

As películas comestíveis podem ser classificadas em filmes e coberturas comestíveis. Atualmente pesquisas neste campo têm-se intensificado, pois o número de consumidores interessados em saúde, qualidade, conveniência e segurança têm aumentado ao mesmo tempo em que surgem processos alimentícios com novos desafios, para os quais o conceito de filmes e coberturas comestíveis oferece potenciais soluções (Wolf, 2007).

Os filmes são obtidos no laboratório pelo método *casting*, técnica, útil por formar filmes não fixos. Baseia-se em métodos desenvolvidos para filmes não comestíveis e por isso representa um menor investimento, além de ser a mais utilizada para analisar as propriedades filmogênicas dos biomateriais (Krotcha *et al.*, 1994).

Produtos agrícolas perecíveis, a exemplo das frutas tropicais, têm suas vidas úteis reduzidas, por apresentarem elevado teor de umidade, altas taxas respiratórias e de produção de calor. Várias técnicas para o prolongamento da vida útil pós-colheita das frutas tropicais têm sido estudadas por pesquisadores. As coberturas/recobrimentos comestíveis podem melhorar o *marketing* alimentício com relação à qualidade nutricional, segurança, e aumento no tempo de conservação (Fakhouri *et al.*, 2007; Batista *et al.*, 2005).

O morango é um desses frutos, por ser altamente perecível e delicado, susceptível a injúria mecânica, à deterioração fisiológica e à perda de água e de peso em função da alta taxa respiratória (Luengo *et al.*, 2003). Isto são fatores limitantes na comercialização, pois o consumidor procura por produtos de qualidade. Onde a técnica de revestimentos comestíveis pode ser uma alternativa para a conservação desses morangos, com altas taxas de respiração e de amolecimento, sendo um desafio mantê-los disponíveis por longo período e com alta qualidade (Holtz, 2006).

Assim a utilização de filmes e coberturas comestíveis está relacionada com sua capacidade de agir como um adjunto para promover maior qualidade, estendendo a vida de prateleira e possibilitando a economia com materiais de embalagem final.

Esse trabalho objetivou caracterizar o fruto e semente da *Swartzia burchelli*, extrair e caracterizar o amido da semente e elaborar filmes comestíveis para aplicação em pós-colheita de morangos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades sobre a *Swartzia burchelli*

A *Swartzia burchelli* é conhecida popularmente como "banha de galinha" que significa gordura de frango, e refere-se à aparência da cobertura carnuda que envolve a semente (Mansano *et al.*, 2002). Pertence à família Fabaceae, amplamente distribuída nos continentes (Polhill *et al.*, 1981). De acordo com Mansano (1997) classifica-se como *Swartzieae* entre as fabaceas no grupo basal da subfamília Papilionoideae.

Segundo Schultes (1979) o gênero *Swartzia* compreende aproximadamente 125 a 150 espécies, das quais apenas nove foram estudadas quimicamente. Sua distribuição abrange principalmente a América do Sul e África. Espécies do gênero estão caracterizadas quimicamente pela produção de flavonóides com atividade larvicida, antibacteriana e antifúngica (Sanchez *et al.*, 1999), saponinas com atividade moluscocida, larvicida e ictiotóxica (Borel *et al.*, 1987; Sanchez *et al.*, 1999; Magalhães *et al.*, 2003) e outras.

Segundo Mansano *et al.* (2002) a árvore da *Swartzia burchelli* varia de 8 a 18 m de altura, com diâmetro de 20-25 cm. Seus frutos apresentam dimensões de 65 x 45 x 40 mm, cor amarela que com o passar dos dias se torna marrom. Cada fruto possui em média seis sementes, de cor creme ou marrom pálido. A semente é envolta por uma cobertura carnuda, denominada de arilo, de cor laranja ou amarelo, com um aroma bem peculiar, que lembra o maracujá.

Essa espécie, fruto típico dos estados de Goiás, Distrito Federal e Rondônia, embora não muito comum é constituinte do Brasil Central. São encontradas em vegetações de porte médio a alto, com dossel fechado e sub-bosque denso, em termos de composição de espécies, estão presentes em florestas mesófilas, ou seja, uma transição entre as florestas sempre-verdes do litoral e o cerradão. As árvores perdem parte de suas folhas (20 a 50%) no período mais seco e frio do ano, sendo chamadas de florestas semidecídua. A floração ocorre em março e a frutificação de setembro a novembro (Mansano *et al.*, 2002). Não se tem informações quanto à produção deste fruto.

### 2.2 Amido

O amido é uma das macromoléculas mais abundantes da natureza. Encontra-se praticamente em todas as plantas superiores, ocorrendo em forma de grânulos depositados nos

cloroplastos e amiloplástos, cuja forma e tamanho varia de acordo com sua origem (Müller *et al.*, 2008).

Esta macromolécula pode, entre outras funções, servir para facilitar o processamento, fornecer textura, servir como espessante, fornecer sólidos em suspensão e proteger os alimentos durante o processamento. Segundo a *National Starch and Chemical Industrial Ltda* (1995), o amido ainda pode ser utilizado para auxiliar o processo de obtenção de algum produto, assim como a embalagem final do mesmo.

O amido se constitui de dois polímeros: amilose e amilopectina, ambos apresentam cadeias de  $\alpha$ -D-glicose (Figura 1) e a proporção entre essas moléculas e sua organização dentro do grânulo estão diretamente relacionadas com a funcionalidade do amido (Cereda *et al.*, 2002; Peroni, 2003).

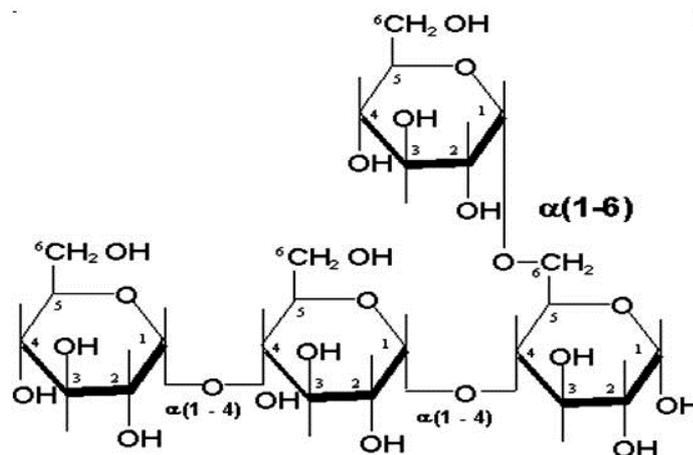


FIGURA 1: Estrutura do amido (Feniman, 2004).

A amilose é uma molécula essencialmente linear formada por ligações D-glicose  $\alpha(1\rightarrow4)$  (Figura 2), com apenas algumas ramificações (Buléon *et al.*, 1998), cerca de 2 a 8 pontos por molécula. Seu peso molecular é de  $1 \times 10^5$  a  $2 \times 10^6$  g mol<sup>-1</sup> e seu comprimento pode variar de 4 a 100 unidades de glicose (Jayakody, 2001). Representa em média 15 a 30% do amido (Srichuwong *et al.*, 2005) e esse conteúdo varia de acordo com a fonte botânica, maturidade fisiológica e condições de solo e clima (Cereda *et al.*, 2002). Huang (2006) cita que o amido de leguminosas é caracterizado por possuir uma elevada quantidade de amilose em relação aos cereais.

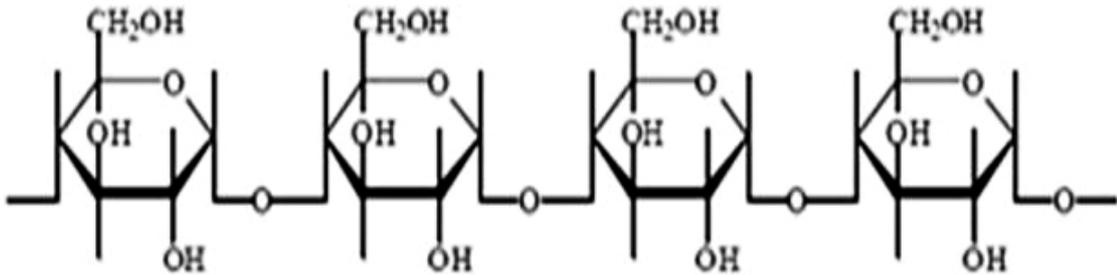


FIGURA 2: Estrutura da amilose (Feniman, 2004).

A molécula geralmente se apresenta em uma conformação helicoidal e devido à disposição das unidades de glicose tem um interior hidrofóbico (Ferreira *et al.*, 2009). A sua configuração e natureza linear permitem ainda algumas propriedades únicas, como a capacidade de formar filmes e complexos com álcoois, lipídeos e ácidos (Whistler e Daniel, 1984).

A amilopectina é formada por moléculas de D-glicose em ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$ . Porém, diferentemente da amilose, é bastante ramificada devido a unidades de glicose em ligações  $\alpha(1\rightarrow6)$  (Figura 3). A proporção entre amilose e amilopectina é variável e depende da origem botânica do amido. É considerada uma das maiores biomoléculas encontradas na natureza, com peso molecular podendo chegar a mais de  $10^9$  Daltons. Esta molécula apresenta em média 70 a 85% do grânulo.

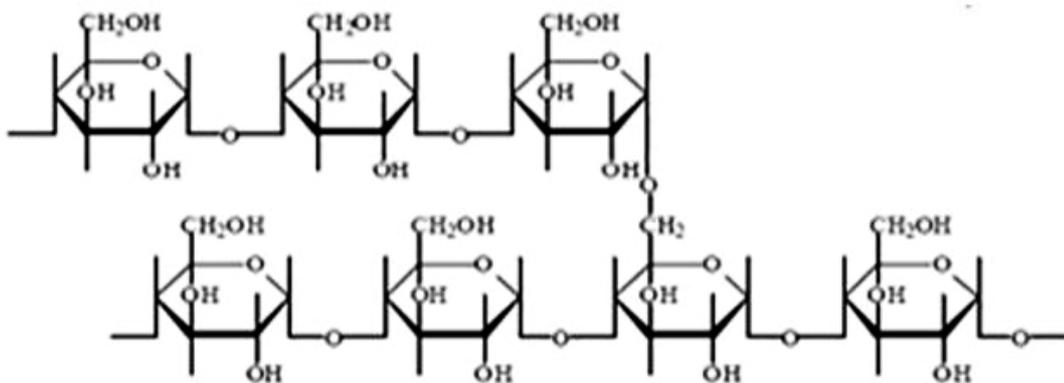


FIGURA 3: Estrutura da amilopectina (Feniman, 2004).

As cadeias externas da amilopectina se organizam na forma de dupla hélice e algumas formam estruturas cristalinas (Srichuwong *et al.*, 2005). A dupla hélice não possui uma

cavidade central, assim como acontece na conformação da amilose, devido à presença das ramificações no interior (Figura 4). Com isso, a habilidade de formar complexos com outras moléculas é muito menor na amilopectina (Buléon *et al.*, 1998).

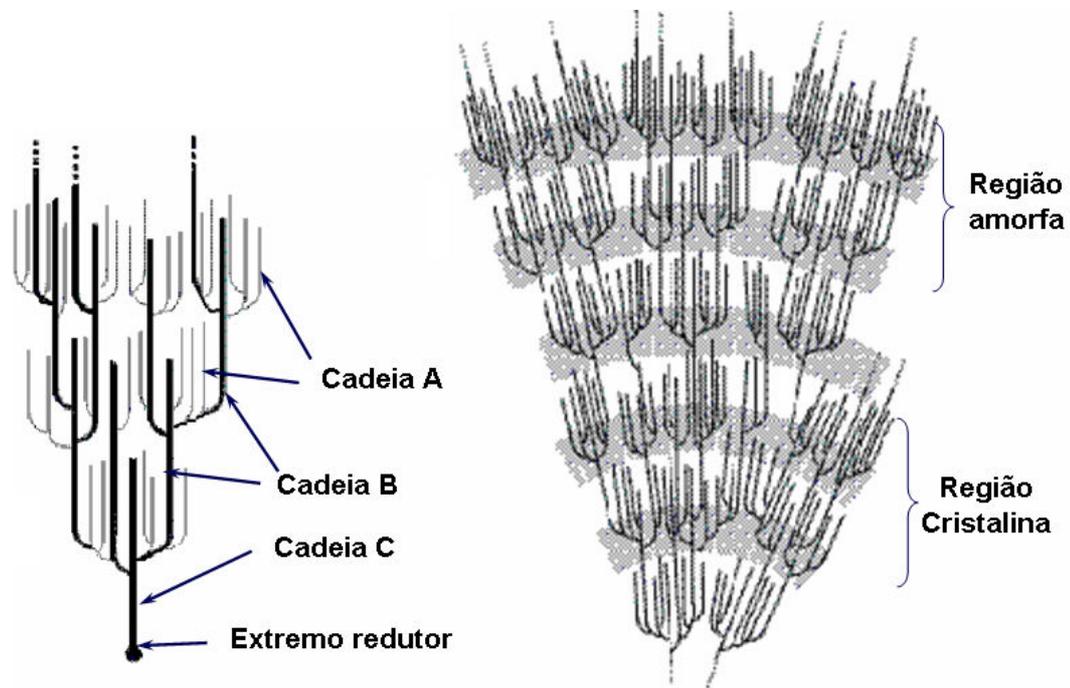


FIGURA 4: Estrutura ramificada da amilopectina (Buléon *et al.*, 1998).

### 2.2.1 Propriedades morfológicas do amido

O amido é de todos os polissacarídeos, o único presente nos tecidos vegetais em pequenas unidades individuais denominadas de grânulos. Todos os grânulos apresentam uma fissura denominada hilo, que é o ponto de nucleação em torno do qual o grânulo se desenvolve (Beninca, 2008).

Os grânulos de amido diferem entre si na forma, tamanho e outras características físicas, de acordo com a fonte botânica (Franco *et al.*, 2002). Os formatos dos grânulos variam do bastante esférico ao poliédrico. Segundo Tester *et al.* (2006) geralmente, o tamanho do grânulo de amido fica na faixa de 1 a 100  $\mu\text{m}$ .

De acordo com Franco *et al.* (2002) as informações sobre o tamanho de grânulos de amido disponíveis na literatura podem ser bem aproveitadas para estabelecer a variabilidade do tamanho dos grânulos, o que normalmente se descreve como a faixa entre o diâmetro maior e o diâmetro menor da população de grânulos de uma determinada espécie botânica.

Leonel *et al.* (2004) cita que o tamanho e a forma dos grânulos de amido estão entre os fatores de importância na determinação de seu uso potencial. Isto pode ser exemplificado para os amidos de trigo e araruta, que devido às pequenas diferenças existentes entre o maior e o menor diâmetro, apresentam um formato mais regular. Segundo Satin (2000), isto é desejável para o uso na fabricação de papéis químicos, como aqueles usados para cópias e fax.

Segundo Oliveira (2007) o tamanho do grânulo interfere na velocidade de decantação durante os processos industriais. Grânulos com diâmetros homogêneos influem na biodegradabilidade dos amidos contidos em plásticos. Os de maior tamanho têm sido evitados em produtos comestíveis como molhos e sobremesas lácteas que exigem uma sensação de maciez na boca. Grânulos pequenos podem ser usados como substitutos de gordura devido ao tamanho semelhante ao dos micélios de lipídeos.

Os grânulos de amido são estruturas semi-cristalinas compostas de macromoléculas arrançadas na direção radial. Quando moléculas lineares (amilose) e ramificadas (amilopectina) estão associadas paralelamente, suas cadeias são mantidas juntas por pontes de hidrogênio, o que resulta no aparecimento de regiões cristalinas ou micelas (Barros, 1984).

### 2.2.2 Composição do amido

De acordo com Peroni (2003), além da amilose e da amilopectina existem outros constituintes minoritários que podem interferir no processo de extração do amido alterando seu rendimento final. Esses constituintes, ainda podem interferir nas propriedades físico-químicas do amido, mesmo presentes em baixo teor. Entre esses compostos de constituição citam-se os lipídeos, proteínas, cinzas e fósforo (Cereda *et al.*, 2001).

A quantidade destes constituintes no amido depende da composição da planta e do método de extração e purificação. Quanto menor o teor destas substâncias, melhor a qualidade do amido (Peroni, 2003).

No entanto, alguns desses materiais contribuem como componentes superficiais do grânulo e desempenham papel importante em muitas aplicações do amido (Galliard e Bowler, 1987).

Os lipídios representam a fração mais importante em amidos de cereais, os quais são encontrados em quantidades significativas (~2%), para influenciar nas suas propriedades, proporcionando com que o amido apresente fixação de cor, desenvolvimento de aromas e complexações que não ocorrem nos amidos de tuberosas que apresentam um teor de lipídios menor do que 1%. Pois estes amidos contêm lipídios na forma de ácidos graxos livres (AGL)

e lisofosfolídeos (LFL) que se encontram dentro da hélice da amilose no amido em quantidades de até 1,2% em amido de trigo e não podem ser retirados com muita facilidade (Buleón *et al.*, 1998; Peroni, 2003).

Segundo Singh *et al.* (2003) a presença de lipídeos no amido inibe o inchamento dos grânulos individualmente. Complexos de amilose com gorduras podem alterar as temperaturas de gelatinização do amido, alterando a textura e o perfil da viscosidade da pasta resultante e limitando a retrogradação (Thomas e Atweel, 1999).

As proteínas são componentes importantes que se encontram em quantidades de até 0,6%, estas juntamente com os lipídios têm o potencial para moderar a funcionalidade do amido (Tester *et al.*, 2004). Quanto menor o teor de proteína e gordura na matéria-prima, menor a dificuldade de extração, o que torna possível, obter um amido de boa qualidade e com preço final de produção mais em conta (Cereda *et al.*, 2002).

De acordo com Serrano (2004), o conteúdo de cinzas no amido é inferior a 0,5% da matéria seca. Outros compostos que se encontram em quantidades relativamente pequenas (<0,4%) são os minerais como cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo, dentre os quais apenas o fósforo apresenta significância funcional. O fósforo pode ser encontrado nos grânulos de amido nas formas de monoéster fosfato, fosfolídeos e fosfato inorgânico (Tester *et al.*, 2004).

Segundo Leonel *et al.* (2004), o fósforo, nas diversas formas que pode ocorrer, aparece ligado covalentemente aos grânulos nativos, alterando algumas propriedades funcionais, como pastas muito claras, aumento na viscosidade e na consistência. O conteúdo e forma do fósforo podem ser influenciados pelas condições de crescimento da planta, da temperatura e do armazenamento (Hoover, 2001).

Alexander (1995) estudou o amido de batata que, comparado a outros amidos, possui um alto teor de fósforo, o que promove propriedades de pastas claras e com pouca tendência a formar gel ou retrogradar, ou seja, viscosidades únicas.

A fibra vegetal está relacionada fundamentalmente aos elementos fibrosos da parede da célula vegetal (Lajolo e Saura-Calixto, 2001). O processamento de matérias-primas com maior teor de fibras requer ajustes na moagem e extração, etapas em que ocorrem o rompimento das células para a liberação dos grânulos e a lavagem do material, um alto teor de fibra pode interferir no processo de extração do amido alterando o rendimento final. Na literatura os maiores teores de fibras foram observados nos amidos de açafrão ( $1,78 \pm 0,08\%$ ) e araruta ( $1,44 \pm 0,12\%$ ), e os menores valores de fibra são  $0,38 \pm 0,06\%$  e  $0,74 \pm 0,05\%$  para os amidos de mandioquinha-salsa e ahípa, respectivamente (Cereda e Leonel, 2002).

De acordo com Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (Brasil, 2005), os amidos comerciais devem apresentar teor de umidade máxima de 14%, pois acima desse valor o aparecimento de fungos, bactérias e leveduras é favorecido. Cereda e Leonel (2002) constataram, em estudos realizados nos amidos extraídos de mandioca-salsa, batata doce e gengibre os teores de umidade de  $12,4 \pm 2,3\%$ ;  $9,9 \pm 0,9\%$  e de  $10,1 \pm 0,5\%$  respectivamente. Silva *et al.* (2011) encontraram teor de umidade de 5,45% para sementes de jaca, valor esse de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação, para amido *in natura*.

### 2.3 Propriedades tecnológicas do amido

O termo propriedade funcional de um componente ou composição de um alimento é definido como qualquer propriedade físico-química dos polímeros que afeta e modifica algumas das características de um alimento e que contribui para a qualidade do produto final (Badui, 1999).

Para as indústrias de alimentos as propriedades funcionais do amido têm significativa importância, pois as mesmas buscam manter e/ou realçar as propriedades dos seus produtos mesmo após a estocagem e refrigeração. Assim, frequentemente vêm se buscando amidos com propriedades diferenciadas, pois alterar o processo de fabricação representa um gasto bem maior que o de modificar as formulações (Bobbio e Bobbio, 1992).

Assim, compreender as propriedades funcionais dos amidos, tais como temperatura de gelatinização, tamanho de partícula, retrogradação e outras, tornam-se imprescindível para o efetivo uso de amidos em composição de alimentos e outras aplicações industriais (Silva *et al.*, 2000).

#### 2.3.1 Gelatinização

O aquecimento de suspensões de amido em excesso de água (>60%) causa uma transição irreversível denominada gelatinização (Franco *et al.*, 2002). Isso acontece quando o grânulo de amido, nestas condições, intumescce com gradual hidratação devido ao rompimento das pontes de hidrogênio mais fracas das áreas amorfas. Nestas condições, os grupamentos hidroxila são liberados, ficando prontamente disponíveis para as ligações com as moléculas de água e em consequência disto ocorre a expansão dos grânulos de amido (Krogars, 2003).

Sob aquecimento com temperatura constante, eventualmente todas as regiões amorfas são desestabilizadas e as regiões cristalinas começam a gelatinizar. A extensão deste processo

é dependente da temperatura. Com a elevação desta, a extensão de regiões cristalinas que são gelatinizadas também aumenta. Quando a temperatura é suficientemente alta ( $T > 80$  °C), ambas as regiões amorfas e cristalinas são gelatinizadas, sendo desta forma, as regiões amorfas interpretadas como promotoras das regiões cristalinas do grânulo quando ocorre a gelatinização (Franco *et al.*, 2002).

Segundo Cereda *et al.* (2002), com a gelatinização ocorre o chamado estado de pasta, em que os grânulos são totalmente rompidos, as moléculas de amilose e amilopectina encontram-se em suspensão e ocorre uma total solubilização dos grânulos, o que leva a um aumento máximo da viscosidade da suspensão. A temperatura na qual a viscosidade começa a aumentar é chamada “temperatura de pasta”, parâmetro que pode ser obtido através de amilogramas provenientes de análises de viscosidade obtidas por viscoamilógrafos (Brabender ou RVA) (Marcon *et al.*, 2007).

Esta temperatura de pasta não deve ser confundida com a chamada temperatura de gelatinização, que consiste na temperatura ou faixa de temperatura onde ocorre a perda de birrefringência e onde acima da mesma, o processo de expansão é irreversível, devido à perda da estrutura cristalina (Zambrano e Camargo, 2001).

Thomas e Atwell (1999) citam que a avaliação da viscosidade de amidos feita no aparelho Brabender apresenta uma boa habilidade discriminativa no perfil de empastamento. Entretanto, o longo tempo de análise, a grande quantidade de amostra requerida, a pequena reprodutibilidade de instrumento para instrumento e o difícil procedimento de calibração vêm motivando o uso do RVA, que está se tornando muito popular para análise das propriedades de pasta dos amidos. O perfil de empastamento de amidos obtidos pelo RVA inclui pico de viscosidade, tempo para atingir este pico, quebra, viscosidade final e temperatura de pasta (Thomas e Atwell, 1999).

A faixa de temperatura de gelatinização do amido é uma característica do genótipo da planta na qual o amido é sintetizado e é afetada pelas condições do meio (Ellis *et al.*, 1998). Pereira (2004) complementa que como os grânulos da mesma fonte botânica não têm exatamente a mesma temperatura de gelatinização, em uma população de grânulos naturais a transição ocorre a um intervalo de 5 a 15 °C.

### 2.3.2 Retrogradação do amido

A retrogradação é o fenômeno que ocorre quando a dispersão de amido gelatinizado é esfriada e as moléculas de amilose se reassociam formando zonas cristalinas (mais

ordenadas), com a conseqüente formação de um gel, que sob condições favoráveis pode-se desenvolver em forma cristalina. Esta transformação pode ser acompanhada da expulsão de água das moléculas de amilose, fenômeno conhecido por sinerese (Jacobs e Delcour, 1998).

De acordo com Atwell *et al.* (1998), o nome retrogradação é dado porque o amido volta à sua condição de insolubilização em água fria, fenômeno frequentemente encontrado em pastas de amido envelhecidas e/ou refrigeradas e/ou congeladas. Sendo assim torna-se imprescindível a análise de resistência a ciclos de congelamento e descongelamento para caracterizar um tipo de amido em termos de sua aplicabilidade em alimentos que devem ser refrigerados e/ou congelados, visto que a liberação de água é geralmente prejudicial à qualidade do produto final (Silva *et al.* 2006).

A retrogradação exerce importante influência na textura, digestibilidade e aceitabilidade do consumidor em produtos baseados em amido. Segundo Jayakody *et al.* (2007), durante a estocagem a rigidez do gel aumenta com o tempo. As características dos géis dependem da relação amilose/amilopectina na solução. Géis formados com elevadas concentrações de amilose exibem maior resistência térmica e mecânica e são menos degradados química ou enzimaticamente quando comparados com géis ricos em amilopectina (Krogars, 2003).

De acordo com Peroni (2003) a amilose é considerada a responsável pelo processo de retrogradação a curto prazo. Moléculas muito grandes ou curvas têm dificuldade de se reassociar, diminuindo a velocidade de retrogradação, que acontece mais rapidamente com polímeros de cadeia linear (Matsuguma, 2006). Assim, a reorganização das cadeias de amilopectina acontece de uma forma bem mais lenta que a associação da amilose (Pereira, 2004) e isso favorece o aumento da rigidez do gel quando estocado por longo tempo (Srichuwong *et al.*, 2005).

Singh *et al.* (2003) relatam que outros fatores, além da amilose, possuem papel importante na retrogradação durante armazenamento refrigerado, como a amilopectina, materiais intermediários, tamanho e forma dos grânulos e fonte botânica.

Agunbiade e Longe (1999) relatam que amidos de leguminosas possuem alta temperatura de gelatinização; as pastas geralmente são mais viscosas do que as de cereais, com maior resistência ao inchamento e a ruptura; rápida retrogradação e alta elasticidade dos géis. Essas duas últimas propriedades são necessárias para produtos como salsichas, patês e macarrão instantâneo. A resistência da pasta a altas temperaturas garante boa aplicação em enlatados e produtos extrusados.

### 2.3.3 Propriedades de pasta

As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são os principais determinantes do comportamento da pasta do amido, e são medidas principalmente pelas mudanças da viscosidade durante o aquecimento e o posterior resfriamento da dispersão de amido (Matsuguma, 2006).

Quando os grânulos de amido entram em contato com água fria existe uma difusão e absorção ligeira de água nas regiões amorfas (entre 10 e 20%) sendo reversível pela secagem do amido. Porém quando são aquecidos em água os grânulos incham de forma irreversível perdendo a organização estrutural com fusão dos cristais (Denardin e Silva, 2009).

De uma forma geral, o comportamento da pasta é determinado principalmente pelas mudanças que ocorrem na viscosidade antes e durante a gelatinização, e na retrogradação do amido. Assim, na medida em que o amido é aquecido na presença de água, os grânulos se incham e absorvem a água dando lugar ao processo de gelatinização onde as pontes de hidrogênio são quebradas com uma perda irreversível da estrutura cristalina. Posteriormente, na medida em que o sistema é esfriado acontece uma reassociação na qual duas ou mais moléculas de amido que foram gelatinizadas começam a juntar-se em estruturas ordenadas formando pontos de união em varias regiões, neste processo as pontes de hidrogênio do polímero amido-água são substituídas por pontes polímero-polímero, formando-se uma rede de gel e dando lugar ao processo de retrogradação (Zeng *et al.*, 1997; Matsuguma, 2006).

Vários tipos de análises são usados para avaliação das propriedades de pasta de amidos, como o viscoamílografo e o RVA (analisador rápido de viscosidade), que avaliam as mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de suspensões de amido.

O RVA, durante a fase inicial de aquecimento de uma suspensão aquosa de amido, registra um pequeno aumento de viscosidade, quando os grânulos começam a inchar e moléculas de baixo peso molecular e amilose começam a ser lixiviadas do grânulo. Um pico de viscosidade é obtido durante o empastamento, quando existe a maioria dos grânulos totalmente inchados. Durante o período de temperatura constante (95 °C), o restante dos grânulos se rompe e a solubilização dos polímeros continua, resultando em queda na viscosidade. No resfriamento, os polímeros de amilose e amilopectina solubilizados começam a se reassociar e novamente um aumento na viscosidade é registrado. Este segundo aumento da viscosidade é conhecido como tendência a retrogradação ou *set-back* (Figura 5). Geralmente quanto maior o teor de amilose maior é essa tendência (Peroni, 2003).

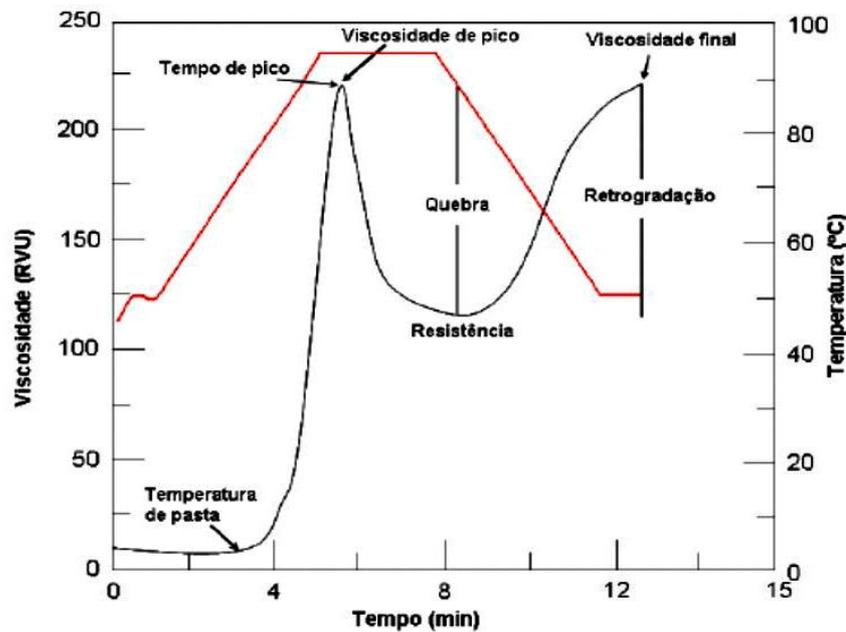


FIGURA 5: Curva de empastamento obtido em RVA apresentando os parâmetros comumente medidos e viscosidade em unidade RVU (Thomas e Atwell, 1999).

As propriedades de pasta são dependentes da rigidez do grânulo de amido, o que afeta o seu poder de intumescimento e a quantidade de amilose lixiviada na solução (Sandhu e Singh, 2007). No entanto o comportamento do amido pode ser influenciado por fatores como os teores de amilose, distribuição do comprimento das cadeias ramificadas da amilopectina, tamanho e concentração dos grânulos, conteúdo de fósforo, lipídios e pela temperatura (Jane *et al.*, 1999).

Segundo Sandhu e Singh (2007), normalmente os parâmetros que são determinados em análise das propriedades da pasta do amido, e que são representados por meio da curva de empastamento (Figura 5) são:

- Temperatura de pasta: corresponde a temperatura inicial de gelatinização, quando se inicia a curva de gelatinização. É calculada com base no tempo de funcionamento do RVA (6 °C/min); correspondente ao ponto onde se inicia a formação da curva.
- Pico de viscosidade ou viscosidade máxima: é o valor máximo alcançado pela curva viscoamilográfica.
- Resistência: corresponde à viscosidade mínima após ter sido atingida a temperatura constante de 95 °C.

- Quebra: medição da etapa de cozido à desintegração do amido. É a diferença entre a viscosidade de pico e a viscosidade mínima após 95 °C.
- Viscosidade final: indica a capacidade do amido para formar uma pasta viscosa. É o valor da viscosidade máxima à temperatura final de resfriamento (50 °C).
- Tendência à retrogradação (setback): mede a sinérese depois do resfriamento da pasta de amido cozido. Corresponde à diferença entre a viscosidade mínima a 95 °C e a viscosidade final.

Dentre os parâmetros do RVA analisados, a viscosidade final é um parâmetro importante no uso de amido em alimentos porque corresponde à viscosidade a ser desenvolvida no produto final, portanto, apreciada pelo consumidor. No entanto não se pode descartar um amido por sua característica de viscosidade de pasta, pois de acordo com o tipo de alimento uma viscosidade maior ou menor pode ser desejável (Moura, 2008).

#### **2.4. Filmes e coberturas comestíveis biodegradáveis**

As películas comestíveis podem ser classificadas em filmes e coberturas comestíveis. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), os mesmos são definidos por dois princípios. Primeiro, o termo comestível implica em os compostos usados na elaboração da embalagem ser GRAS, sigla em inglês que significa compostos geralmente reconhecidos como seguros pelo *Food and Drug Administration* (FDA), e processados dentro das Boas Práticas de Fabricação (BPF), estabelecidas para alimentos. Segundo, estes filmes e revestimentos devem ser feitos a partir de um polímero, tipicamente um biopolímero, já que a cadeia longa é necessária para dar certa insolubilidade e estabilidade à matriz da embalagem em meio aquoso.

A diferença básica entre filmes e cobertura comestível é a forma como eles são apresentados (Carvalho *et al.*, 1997). O filme é uma película formada separadamente do alimento e depois aplicada sobre ele. Já a cobertura ou revestimento é uma suspensão ou emulsão aplicada diretamente sobre a superfície do alimento, ocorrendo, após a secagem, a formação de uma fina película sobre o produto (Gennadios e Weller, 1990).

Quando são completamente degradados por microorganismos são considerados biodegradáveis, sendo chamados de filmes biodegradáveis. Em alguns casos, também podem ser comestíveis (Krochta e Mulder johnston, 1997).

Embora o uso de biofilmes em produtos alimentícios possa parecer recente, sua aplicação vem ocorrendo há muitos anos. Desde o século XII e XIII os chineses já faziam uso de ceras em laranjas e limões, aumentando a vida de prateleira dessas frutas (Donhowe e Fennema, 1994). Um processo de recobrimento de alimentos envolvendo gelatina foi desenvolvido no início do século XIX (Guilbert, 1986).

Recentemente, pesquisas neste campo têm-se intensificado devido a fatores como demanda por alimentos que precisam de alta qualidade pelo consumidor, indústrias de alimentos que precisam de novas técnicas de estocagem, conceitos ambientais sobre disposição de matérias renováveis para embalagem e oportunidades para criar novos mercados por meio do uso de resíduos agrícolas (Martelli *et al.*, 2006; García e Sobral, 2005). Ou seja, o número de consumidores interessados em saúde, qualidade, conveniência e segurança têm aumentado, ao mesmo tempo, em que surgem processos alimentícios com novos desafios, para os quais o conceito de filmes e coberturas comestíveis oferece potenciais soluções.

Krochta e Mulder johnston (1997) relatam que geralmente os filmes utilizados em alimentos tem a finalidade de proteger, inibir ou minimizar a permeação de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, aromas e a migração de lipídios. Podem também carregar compostos antimicrobianos e antioxidantes, conferir proteção mecânica ou auxiliar no aumento da vida de prateleira após a abertura da embalagem, envolvendo individualmente cada produto contido no seu interior

Em relação às embalagens plásticas, o plástico biodegradável pode contribuir com o meio-ambiente, reduzindo a poluição e funcionando como um fertilizante para o solo após sua desintegração. Mesmo sendo mais caras, as embalagens biodegradáveis representam uma necessidade para o futuro, porém limitações em seu desempenho e o alto custo dos plásticos biodegradáveis são as maiores barreiras para sua aceitação como substituinte de polímeros não-biodegradáveis (Fechine, 2010). Entretanto a total substituição de plásticos sintéticos é praticamente impossível, principalmente em algumas aplicações específicas (Tharanathan, 2003).

Feng *et al.* (2005) reportam o fato de que os plásticos convencionais, feitos a partir de combustíveis fósseis, não apenas consomem recursos não renováveis como também contribuem para o problema global de descarte do lixo. Eles podem levar pelo menos 50 anos para serem degradados e existe um limite na quantidade de vezes em que podem ser reciclados. De acordo com Mali *et al.* (2010), essas dificuldades na reciclagem na maioria das embalagens sintéticas disponíveis vem incentivado pesquisas nacionais e internacionais no

sentido de incrementar e/ou desenvolver materiais biodegradáveis com características que permitam a sua utilização em embalagens.

Os biofilmes são elaborados a base de macromoléculas biológicas capazes de formar uma matriz contínua. A força de coesão de um filme é formada devido à estrutura química e polimérica natural do sistema e do solvente, a presença de aditivos, como os agentes de ligação cruzada (*cross-linking*), e as condições ambientes durante a formação dos filmes. Quando o comprimento da cadeia polimérica e sua polaridade aumentam, a coesão é aumentada. Isso geralmente resulta na redução da flexibilidade do filme, da porosidade e, conseqüentemente, da permeabilidade aos gases, vapores e solutos. Uma distribuição uniforme dos grupos polares ao longo da cadeia polimérica aumenta a coesão por aumentar a probabilidade de pontes de hidrogênio intermoleculares e interação iônica (Kester e Fennema, 1986).

De acordo com Azeredo (2003), as películas podem ser obtidas de diferentes tipos de materiais, sendo mais utilizados os polissacarídeos, as proteínas e os lipídios. Onde cada categoria de componentes das coberturas apresenta vantagens e limitações.

Dentre os biopolímeros utilizados na elaboração de biofilmes destaca-se o amido, um dos polissacarídeos mais importantes e abundantes na natureza, que tem sido objeto de numerosas investigações que relatam, dentre outras, sua capacidade de formar revestimentos para aplicação na indústria de alimentos (Arvanitoyannis *et al.*, 1998).

Petersen *et al.* (1999) relatam que o amido vem recebendo bastante atenção no campo de embalagens, por ser um material biodegradável, relativamente de baixo custo renovável, não tóxico, disponível em grandes quantidades e que pode ser extraído com elevada pureza. Como os plásticos confeccionados exclusivamente por amido são pouco flexíveis e quebradiços e apresentam baixa maquinabilidade, ou seja, se adequam com dificuldade aos processamentos convencionais para a produção de embalagens, a introdução de aditivos às matrizes poliméricas é necessária (Cereda *et al.*, 2002).

A questão de rigidez pode ser resolvida através de adição de plastificantes, que melhoram as propriedades mecânicas dos plásticos (Gontard *et al.*, 1993). O plastificante deve ser compatível com o polímero e o solvente utilizado, ou seja, deve ser miscível para que não ocorra uma separação prematura durante o processo de secagem do filme (Guilbert, 1986).

Filmes elaborados a partir de amido podem adquirir propriedades termoplásticas em processos de extrusão e moldagem, em combinação com plastificantes, como a água ou glicerol. Nessas condições, os grânulos de amido são fragmentados, a cristalinidade é perdida

devido à ruptura de pontes de hidrogênio e uma parcial despolimerização ocorre (Feng *et al.*, 2005).

As pesquisas mais recentes têm focado em materiais compostos apenas de amido e um plastificante, sem adição de polímeros sintéticos (Mali *et al.*, 2002; Larotonda *et al.*, 2004).

O uso desses materiais em embalagens para alimentos vai depender, além de parâmetros como custo e disponibilidade, de suas propriedades funcionais. Dentre elas, propriedades de barreira como permeabilidades ao vapor de água e solubilidade em água. Um dos grandes problemas encontrados nesses filmes é sua baixa resistência mecânica, o que leva a se romper facilmente. A alta hidrofiliabilidade também é um fator limitante, pois reduz a barreira ao vapor d'água, além de afetar a permeabilidade a gases (Feng *et al.*, 2005).

Essas propriedades dependem do biopolímero usado (conformação, peso molecular, distribuição de cargas, polaridade), das condições de fabricação (pH, concentração de proteínas na solução filmogênica, tratamento térmico da solução, tipo e teor de aditivos, como os plastificantes) e das condições ambientais (temperatura e umidade relativa), importantes por causa da natureza higroscópica dos biopolímeros e do plastificante usados. Outro parâmetro que influencia as propriedades dos filmes biodegradáveis é a espessura (Cuq *et al.*, 1996), a qual, geralmente, não é considerada em diversos estudos.

#### 2.4.1 Plastificantes

A adição de um agente plastificante é necessária para superar a fragilidade dos biofilmes, que ficam quebradiços devido às extensivas forças intermoleculares. Os plastificantes reduzem essas forças, suavizam a rigidez da estrutura do filme e aumentam a mobilidade entre as cadeias biopoliméricas, melhorando as propriedades mecânicas do filme (Veigas - Santos *et al.*, 2005).

Os plastificantes devem ser compatíveis com o biopolímero. Os mais estudados, em combinação com os filmes de amido, são os polióis, como o glicerol e o sorbitol, materiais que interagem com as cadeias de amido, aumentando a mobilidade molecular e, conseqüentemente, a flexibilidade dos seus filmes (Shimazu *et al.*, 2007).

Glicerol é o nome comum do composto orgânico 1,2,3-propanotriol, descoberto por Carl W. Scheele, em 1779, durante a separação de uma mistura aquecida de PbO preparada com óleo de oliva. Os seus sinônimos são glicerina, trihidroxipropano, glicil álcool, gliceril e 1,2,3-trihidroxipropano. Em sua forma pura apresenta-se como um líquido viscoso, incolor,

inodoro e higroscópico, com sabor doce, solúvel em água e álcool, insolúvel em éter e em clorofórmio (Rivaldi *et al.*, 2008).

De acordo com Zhang e Han (2006), o glicerol é considerado um plastificante dos mais efetivos em termos de propriedades termomecânicas. Lafargue *et al.* (2007) citam que os plastificantes são capazes de reduzir o número de pontes hidrogênio entre as cadeias dos polímeros, interferindo também no espaço molecular. Porém, Mali e Grossman (2003), em seus estudos, constataram que a barreira dos filmes de amido ao vapor d'água, é reduzida com o plastificante.

O glicerol é reconhecido como seguro para o consumo humano desde 1959, podendo ser utilizado em diversos produtos alimentícios para os mais diversos propósitos. Vários estudos mostraram que uma grande quantidade de glicerol (sintético ou natural) pode ser administrada sem aparecimento de qualquer efeito adverso à saúde. É um precursor para a síntese de triacilgliceróis e de fosfolipídios, no fígado e no tecido adiposo. Quando o corpo usa a gordura acumulada como fonte de energia, glicerol e ácidos graxos são libertados na corrente sanguínea. O glicerol pode ser convertido em glucose pelo fígado, providenciando energia para o metabolismo celular (Santos, 2009).

#### 2.4.2 Obtenção de filmes biodegradáveis pelo método de “*casting*”

Os filmes são obtidos no laboratório pelo método *casting*. Na indústria, os filmes podem ser obtidos mediante os mesmos métodos usados para filmes plásticos flexíveis, como extrusão e co-extrusão para filmes multicamadas, laminação e, principalmente, por secagem em rolos para remoção do solvente da solução polimérica (Villadiego *et al.*, 2005).

A técnica *casting*, útil por formar filmes não fixos, é baseada em métodos desenvolvidos para filmes não comestíveis e por isso representa um menor investimento, além de ser a mais utilizada para analisar as propriedades filmogênicas dos biomateriais. Ela consiste na aplicação da solução formadora de filme em moldes, permitindo o controle da espessura dos filmes através da quantidade de matéria seca depositada nos suportes (Gontard, 1991) e da variação da “espessura aparente” das soluções quando acondicionadas nos moldes (Cuq *et al.*, 1996). A espessura dos filmes, apesar de ser uma característica pouco estudada, é importante para controlar sua uniformidade (Sobral, 1999).

Na indústria alimentícia são usados, principalmente revestimentos os quais podem ser aplicados nos alimentos por diferentes métodos, como pulverização, imersão ou aplicação

com pincéis, seguido de uma etapa de secagem para revestimentos hidrocoloidais ou resfriamento para revestimento à base de lipídeos (Villadiego *et al.*, 2005).

### 2.4.3 Propriedades dos filmes

Além do fator custo e disponibilidade que envolve a utilização desses materiais em embalagens para alimentos, existem outros parâmetros que devem ser considerados, como suas propriedades funcionais, as quais envolvem as propriedades mecânicas (resistência e flexibilidade), propriedades ópticas (cor e opacidade), propriedades de barreira (permeabilidade ao vapor de água, ao O<sup>2</sup> e ao CO<sup>2</sup>), solubilidade em água e propriedades sensoriais. Segundo Sobral (2000), essas propriedades atuam de acordo com o biopolímero utilizado, das condições de fabricação (tipo e teor de aditivos, como os plastificantes) e das condições ambientais (temperatura e umidade relativa).

Cuq *et al.* (1996) relatam que outro parâmetro que tem influencia nas propriedades dos biofilmes é a espessura. Porém, geralmente não é considerada em diversos estudos.

#### 2.4.3.1 Permeabilidade ao vapor de água (PVA)

A escolha de uma embalagem adequada depende das propriedades de barreira que essa pode oferecer, dentre as quais está a permeabilidade ao vapor de água.

A Norma ASTM E96-95 define permeabilidade como a taxa de transmissão de vapor de água através da unidade de área do material plano, a uma determinada espessura, induzida pela diferença de pressão de vapor entre duas superfícies específicas, sob condições de temperatura definidas (ASTM E96-95, 1995), ou seja, a permeabilidade pode ser definida como a medida adquirida de acordo com a facilidade com que um material tem de ser penetrado pelo vapor de água.

Usualmente a permeabilidade ao vapor de água é medida pelo método gravimétrico. Um filme é selado na abertura superior de um recipiente contendo um dessecante e, então, o recipiente é colocado numa câmara à temperatura e umidade relativa (UR) constantes (ASTM, 1989). O dessecante mantém a UR ambiente baixa e constante (usualmente 0% UR) dentro do recipiente (Donhowe e Fennema, 1994). A célula teste contém água destilada ou solução saturada de sal. Pesagens periódicas determinam a taxa de transmissão de água através do filme. As pesagens devem ser realizadas após a taxa constante de transporte de umidade ser alcançada no interior da câmara. Oito pesagens geralmente são suficientes (ASTM, 1989).

Tanto a temperatura quanto a umidade relativa influenciam grandemente as propriedades de barreira dos filmes hidrofílicos. Nestes filmes, o aumento da atividade de água promove a difusividade, em decorrência do aumento da mobilidade das cadeias do polímero, e a solubilidade do permeante. Essa característica deve-se ao inchamento excessivo da matriz polimérica, diminuindo as propriedades de barreira destes materiais (Cuq *et al.*, 1995).

A temperatura de transição vítrea afeta a permeabilidade dos filmes devido a sua influência sobre a mobilidade das moléculas. No estado vítreo (abaixo da Tg), a passagem do permeante é restrita devido à rigidez do sistema e a menor distância efetiva entre as moléculas. Já no domínio gomoso (acima da Tg), o aumento do volume livre e a maior mobilidade dos polímeros facilitam a passagem do permeante (Gontard, 1991).

Segundo Mchugh e Krochta (1994), fatores como a natureza química e estrutural do polímero, afetam a permeabilidade ao vapor de água. Onde polímeros altamente polares, como a maioria das proteínas e polissacarídeos, exibem altos graus de pontes de hidrogênio, resultando em pobres barreiras à umidade. Por outro lado, materiais a base de hidrocarbonetos não-polares, como os lipídeos, exibem o efeito inverso, agindo como excelentes barreiras à umidade e sendo menos efetivos como barreira a gases.

Mali, *et al.* (2010) relatam que plastificantes, que são polióis em sua maioria, acabam rompendo pontes de hidrogênio das cadeias poliméricas e tendem a aumentar a permeabilidade ao vapor de água dos filmes.

A permeação de vapor de água é a maior preocupação no desenvolvimento de barreiras nas embalagens a fim de obter a vida de prateleira desejada, pois vários alimentos são susceptíveis à deterioração devido ao aumento do teor de umidade (Dias, 2008).

De acordo com Sobral (2000), a permeabilidade não chega a ser uma propriedade restritiva, ou seja, um material muito permeável, como é o caso dos filmes de amido, poderá ser indicado para embalagem de vegetais frescos, enquanto que um filme pouco permeável poderá ser indicado para produtos desidratados.

#### 2.4.3.2 Solubilidade em água

De acordo com Perez-Gago e Krochta (2001), a solubilidade em água é uma propriedade importante dos filmes e coberturas biodegradáveis no que se refere ao seu emprego. Monterrey-Quintero e Sobral (2000) citam que filmes com alta solubilidade podem ser interessantes para embalagens de alimentos desidratados que devam sofrer uma hidratação

prévia ao consumo. Por outro lado, muitas aplicações demandam embalagens resistentes à água, como no caso de alimentos com alta atividade de água, ou mesmo para se evitar a transpiração de produtos frescos.

A solubilidade em água interfere na propriedade de barreira ao vapor de água dos filmes comestíveis. A obtenção de filmes com boas propriedades de barreiras ao vapor de água, isto é, com baixa permeabilidade dentro de uma grande faixa de umidade relativa, implica na utilização do material insolúvel ou de baixa solubilidade em água, ou seja, de caráter mais hidrofóbico (Carvalho, 1997).

Sarmento (1999) cita que filmes formados a partir de hidrocolóides hidrofílicos, com plastificantes hidrofílicos tendem a serem, obviamente, mais solúveis do que aqueles em que se utilizam componentes hidrofóbicos. Contudo, em filmes que são incorporados compósitos, mesmo eles sendo hidrofílicos, a solubilidade tende a diminuir devido ao tamanho das partículas que esses compósitos apresentam.

Uma das metodologias mais utilizadas para determinar a solubilidade é a proposta por Gontard *et al.* (1992), a qual informa sobre a quantidade de material hidrossolúvel que está presente nos materiais biodegradáveis. A solubilidade em água é avaliada pela porcentagem de peso seco não solubilizado, após a imersão da amostra em água por 24 h, ou seja, pela diferença entre o peso seco inicial da amostra e peso seco após a etapa de solubilização, calcula-se a porção solúvel da amostra.

Conforme Abreu *et al.* (1998), o conhecimento sobre a fisiologia pós-colheita do fruto é imprescindível, pois é a partir desse conhecimento, que será possível adquirir, subsídios técnicos, visando à ampliação do tempo de armazenamento não alterando suas características físicas, sensoriais e nutricionais.

#### 2.4.3.3 Espessura de biofilmes

A espessura dos plásticos biodegradáveis é um parâmetro que influencia suas propriedades (Cuq *et al.*, 1996), porém geralmente é ignorada. O controle da espessura dos filmes é importante para se avaliar a uniformidade desses materiais, a repetibilidade da medida de suas propriedades e a validade das comparações entre filmes. O controle da espessura dos filmes é difícil, sobretudo nos processos de produção do tipo *casting* (Sobral, 1999).

De acordo com Oliveira (1996), a espessura dos filmes é definida como a distância perpendicular entre duas superfícies principais do material. Conhecendo-se a espessura, é

possível obter informações sobre a resistência mecânica e as propriedades de barreira aos gases e ao vapor d'água do material. Sendo que maiores espessuras oferecem maiores resistências mecânicas.

Ao estudar filme de proteínas do leite, Chen (1995) verificou relação entre a permeabilidade ao vapor d'água e a espessura. Park e Chinnam (1995) observaram comportamento linear entre permeabilidade e espessura dos biofilmes à base de zeína, glúten e derivados de celulose.

Assim de acordo com Sobral *et al.* (2001), o efeito de possíveis variações das propriedades, como consequência da variação da espessura dos filmes, nem sempre é considerado, mas é fundamental.

#### 2.4.3.4 Aplicações de cobertura comestível de amido em pós-colheita

Produtos agrícolas perecíveis, a exemplo das frutas tropicais, têm sua vida útil reduzida quando comparados aos duráveis (grãos e cereais), por apresentarem elevado teor de umidade, textura macia facilmente danificável e altas taxas respiratórias e de produção de calor. Essas características geram desvantagens quanto ao seu manuseio após a colheita, resultando em perdas decorrentes da falta de comercialização ou de consumo do produto em tempo hábil (Chitarra e Chitarra, 2005).

Os problemas relacionados à conservação de frutas e hortaliças *in natura* têm início na colheita, onde enfrenta processos que influenciam na qualidade do produto e nas suas conseqüentes perdas até o consumidor. Segundo Vila (2004), entre esses processos destacam-se a degradação e síntese de pigmentos, conversão do amido em açúcares, redução da firmeza, degradação de pectinas e alteração na atividade enzimática.

Conforme Marcheto *et al.* (2008), o desperdício de frutas, legumes e hortaliças atingem cerca de 30% a 40% da produção brasileira, antes de chegar à mesa do consumidor. A redução dessas perdas em nível de produção, associada a uma estocagem reguladora e correta comercialização poderiam propiciar grandes benefícios, tanto ao produtor como ao consumidor.

As perdas pós-colheita de vegetais podem ser classificadas como quantitativas e qualitativas. As perdas qualitativas incluem decréscimo na qualidade sensorial dos vegetais, tornando o produto fora dos padrões aceitáveis do consumidor. As perdas de caráter quantitativo correspondem à redução na massa dos frutos por perda de água ou matéria seca e tem maior possibilidade de ser evitada que a primeira (Chitarra e Chitarra, 2005).

Várias técnicas para o prolongamento da vida útil pós-colheita das frutas tropicais têm sido estudadas por pesquisas. Uma delas é a atmosfera modificada, técnica simples de conservação, na qual normalmente empregam-se filmes plásticos que limitam as trocas gasosas e a perda de água para o ambiente, reduzindo o metabolismo do produto e prolongando sua vida pós-colheita. No entanto, o uso de filmes plásticos pode ser limitante do ponto de vista ambiental e econômico (Chitarra e Chitarra, 2005).

O uso de filmes e coberturas comestíveis para a conservação de alimentos e produtos *in natura* tem sido tema de alguns trabalhos. Segundo Vicentine (2003), diversas são as aplicações e formulações dessas coberturas comestíveis em alimentos.

A cobertura comestível ou revestimento é formado a partir de uma suspensão de um agente espessante, que após aplicação no produto forma uma película ao seu redor, agindo como barreira para trocas gasosas e perda de vapor de água, modificando a atmosfera e retardando o amadurecimento do fruto (Lemos *et al.*, 2007).

Bobbio e Bobbio (1984) relatam que o uso de coberturas/revestimentos comestíveis é uma proposta que pode ser usada com a mesma finalidade da cera. Matérias-primas utilizadas nesta técnica são os derivados de amido, além de celulose e colágeno. Essas coberturas podem ser usadas diretamente sobre os alimentos, que em alguns casos podem ser consumidos ainda com a película.

Cerqueira *et al.* (2005) citam que, as coberturas/recobrimentos comestíveis podem melhorar o *marketing* alimentício, com relação à qualidade nutricional, segurança, e aumento no tempo de conservação, pois têm muitas funções como retardar as perdas de umidade, retardar as trocas gasosas, aumentar a integridade estrutural, provendo alguma proteção física contra injúrias, reter componentes voláteis, constituintes do odor e do sabor, ou mesmo conter aditivos alimentícios, como agentes.

Segundo o mesmo autor, o propósito dos recobrimentos para frutas é basicamente imitar a barreira natural cuticular, se já existente, ou repor nos casos onde foi removida por lavagem ou manuseio.

Muitos autores vêm trabalhando com coberturas/revestimentos a base de amido de diversas fontes e em diferentes temperaturas de armazenamento, com intuito de avaliar a conservação de inúmeros produtos, obtendo resultados variáveis (Prates, 2010). Henrique e Cereda (1996) trabalharam com coberturas de morangos e Oliveira e Cereda (1999) com coberturas em goiabas. Em manga, testes com outros revestimentos comestíveis afirmam que a aplicação retarda o amadurecimento dos frutos (Pereira *et al.*, 2004).

Fakhouri *et al.* (2007) analisaram a conservação e aceitação de uvas Crimson, revestidas com coberturas comestível, compostas à base de amidos nativos e gelatina. Os resultados das uvas cobertas com a mistura gelatina e amido de arroz apresentaram-se como eficientes para aumentar a vida útil, permanecendo por 22 dias, sob refrigeração.

## **2.5 Qualidade do morango e aplicação de tecnologia para aumentar a vida útil**

### 2.5.1 Características físico-químicas do morango

O morango (*Fragaria X ananassa Duch.*) é a espécie do grupo das pequenas frutas com maior área cultivada e maior tradição no cultivo no Brasil, especialmente nas regiões Sudeste e Sul (Pagot e Hoffmann, 2003). É um pseudofruto succulento originário do receptáculo floral que se torna carnoso. Os frutos verdadeiros são pequenos aquênios, vulgarmente denominados “sementes”. O morangueiro é uma planta herbácea, rasteira e perene que se propaga por via vegetativa, por meio de estolhos (Chaves, 2007).

O morango apresenta padrão de respiração não-climatérico, ou seja, não há produção de etileno endógeno, não ocorrendo amadurecimento e alterações das características sensoriais após a colheita (Chitarra e Chitarra, 2005).

A composição do morango varia em função da cultivar, da forma de cultivo como composição do solo, incidência de luz e temperatura. Alguns estudos mostraram que as principais características para a maturação do morango são textura (doçura e ácidos orgânicos) e coloração (Cordenunsi *et al.*, 2002; Pelayo *et al.*, 2003). Recomenda-se que o morango deve ter no mínimo 7% de sólidos solúveis e no máximo 0,8% de acidez titulável. O índice de maturidade está baseado na coloração do pseudofruto, ou seja,  $\frac{3}{4}$  da superfície vermelha permanecem com boas condições para o consumo ou processamento por alguns dias, dependendo da variedade, da temperatura e da umidade atmosférica (Chitarra E Chitarra, 2005).

De acordo com Henrique e Cereda (1999) o morango é um fruto originalmente de clima temperado e tem como atrativos sua coloração vermelha brilhante, aroma característico, textura macia e sabor levemente acidificado. Possui alto teor de umidade e seu sabor característico é proveniente, principalmente, dos ácidos e açúcares presentes em sua composição.

O morango é muito delicado, perecível, susceptível à injúria mecânica, à deterioração fisiológica e à perda de água e de peso em função da alta taxa respiratória (Han *et al.*, 2004).

Em virtude dos altos teores de umidade (90%), de açúcares (9,9%) e de ácidos, o morango é um substrato ideal à proliferação de microrganismos deterioradores, que causam danos durante o manuseio, transporte e armazenamento, limitando sua vida pós-colheita (Sanz *et al.*, 1999), o que torna um fator limitante na comercialização, pois o consumidor procura por produtos de qualidade.

Vicenzi (2005) relata que, os alimentos são constituídos por tecidos vivos e assim estão sujeitos a reações bioquímicas, biológicas e físicas. A tecnologia de alimentos busca retardar estas reações, preservando o máximo possível a qualidade do alimento. Na colheita dos frutos e hortaliças o suprimento de água é interrompido para o fruto, assim, a perda de água subsequente por transpiração determina, em grande parte, as perdas quantitativas e qualitativas do produto (Silva *et al.*, 2000).

Prates (2010) relata que entre as tecnologias utilizadas na redução da perda de massa pode ser citado o uso de filmes comestíveis. Trabalhos realizados com o uso de coberturas a base de amido, com o objetivo de reduzir a perda de massa, apresentaram resultados estatisticamente significativos (Cereda *et al.*, 1992; Oliveira, 1996).

Os sólidos solúveis totais são compostos solúveis em água e importantes na determinação da qualidade de frutos (Kluge *et al.*, 2002). Eles representam indiretamente o teor dos açúcares dos frutos. Para sua determinação faz-se a leitura com auxílio do refratômetro, expressando-se os resultados em percentagem ou graus Brix (°B).

De acordo com Cordenunsi *et al.* (2002), os açúcares são os principais compostos solúveis em morangos maduros, sendo que a glicose, a frutose e a sacarose representam 99% do conteúdo total de açúcar, havendo predominância dos primeiros sobre a sacarose.

Segundo Vicenzi (2005) o pH altera a permeabilidade das membranas celulares, ou seja, em baixo pH a membrana está saturada de  $H^+$  dificultando a passagem de cátions. Em pH alto a membrana está saturada de  $OH^-$  inibindo a passagens de ânions. Em pH alcalino, alguns íons tornam-se insolúveis, bem como as moléculas não dissociadas de ácidos e bases que penetram nas células podem ser tóxicas.

Os ácidos orgânicos e os açúcares, são componentes do sabor e aroma, frequentemente utilizados como um índice de qualidade e de aceitabilidade pelo consumidor para frutas. O ácido cítrico contribui com 91% e o málico com 9% da acidez do morango (Cordenunsi *et al.*, 2002). Os ácidos podem afetar diretamente o sabor e o aroma das frutas e são importantes também no processamento das mesmas, pois afetam a formação de sabores e odores estranhos e a propriedade de geleificação da pectina. Além disso, os ácidos regulam o pH celular e podem influenciar o surgimento de pigmentos nos tecidos das frutas (Cantillano *et al.*, 2003).

### 2.5.2 Conservação e tecnologia para aumentar a vida útil

No ano de 2007 foi estimada uma produção de morango de aproximadamente 100 mil toneladas no Brasil, com uma área ocupada de 3.500 ha. Uma produção pequena, quando comparada ao EUA, que de acordo com Usda (2005), produziu 998,8 mil toneladas de morango. Segundo Antunes (2002), a produção brasileira vem crescendo de 10 a 15% ao ano.

A comercialização e a disponibilidade de morangos são restritas, devido à rápida deterioração dos frutos causada pela senescência e doenças pós-colheita, que acarretam perdas consideráveis tanto nutritivas quanto econômicas. Várias tecnologias vêm sendo pesquisadas e desenvolvidas para minimizar e prevenir essas perdas pós-colheita, garantir a manutenção da qualidade e prolongar a vida útil de morangos (Garcia, 2009).

A temperatura é considerada o fator mais importante na conservação de frutos e hortaliças, uma vez que afeta diretamente os processos naturais de respiração, transpiração e outros aspectos fisiológicos (Cortez *et al.*, 2002; Pizarro, 2009). A cada 10 °C de aumento na temperatura do ambiente há um aumento de duas a três vezes na velocidade de deterioração dos produtos. Portanto, sem o uso da refrigeração, as deteriorações são mais rápidas devido à alta taxa metabólica, com perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade (Chitarra e Chitarra, 2005).

De acordo com Ferreira (2004), a aplicação do resfriamento na pós-colheita e a manutenção da refrigeração durante a comercialização do produto é de fundamental importância, para prolongar o tempo de armazenamento.

Pizarro (2009), ao avaliar diferentes temperaturas de armazenamento para morango, verificou que a temperatura de 0 °C possibilitou maior vida de prateleira aos frutos. Segundo Han *et al.* (2004), a vida útil de morangos frescos sob refrigeração (0-4 °C) é normalmente inferior a 5 dias. De acordo com Cantillano (2003), morangos podem ser conservados por 3 a 5 dias sob condições de 0 °C e 90% a 95% de umidade relativa (UR). No entanto, a redução de temperatura sozinha não é suficiente para garantir o armazenamento prolongado e manter a qualidades dos frutos, sendo necessário utilizar técnicas complementares, visando ao prolongamento da sua vida útil (Malgarim *et al.*, 2006).

Nos últimos anos, tem ocorrido um interesse crescente pelo desenvolvimento de formulações de filmes e coberturas comestíveis aplicáveis à superfície dos produtos perecíveis, como frutas e hortaliças (Reis *et al.*, 2006). Tecnologia que pode ser aplicada para retardar a deterioração e desidratação de produtos frescos, reduzir a respiração, melhorar

textura, reter compostos que conferem aroma e retardar o crescimento microbiano nesses produtos (Park *et al.*, 2005).

Segundo Krochta e Mulder-Johnston (1997), a utilização de coberturas comestíveis na conservação de frutos baseia-se na criação de uma barreira para retardar a perda de voláteis desejáveis e vapor de água, enquanto restringe a troca de  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ , criando uma atmosfera modificada que reduz a taxa de respiração dos frutos, aumentando sua vida pós-colheita.

O uso de revestimentos comestíveis pode ser uma alternativa para a conservação de morangos que são pseudofrutos macios, com altas taxas de respiração e de amolecimento, sendo um desafio mantê-los disponíveis por longo período e com alta qualidade (Costa, 2009).

Diferentes revestimentos em morangos já foram avaliados. Garcia *et al.* (1998) testaram revestimentos à base de amido a 2% adicionado de sorbitol (plastificante), sorbato de potássio (antimicrobiano) e ácido cítrico (para pH 4,0) dentre outros, onde houve uma redução a permeabilidade ao vapor de água, estendendo a vida de prateleira dos pseudofrutos de 14 para 28 dias.

Redução da perda de peso, melhoria da textura e prolongamento em até cinco vezes a vida útil foram observados em morangos revestidos com fécula de mandioca nas concentrações de 1 a 3% e armazenados a temperatura ambiente (Henrique e Cereda, 1999).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A experimentação foi realizada nos laboratórios de Engenharia Agrícola e de Química da Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás (UnUCET/UEG, Anápolis/GO) e no laboratório do Departamento de Reologia da Embrapa Agroindústria de Alimentos (CTAA/RJ). Os frutos foram colhidos na Fazenda Boa Vista dos Leites, localizada no município de Gameleira de Goiás, no estágio maduro, ou seja, quando a cor da casca era amarela.

#### 3.1 Caracterização física dos frutos e sementes

##### 3.1.1 Amostragem dos frutos

A seleção dos frutos para caracterização física foi aleatória, usando-se a técnica de quarteação manual. Os frutos coletados foram transferidos para uma superfície plana e limpa, onde eles foram bem homogeneizados, utilizando-se as mãos. Após a homogeneização, os frutos foram divididos em quatro partes, usando-se uma régua fina e larga para esta operação. Descartaram-se duas partes de lados opostos das quatro obtidas. As outras duas partes foram novamente homogeneizadas, repetindo-se a quarteação várias vezes até reduzir a quantidade de frutos para aproximadamente 50 unidades. O acondicionamento da amostra foi realizado em sacos plásticos e armazenados em *freezer* a  $\pm 2$  °C.

##### 3.1.2 Determinações físicas

Dos frutos foram realizadas medidas de comprimento, largura e altura e determinada sua massa. Após o despulpamento manual, utilizando faca de aço inoxidável, procedeu-se a contagem de número de sementes por fruto, determinada a massa e medidas de comprimento, largura e altura das sementes.

As dimensões dos frutos e sementes foram obtidas utilizando-se um paquímetro digital (MITETOYO, CD6CSX-B, São Paulo). A massa dos mesmos foi medida com o auxílio de uma balança digital (GEHAKA, BG400, Curitiba). A esfericidade (Equação 1) foi determinada usando-se o método descrito por Mohsenin (1986), esquematizado na Figura 6.

$$\text{Esfericidade} = \left[ \frac{(a \ b \ c)^{1/3}}{a} \right] \times 100 \quad (1)$$

em que: a é o comprimento do eixo maior (mm); b é a largura do eixo médio (mm); e c é a espessura do eixo menor (mm).

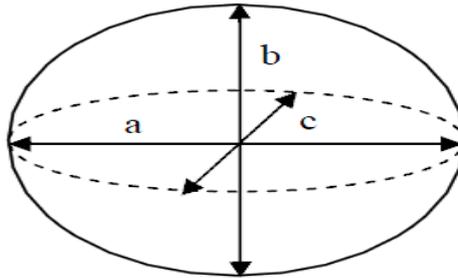


FIGURA 6: Dimensões da esfericidade: (a) comprimento ou maior eixo; (b) largura ou eixo médio; (c) espessura ou menor eixo, todas em mm.

Os dados da caracterização física realizada permitem propor uma classificação dos frutos em função dos dados de frequência, obtendo-se as respectivas médias, desvio padrão e coeficiente de variação.

### 3.2. Extração e caracterização do amido das sementes

#### 3.2.1 Extração do amido

As sementes foram moídas em um macro moinho de rotor circular com facas móveis e fixas (Marconi, MA 580, Piracicaba), usando malha com furos de 1 mm de diâmetro, com abundante água. A fase leitosa, que contém o amido, foi separada da massa fibrosa usando panos alvejados. O amido foi separado da fase leitosa por peneiragens e decantações sucessivas, usando peneiras de malhas finas entre 75 a 250  $\mu\text{m}$ . A purificação do amido foi realizada por meio de lavagens sucessivas com água destilada, filtrado a vácuo e seco em estufa de circulação de ar forçado (Marconi, MA 035, Piracicaba), a 45 °C, até massa constante, resfriado a temperatura ambiente e acondicionado em frascos até sua posterior utilização.

### 3.2.2 Caracterização do amido

#### 3.2.2.1 Composição centesimal, forma e tamanho dos grânulos

Os teores de cinza, umidade, extrato etéreo e proteína bruta, com fator de conversão de 5,83 (métodos 923.03, 925.10, 920.39 e 960.52 respectivamente) foram analisados conforme as metodologias descritas pela AOAC (1995). A fibra bruta foi determinada de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985). O teor de amido foi determinado com base na técnica descrita por Cereda *et al.* (2004).

A forma e tamanho dos grânulos dos amidos foram analisados por meio de microfotografias realizadas segundo a metodologia descrita por Vigneau *et al.* (2000), com modificações. Para este fim, amostras de amido foram coletadas com fio de platina e misturadas, sobre lâmina de vidro, com uma gota de lugol e, posteriormente, coberta com lamínula. As lâminas foram observadas em microscópio óptico Leica (DMI, São Paulo) com aumento de 100x e as imagens selecionadas foram analisadas pelo *software LAS EZ*.

Todas as análises físico-químicas descritas foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como valor médio  $\pm$  desvio padrão.

#### 3.2.2.2 Viscosidade de pasta

Para a análise da viscosidade, em triplicata, seguiu-se a metodologia de Ascheri *et al.* (2006). Foi utilizado o RVA (*Rapid Visco Analyzer 4, Newport Scientific® PTY LTD, Sydney, Austrália*) (Newport Scientific, 1998) e suspensões de amido (3 g amido em 25 mL de água), corrigidas para a base de 14% de umidade. As propriedades de pasta foram avaliadas de acordo com a seguinte programação: 50 °C por 1 min, aquecimento de 50 a 95 °C a uma taxa de 6 °C/min, manutenção da pasta a 95 °C por 2,5 min e resfriamento de 95 a 50 °C a uma taxa de 6 °C/min. A viscosidade foi expressa em centipoise (cP). Do gráfico obtido foram avaliados os seguintes parâmetros: temperatura de pasta, viscosidade máxima (pico), quebra de viscosidade (diferença entre a viscosidade máxima e da pasta mantida a 95 °C por 2,5 min), viscosidade final e tendência à retrogradação (diferença entre a viscosidade final e da pasta a 95 °C por 2,5 min).

### 3.3. Elaboração dos filmes biodegradáveis

As soluções formadoras de filme foram preparadas de acordo com a técnica *casting* descrita por Vicentini (2003). As soluções filmogênicas foram elaboradas com quantidades de amido e glicerol que variaram de acordo com o delineamento fatorial inteiramente casualizado 2<sup>2</sup> (Amido: 1,44 e 3,56 % e glicerol: 5,86 a 34,14%, baseado na massa do amido), completada para um volume de 100 ml com água destilada (Tabela 1). Os filmes foram produzidos quando as soluções filmogênicas foram aquecidas até a temperatura e tempo de gelatinização do amido previamente estabelecidos no RVA, e aplicados sobre placas de Petri de diâmetro de 8,5 cm em quantidade de 20 g.

TABELA 1. Quantidade de amido da semente do fruto *Swartzia burchelli*, glicerol e água destilada utilizados no planejamento experimental para o preparo das soluções filmogênicas para obtenção dos filmes biodegradáveis.

| Tratamentos | Amido |      | Glicerol |      | Água  |
|-------------|-------|------|----------|------|-------|
|             | (%)   | (g)  | (%)      | (g)* | (g)   |
| T1          | 1,44  | 1,44 | 5,86     | 0,08 | 98,48 |
| T2          | 1,44  | 1,44 | 34,14    | 0,49 | 98,07 |
| T3          | 3,56  | 3,56 | 5,86     | 0,21 | 96,23 |
| T4          | 3,56  | 3,56 | 34,14    | 1,21 | 95,22 |

\* Valor determinado, pela porcentagem do glicerol baseado na massa do amido.

As soluções filmogênicas foram desidratadas em estufa de circulação e remoção de ar a uma temperatura de 30 °C, até peso constante. Depois de secas todas as placas foram acondicionados em dessecadores com umidade relativa e temperatura controlada, 54% e ± 21 °C, respectivamente, durante três dias, para retirada dos filmes biodegradáveis.

#### 3.3.1 Medida de espessura e determinações de permeabilidade ao vapor de água e solubilidade em água

Os filmes biodegradáveis elaborados foram caracterizados quanto à espessura, permeabilidade ao vapor de água (Pva) e solubilidade em água.

A espessura dos filmes foi medida em seis pontos radialmente equitativos com micrômetro externo (DIGIMESS SALVI, São Paulo). A solubilidade em água dos filmes foi determinada segundo a metodologia proposta por Gontard *et al.* (1992). Os filmes de umidade

conhecida foram recortados em formato circular com 20 mm de diâmetro e pesados, sendo então mergulhados em béquer contendo 50 mL de água destilada e agitados lentamente por 24 h, a 25 °C em um agitador do tipo banho Dubnoff (NT.232, Piracicaba, Brasil). Após este período as amostras foram removidas e secas a 105 °C por 24 h, em uma estufa para determinar a massa do material que não foi solubilizado. A solubilidade foi calculada usando-se a Equação (2):

$$\%MS = \left( \frac{PI - PF}{PI} \right) * 100 \quad (2)$$

Onde: %MS é a porcentagem do material seco solubilizado, PI é a massa inicial do material seco e PF é o a massa final do material seco não solubilizado.

A permeabilidade ao vapor de água foi determinada gravimetricamente a 25 °C, de acordo com o método E96-80 descrito na ASTM (*American Society for Testing and Materials*, 2001) com modificações. Os filmes foram cortados em formato circular e aplicados em células de permeação de plástico adaptadas, contendo água destilada. As células foram acondicionadas em dessecadores contendo sílica gel e o conjunto foi armazenado a 25 °C em uma incubadora tipo BOD (Hydrosan, Belo Horizonte, Brasil). A massa da célula e filme foi monitorado em intervalos de 24 h por 9 dias. A taxa de permeabilidade ao vapor de água ( $T_{va}$ ) foi calculada usando-se a Equação (3):

$$T_{va} = \frac{g}{t A} \quad (3)$$

onde: A é a área de permeação, g é o ganho de massa e t o tempo total em horas. O termo g/t foi calculado por regressão linear entre os pontos de ganho de massa e tempo, no regime constante.

Posteriormente, a permeabilidade ao vapor de água foi calculada usando-se a Equação (4):

$$P_{va} = T_{va} \frac{x}{\Delta P} \quad (4)$$

onde: x é a espessura média dos filmes e  $\Delta P$  é a diferença de pressão de vapor do ambiente contendo sílica gel (0 kPa, a 25 °C) e o água pura (3,17 kPa, a 25 °C).

Os resultados obtidos pelo planejamento experimental foram analisados por meio da Metodologia de Superfície de Resposta. Um modelo polinomial de segunda ordem (Equação 5) foi ajustado aos dados experimentais de espessura, solubilidade e permeabilidade.

$$y_i = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i<j} b_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (5)$$

onde:  $y_i$  é a função resposta genérica,  $x$  é a variável real,  $b$  representa os coeficientes estimados pelos métodos dos mínimos quadrados, sendo sua significância avaliada pelo teste  $t$  ao nível de 5% de probabilidade, para todos os ensaios, e  $\varepsilon$  o erro experimental.

A adequação do modelo polinomial foi avaliada comparando-se a proporção da variação explicada, isto é, pela análise do coeficiente de determinação ajustado  $R_{aj}^2$  e pelo método de seleção para a frente (*forward selection*), até que o valor das somas dos quadrados do erro (SSE) não varie ou até completar os coeficientes do modelo proposto.

Os gráficos de superfície de resposta foram desenhados conforme o modelo matemático proposto nos níveis reais das variáveis mantendo-se a resposta em função do eixo Z, com eixos X e Y representando as variáveis independentes.

A estatística e os gráficos foram realizados com o programa *Statistica* 8.0 (STATSOFT, 2007).

### 3.4 Análise pós-colheita dos frutos de morango

Morangos da cultivar *Sweet Charlie* adquiridos no mercado do produtor da cidade de Anápolis-GO no dia 24/05/2011, no período da manhã, foram usados para avaliação das soluções filmogênicas como cobertura na aplicação pós-colheita.

A seleção dos morangos foi realizada no mesmo dia da recepção dos frutos em função do tamanho, cor e ausência de danos. Após seleção, os frutos foram lavados em água corrente, imersos em solução refrigerada de hipoclorito de sódio comercial a 200 mg L<sup>-1</sup> por 15 min, e secos sob condições ambiente.

Para aplicação da cobertura, os frutos foram divididos em três grupos, sendo um grupo composto por frutos sem cobertura (Te, testemunha) e outros dois compostos por frutos cobertos pela solução filmogênica.

As soluções filmogênicas foram escolhidas de acordo com a análise de permeabilidade dos filmes. O critério da escolha foi analisando a capacidade de permeação dos filmes. Foram escolhidos aqueles de menor e maior permeabilidade, neste caso, os tratamentos T1 e T4 (Tabela 1).

Após preparadas, as soluções filmogênicas permaneceram em repouso até atingir uma temperatura de aproximadamente 40 °C, em seguida os morangos foram imersos nas soluções

filmogênicas por 5 min, suspensos e acomodados em bandejas de plástico cobertas com tela para que o excesso de solução escoasse. Depois de 15 min, os morangos foram imersos novamente, permanecendo mais 5 min na solução filmogênica, escoado o excesso e, posteriormente, acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, ficando expostos em temperatura ambiente. Cada uma das bandejas foi composta por oito frutos (Figura 7).



FIGURA 7: Morangos acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e expostos a temperatura ambiente.

As bandejas contendo os morangos foram armazenadas por oito dias a temperatura ambiente ( $25\pm 2$  °C). As mesmas não foram recobertas com outro material de embalagem, de forma que as coberturas fossem a única barreira entre os frutos e o meio de armazenamento.

No início e a cada 48 h foram determinados a perda de massa, sólidos solúveis, acidez titulável e pH, todos em triplicata. Antes das determinações, os frutos foram lavados com água destilada para remoção das coberturas.

Não houve destruição das amostras na determinação da perda de massa, apenas aquelas amostras que foram usadas para análise químicas. As determinações foram realizadas segundo as técnicas descritas pelo Instituto Adolf Lutz (IAL, 1985).

### 3.4.1 Perda de massa

Foi obtida por meio da diferença entre as pesagens das bandejas contendo o morango em cada intervalo de tempo referente ao tempo zero, utilizando-se uma balança digital (MARTE, LC2, Minas Gerais). Os resultados foram expressos em porcentagem de acordo com a Equação (6):

$$\text{Perda de massa} = 100 \left( \frac{m_0 - m}{m_0} \right) \quad (6)$$

onde:  $m_0$  é a massa inicial da amostra (kg) e  $m$  é a massa a cada intervalo de tempo (kg).

### 3.4.2 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados por meio do refratômetro Abbe (QUIMIS, Q767BD, São Paulo), segundo o procedimento descrito por Bolin e Huxsoll (1991). Para realizar a leitura, algumas gotas do suco de morango previamente filtrado (usando um pano alvejado) foram colocadas no prisma do refratômetro lido a  $24 \pm 2$  °C. Os resultados foram expressos em graus Brix (°Brix).

### 3.4.3 Acidez titulável total

Foi determinada por meio de titulometria de neutralização com hidróxido de sódio (Synth, São Paulo), onde titularam-se 10 g de suco, diluídas em 90 mL de água destilada, com a solução alcalina a 0,992 N. Utilizou-se como ponto de viragem o pH 8,1 o qual foi determinado pelo potenciômetro digital (GEHAKA, PG 1800, Curitiba). Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico por 100 g de morango.

### 3.4.4 pH

O pH foi determinado segundo Carvalho *et al.* (1990), pela imersão direta do eletrodo do potenciômetro GEHAKA no suco de morango. O suco foi obtido por maceração e filtração dos morangos. O resultado foi expresso em unidades de pH.

### 3.4.5 Delineamento experimental e análise estatística dos resultados

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), disposto em esquema fatorial 3x5 com três repetições. Os fatores foram: Cobertura [Te (testemunha, sem cobertura), T1 e T4] e tempo de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 d). Cada unidade experimental foi composta por oito frutos.

A diferença entre os tratamentos do esquema fatorial aplicado foi analisada por meio de análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade. Quando significativos os tratamentos, aplicou-se teste de Tukey ao mesmo nível de significância da ANOVA. E, quando significativos os tempos de armazenamento, aplicou-se regressão polinomial até segundo grau.

As estatísticas e os gráficos foram processados utilizando o *software* estatístico *Statistic* 8.0 (STATSOFT, 2007).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Dimensões dos frutos e sementes da *Swartzia burchelli*.

Por ser um fruto quase desconhecido, informações sobre as características físicas da *Swartzia burchelli* ocorrem com menor frequência na literatura pesquisada. Os frutos possuem coloração amarela com algumas variações para o marrom, quando em estágio de maturação avançado (Figura 8a). Quando aberto (Figura 8b), o pericarpo do fruto logo adquire uma cor marrom, mostrando-se bastante suscetível a oxidação provocada pela presença do oxigênio do ar e variação da temperatura do local, fato também observado por Mansano *et al.* (2002) em frutos da mesma espécie do presente estudo.



FIGURA 8. Frutos da *Swartzia burchelli*. a) frutos inteiros. , b) corte transversal mostrando o pericarpo e as sementes.

Na Tabela 2 ressaltam-se algumas características físicas e organolépticas observadas no fruto durante a experimentação e outras observadas por Mansano *et al.* (2002), pioneiros na caracterização física desta espécie vegetal (Figura 9).

TABELA 2. Características físicas e organolépticas do fruto *Swartzia burchelli* e seus constituintes.

| Características Físicas e Organolépticas  |   |
|---|---|
| Aparência da casca  | Aparência da polpa e sementes   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possui formato arredondado, oblongo;</li> <li>- Pericarpo de cor amarelada com variações para marrom;</li> <li>- A cor do mesocarpo é esbranquiçada e escurece com o passar do tempo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- polpa de cor, amarelo-alaranjado com textura firme;</li> <li>- Aparência agradável, assemelhando-se à banha de galinha o que gerou o seu nome popular.</li> <li>- Aroma forte, peculiar, lembra o maracujá;</li> <li>- Apresenta sabor adocicado com ligeira sensação adstringente;</li> <li>- As sementes apresentam cor creme e seu formato irregular assemelhando-se com a semente de jaca.</li> <li>- A cor interna da semente é esbranquiçada e também escurece com o passar do tempo.</li> </ul> |



FIGURA 9. (a) Fruto da *Swartzia burchelli*; (b) fruto com tonalidade marrom; (c) polpa; (d) corte transversal do fruto, mostrando o mesocarpo, arilo e semente; (e) semente e seu corte transversal.

O estudo dos parâmetros físicos de frutos se torna importante para o dimensionamento de máquinas processadoras de produtos agrícolas. Andrade *et al.* (1993) relataram que, em frutos não homogêneos quanto a suas dimensões há necessidade de sua classificação por tamanho. A Tabela 3 demonstra a variação de massa, dimensões dos frutos da *Swartzia burchelli* e alguns testes estatísticos para verificar a homogeneidade da sua massa e tamanho. As medidas obtidas se distribuem normalmente ( $W \geq 0,97$ ,  $p \geq 0,28$ ), com variabilidade média para a massa dos frutos ( $CV=17,57\%$ ), e baixa variabilidade ( $CV < 8\%$ ) para comprimento, largura, espessura e esfericidade.

TABELA 3. Parâmetros físicos de 50\* frutos inteiros da *Swartzia burchelli*.

| Resultados     | Massa (g) | Comprimento <sup>1</sup> (mm) | Largura <sup>1</sup> (mm) | Espessura <sup>1</sup> (mm) | Esfericidade |
|----------------|-----------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|
| Média          | 163,18    | 76,07                         | 66,55                     | 58,87                       | 87,93        |
| Desvio padrão  | 28,67     | 5,97                          | 4,38                      | 4,09                        | 3,76         |
| C.V. (%)       | 17,57     | 7,84                          | 6,59                      | 6,95                        | 4,27         |
| W <sup>2</sup> | 0,97      | 0,97                          | 0,99                      | 0,99                        | 0,98         |
| P <sup>3</sup> | 0,28      | 0,32                          | 0,79                      | 0,80                        | 0,39         |

\*Apêndice A: Tabela completa das medidas dos 50 frutos.

<sup>1</sup> Comprimento= Eixo maior; Largura=eixo médio; Espessura= eixo menor. <sup>2</sup> Valor calculado para o teste de Shapiro-Wilk. <sup>3</sup> Valor  $p$  para a distribuição de Shapiro-Wilk.

Das 50 amostras analisadas, constatou-se que os frutos da *S. burchelli* possuem massa, comprimento, largura e espessura médias de 163,18 g, 76,07, 66,55 e 58,87 mm, respectivamente, distribuídas normalmente, sendo que 74% dos frutos possuem massa entre 120 e 200 g (Figura 10a) e mais de 85% destes possuem comprimento, largura e espessura entre 65-85, 60-75 e 50-65 mm, respectivamente (Figura 10b a 10d, respectivamente). As dimensões deste fruto são maiores que as obtidas por Mansano *et al.* (2002), apresentando medidas de comprimento, largura e espessura de 65, 45 e 40 mm, respectivamente.

O valor médio da esfericidade do fruto da *S. burchelli* foi de 87,93 mm (Tabela 3). Mais de 50% destes apresentaram esfericidade entre 85 e 90 mm, entretanto 12,5% apresentaram 80-85 ou 90-95 mm de esfericidade. De acordo com a classificação de Mohsenin (1986), estes resultados mostraram que os frutos da *S. burchelli* possuem forma arredondada ou oblonga, próxima de uma esfera para efeito de cálculos que não exijam muita precisão. A mesma classificação é obtida, quando se utiliza a relação do diâmetro longitudinal pelo diâmetro transversal (DL/DT) (Oliveira *et al.*, 1999).

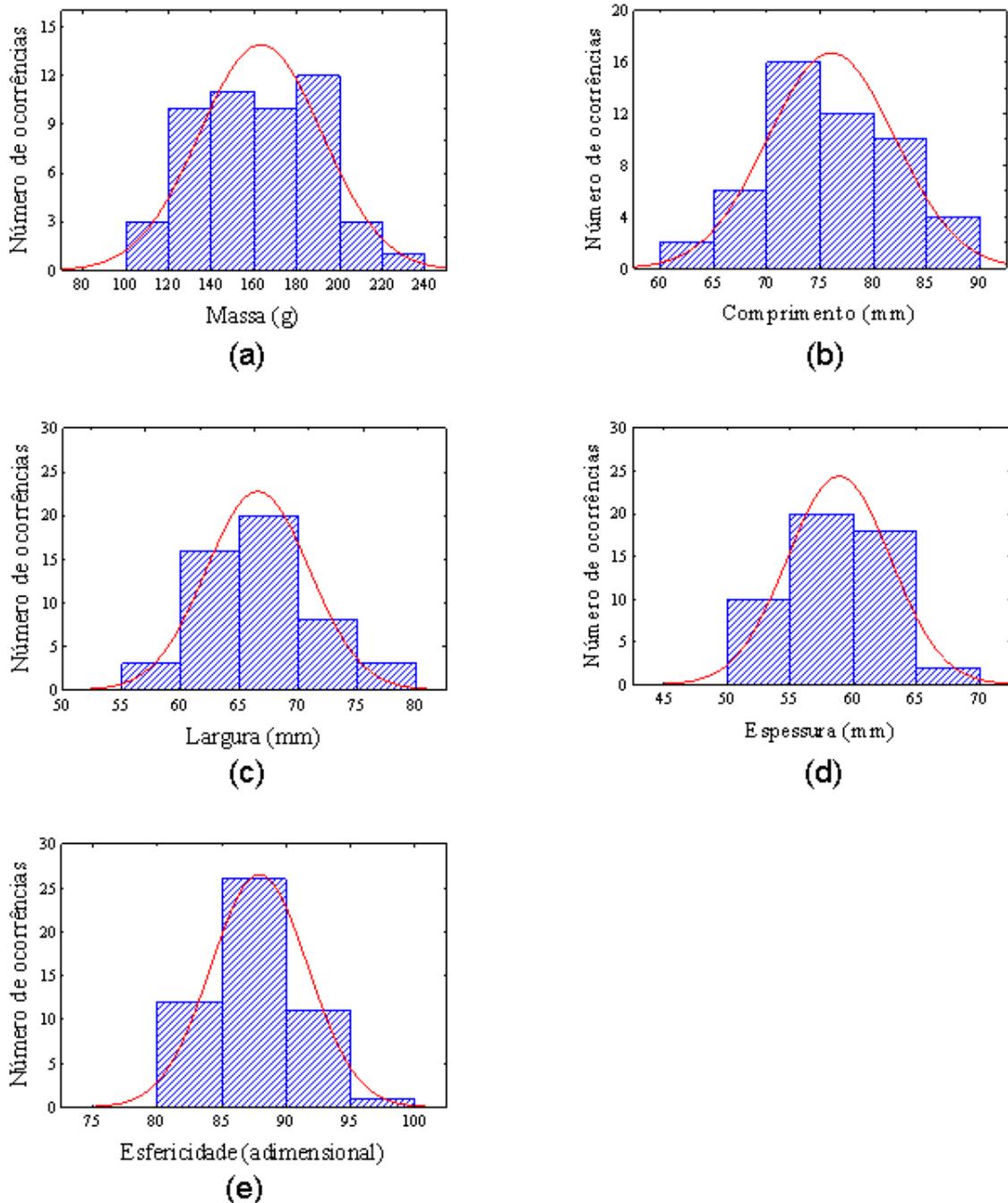


FIGURA 10. Distribuição da frequência de: (a) massa, (b) comprimento, (c) largura, (d) espessura, e (e) esfericidade de 50 frutos da *Swartzia burchelli*.

Até então, a literatura tem demonstrado que as sementes da *Swartzia burchelli* não têm sido caracterizadas quanto a suas dimensões físicas e a ocorrência do número de sementes por fruto, sendo estes muito importantes para pesquisas futuras no dimensionamento de equipamentos de limpeza e moagem no processo de extração do amido ou de outros constituintes das sementes. Na Tabela 4 descrevem-se os valores médios e alguns testes

estatísticos do dimensionamento feito nas sementes, e na Figura 11 mostram-se as distribuições do dimensionamento e do número de sementes por fruto. Constatou-se que as distribuições da ocorrência do número de sementes ( $W=0,934$ ,  $p<0,01$ ,  $CV\approx 20\%$ ), largura ( $W=0,934$ ,  $p<0,01$ ,  $CV\approx 20\%$ ) e esfericidade ( $W=0,886$ ,  $p<0,01$ ,  $CV\approx 3,51\%$ ) não foram consideradas normais, ao contrário, do comprimento e da espessura que se distribuíram normalmente ( $W\geq 0,97$ ,  $p\geq 0,33$ ,  $CV\leq 6,56\%$ ).

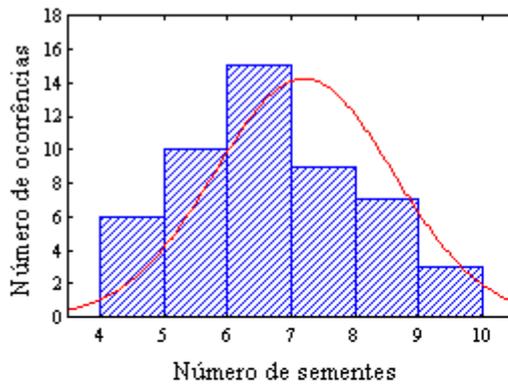
TABELA 4. Dimensões dos parâmetros físicos das sementes\* de 50 frutos da *Swartzia burchelli*.

| Resultados     | Número de sementes/fruto | Comprimento <sup>1</sup> (mm) | Largura <sup>1</sup> (mm) | Espessura <sup>1</sup> (mm) | Esfericidade |
|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|
| Média          | 7,20                     | 26,95                         | 20,88                     | 14,57                       | 74,76        |
| Desvio padrão  | 1,40                     | 1,70                          | 2,41                      | 0,96                        | 2,63         |
| C.V. (%)       | 19,44                    | 6,30                          | 11,54                     | 6,56                        | 3,51         |
| W <sup>2</sup> | 0,93                     | 0,98                          | 0,78                      | 0,97                        | 0,89         |
| p <sup>3</sup> | 0,01                     | 0,74                          | 0,00                      | 0,33                        | 0,00         |

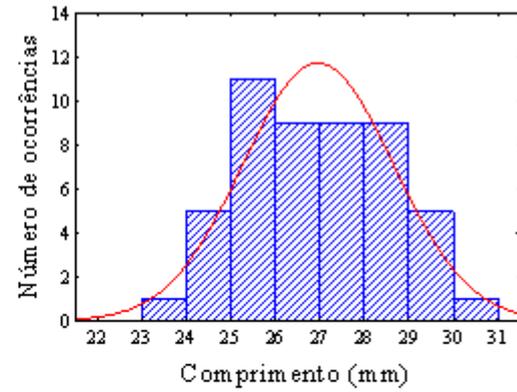
\*Apêndice B: Tabela completa das medidas de todas as sementes dos 50 frutos.

<sup>1</sup> Comprimento= Eixo maior; Largura=eixo médio; Espessura= eixo menor. <sup>2</sup> Valor calculado para o teste de Shapiro-Wilk. <sup>3</sup> Valor  $p$  para a distribuição de Shapiro-Wilk.

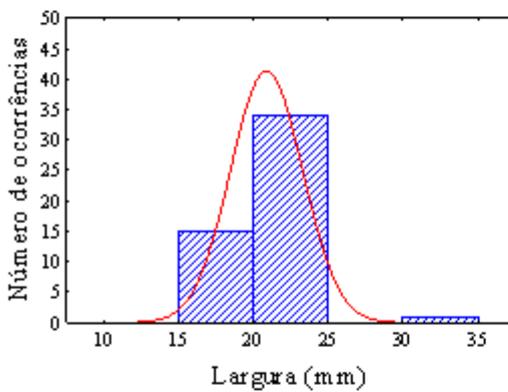
A ocorrência das sementes da *S. burchelli* foi em torno de 7 unidades por fruto com dimensões de comprimento, largura e espessura médias de 26,95, 20,88 e 14,57 mm, respectivamente.



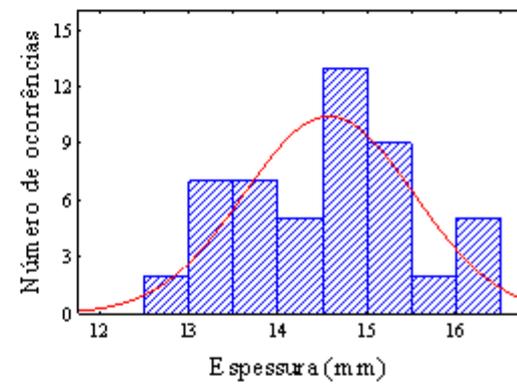
(a)



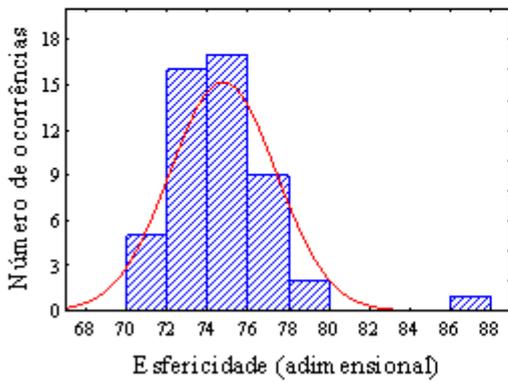
(b)



(c)



(d)



(e)

FIGURA 11. Distribuição da frequência do número de sementes por fruto, em relação a 50 frutos da *Swartzia burchelli*.

## 4.2 Caracterização do amido

### 4.2.1 Composição centesimal

De acordo com Rocha, *et al.* (2008), o amido é constituído praticamente de carboidratos. Porém, constituintes menores como lipídeos, proteínas, fibras, cinzas e sais minerais estão presentes em sua composição. Esses constituintes são considerados impurezas e variam segundo a fonte botânica e do processo de extração do amido (Cereda, 2002). A composição química do amido da semente da *S. burchelli* está apresentada na Tabela 5.

TABELA 5. Composição química do amido extraído da semente da *Swartzia burchelli* (em % base seca).

| Análise      | Amido        |
|--------------|--------------|
| Teor de água | 8,20 ± 0,09  |
| Cinzas       | 0,01 ± 0,02  |
| Lipídeos     | 0,04 ± 0,02  |
| Proteínas    | 0,24 ± 0,05  |
| Fibra Bruta  | 0,03 ± 0,01  |
| Amido        | 99,24 ± 0,31 |

<sup>1</sup>Médias de 3 repetições seguidas de desvio padrão.

A Tabela 5 mostra que a purificação do amido (99,24% de pureza) foi bem sucedida, uma vez que os grânulos possuem baixos teores de outras frações em sua composição química. Os teores de água e cinzas foram de 8,2% e 0,01%, respectivamente, teores considerados adequados segundo a legislação brasileira para amidos comerciais, que permite teor de água de 14% em base seca e no máximo de 0,5% de cinzas (Brasil, 2005). O teor de lipídios foi de 0,04%, considerado muito pequeno para interferir na transformação do amido, na fixação de cor e desenvolvimentos de aromas (Franco *et al.*, 2001). De acordo com Moura (2008), amidos com baixos teores de lipídios são desejáveis por tornar o amido mais neutro, menos sujeito a complexações. Os teores de proteínas e fibras são pequenos para ser considerados como interferentes em eventuais transformações do amido. Estes teores foram de 0,24 e 0,03% em base seca respectivamente.

#### 4.2.2 Características morfológicas

Os grânulos do amido da semente da *S.burchelli* (Figura 12) possuem formas arredondadas, ovaladas e achatadas, de diferentes tamanhos. Nas microfotografias observa-se nitidamente o hilum concêntrico. Estes grânulos possuem dimensões que se distribuem normalmente (Figura 13), apresentando comprimento e largura médios de 27,71 e 23,78  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

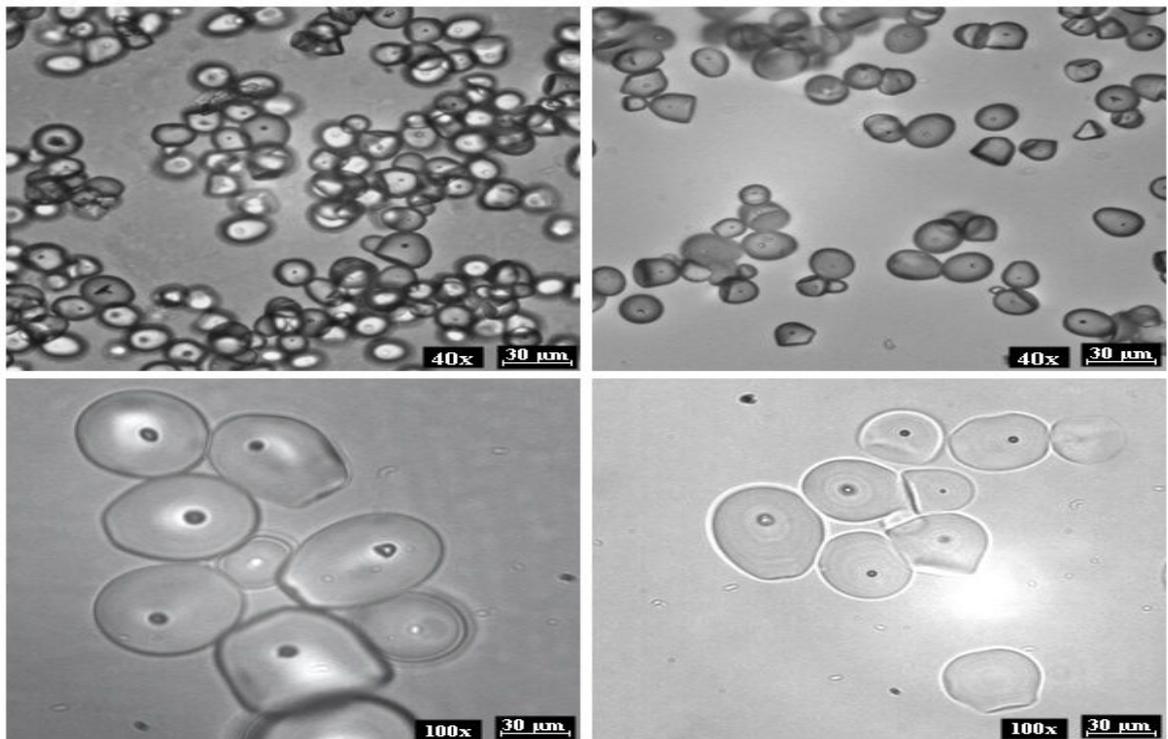


FIGURA 12. Microfotografia dos grânulos de amido da semente do fruto da *Swartzia burchelli* (Scale bar=30  $\mu\text{m}$ ).

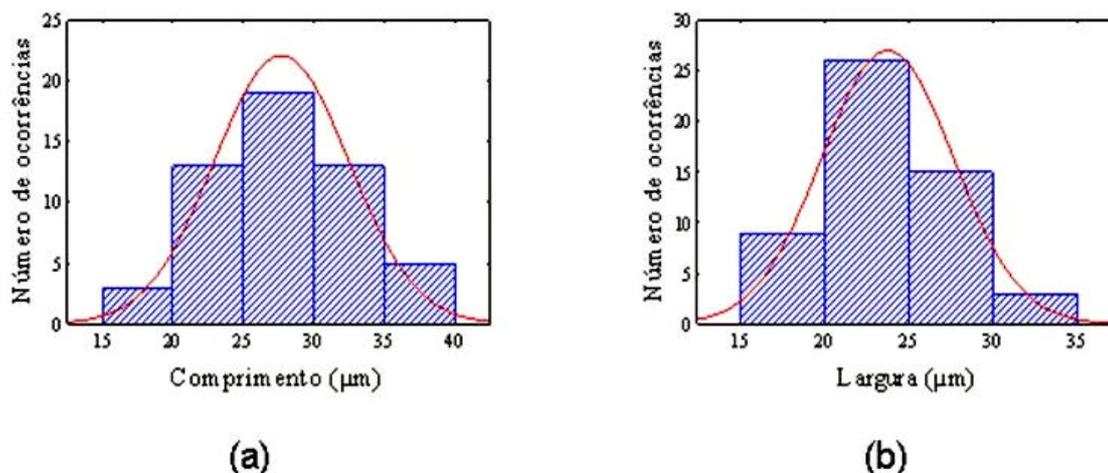


FIGURA 13. Distribuição de freqüências do comprimento e largura dos grânulos de amido da semente do fruto da *Swartzia burchelli*.

Pelos gráficos de distribuições de freqüências do comprimento e largura (Figura 13a e 13b, respectivamente) observa-se que a largura do grânulo apresentou uma maior variação em relação ao comprimento. Os grânulos com maior freqüência variaram de 20 a 25  $\mu\text{m}$  de largura e de 25 e 30  $\mu\text{m}$  de comprimento. Estes grânulos podem ser classificados como grânulos de tamanho médio à grande segundo a classificação descrita por Lindeboom *et al.* (2004), que define grânulos grandes com tamanhos maiores de 25  $\mu\text{m}$ , médios com tamanhos de 10 a 25  $\mu\text{m}$ , pequenos com tamanhos de 5 a 10  $\mu\text{m}$  e muito pequenos com tamanhos menores que 5  $\mu\text{m}$ .

#### 4.2.3 Viscosidade de pasta do amido

As propriedades de pasta dos amidos são fatores importantes a serem considerados na elaboração de filmes biodegradáveis. Segundo Aicholzer e Fritz (1998), a cristalinidade e posterior formação da matriz estrutural do filme biodegradável estão relacionadas com sua viscosidade, onde amidos de maiores viscosidades apresentarão melhor reorganização, pois o tempo de secagem será maior, proporcionando um maior tempo para organização molecular.

O perfil de RVA (Figura 14) demonstra as modificações que ocorrem nos grânulos de amido em função do tempo e da temperatura. Observou-se que, o perfil não apresentou viscosidade inicial a frio, indicando que o amido foi insolúvel em água fria ou mesmo não possui constituintes que interfiram no seu empastamento. O início do empastamento se dá após 3 min de aquecimento a 75 °C, temperatura considerada elevada. Segundo Rosenthal *et*

*al.* (1973), altas temperaturas de empastamento evidenciam maior grau de associação nas zonas amorfas dos grânulos. De acordo com Silva *et al.* (2006), estes tipos de amidos podem ser usados em molhos ou sopas, pois seus grânulos intumescem lentamente.

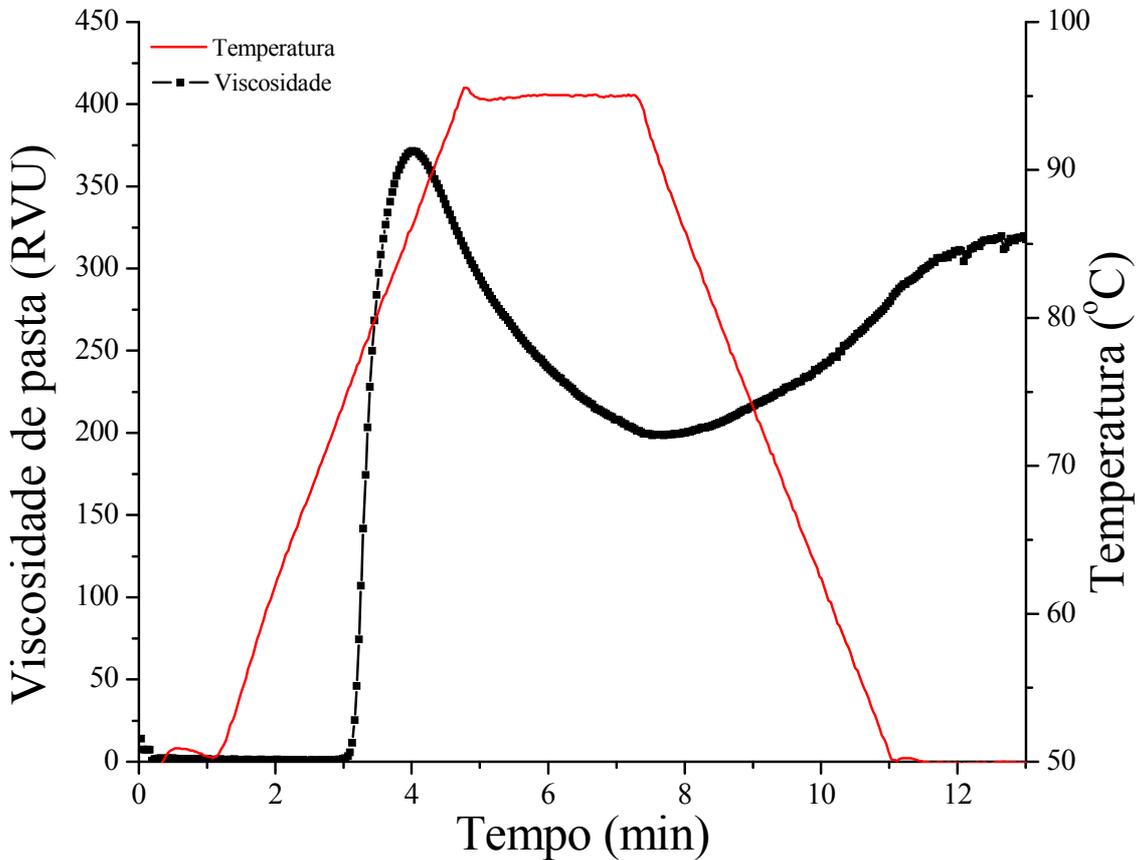


FIGURA 14. Perfil de viscosidade de pasta do amido extraído da semente do fruto da *Swartzia burchelli*.

A viscosidade de pico foi detectada após 4 min de aquecimento à 86,25°C. O pico apresentou formato levemente arredondado. De acordo com Ferrari *et al.* (2005), esse formato é característico de grânulos que apresentam homogeneidade estrutural. A viscosidade de pico foi de 371,42 RVU e, de acordo com Horimoto e Cabello (2007), pastas com esse valor de viscosidade indicam que o amido possui uma grande capacidade de retenção de água, antes dos grânulos se romperem, fato esse observado pelos autores ao estudarem o amido de mandioquinha-salsa, o qual obteve viscosidade de pico de 367,58 RVU, valor próximo ao do amido da semente de *S.burchelli*.

Após a viscosidade de pico, ocorre uma queda de viscosidade que, segundo Ferrari *et al.* (2005), revela uma baixa estabilidade da pasta a quente perante agitação, causando a quebra dos grânulos de 172 RVU (Figura 14).

A viscosidade final foi de 317 RVU, detectando-se uma tendência à retrogradação de 100 RVU, indicando que as pastas deste amido poderão produzir produtos mais viscoso.

Silva *et al.* (2006), em estudo com amido de milho ceroso, variedade cultivada para a produção de amidos próprios para engrossar alimentos, apresentaram características praticamente iguais ao amido da semente da *Swartzia burchelli*, tais como alta temperatura de empastamento (72,8 °C), alta viscosidade de pico (526,8 RVU), alta quebra de viscosidade (161,5 RVU), alta retrogradação (365,3 RVU) e uma viscosidade final (519,6 RVU) próxima do pico. Essa mesma tendência foi observada no amido da semente do fruto da *Swartzia burchelli*, diferenciando somente na temperatura de empastamento que foi maior (75 °C). Porém, para as outras características o amido em estudo nesse trabalho apresentou valores menores, mas com as mesmas tendências.

### **4.3 Caracterização física dos filmes biodegradáveis de amido**

#### **4.3.1 Avaliação geral dos filmes elaborados**

A Figura 15 ilustra fotografias das quatro amostras de filmes de amido extraído das sementes da *S. burchelli* elaborados pela técnica do tipo *casting*, usando como plastificante o glicerol. Os filmes apresentaram aproximadamente 0,060 mm de espessura, mostraram-se contínuos com bom aspecto, homogêneos, flexíveis e não apresentaram fraturas após a secagem. Com relação à homogeneidade, pode-se observar que o tratamento T2 (1,44% amido; 34,14% glicerol) apresentou a maior opacidade, o que pode ser um atributo positivo, pois muitas vezes a proteção contra a incidência de luz é necessária, como nas embalagens de produtos sensíveis a luz. O tratamento T1 (1,44% amido; 5,86 glicerol) e T3 (3,56% amido; 5,86% glicerol) com os menores teores de glicerol apresentaram maior dificuldade em ser retirados da placa sem provocar a ruptura do filme e foram manuseados cuidadosamente para evitar que aderissem entre eles quando se sobrepusessem.

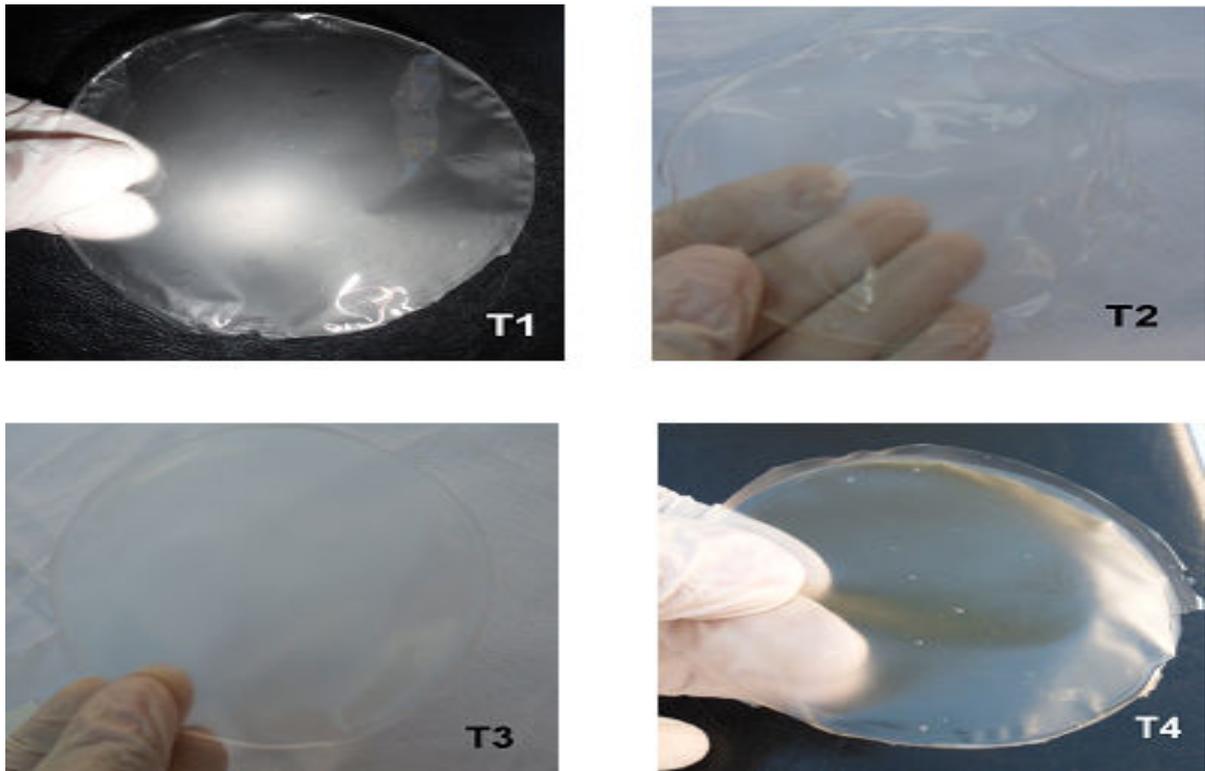


FIGURA 15. Foto de um filme biodegradável à base de amido extraído das sementes da *S. burchelli*, água e glicerol, referente aos tratamentos T1, T2, T3 e T4.

#### 4.3.2 Espessura, permeabilidade ao vapor de água e solubilidade em água.

Após a elaboração dos filmes, os mesmos foram caracterizados quanto à espessura, solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água (Pva). Os resultados são mostrados na Tabela 6.

TABELA 6. Resultados experimentais de espessura, solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água (Pva) dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído das sementes da *S. burchelli*, água e glicerol.

| Tratamentos | Variáveis independentes |              | Variáveis dependentes* |  |                  |
|-------------|-------------------------|--------------|------------------------|--|------------------|
|             | Amido (%)               | Glicerol (%) | Espessura (mm)         | Pva (g mm h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> kPa <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>-5</sup> | Solubilidade (%) |
| T1          | 1,44                    | 5,86         | 0,044 ± 0,00           | 11,81 ± 1,31   | 23,69 ± 1,39     |
| T2          | 1,44                    | 34,14        | 0,053 ± 0,01           | 15,49 ± 1,60   | 20,14 ± 2,52     |
| T3          | 3,56                    | 5,86         | 0,071 ± 0,00           | 14,41 ± 1,33   | 11,25 ± 0,82     |
| T4          | 3,56                    | 34,14        | 0,071 ± 0,01           | 26,17 ± 2,26   | 13,37 ± 1,35     |

\* Médias de 10 medidas ± desvio padrão.

A espessura dos filmes variou de 0,044 a 0,071 mm, sendo T1 o que apresentou a menor espessura, o que era esperado, uma vez que este foi elaborado com menores concentrações de amido e glicerol de acordo com o planejamento experimental aplicado. Os tratamentos T3 e T4 apresentaram maior espessura, não diferindo em seus valores médios que foi de 0,071 mm. T2 apresentou uma espessura intermediária de 0,053 mm.

A determinação da espessura é um parâmetro de importância que influencia nas propriedades dos filmes. Esse parâmetro se torna útil por avaliar a homogeneidade, uniformidade dos materiais, repetibilidade e a validade das comparações entre as propriedades dos filmes (Rigo, 2006).

O gráfico de Pareto apresentado na Figura 16 mostra a ordem de significância das variáveis do planejamento experimental sobre a espessura dos filmes em relação à concentração de amido e glicerol.

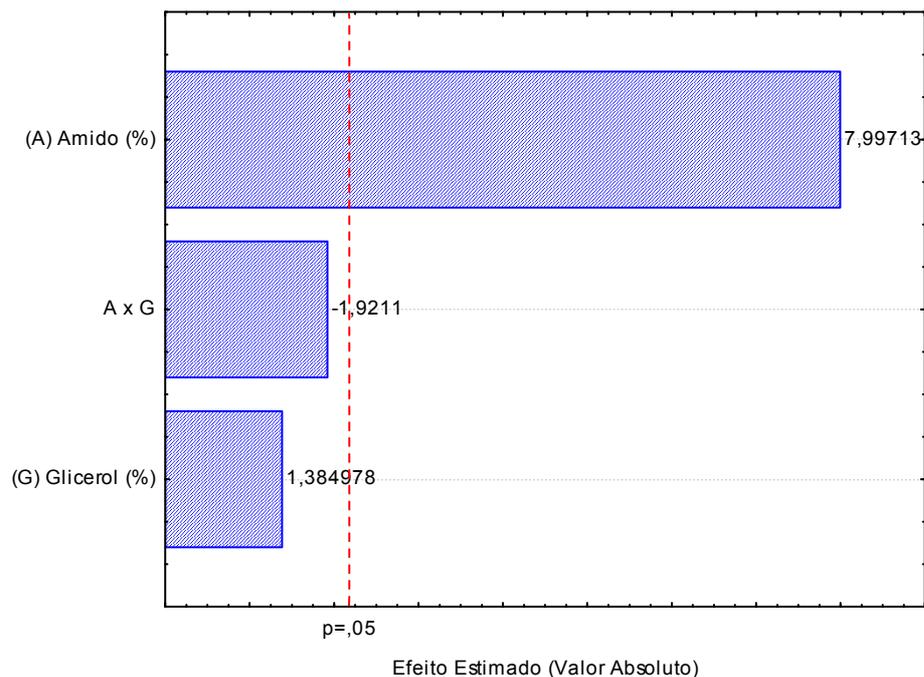


FIGURA 16. Gráfico de Pareto para espessura de filmes à base de amido de semente do fruto da *Swartzia burchelli* e glicerol.

Pelo gráfico de Pareto (Figura 16) pôde-se concluir que somente a concentração de amido influenciou significativamente ao nível de 5% de probabilidade para teste F e teste dos efeitos (Apêndice C), apresentando um efeito positivo na espessura dos filmes, ou seja, com o aumento da concentração de amido, conseqüentemente houve um aumento na espessura dos filmes.

Em seu estudo com filmes a base de amido de arroz, Laohakunjit e Noomhorm (2004) observaram que a adição de glicerol como plastificante não apresentou uma alteração significativa na espessura, somente um aumento nas concentrações de amido levou a alterar significativamente a espessura de seus filmes.

Matta Junior *et al.* (2011), em seu trabalho com filmes de amido de ervilha e glicerol, relatam que os filmes com maiores espessuras foram aqueles que possuíam maior concentração de amido e de glicerol na solução filmogênica. Segundo Matta Junior *et al.* (2011), durante a secagem das soluções filmogênicas a água evapora, permitindo uma maior concentração de amido por área formadora de rede. Já o glicerol atua interrompendo a formação de dupla hélice da amilose com fragmentos da amilopectina, reduzindo a interação entre as moléculas de amilose e amilopectina, onde a redução das associações diretas diminui a retração do gel e aumenta a espessura dos filmes.

Para demonstrar a significância estatística da concentração de amido, glicerol e a interação entre os dois (amido x glicerol) em relação à espessura dos filmes, estas variáveis foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e os resultados estão apresentados na Tabela 7.

TABELA 7. Análise de variância da espessura dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído dos caroços da *S. burchelli*, água e glicerol.

| Causas da Variação | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio        | Teste F              | Valor-p |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---------|
| Amido (A)          | 2,00E-03           | 1                  | 2,00E-03              | 63,95*               | <0,01   |
| Glicerol (G)       | 6,01E-05           | 1                  | 6,01E-05              | 1,92 <sup>n.s.</sup> | >0,01   |
| A x G              | 1,16E-04           | 1                  | 1,16E-04              | 3,69 <sup>n.s.</sup> | >0,01   |
| Erro               | 3,76E-04           | 12                 | 3,13E-05              |                      |         |
| Total              | 2,55E-03           | 15                 |                       |                      |         |
|                    |                    |                    | R <sup>2</sup> =0,816 |                      |         |

\* Significativo ao nível de 5% ( $p \leq 0,01$ ).

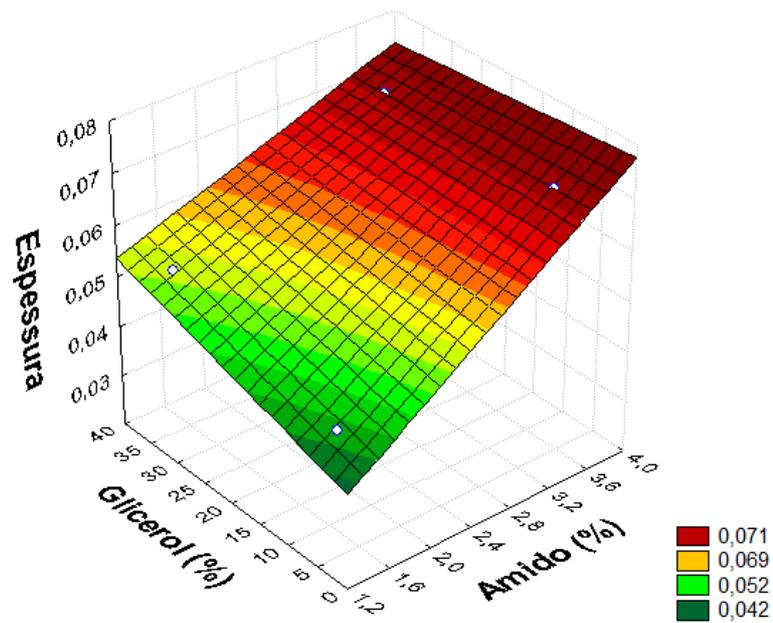
A concentração de amido foi a responsável pela variação da espessura dos filmes ( $p < 0,01$ ), sendo altamente significativo a nível de 1% de probabilidade para o Teste F. O coeficiente de determinação de regressão ( $R^2 = 0,816$ ) demonstra que o modelo se ajustou bem aos dados obtidos de espessura, demonstrando que 81,60% da variação da espessura é atribuída a variância do amido da semente (Tabela 7).

O coeficiente da regressão aplicada, do fator glicerol não foi significativo ( $p > 0,01$ ), o que indica que a concentração de glicerol não influenciou na espessura dos filmes elaborados com amido de semente do fruto da *S. burchelli*, mantendo-o estatisticamente igual (Tabela 7).

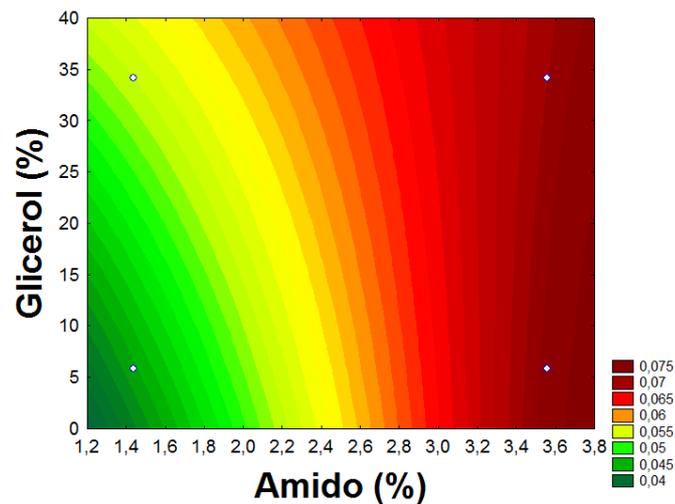
Na interação entre as variáveis independentes (amido x glicerol), não houve diferenças significativas ( $p > 0,01$ ), indicando que uma não depende da outra para afetar a variação da espessura dos filmes analisados (Tabela 7).

Por meio dos coeficientes de regressão (Apêndice D) foi possível gerar a seguinte equação da regressão da superfície de resposta da Figura 17, mostrada na Equação (7).

$$\text{Espessura (mm)} = 0,0215 + 0,014 A + 0,0006 G - 0,00018 AG \quad (7)$$



(a)



(b)

FIGURA 17. (a) Superfície de resposta e (b) curvas de contorno para a espessura dos filmes biodegradáveis a base de amido extraído das sementes da *S. burchelli* em função da concentração de amido e do glicerol.

As reações químicas nos alimentos, propriedades de textura e estabilidade microbiana e física em produtos alimentícios são fortemente influenciadas pela migração de vapor de água, a qual é considerada um dos principais fatores de alteração em alimentos, podendo levar a mudanças drásticas na qualidade sensorial e na estabilidade da estocagem (Gontard *et al.*1994).

O tratamento T1 foi o que apresentou o menor valor médio de permeabilidade ( $11,81 \times 10^{-5} \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{kPa}^{-1}$ ) seguido pelo tratamento T3 ( $14,41 \times 10^{-5} \text{ g.mm.h}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{kPa}^{-1}$ ) (Tabela 6), ambos com as menores concentrações de glicerol (5,86%). Já a maior permeabilidade ao vapor de água foi observada no tratamento com maior concentração de amido e glicerol, tratamento T4 (Tabela 6), indicando que a permeabilidade dos filmes apresentou alterações em função da concentração de amido e glicerol.

De acordo com a análise de variância, as permeabilidades dos filmes biodegradáveis foram estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) (Tabela 8). Tanto o amido quanto o glicerol mostraram-se significativos na solução ao nível de 5% de probabilidade para o Teste F e Teste de efeitos (Apêndice E).

As variáveis apresentaram um efeito positivo sobre a permeabilidade ao vapor de água, ou seja, com o aumento das concentrações de amido e glicerol, conseqüentemente houve um aumento na permeabilidade ao vapor de água dos filmes avaliados. Assim, como observado, as variáveis vão interferir na solução de acordo com a quantidade aplicada.

TABELA 8. Análise de variância da permeabilidade ao vapor de água dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído das sementes da *S. burchelli*, água e glicerol.

| Causas da Variação | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio | Teste F | Valor- <i>p</i> |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------|-----------------|
| Amido (A)          | 98,76              | 1                  | 98,76          | 28,74*  | <0,05           |
| Glicerol (G)       | 260,30             | 1                  | 260,30         | 75,75*  | <0,05           |
| Erro               | 44,67              | 13                 | 3,44           |         |                 |
| Total              | 403,73             | 15                 |                |         |                 |
| $R^2 = 0,872$      |                    |                    |                |         |                 |

\* Significativo ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

Através da regressão linear dos resultados de permeabilidade ao vapor de água, foi possível observar que não houve uma interação entre as variáveis independentes. O mesmo pode ser visto no gráfico de Pareto (Figura 18), que demonstra que as variáveis independentes têm efeito na permeabilidade ao vapor de água dos filmes, porém uma não interfere na outra, e por isso não há interação.

A ordem de significância das variáveis está apresentada na Figura 18, sendo a concentração de glicerol a variável mais importante, que demonstra interferir na permeabilidade.

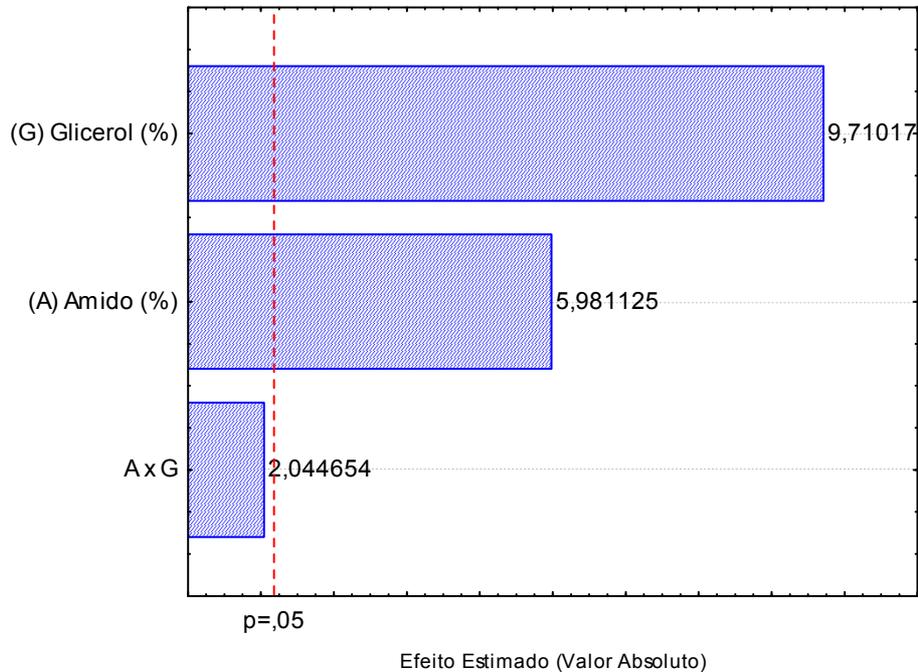
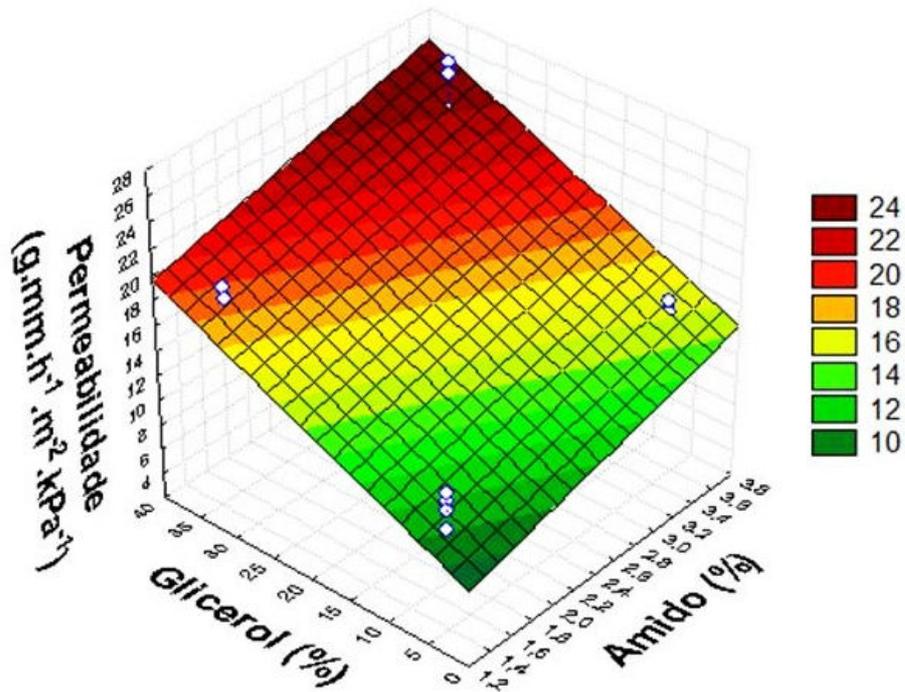


FIGURA 18. Gráfico de Pareto para permeabilidade de vapor de água de filmes à base de amido de semente do fruto da *Swartzia burchelli* e glicerol.

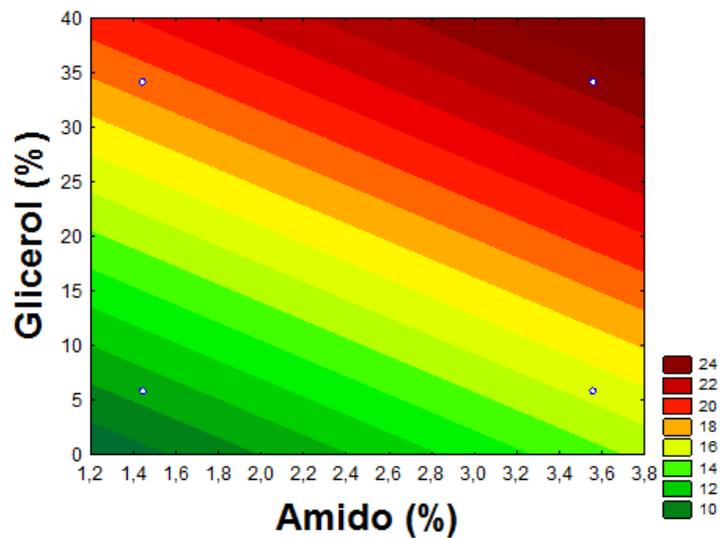
O coeficiente de determinação de regressão ( $R^2 = 0,872$ ) demonstra que o modelo apresentou um bom ajuste aos resultados obtidos de permeabilidade ao vapor de água, pois explica 87,2% da variação de dados. Por meio dos coeficientes de regressão (Apêndice F) foi possível gerar a equação para permeabilidade mostrada na Equação (8).

$$P_{va} \text{ (g mm h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ kPa}^{-1} \text{)} = 5,33 + 2,34 A + 0,29 G \quad (8)$$

A Figura 19 apresenta a superfície de resposta para a permeabilidade ao vapor de água dos filmes de amido da semente do fruto da *Swartzia burchelli* e glicerol.



(a)



(b)

FIGURA 19. (a) Superfície de resposta e (b) curvas de contorno, para a permeabilidade ao vapor de água dos filmes biodegradáveis a base de amido extraído das sementes da *S. burchelli* em função da concentração de amido e glicerol.

A Figura 19 demonstra que os maiores teores de glicerol e amido favoreceram o aumento da permeabilidade ao vapor d'água.

Prates (2010), em seu trabalho com amido do fruto-do-lobo, encontrou permeabilidade de  $28,10 \times 10^{-5} (\text{g} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kPa}^{-1})$ , utilizando sorbitol como plastificante. Valor próximo ao da maior permeabilidade encontrada para o amido da semente do fruto *S.burchelli* ( $26,17 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kPa}^{-1}$ ). Prates (2010) relata em seu trabalho que o aumento da concentração do plastificante (sorbitol), levou a um aumento na permeabilidade do filme. Esse aumento da permeabilidade em filmes, devido ao aumento da concentração de plastificante na solução, é observado em vários trabalhos (Mali *et al.*, 2005; Rigo, 2006 e Sobral *et al.*, 2001), levando a considerar que a quantidade do plastificante altera a permeabilidade do filme, qualquer que seja esse plastificante.

O aumento da concentração de glicerol como fator principal do aumento da permeabilidade ao vapor de água, de 5,86% para 34,14% glicerol, de acordo com Matta Junior *et al.* (2011), pode está relacionado à afinidade que o glicerol apresenta pela água, o que favorece a solubilização deste permeante no biopolímero. De acordo com Sarantópoulos *et al.* (2002) e Martelli *et al.* (2006), os plastificantes conferem aos filmes maior flexibilidade à estrutura polimérica, o que leva um aumento da mobilidade das macromoléculas, facilitando assim a difusão das moléculas de água através do filmes biodegradáveis.

Mali *et al.* (2002) em seu trabalho com amido de inhame, relata uma tendência ao aumento da permeabilidade de vapor de água com o aumento da concentração do glicerol. Ou seja, o efeito do glicerol na permeabilidade está interligado com à sua concentração na formulação, afetando a solubilidade do permeante no biopolímero e a formação de espaços vazios na estrutura polimérica, por onde se difunde o permeante. E tendo um aumento na solubilidade e na difusibilidade do permeante no polímero, aumenta a permeabilidade. Por outro lado, o plastificante pode minimizar imperfeições na formação dos filmes de amido, reduzindo a permeação (Matta Junior *et al.*, 2011).

Comparando a permeabilidade ao vapor de água do biofilme, obtido neste trabalho com outros filmes hidrofílicos, é possível observa sua baixa permeabilidade, quando comparado ao filme de glúten/glicerol com permeabilidade de  $2,22 \text{ g} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kPa}^{-1}$ , filme de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) com  $0,38 \text{ g} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kPa}^{-1}$  e celofane de  $0,30 \text{ g} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kPa}^{-1}$  (Durango *et al.*, 2009).

Assim como relatado por Mali *et al.* (2010), a permeabilidade ao vapor de água em biofilmes é um fator importante para o uso dos mesmos, porém não pode considerada uma propriedade restritiva ao seu uso, pois filmes que apresentam permeabilidade alta, ou seja, muito permeável, podem ser usados em embalagens de vegetais frescos, enquanto os que apresentam uma baixa permeabilidade, poderá ser indicado para produtos desidratados.

Além da permeabilidade ao vapor de água, outra propriedade importante dos filmes biodegradáveis é a solubilidade em água, pois em algumas aplicações a insolubilidade em água é necessária para manter a integridade do produto (Perez-Gago e Krochta, 2001).

Na Tabela 6 estão apresentadas as concentrações das variáveis dependentes (amido e glicerol) e o resultado da solubilidade em água, dos filmes biodegradáveis, que variaram de  $23,69 \pm 1,39\%$  a  $11,25 \pm 0,82\%$ .

O filme biodegradável com maior solubilidade em água ( $23,6 \pm 1,39\%$ ) foi T1, com as menores concentrações de amido e glicerol de 1,44% e 5,86%, respectivamente (Tabela 6). Vicentine (2003) refere-se à solubilidade em água como a capacidade que o filme tem de manter sua integridade em ambientes muito úmidos ou aquosos, indicando que uma alta solubilidade leva a uma baixa resistência à água.

O menor valor de solubilidade ( $11,25 \pm 0,82\%$ ) foi apresentado por T3, (3,56% amido e 5,86% glicerol). De acordo com os dados estatísticos da solubilidade em água (Tabela 9), houve diferença significativa para a concentração de amido e não significativa para o glicerol, no entanto a interação das variáveis (amido e glicerol) se mostrou significativa ao nível de 5% de probabilidade para teste F e teste dos efeitos (Apêndice G).

TABELA 9. Análise de variância da solubilidade dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído da semente do fruto *Swartzia burchelli*, água e glicerol.

| Causas da Variação | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio | Teste F               | Valor- <i>p</i> |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------------------|-----------------|
| Amido (A)          | 369,04             | 1                  | 369,04         | 136,78*               | < 0,05          |
| Glicerol (G)       | 2,04               | 1                  | 2,04           | 0,756 <sup>n.s.</sup> | > 0,05          |
| A x G              | 32,04              | 1                  | 32,04          | 11,87*                | < 0,05          |
| Erro               | 32,38              | 12                 | 2,70           |                       |                 |
| Total              | 435,50             | 15                 |                |                       |                 |
| $R^2 = 0,907$      |                    |                    |                |                       |                 |

\* Significativo ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>n.s.</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

O gráfico de Pareto (Figura 20) mostra que o amido apresenta maior efeito na solubilidade, pois quanto maior a quantidade de amido menor o efeito da solubilidade, levando a uma maior resistência a água. A interação entre amido e glicerol tem efeito positivo, quanto maior a concomitância entre o amido e glicerol, melhor a solubilidade.

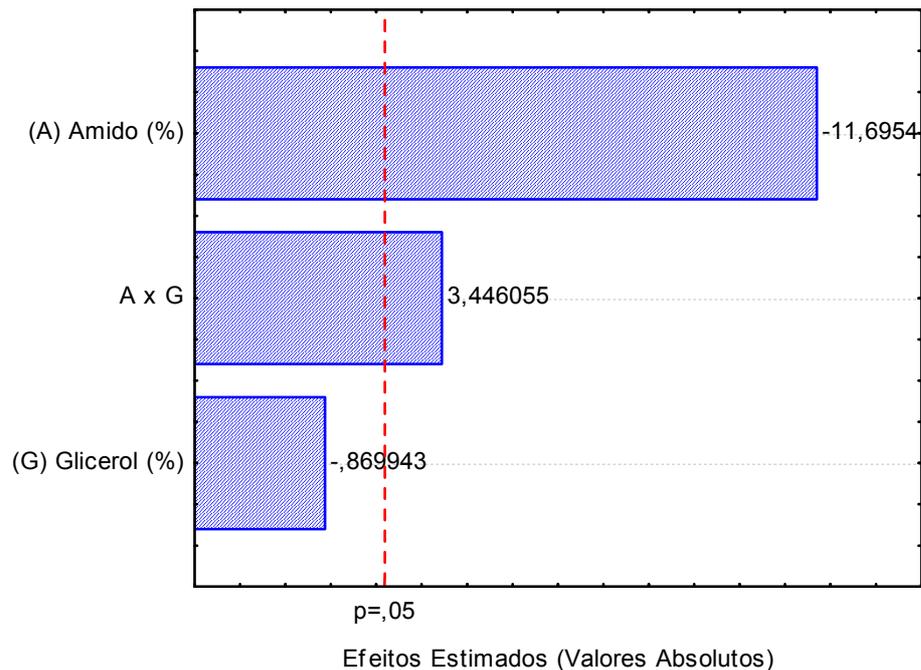


FIGURA 20. Gráfico de Pareto para solubilidade em água de filmes à base de amido de semente do fruto da *Swartzia burchelli* e glicerol.

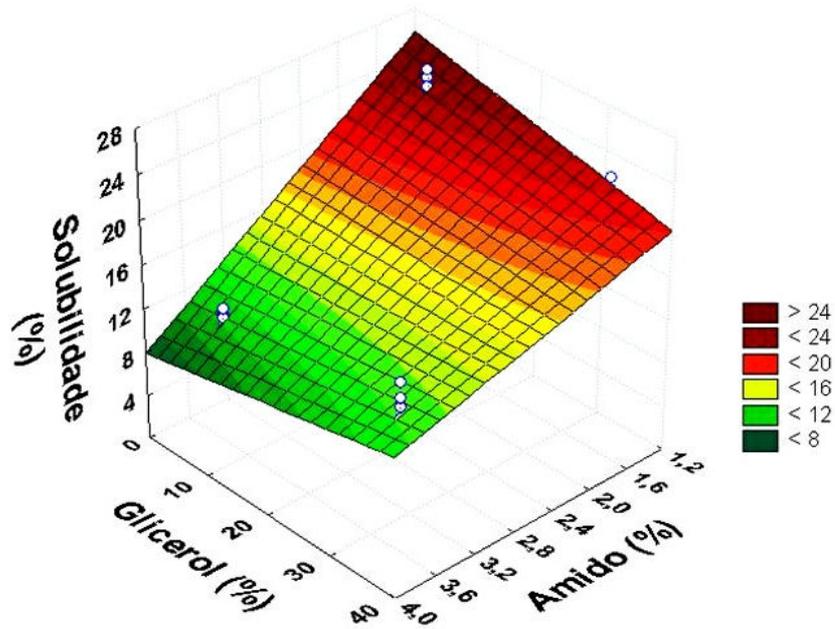
Wang *et al.* (2007), estudando filmes de amido de batata e glicerol na proporção de 1:2 (p/p glicerol/ amido), encontraram valor de solubilidade de 31,7% ao utilizar 2% de amido na solução filmogênica. Este valor de solubilidade para filme de amido de batata (31% após 24 h de imersão em água) evidencia uma resistência maior dos filmes do amido de semente da *S.burchelli* utilizada no presente estudo à solubilidade em água, cujo valor máximo foi de 23,69% (após 24 h. de imersão).

De acordo com Matta Junior *et al.* (2011), a adição de plastificante, em particular o glicerol, tem uma grande influência sobre a solubilidade de filmes de amido, devido ao seu caráter hidrofílico, onde os filmes tendem a apresentar altos valores de solubilidade. Na maioria dos trabalhos o efeito do glicerol é o que mais interfere na solubilidade, contudo no presente trabalho o fator que mais interferiu foi o amido, demonstrando que quando teve um aumento do amido, independente de aumentar ou não a concentração de glicerol, houve uma redução da solubilidade do filme.

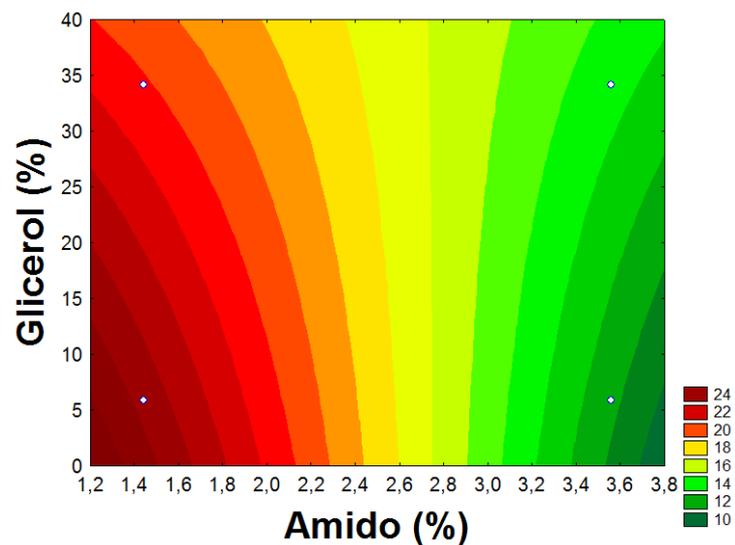
O coeficiente de determinação de regressão ( $R^2=0,907$ ) demonstra que o modelo se ajustou bem aos dados obtidos de solubilidade, pois explica 90,7% da variação de dados. Os coeficientes (Apêndice H) geraram a equação para solubilidade mostrada na Equação (9):

$$\text{Solubilidade (\%)} = 33,67 - 6,42 A - 0,26 G + 0,09 A G \quad (9)$$

Na Figura 21, pode ser observado como as variáveis agem isoladamente e suas interações, observando que o glicerol isolado não tem efeito na solubilidade, somente se misturado ao amido, enquanto o amido interfere na solução independentemente do glicerol. Assim, maiores teores de glicerol e amido favoreceram a redução da solubilidade.



(a)



(b)

FIGURA 21. (a) Superfície de resposta e (b) curvas de contorno, para solubilidade em água dos filmes biodegradáveis a base de amido extraído das sementes da *S. burchelli* em função da concentração de amido e glicerol.

A baixa solubilidade, assim como a permeabilidade ao vapor de água, não deve ser usada como um fator restritivo, pois em alguns casos a total solubilização em água de embalagens pode ser benéfica, como nos produtos semi-prontos destinados ao preparo sob cozimento. Entretanto, quando o alimento é líquido ou então exsuda uma solução aquosa, biofilmes de elevada solubilidade não são indicados.

Avila (2011) obteve, para fécula de mangarito, os maiores valores para solubilidade de 35% para concentrações de amido e glicerol de 20% e 24,82% respectivamente, e para Pva de 12,75% para concentrações de amido e glicerol de 27,07% e 24%, respectivamente.

#### **4.4 FRUTOS DE MORANGO COBERTOS COM SOLUÇÃO FILMOGÊNICA**

Os resultados das análises pós-colheita dos frutos de morango aplicados com cobertura ou não de soluções filmogênicas contendo amido das sementes da *S. burchelli* e glicerol, em função do tempo de armazenamento à temperatura ambiente, estão na Tabela 10. As análises de variância de cada um dos parâmetros avaliados constam na Tabela 1

TABELA 10. Médias de perda de massa, sólidos solúveis, pH e acidez titulável obtidas dos morangos cobertos ou não pela solução filmogênica de amido da semente de *S.burchelli* e glicerol.

| Componentes          | Tempo (Dias) |         |         |          |         |
|----------------------|--------------|---------|---------|----------|---------|
|                      | 0            | 2       | 4       | 6        | 8       |
| Perda de massa (%) * |              |         |         |          |         |
| Te                   | 0,00 a       | 11,82 b | 27,24 b | 45,73 a  | 63,32 a |
| T1                   | 0,00 a       | 12,62 b | 26,12 b | 40,87 b  | 55,02 b |
| T4                   | 0,00 a       | 14,65 a | 29,19 a | 43,87 ab | 56,92 b |
| pH*                  |              |         |         |          |         |
| Te                   | 3,49 a       | 3,64 a  | 4,25 a  | 4,21 b   | 3,77 b  |
| T1                   | 3,48 a       | 3,59 a  | 4,14 a  | 4,26 b   | 3,69 c  |
| T4                   | 3,35 a       | 3,79 a  | 4,17 a  | 4,43 a   | 3,84 a  |
| Acidez titulável*    |              |         |         |          |         |
| Te                   | 1,20 a       | 1,24 a  | 1,17 a  | 1,18 a   | 1,53 a  |
| T1                   | 1,21 a       | 1,13 b  | 1,15 a  | 1,13 b   | 0,80 c  |
| T4                   | 1,21 a       | 1,16 b  | 1,10 b  | 1,05 c   | 0,85 b  |
| Sólidos solúveis*    |              |         |         |          |         |
| Te                   | 7,80 a       | 7,73 a  | 8,83 b  | 10,53 b  | 12,93 a |
| T1                   | 7,60 a       | 7,73 a  | 7,97 b  | 8,57 c   | 11,03 c |
| T4                   | 7,80 a       | 7,73 a  | 10,2 a  | 12,13 a  | 12,10 b |

\*Te (0% amido e glicerol); T1 (1,44% amido e 34,14% glicerol); T4 (3,56% amido e 34,14% glicerol).

\*\*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de tukey.

O Teste de Tukey aplicado às médias para o parâmetro de perda de massa dos frutos de morango (Tabela 10) demonstrou que não houve diferença estatística entre os tratamentos no início do experimento (0 dias). Todos os tratamentos mostraram aumento na perda de massa dos frutos com cobertura ou não, em função do tempo de armazenamento.

Te e T1 não diferiram estatisticamente até o quarto dia. Entretanto, a partir do sexto dia observou-se que T1 teve maior capacidade de retenção de água dos frutos, apresentando menor perda que os demais tratamentos.

Tanada-Palmu e Grosso (2005) estudaram o efeito de filmes e revestimentos à base de glúten, observando redução significativa na perda de massa em morangos embalados com os

filmes. Entretanto, os morangos revestidos mostraram mesma perda de massa do que aqueles não revestidos.

ZABOT (2009) verificou, no recobrimento de morangos tratadas com 1% de fécula de mandioca, menor perda de massa que aquelas revestidas com 3% de fécula, fato esse que foi verificado nesse trabalho. O tratamento com menor concentração de amido de semente da *S.burrchelli* (1,44%) obteve melhor resultado do que o tratamento T4, que continha 3,56% de amido.

T1 reduziu significativamente a perda de massa para 8,3% ao final do período de armazenamento, mostrando que a suspensão de amido de semente de *S.burchelli* até 1,44% possui ação protetora dos frutos do morango até os dez dias de armazenamento, possuindo menor perda quando comparado com os demais tratamentos.

Segundo Park *et al.* (2005), esse resultado é esperado quando se utilizam materiais à base de polissacarídeos, pois são hidrofílicos, podendo não agir como barreira à perda de umidade e, conseqüentemente, levam a perda de massa do produto, sendo necessária a adição de compostos lipídicos.

As soluções filmogênicas utilizadas para coberturas dos frutos de morango foram selecionadas de acordo com a análise de permeabilidade ao vapor de água, ou seja, a menor e a maior permeabilidade, não tendo variações no teor de glicerol. Ambas continham a mesma porcentagem (34,14%), variando somente o teor de amido (1,44 e 3,56 %). Constatou-se, então que T1, com a menor permeabilidade, foi o que obteve a menor perda de massa.

De acordo com Prates (2010), a textura macia do morango pode ser um fator a contribuir para a ineficiência relativa de revestimentos de solução filmogênica a base de amido, pois, de acordo com Park *et al.* (2005), a evaporação de água depende da resistência da superfície externa no fruto à difusão de vapor, do déficit da pressão de vapor entre os tecidos do fruto e do ar ambiente ao redor do fruto, que é influenciado pela temperatura e umidade relativa.

Prates (2010) relata que as coberturas de solução filmogênica de amido podem contribuir para aumentar o período de conservação dos morangos. Porém, devem-se buscar formulações que minimizem a perda de matéria fresca, sem restringir excessivamente as trocas gasosas.

Uma característica da perda de massa ocasionada em produtos é o aumento da deterioração, que é comum ao longo do tempo, pois decorrem de processos metabólicos de degradação que ocorrem durante o período de senescência (Chitarra e Chitarra, 2005). No entanto, CURTI (2009) cita que um fator relevante que pode prejudicar os frutos de morango,

aumentando a deterioração, é a dificuldade para secar as soluções filmogênicas. Se muito espessas, podem demorar a secar, danificando o produto pela quantidade de água, levando a proliferação microbiana.

A aparência de frutos de morango, quando relacionadas com a cobertura de solução filmogênica, é quase sempre positiva, aumentando o brilho, tornando o fruto visualmente mais atrativo (Figura 22).



FIGURA 22. Morangos cobertos com a solução filmogênica de amido de semente da *S.burchelli* e glicerol.

Os frutos dos morangos que receberam as coberturas filmogênicas mantiveram-se com aparência atrativa até o sexto dia de armazenamento, apresentando menos frutos com deterioração que os frutos sem solução filmogênica (Te) (Figura 23).

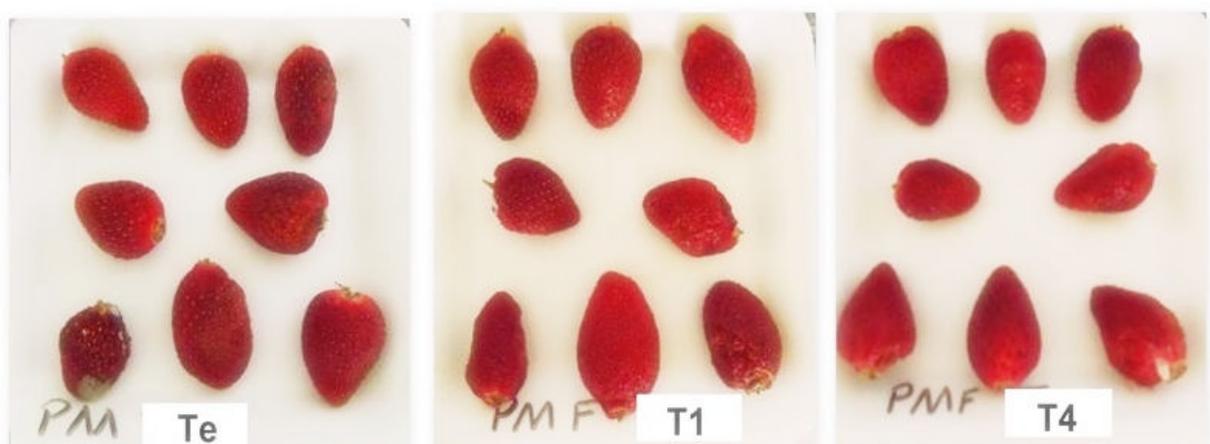


FIGURA 23. Diferença da aparência dos frutos de morango sem e com cobertura até o sexto dia.

Os teores de pH, dos frutos de morango para todos os tratamentos mostraram-se inicialmente com uma acidez elevada ( $\text{pH} < 4,0$ ). A partir do quarto dia (d) houve um aumento

nos valores médios de pH, ficando entre 4,0 a 4,5. No sexto dia de armazenamento esses valores se tornaram mais baixos, voltando a atingir padrões mais ácidos. T4, no quarto e sexto dia, obteve médias elevadas de pH, concordante com as baixas concentrações da acidez titulável (Tabela 10). De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), com a redução da acidez ocorre um aumento significativo dos valores de pH, comportamento decorrente do consumo dos ácidos orgânicos no processo respiratório, fato observado neste experimento, para T4 (3,56% de amido).

Na análise da acidez total titulável, os frutos de morango sem cobertura (Te) foram os que apresentaram as maiores porcentagens de ácido cítrico (Tabela 10). Te apresentou médias com oscilações. Até o segundo dia de armazenamento houve um aumento no valor de pH, decrescendo no quarto dia e voltando a crescer do sexto dia até o oitavo dia, quando atingiu o maior valor entre todos os tratamentos .

T4, com maior porcentagem de amido, diferiu estatisticamente dos outros tratamentos a partir do quarto dia de armazenamento. Do sexto dia em diante todos os três tratamentos apresentaram diferenças significativas, ao nível de 5%. Observou-se que os valores médios de acidez titulável dos frutos de morango que receberam os tratamentos T1 e T4 foram decrescendo com o passar dos dias de armazenamento, ao contrário do tratamento sem cobertura (Te), que aumentou com o passar dos dias.

Hernandez-Muñoz *et al.* (2006), trabalhando com morangos cobertos com solução filmogênica a base de quitosana e cálcio, armazenados em temperatura ambiente e a 25 °C, observaram uma redução significativa da acidez titulável em todos os tratamentos ao final do armazenamento, onde o tratamento sem cobertura apresentou o maior teor de acidez titulável. Segundo Vieites *et al.* (2006), a diminuição no teor de acidez titulável, verificada tanto em frutos sem coberturas quanto em frutos cobertos por soluções filmogênicas, se deve provavelmente à sua utilização no processo respiratório durante o armazenamento. De acordo com Pizarro (2009), em temperatura ambiente é verificada maior velocidade desse processo, devido à ocorrência de maior taxa respiratória em temperaturas mais elevadas.

Chitarra e Chitarra (2005) citam que a acidez de frutas decresce com a aceleração do amadurecimento em decorrência de redução no processo respiratório, com conseqüente aumento no pH. Isto, de certa forma, favorece a qualidade, pois quanto mais baixo o teor de acidez para frutos de consumo in natura melhor, pois terão sabor mais adocicado. Isso se deve à diminuição dos ácidos orgânicos em conseqüência do adiantado amadurecimento, e em função de sua utilização como substrato respiratório e conversão destes em açúcares. Ou seja, durante o amadurecimento dos frutos, espera-se que os valores de sólidos solúveis aumentem

devido à hidrólise de polissacarídeos em açúcares simples e que os valores de acidez titulável diminuíam devido ao consumo de ácido no ciclo de Krebs gerando  $\text{CO}_2$ , água e energia.

Os teores de sólidos solúveis encontrados nesse trabalho, nos frutos com cobertura e sem cobertura de solução filmogênica de semente da *S.burchelli*, variaram de 7,60 a 12,93%. De acordo com Duarte Filho *et al.* (2007), essa é uma cultivar considerada de sabor adocicado. Para esse parâmetro houve variações, com aumento progressivo dos valores em todos os tratamentos. A partir do quarto dia de armazenamento os tratamentos começaram a apresentar diferenças estatísticas entre si, sendo que T4 diferiu estatisticamente ao nível de 5% dos outros tratamentos, obtendo o maior valor desse parâmetro para esse dia. A partir do sexto dia todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%.

Tanada-Palmu e Grosso (2005) observaram o aumento significativo nos teores de sólidos solúveis em morangos que receberam diferentes revestimentos à base de glúten.

Hernandez-Muñoz *et al.* (2006) também obtiveram um aumento do teor de sólidos solúveis nas amostras não cobertas e nas cobertas com quitosana e quitosana com adição de cálcio durante armazenamento a 20 °C, sendo este aumento atribuído à significativa perda de água a que o fruto foi submetido.

Os sólidos solúveis indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa de frutas, e têm a tendência de aumento com o avanço da maturação (5% em frutos verdes pequenos e 6% a 9% em morangos maduros). São constituídos principalmente pelos açúcares, com valores médios entre 8% a 14% em morangos (Chitarra e Chitarra, 2005).

As concentrações iniciais de 7,6 a 7,8% estão dentro do mínimo sugerido, que é de 7% para obtenção de “*flavor*” aceitável pelo mercado consumidor, que requer frutos doces (Chitarra e Chitarra, 2005).

Jerônimo e Kaneshiro (2000) relataram que, esse aumento no teor de sólidos solúveis em frutos de morango revestidos com solução filmogênica ou sem revestimento pode ser consequência da transformação das reservas acumuladas durante a formação e o desenvolvimento desses sólidos em açúcares solúveis, para posterior utilização.

De acordo com a Tabela 11, houve diferenças significativas na interação de tratamentos e tempo de armazenamento, indicando que toda variação nos parâmetros avaliados na pós-colheita dos morangos depende concomitantemente do tratamento aplicado e do tempo de armazenamento. Por isso houve necessidade do desdobramento dos tratamentos em função do tempo e do tempo em função dos tratamentos. O resumo da análise de variância também se mostra na Tabela 11.

TABELA 11. Análise de variância para o efeito de perda de massa dos frutos de morango cobertos com solução filmogênica de amido da semente da *Swartzia burchelli* e glicerol, e do tempo de armazenamento.

| Fonte da variação | Perda de massa       | pH                   | Acidez titulável     | Sólidos solúveis     |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Tratamento (T)    | 16,83**              | 15,99**              | 1839,94**            | 131,81**             |
| Tempo (t)         | 2798,79**            | 9696,85**            | 24162,84**           | 3478,68**            |
| T x t             | 8,44**               | 4,26**               | 914,68**             | 38,63**              |
| T:t0              | 0,00 <sup>n.s.</sup> | 6,08**               | 0,92 <sup>n.s.</sup> | 0,71 <sup>n.s.</sup> |
| T:t2              | 3,64*                | 11,08**              | 99,72**              | 0,00 <sup>n.s.</sup> |
| T:t4              | 4,14*                | 3,17 <sup>n.s.</sup> | 43,03**              | 67,65**              |
| T:t6              | 10,32**              | 13,11**              | 135,17**             | 170,30**             |
| T:t8              | 32,49**              | 5,65**               | 5220,74**            | 48,40**              |
| t: Te             | 1114,36**            | 3212,63**            | 693,03**             | 257,31**             |
| t: T1             | 821,94**             | 3141,87**            | 840,20**             | 107,69**             |
| t: T4             | 879,38**             | 3350,86**            | 616,49**             | 253,17**             |

\* Significativo em nível a nível de 6% ( $p \leq 0,06\%$ ).

\*\* Significativo a nível de 1% ( $p \leq 0,01\%$ ).

<sup>n.s.</sup> Não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

No desdobramento de tratamento em função do tempo, observou-se que os valores de perda de massa só não foram significativos no primeiro dia de armazenamento. No segundo e quarto dias de armazenamento houve diferenças significativas, ao nível de 6%. No sexto e oitavo dias, a perda de massa foi altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ), demonstrando que, com o passar do dias, a perda de massa aumentou, e se mostrou diferente em cada tratamento. No desdobramento do tempo em função dos tratamentos, todos se mostraram altamente significativos, estatisticamente ao nível de 1%.

Para o pH, o desdobramento de tratamentos em função do tempo não foi significativo no quarto dia de armazenamento. Para o tempo em função dos tratamentos, todos foram significativos ao nível de 1%.

No desdobramento dos fatores tratamento pelo tempo de armazenamento para o parâmetro de acidez titulável não houve diferença significativa no dia zero, diferindo estatisticamente no restante dos dias ao nível de 1%. Para o parâmetro de sólidos solúveis não houve diferença significativa no primeiro e segundo dia de armazenamento. O desdobramento do tempo de armazenamento em função do tratamento demonstrou que esses fatores foram

significativos ( $p \leq 0,01$ ) nos resultados dos sólidos solúveis e acidez titulável. Ou seja, houve influência nos valores obtidos dos parâmetros citados em função do tratamento aplicado, assim como dos dias de armazenamento.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com as condições do presente estudo conclui-se que:

1. Os frutos da *S. burchelli* possuem uma cor amarelada tornando-se marrom com o passar do tempo após colheita. São de forma esférica de 87,93 cm de diâmetro e possuem massa e dimensões médias de 163,18 g, 76,07 cm de comprimento, 66,55 cm de largura e 58,87 cm de espessura, e o número de sementes é de 7 sementes por fruto.
2. As sementes apresentam cor creme para o marrom com dimensões médias de 26,95 mm de comprimento, 20,88 mm de largura, 14,57 mm de espessura e forma esférica de 75,76 mm de diâmetro.
3. Os grânulos do amido das sementes da *S.burchelli*, com pureza de 99,24%, apresentam formas ovaladas e achatadas de tamanho médio de 27,71  $\mu\text{m}$  de comprimento e 23,78  $\mu\text{m}$  de largura. Apresenta viscosidade máxima de 371,42 RVU, alta quebra de viscosidade e tendência a retrogradação.
4. O amido das sementes da *S. burchelli* usado como ingrediente principal na formulação da solução filmogênica na proporção de 1,44 foi mais eficiente na conservação pós-colheita dos frutos de morango, até os quatro dias de armazenamento.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a discussão deste trabalho, surgem algumas questões as quais podem ser colocadas como sugestões para pesquisas futuras, como:

1. Estudo mais aprofundado do amido, pois não é encontrada nenhuma informação sobre o mesmo, sugerindo assim, estudo toxicológico como outras análises, que irão proporcionar mais conhecimento deste amido como do fruto o qual também pouco se conhece.
2. Sugere-se ainda uma blenda, do amido extraído da semente do fruto da *Swartzia burcheli*, com outros amidos, como amidos não convencionais, a exemplo o amido do fruto-do-lobo, ou mesmo amidos convencionais, no intuito de tornar seu uso mais viável economicamente, podendo ser utilizado em produtos destinados a farmácia, elaboração de cápsulas plásticas, elaboração de filmes biodegradáveis ou mesmo coberturas para alimentos como demonstrado neste trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.M.P.; CARVALHO, V.D.; GONÇALVES, N.B. Cuidados pós-colheita e qualidade do abacaxi para exportação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.195, p.70-72, 1998.
- AGUNBIADE, S.O.; LONGE, O.G. The physico-functional characteristics of starches from cowpea (*Vigna unguiculata*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and yambean (*Sphenostylis stenocarpa*). **Food Chemistry**, v.65, n.4, p.469-474, 1999.
- AICHOLZER, W.; FRITZ, H.G. Rheological characterization of thermoplastic starch materials. **Starch**, v.50, p.77-83. 1998.
- ALEXANDER, R.J. Potato Starch- new prospects for an old product. **Cereal Foods World**. v.40, n.10, p.763-764, out.1995.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard test method for water vapor transmission of material – E96-95, Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials. 1995.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard test methods for tensile properties of thin plastics sheeting (D 882-00). In: \_\_\_\_\_. Annual book of ASTM Standards, Philadelphia. ASTM, 2001
- ANTUNES, L.E.C. Amora-preta- nova opção de cultivo no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.151-158, 2002.
- ANDRADE, J.S.; ARAGÃO, C.G.; FERREIRA, S.A.N. Caracterização física e química dos frutos de Araçá-pera (*Psidium acutangulum* D.C.). **ACTA Amazônica**, v.23, n.2-3, p.213-217, 1993.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of the Official Analysis Chemists**, 16. ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- ARVANITOYANNIS, I.; NAKAYAMA, A.; AIBA, S. Edible films made from hydroxypropyl starch and gelatin and plasticized by polyols and water. **Carbohydrate Polymers**, v.36, n.2-3, p.105-119, jul.1998.
- ASCHERI, D.P.R.; ANDRADE, C.T.; CARVALHO, C.W.P.; ASCHERI, J.L.R. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.24, n.1, p.115-144, 2006.
- ASTM. **Annual Book Standards**. Philadelphia, PA, 1989- American Society for Testing Material.
- ATWELL, W.A.; HOOD, L.F.; LINEBACK, D.R.; VANIANSMARSTON; ZOBEL, H.F. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Food World**. v.33, p.306-311, 1998.

AVIDOS, M.F.D.; FERREIRA, L.T. Frutos do Cerrado: preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v.3, n.3, jul./ago. 2000.

AVILA, R. **Caracterizacao dos rizomas filhos e da fecula do mangarito (xanthosoma mafaffa schott) e elaboracao de filmes biodegradáveis**. 2011. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2011.

AZEREDO, H.M.C. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados-potencial da aplicação. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.21, n.2, p.267-278, jul./dez. 2003.

BADUI, D. S. **Química de los alimentos**. México- Ed. Addison Wesley y Logman de México, 1999.

BARROS, R.B.. **Obtenção de amido e seus derivados**. Refinações de Milho Brasil Ltda. 1984. 35p.

BATISTA, J.A.; TANADA-PALMU, P.S.; GROSSO, C.R.F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes a base de pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.781-788, out./dez., 2005.

BENINCA, C. Emprego de técnicas termoanalíticas na análise de amidos nativos e quimicamente modificados de diferentes fontes botânicas. 2008.74f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Material de embalagem**. In- \_\_\_\_\_. Química de processamento de alimentos. Campinas- Fundação Cargill, 1984. Cap. 9, p. 189-202.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo-Varela, 1992.

BOLIN, H. R., HUXSOLL, C.C. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad cut lettuce. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.1, p.60-67, 1991.

BOREL, C.; HOSTETTMAN, K.. Molluscicidal saponins from *Swartzia madagascariensis* Desvaux. **Helvetica Chimica ACTA**, v.70, n.3, p.570-576, mai. 1987.

BRASIL. Resolucao RDC n. 263 de 22 de setembro de 2005 da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p.368- 369.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules- structure and biosynthesis – Mini review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.23, n.2, p.85-112, ago. 1998.

CANTILLANO, F; BENDER, R.J.; LUCHSINGER, L. Fisiologia e manejo pós-colheita. In- CANTILLANO, F. **Morango- pós-colheita**. Brasília- EMBRAPA, 2003.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990, 121p. (ITAL. Manual Técnico).

CARVALHO, R. M., SOBRAL, P. J. A., MENEGALLI, F. Elaboração de biofilmes à base de gelatina. In: SOBRAL, P. J. A.; CHUZEL, G. (Eds.). **Anais do Workshop sobre Biopolímero**. Pirassununga, SP, 22-24 de abril de 1997, p. 94-97.

CARVALHO, R.M. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes a base de gelatina**. 1997. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

CEREDA, M.P.; BERTOLLINI, A.C.; EVANGELISTA, R.M. **Uso do amido em substituição às ceras na elaboração de "filmes" na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças- estabelecimento de curvas de secagem**. In: Congresso brasileiro de mandioca, Recife, 1992. Anais. Recife, 1992. p.102.

CEREDA, M.P.; CHUZEL, G.C.; VILPOUX, O.; NUNES, O.L.G.S. **Modificação de fécula por fermentação**. In: LIMA, U. de A. Biotecnologia Industrial. v.3, cap.20. São Paulo-Edgard Blücher Ltda, 2001. p. 413-417.

CEREDA, M.P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo, Fundação Cargill, 221 p. (Série: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latinoamericanas, v. 1) 2002.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, É. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO L. J. C.B., LEONEL, M.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. Série Culturas de Tubérculos Amiláceas Latino Americanas, v.1. São Paulo-Fundação Cargill, 2002. 204p.

CEREDA, M.P.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.1, p.65-69, 2002.

CEREDA, M.P.; DAIUTO, E.R.; VILPOUX, O. Metodologia de Determinação de Amido por Digestão Ácida em Microondas. **Revista ABAM**, v.2, n.8, p.1-29, 2004.

CERQUEIRA, T. S.; ALLEONI A. C. C.; SASAKI, F. F.; JACOMINO, A. P. **Avaliação de diferentes recobrimentos em goiaba "Kumagai" armazenadas em temperatura ambiente**. In- Congresso Brasileiro, Congresso Latino Americano de Fisiologia Vegetal, 12, 2005, Recife, **Anais...** Recife, 2005.

CHAVES, N. Dossiê Técnico. **Cultivo do Morango**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília: CDT/UnB. Junho 2007.

CHEN, H. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v.78, n.11, p.2563-2583, 1995.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças- fisiologia e manuseio**. 2ªed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CORDENUNSI, B.R.; NASCIMENTO, J.R.O.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.83, p.163-173, 2002.

CORTEZ, L.A.; HONORIO, S.L.; MORETTI, C.L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**; Embrapa Hortaliças (Brasília, DF). – Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2002.428 p.

COSTA, C.S. **Prolongamento da vida útil e qualidade pós-colheita de morangos pelo emprego de cobertura comestível**. 2009.107f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade federal de pelotas. Pelotas, 2009.

CUQ, B.; AYMARD, C.; CUQ, J. L.; GUILBERT, S. Edible packaging films based on fish myofibrillar proteins: formulation and functional properties. **Journal of Food Science**, v.60, n.6, p.1369-1374, 1995.

CUQ, B.; GONTARD, N.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as affected by film thickness. **Journal of Food Science**, Chicago, v.61, n.3, p.580-584, 1996.

CURTI, L.K. **Efeito do recobrimento de película de amido de milho na conservação pós-colheita de frutos de tomate e morango**. 2009. 71f. Dissertação (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Centro de educação superior do oeste, Universidade do Estado de Santa Catarina, Cocalzinho, 2009.

DENARDIN, C.C.; SILVA, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.945-954, 2009.

DIAS, A.B. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz**. 2008. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

DONHOWE, G.; FENNEMA, O. **Edible films and coatings- characteristics, formation, definitions, and testing methods**. In- KROCHTA, J.M.; BALDWIN, E.A.; NISPEROSCARRIEDO, M. (Eds.). *Edible Films and Coatings to Improve Quality*. Lancaster- Technomic Publishing Co.; p.1-24, 1994

DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L.E.C; PÁDUA, J.G. Morango: conquistando novas fronteiras. **Informe Agropecuário**, v.26, p.20-23, 2007.

DURANGO, A.B.; SOARES, N.F.F.; ANDRADE, N.J. Extraction and characterized of yam starch and development antimicrobial edibles films. **Revista Temas Agrários**, v.14, n.2, p.1-18, 2009.

ELLIS, R.P; COCHRANE, M.P.; DALE, M.F.B.; DUFFUS, C.M.; LYNN, A.; MORRISON, I. M.; PRENTICE, R.D.M.; SWANSTON, J.S.; TYLLER, S.A. Starch Production and Industrial Use. **Journal Science of Food Agricultural**, v.77, p.289-31, 1998.

FAKHOURI, F.M.; FONTES, L.C.B.; GONÇALVES, P.V.M.; MILANEZ, C.R.; STEEL, C.J.; COLLARES-QUEIROZ, F.P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.2, p.369-375, abr./jun. 2007.

FENG, P.; HUNT, C.W.; PRITCHARD, G.T.; JULIEN, W.E. Effect of enzyme preparations on in situ and in vitro degradation and in vivo digestive characteristics of mature cool-season grass forage in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.74, n.6, p.1349-1357, 2005.

FECHINE, G. J. M. **A Era dos Polímeros Biodegradáveis**. Texto reproduzido da Revista Plástico Moderno. Edição nº 423 - Janeiro de 2010. Disponível em: <<http://www.plasticomoderno.com.br/revista/pm423/tecnica/tecnica01.html>>. Acesso em: Maio 2011.

FENIMAN, C. M. **Caracterização de raiz de mandioca (Manihot esculenta Crantz) do cultivar JAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita**. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FERRARI, T.B.; LEONEL, M.; SARMENTO, S.B.S. Características dos rizomas e do amido de araruta (*Maranta Arundinacea*) em diferentes estádios de desenvolvimento da planta. **Brazilian Journal Food Technology**, v.8, n.2, p. 93-98, abr./jun., 2005.

FERREIRA, S.M.R. **Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicum esculentum Mill.*) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba**. 2004. 231f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2004.

FERREIRA, V.F.; ROCHA, D.R.; SILVA, F.C..Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares. **Química Nova**, v.32, n.3, p. 623-638, 2009.

FRANCO, C.M. L et al. Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas: Propriedades Gerais do amido. **Fundação Cargill**, Campinas, v.1.224, 2001.

FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.B.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.79, p.243-248, 2002.

GALLIARD, T.; BOWLER, P. Morphology and composition of starch. In: GALLIARD, D.T., **Starch-properties and potential**. Ed. Chichester- Wiley, 1987. p.55-78. (Critical reports on Applied Chemistry, v.13).

GARCÍA, F.T.; SOBRAL, P.J.A. Effect of the thermal treatment of the filmogenic solution on the mechanical properties, color and opacity of films based on muscle proteins of two varieties of Tilapia. **LWT-Food Science and Technology**, v.38, n.3, p.289-296, mai. 2005.

GARCIA, M.A., MARTINO, M.N., ZARITZKY, N.E.. Plasticized starchbased coatings to improve strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality and stability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, n.9, p.3758-3767, 1998.

GARCIA, L.C. **Aplicação de coberturas comestíveis em morangos minimamente processados**. 2009. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

GENNADIOS, A.; WELLER, C. Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins. **Food Technology**, v.44, n.10, p.63-9, 1990.

GONTARD, N. **Films et enrobages comestibles- étude et amélioration des propriétés filmogènes du gluten**. 1991. 174f. Tese (Doctorat Biochimie, Biologie Cellulaire et Moléculaire/Sciences des Aliments) - Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 1991.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Edible wheat gluten films- influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v.57, n.1, p.190-195, 1992.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. **Journal of Food Science**, v.58, n.1, p.206-211, 1993.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Edible composite film of wheat gluten and lipids-water vapor permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science and Technology**, v.29, n.1, p.39-50, 1994.

GUILBERT, S. Technology and application of edible protective films. In: **"Food Packaging and Preservation. Theory and Practice"**, ed. M. Mathlouti, Elsevier Applied Science Publishing Co., London, England, 1986. 371p.

HAN, C.; ZHAO, Y.; LEONARD, S.W.; TRABER, M.G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus idaeus*). **Postharvest Biology and Technology**, v.33, p.67-78, 2004.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. **Película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de limão Siciliano desverdecido**. In: Congresso latino americano de raízes tropicais,1 e Congresso brasileiro de mandioca, 1996, São Pedro-SP. Anais... São Pedro-Centro de Raízes Tropicais, Universidade Estadual Paulista, 1996. n.131.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria Ananassa Duch*) cv IAC Campinas1. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.2. 1999.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p.231-240, jan./mar. 2008.

HERNANDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; OCIO, M.J., GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biology and Technology**, v.39, p.247-253, 2006.

HOLTZ, S.G. **Aplicação de ozônio e de revestimentos comestíveis em morangos (*Fragaria ananassa Duch.*) minimamente processados**. 2006. 93f. Dissertação (Pós-Graduação em Microbiologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches- A Review. **Carbohydrate Polymers**, v.45, n.3, p.253-267, jul. 2001.

HORIMOTO, L.K.; CABELLO, C. Propriedades viscosográficas de amidos de mandioca, batata doce e mandiocinha salsa nativos e cationizados por diferentes tratamentos. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.22, n.3, p.74-85, 2007.

HUANG, J. Function: Structure relationships of acetylated pea starches. **The Netherlands**, 2006. 152p. Ph.D. thesis. Wageningen University.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 2. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985.

JACOBS, H.; DELCOUR, J.A. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure- A review. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.46, n.8, p.2895- 2905, 1998.

JANE, J.; CHEN, Y.Y.; LEE, L.F.; McPHERSON, A.E.; WONG, K.S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, n.5, p.629-637, 1999.

JAYAKODY, L.; HOOVER, R.; LIU, Q.; DONNER, E. Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea sp.*) starches grown in Sri Lanka. **Carbohydrate Polymers**, v.69, n.1, p.148-163, 2007.

JAYAKODY, J.A.L.P. **The effect acid hydrolysis on granular morphology and physicochemical properties of native cereal starch granules**. 2001. 141f. Tese (Máster of Science) - Department of Biochemistry, Memorial University of Newfoundland, Newfoundland, Canadá, 2001.

JERÔNIMO, E.M.; KANESIRO, M.A.B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.237-243, 2000.

KESTER, J.J.; FENNEMA, O.R. Edible Films and Coating-A Review. **Food Technology**, v.40, n.12, p.47-59, 1986.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Revista Megadiversidade**, v.1, n.1, p.149-155, Jul.2005.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas- Livraria e Editora Rural, 2002. 214 p.

KROGARS, K. **Aqueous-based amylose-rich maize starch solution and dispersion- a study on free films and coatings**. 2003. 46f. Dissertação (graduação) - Faculty of Science of the University of Helsinki, Helsinki, 2003.

KROCHTA, J.M.; BALDWIN, E.A.; NISPERO-CARRIEDO, M.O. In: **Edible coating and films to improve food quality**. 10ª ed. USA: Ed. Technomic Publishing Company, 1994. 379p.

KROCHTA, J.M.; MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films- challenges and opportunities. **Food Technology**, v.51, n.2, p.61-74, 1997.

LAFARGUE, D.; LOURDIN, D.; DOUBLIER, J. L. **Carbohydrate Polymers**, v.70, p.101-111, 2007.

LAJOLO, F. M., SAURA-CALIXTO, F. **Fibra dietética en Iberoamérica**. In: tecnologia y salud. São Paulo: Livraria Varela, 2001. Cap.30, p.411-430.

LAOHAKUNJIT, N.; NOOMHORM, A. Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. **Starch/Stärke**, v.56, p.348-356, 2004.

LAROTONDA, F.D.S.; MATSUI, K.N.; SOLDI, V.; LAURINDO, J.B. Biodegradable films made from raw and acetylated cassava starch. **Brazilian archives of biology and technology**. v.47, n.3, p.477-484, 2004.

LEMOS, O.L.; REBOUÇAS, T.N.H.; JOSÉ, A.R.S.; VILA, M.T.R.; SILVA, K.S. Utilização de biofilme comestível na conservação de pimentão '*Magali r*' em duas condições de armazenamento. **Revista Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.693-699, 2007.

LEONEL, M.; GARCIA, A.C.B.; REIS, M.M. Caracterização físico-química e microscópica de amido de batata doce, biri, mandioca, e taioba e propriedades de expansão após modificação fotoquímica. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.7, p.129-137, 2004.

LINDEBOOM, N.; CHANG, P.R.; TYLER, R.T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch/Stärke**, v.56, n.3-4, p.89-99, 2004.

LUENGO, R.F.A; CALBO, A.G; JACOMINO, A.J.; PESSOA, J.D.C. Avaliação da compressão em hortaliças e frutas e seu emprego na determinação do limite físico da altura da embalagem de comercialização. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, out./dez. 2003.

MAGALHÃES, A.F.; TOZZI, A.M.G.A. SNATOS, C.C.; SERRANO, D.G.; ZANOTTI-MAGALHÃES, E.M.; MAGALHÃES, E.G.; MAGALHÃES, L. A. Saponins from *Swartzia langsdorffi*- Biological Activities. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v.98, n.5, p.713-718, 2004.

MALGARIM, M.B; CANTILLANO, R.F.F.; COUTINHO, E.F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. *Camarosa*. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.28, n.2, p.185-189, ago. 2006.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; GARCÍA, M.A.; MARTINO, M.M.; ZARITZKY, N.E. Microstructural characterization of yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.50, n.2, p.379-386, 2002.

MALI, S.; GROSSMAN, M.V.E. Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton v.24, p.7055-7011, 2003.

MALI, S.; SAKANAKA, L.S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M.V.E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, v.60, n.3, p.283-289, 2005.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido- produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina- Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.1, p.137-156, jan./mar. 2010.

MANSANO, V.F.. **Estudos taxonômicos da tribo Swartzieae (DC.) Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) no Sudeste do Brasil**. 1997.140f. Dissertação (Mestrado em Biologia vegetal) – Universidade estadual de Campinas, Campinas, 1997.

MANSANO, V.F.; LEWIS, G.P.; TOZZI, A.M.G.A. *Swartzia burchelli* (Leguminosae-Papilionoideae) from Goiás, Brazil; a new name for a taxon proposed by Bentham. **Kew Bull**, v.57, n.3, p.635-638, 2002.

MARCHETTO, A.M.P.; ATAIDE, H.H.; MASSON, M.L.F.; PELIZER, L.H.; PEREIRA, C.H.C.; SENDÃO, M.C. Avaliação das partes desperdiçadas de alimentos no setor de hortifruti visando seu reaproveitamento. **Revista Simbio-Logias**, v.1, n.2, nov./2008.

MARCON, M.J.A.; AVANCINI, S.R.P.; AMANTE, E.R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. 101p.

MARQUI, S.R.; LEMOS, R.B.; SANTOS, L.A.; GAMBOA, I.C. ; CAVALHEIRO, A.J.; BOLZANI, V.S.; SILVA, D.H.S. Saponinas Antifúngicas de *Swartzia langsdorffii*. **Revista Química Nova**, v.31, n.4, p.828-831, 2008.

MARTELLI, S.M.; MOORE, G.; PAES, S.S.; GANDOLFO, C.; LAURINDO, J.B. Influence of plasticizers on the water sorption isotherms and water vapor permeability of chicken feather keratin films. **LWT- Food Science and Technology**, v.39, p.292-301, 2006.

MATTA JUNIOR, M.D.; SARMENTO, S.B.S.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; ZOCCHI, S.S. Propriedades de barreira e solubilidade de filmes de amido de ervilha associado com goma xantana e glicerol. **Revista Polímeros**, v.21, n.1, p.67-72, 2011.

MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioquinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 2006. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

MCHUGH, T. H.; KROCHTA, J.M. Sorbitol vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton v.42, n.4, p.841-845, 1994.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986.

MONTERREY-QUINTERO, E.S.; SOBRAL, P.J.A. Preparo e caracterização de proteínas miofibrilares de tilápia-do-nylo para elaboração de biofilmes. **Pesquisas Agropecuárias do Brasil**, v.35, n.1, p.179-189, 2000.

MOURA, W. S. **Extração e caracterização do amido do hedychium coronarium e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2008. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Moleculares) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2008.

MÜLLER; C.M.O., YAMASHITA, F; LAURINDO, J.B. Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.72, n.1, p.82-87, 2008.

OLIVEIRA, M.A. **Utilização de película de fécula de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guayava*)**. 1996. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1996.

OLIVEIRA, M.A.; CEREDA, M.P. Efeito da película de mandioca na conservação de goiabas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.2, p.97-102, 1999.

OLIVEIRA, M.E.EB.; BASTOS, M.S.R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M.A.A.C.; SILVA, M.G.G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.3, p.326-332, 1999.

OLIVEIRA, T.M. **Desenvolvimento e avaliação de filme biodegradável de polietileno incorporado de amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*)**. 2007.127f. Dissertação (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. **Produção de pequenas frutas no Brasil**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 1., Vacaria. Anais...Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 7-15. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 37).

PARK, H.J.; CHINNAN, M.S. Gas and water vapor barrier properties of edible films from protein and cellulosic materials. **Journal of agricultural and food chemistry**, Oxford, v.25, p.497-507, 1995.

PARK, S.I.; STAN, S.D.; DAESCHEL, M.A.; ZHAO, Y. Antifungal coatings on fresh strawberries (*Fragaria × ananassa*) to control mold growth during cold storage. **Journal of Food Science**, v.70, n.4, p.202-207, 2005.

PELAYO, C.; VILAS BOAS, E.V.B.; BENICHO, M.; KADER, A.A. Variability in responses of partially ripe bananas to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Oxford, v.28, n.1, p. 5-85, apr. 2003.

PEREIRA, L. B. **Caracterização de suspensões e géis de amido de amaranto- efeito da adição de sacarose e NaCl nas propriedades reológicas e térmicas**. 2004. 167f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PEREIRA, M.E.C.; SILVA, A.S.; SANTOS, V.J.; SOUZA, E.G.; LEDO, C.A.S.; LIMA, M.A.C.; AMORIM, T.B.F. **Aplicação de revestimento comestível para conservação pós-colheita da manga 'Tommy Atkins' em temperatura ambiente**. In: Congresso Brasileiro de fruticultura: Anais. Florianópolis: 2004.

PEREZ-GAGO, M.B.; KROCHTA, J.M. Denaturation time and temperature effects on solubility, tensile properties, and oxygen permeability of whey protein edible films. **Journal of Food Science**, v.66, n.5, p.705-710, 2001.

PERONI, F.H.G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003. 118f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2003.

PETERSEN, K.; NIELSEN, P.; BERTELSEN, G.; LAWTHOR, M.; OLSEN, M.; NILSSON, N. Y MORTENSEN, G. Potential of biobased materials for food packaging. **Food Science and Technology**, v.10, p.52-68, 1999.

PIZARRO, C.A.C. **Avaliação de morangos submetidos a resfriamento rápido e armazenamento em diferentes embalagens e temperaturas**. 2009. 58f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

POLHILL, R.M.; RAVEN, P.H.; STIRTON, C.H. Evolution and systematics of the Leguminosae. In: *Advances in legume systematics* (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). **Royal Botanic Gardens**, Kew, p.1-26, 1981.

PRATES, M.F.O. **Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de fruta-de-lobo e sorbitol e aplicação da cobertura em frutos de morango**. 2010. 96f. Dissertação (Mestrado em engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2010.

REIS, k.C.; ELIAS, H.H.S.; LIMA, L.C.O.; SILVA, J.D.; PEREIRA, J. Pepino japonês (*Cucumis sativus* L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca. **Ciências Agrotecnicas**, Lavras, v.30, n.3, p.487-493, mai./jun. 2006.

RIGO, L.N. **Desenvolvimento e caracterização de filmes Comestíveis**. 2006. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2006.

RIVALDI, J.D.; SARROUH, B.F.; FIORILO, R.; SILVA, S.S. Glicerol de biodiesel. **Biociência & Desenvolvimento**, v.37, n.10, 2007/2008.

ROCHA, T.S.; DEMIATE, I.M.; FRANCO, C.M.L. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.3, p. 620-628, jul./set. 2008.

ROSENTHAL, F.R.T.; MELLO, A.P.; PELEGRINO, S.L.; NAKAMURA, T. Amido de mandioca. Estudo de estrutura em variedades de Minas Gerais. **Revista Brasileira Tecnológica**, v.4, p.7-17, 1973.

SANCHEZ, C.S.; ROCHA, A.F.I.; PINHEIRO, M.L.B.; ANDRADE, C.H.S., MONTE, F.J.Q. Brachyrachisina- Isoflavona inédita de *Swaetzia* (Leguminosae). **ACTA Amazônica**, v.29, n.3, p.419-422, 1999.

SANDHU, K.S.; SINGH, N. Some properties of corn starches II-Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. **Food Chemistry**, v.101, p.1499-1507, 2007.

SANTOS, A.P. **Extração e caracterização do amido do fruto-dolobo (*Solanum lycocarpum* st. *hil*) e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2009. 112f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Moleculares) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2009

SANZ, C.; PÉREZ, A.G.; OLÍAS, R.; OLÍAS, J.M. Quality of strawberries packed with perforated polypropylene. **Journal of Food Science**, v.64, n.4, p.748-752, 1999.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R.M.V.O.; Garcia, E.E.C. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. Campinas : CETEA/ ITAL, 2002. 276 p.

SARMENTO, A. **Elaboração e caracterização de biofilmes a partir de gelatina reticulada**. 1999. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SATIN, M. Functional Properties of Starches. **Journal of Food Science**. v.32, p.178-185, 2000.

SCHULTES, E.R. De plantis toxicariis e mundo novo tropicale commentationes. XX Medicinal and toxic uses of Swartzia in the northwest Amazon. **Journal of Ethnopharmacolog**, v.1, n.1, p.79-87, 1979.

SERRANO, P. O. **Anelamento e hidrólise enzimática do amido de mandioca**. 2004. 83f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2004.

SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E. Efeito plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina- Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.1, p.79-88, jan./mar. 2007.

SILVA, J.R.; ASSUMPCÃO, R.; VEGRO, C.L.R. A inserção do amido de mandioca no mercado de amido. **Informações Econômicas**, v.30, p.31-41, 2000.

SILVA, G.O.; TAKIZAWA, F.F.; PEDROSO, R.A.; FRANCO, C.M.L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S.B.S.; DEMIATE, I.M. Características físico-químicas de amidos modificados

de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.188-197, jan./ mar. 2006.

SILVA, W. R.; SERRANO, M. T. R.; MOURA, W. S.; ASCHERI, D. P. R. **Extração e composição centesimal de amido do caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*)**. SEAGRI. Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. Cultura de Jaca. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/jaca.htm>>. Acesso em: Junho de 2011.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N.S.; GILL, B.S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, Chicago, v.81, p.219-231, 2003.

SOBRAL, P.J.A. Propriedades funcionais de biofilmes de gelatina em função da espessura. **Ciência & Engenharia**, Uberlândia, v.8, n.1, p.60-67, 1999.

SOBRAL, P.J.A. Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1251-1259, jun. 2000.

SOBRAL, P.J.A.; MENEGALLI, F.C.; HUBINGER, M.D.; ROQUES, M.A. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. **Food Hydrocolloids**, v.15, n.4-6, p.423-432, 2001.

SRICHUWONG, S.; SUNARTI, T.C.; MISHIMA, T.; ISONO, N.; HISAMATSU, M. Starches from different botanical sources I- Contribution of amylopectin fine structure to thermal properties and enzyme digestibility. **Carbohydrate Polymers**, v.60, n.4, p.529-538, 2005.

STATSOFT- STATISTICS [computer program]. Versão 8.0. Tulsa- StatSoft; 2007

TANADA-PALMU, P.S.; GROSSO, C.R.F. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **Postharvest Biology and Technology**, v.36, p.199-208, 2005.

TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch structure and digestibility. Enzyme-Substrate relationship. **World's Poultry Science Journal**, v.60, n.2, p.186-195, 2004.

TESTER, R. F.; QI, X.; KARKALAS, J. Hydrolysis of native starches with amylases. **Animal Feed Science and Technology**, v.130, n.1-2, p.39-54, set, 2006.

THARANATHAN, R.N. Biodegradable films and composite coatings- past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**, v.14, n.3, p.71-78, 2003.

THOMAS, D. J.; ATWEEL, W. A. Practical Guide for Food Industry In: **Starches**. Minnesota: Eagan Press, 1999. 30 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. U.S. **Strawberry Industry**, 1970-2004. Washington, 2005. Disponível em: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/specialty/95003/>>. Acesso em: maio 2011.

VEIGA, S.P.; OLIVEIRA, L.M.; CEREDA, M.P.; ALVES, A.J.; SCAMPARINI, A.R.P. Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: effect of additives and deacetylated xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v.19, p.341–349, 2005.

VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 198f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2003.

VICENZI, R. **Conservação de Alimentos**. UNIJUI - Química Industrial de Alimentos. 2005. Disponível em: <<http://www.sinprors.org.br/raul.vicenzi/>>. Acesso em: Agosto 2010.

VIEITES, R.L.; EVANGELISTA, R.M.; SILVA, C.S.; MARTINS, M.L. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, n.2, p.243-252, abr./jun. 2006.

VIGNEAU, E.; LOISEL, C.; DEVAUX, M.F.; CANTONI, P. Number of particles for the determination of size distribution from microscopic images. **Powder Technology**, v.107, n.3, p.243-250, 2000.

VILA, M.T.R. **Qualidade pós-colheita de goiaba ‘Pedro Sato’ armazenados sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca**. 2004, 66f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

VILLADIEGO, A.M.D.; SOARES, N.F.F.; ANDRADE, N.J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V.P.R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, v.52, n.300, p.221-244, 2005.

WANG, J.; ZHENGYU, J.; XIAOPING, Y. Preparation of resistant starch from starch-guar gum extrudates and their properties. **Food Chemistry**, Chicago, v.101, n.1, p.20-25, 2007.

WHISTLER, R.L., DANIEL, J.R. Carbohydrates. In: FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**. 10<sup>a</sup> ed. New York: Marei Dekker, 1984. cap.3. p. 69-137.

WOLF, K.L. **Propriedades físico-químicas e mecânicas de biofilmes elaborados a partir de fibra e pó de colágeno**. 2007. 101f. Dissertação (mestrado) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2007.

ZABOT, S. **Efeito do recobrimento de película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de frutos de tomate e morango**. 2009. Dissertação ( Graduação) Trabalho de conclusão de curso. Pinhalzinho, 2009.

ZAMBRANO, F.; CAMARGO, R.O. Amido de mandioca modificado comparado com substitutos de gordura comerciais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.4, p.155-161, 2001.

ZENG, M.; MORRIS, C.F.; BATEY, I.L.; WRIGLEY, C.W. Sources of variation for starch gelatinization, pasting and gelation properties in wheat. **Cereal Chemistry**, v.74, n.1, p.63-71, 1997.

ZHANG, Y.; HAN, J.H. Mechanical and thermal characteristics of pea starch films plasticized with monosaccharides and polyols. **Journal of Food Science**, Chicago, v.71, n.2, p.109-118, 2006.

**APÊNDICES**

Apêndice A. Caracterização física de 50 frutos da *Swartzia burchelli* (Banha de galinha).

| Nº de frutos | Massa (g) | Comprimento (mm) | Largura (mm) | Espessura (mm) | Esfericidade (mm) |
|--------------|-----------|------------------|--------------|----------------|-------------------|
| 1            | 181,69    | 84,00            | 64,82        | 59,59          | 81,80             |
| 2            | 236,96    | 85,07            | 75,12        | 67,51          | 88,82             |
| 3            | 197,52    | 81,92            | 71,52        | 60,45          | 86,37             |
| 4            | 204,99    | 76,87            | 75,40        | 64,99          | 93,95             |
| 5            | 199,12    | 84,75            | 69,72        | 62,90          | 84,84             |
| 6            | 161,46    | 77,05            | 64,64        | 58,62          | 86,10             |
| 7            | 194,77    | 80,77            | 71,07        | 64,57          | 88,93             |
| 8            | 191,96    | 78,31            | 77,31        | 59,06          | 90,64             |
| 9            | 203,58    | 83,35            | 69,84        | 65,94          | 87,19             |
| 10           | 184,20    | 79,88            | 67,92        | 64,08          | 88,03             |
| 11           | 198,07    | 85,05            | 65,26        | 64,56          | 83,51             |
| 12           | 137,98    | 73,90            | 66,09        | 50,38          | 84,79             |
| 13           | 162,46    | 75,31            | 64,16        | 58,53          | 87,16             |
| 14           | 137,44    | 68,43            | 63,17        | 57,16          | 91,70             |
| 15           | 151,73    | 79,91            | 65,02        | 57,79          | 83,80             |
| 16           | 153,80    | 74,17            | 67,16        | 57,02          | 88,63             |
| 17           | 166,92    | 81,19            | 65,51        | 54,26          | 81,39             |
| 18           | 198,11    | 85,33            | 72,01        | 61,28          | 84,63             |
| 19           | 164,10    | 77,83            | 64,82        | 59,13          | 85,85             |
| 20           | 128,35    | 70,36            | 62,72        | 54,11          | 88,17             |
| 21           | 184,09    | 83,82            | 66,00        | 61,43          | 83,25             |
| 22           | 119,52    | 69,02            | 59,03        | 55,66          | 88,35             |
| 23           | 121,20    | 69,94            | 60,04        | 53,60          | 86,97             |
| 24           | 133,98    | 68,05            | 66,59        | 55,35          | 92,67             |
| 25           | 156,79    | 74,20            | 64,01        | 61,43          | 89,39             |
| 26           | 115,36    | 63,46            | 62,50        | 54,51          | 94,58             |
| 27           | 126,59    | 74,56            | 56,81        | 53,18          | 81,61             |
| 28           | 123,93    | 71,65            | 57,76        | 56,24          | 85,85             |
| 29           | 184,42    | 79,32            | 70,16        | 61,96          | 88,41             |
| 30           | 155,16    | 70,76            | 70,46        | 59,02          | 94,00             |
| 31           | 184,23    | 78,83            | 72,28        | 62,34          | 89,84             |
| 32           | 128,98    | 65,89            | 63,52        | 54,01          | 92,45             |
| 33           | 146,79    | 72,79            | 62,81        | 59,51          | 89,02             |
| 34           | 158,37    | 73,69            | 65,11        | 60,24          | 89,72             |
| 35           | 165,40    | 74,35            | 63,99        | 55,19          | 86,13             |
| 36           | 200,06    | 74,24            | 66,40        | 61,67          | 90,57             |
| 37           | 158,38    | 86,40            | 71,11        | 60,28          | 83,12             |
| 38           | 171,64    | 81,17            | 63,95        | 62,26          | 84,54             |
| 39           | 152,94    | 75,01            | 68,05        | 54,04          | 86,78             |
| 40           | 199,61    | 80,09            | 72,97        | 63,99          | 89,96             |
| 41           | 134,48    | 71,38            | 64,26        | 58,16          | 90,19             |

|        |        |       |       |       |       |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 42     | 179,03 | 82,62 | 68,25 | 57,03 | 82,92 |
| 43     | 126,42 | 71,64 | 60,78 | 52,07 | 85,12 |
| 44     | 111,34 | 67,25 | 62,67 | 50,29 | 88,66 |
| 45     | 158,34 | 63,95 | 67,82 | 58,90 | 99,22 |
| 46     | 162,63 | 79,42 | 65,55 | 59,60 | 85,24 |
| 47     | 172,72 | 78,83 | 67,92 | 60,32 | 87,03 |
| 48     | 142,61 | 71,24 | 65,92 | 55,77 | 89,81 |
| 49     | 158,76 | 73,40 | 68,09 | 59,19 | 90,78 |
| 50     | 169,85 | 73,26 | 69,18 | 64,17 | 93,87 |
| $\mu$  | 163,18 | 76,07 | 66,55 | 58,87 | 87,93 |
| $S^2$  | 822,12 | 35,61 | 19,21 | 16,75 | 14,11 |
| $s$    | 28,67  | 5,97  | 4,38  | 4,09  | 3,76  |
| CV (%) | 17,57  | 7,84  | 6,59  | 6,95  | 4,27  |

Apêndice B. Número de sementes por fruto, comprimento, largura, esfericidade e massa das sementes do fruto *Swartzia burchelli*.

| Nº de Frutos | Nº de sementes/ frutos | Massa das sementes (g) | Média massa das sementes | Comprimento (mm) | Média comprimento | Largura (mm) | Média largura | Altura (mm) | Média altura | Esfericidade |
|--------------|------------------------|------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|
| 1            | 8                      | 6,21                   | 5,68                     | 27,77            | 25,91             | 23,07        | 20,09         | 15,13       | 14,86        | 76,33        |
|              |                        | 6,18                   |                          | 28,90            |                   | 18,31        |               | 13,61       |              |              |
|              |                        | 5,49                   |                          | 26,28            |                   | 18,72        |               | 15,23       |              |              |
|              |                        | 4,46                   |                          | 23,25            |                   | 17,93        |               | 14,12       |              |              |
|              |                        | 9,34                   |                          | 31,54            |                   | 25,71        |               | 18,66       |              |              |
|              |                        | 7,35                   |                          | 29,16            |                   | 22,69        |               | 16,31       |              |              |
|              |                        | 3,79                   |                          | 20,35            |                   | 16,82        |               | 15,17       |              |              |
|              |                        | 2,59                   |                          | 20,06            |                   | 17,50        |               | 10,65       |              |              |
| 2            | 10                     | 7,54                   | 7,32                     | 28,02            | 28,33             | 21,48        | 22,86         | 18,89       | 16,13        | 77,15        |
|              |                        | 8,39                   |                          | 30,14            |                   | 26,01        |               | 16,27       |              |              |
|              |                        | 5,53                   |                          | 24,56            |                   | 22,96        |               | 13,83       |              |              |
|              |                        | 6,03                   |                          | 28,16            |                   | 22,29        |               | 13,39       |              |              |
|              |                        | 9,48                   |                          | 33,16            |                   | 24,53        |               | 16,92       |              |              |
|              |                        | 8,40                   |                          | 27,41            |                   | 24,14        |               | 17,70       |              |              |
|              |                        | 10,16                  |                          | 32,81            |                   | 24,32        |               | 18,88       |              |              |
|              |                        | 5,03                   |                          | 23,50            |                   | 19,55        |               | 15,26       |              |              |
|              |                        | 6,55                   |                          | 27,76            |                   | 20,20        |               | 16,39       |              |              |
|              |                        | 6,11                   |                          | 27,82            |                   | 23,09        |               | 13,79       |              |              |
| 3            | 8                      | 8,58                   | 6,38                     | 30,92            | 27,97             | 24,15        | 22,07         | 14,65       | 14,89        | 74,90        |
|              |                        | 6,13                   |                          | 28,12            |                   | 22,26        |               | 18,07       |              |              |
|              |                        | 6,21                   |                          | 26,91            |                   | 22,41        |               | 13,61       |              |              |
|              |                        | 4,08                   |                          | 23,99            |                   | 19,05        |               | 12,34       |              |              |
|              |                        | 6,22                   |                          | 28,76            |                   | 19,89        |               | 14,89       |              |              |
|              |                        | 5,82                   |                          | 25,74            |                   | 23,48        |               | 14,87       |              |              |
|              |                        | 7,05                   |                          | 29,69            |                   | 24,05        |               | 14,94       |              |              |

|   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |   | 6,91 |      | 29,60 |       | 21,28 |       | 15,77 |       |       |
| 4 | 7 | 6,71 | 7,59 | 28,71 | 29,41 | 23,31 | 22,06 | 14,47 | 15,97 | 74,14 |
|   |   | 7,43 |      | 29,99 |       | 20,71 |       | 16,07 |       |       |
|   |   | 6,91 |      | 27,89 |       | 20,76 |       | 16,55 |       |       |
|   |   | 7,96 |      | 29,29 |       | 23,01 |       | 15,29 |       |       |
|   |   | 8,58 |      | 29,58 |       | 22,70 |       | 19,18 |       |       |
|   |   | 7,93 |      | 30,67 |       | 22,02 |       | 14,63 |       |       |
|   |   | 7,58 |      | 29,71 |       | 21,92 |       | 15,62 |       |       |
|   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
| 5 | 8 | 8,89 | 6,76 | 30,87 | 26,90 | 22,56 | 22,05 | 18,73 | 15,41 | 77,73 |
|   |   | 4,69 |      | 24,61 |       | 20,98 |       | 12,70 |       |       |
|   |   | 5,81 |      | 26,22 |       | 20,63 |       | 16,22 |       |       |
|   |   | 3,61 |      | 20,03 |       | 17,03 |       | 12,54 |       |       |
|   |   | 8,57 |      | 26,97 |       | 25,25 |       | 16,42 |       |       |
|   |   | 6,74 |      | 28,38 |       | 22,77 |       | 14,29 |       |       |
|   |   | 7,62 |      | 29,79 |       | 22,95 |       | 16,34 |       |       |
|   |   | 8,15 |      | 28,32 |       | 24,25 |       | 16,01 |       |       |
|   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
| 6 | 9 | 3,70 | 5,53 | 23,19 | 25,31 | 16,16 | 19,94 | 12,98 | 13,33 | 74,59 |
|   |   | 6,16 |      | 25,31 |       | 26,11 |       | 15,04 |       |       |
|   |   | 4,98 |      | 25,58 |       | 17,77 |       | 14,24 |       |       |
|   |   | 4,56 |      | 24,88 |       | 19,78 |       | 12,55 |       |       |
|   |   | 7,12 |      | 27,20 |       | 24,35 |       | 17,46 |       |       |
|   |   | 5,53 |      | 28,32 |       | 19,94 |       | 13,61 |       |       |
|   |   | 8,22 |      | 22,11 |       | 14,44 |       | 12,13 |       |       |
|   |   | 4,36 |      | 22,68 |       | 22,32 |       | 13,33 |       |       |
|   |   | 6,62 |      | 30,03 |       | 21,98 |       | 13,32 |       |       |
|   |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
| 7 | 7 | 7,12 | 6,48 | 29,11 | 28,12 | 20,80 | 21,76 | 14,61 | 14,61 | 73,81 |
|   |   | 6,48 |      | 28,12 |       | 20,11 |       | 15,26 |       |       |
|   |   | 6,45 |      | 27,29 |       | 24,59 |       | 14,29 |       |       |
|   |   | 8,38 |      | 31,60 |       | 23,77 |       | 16,38 |       |       |
|   |   | 6,02 |      | 27,39 |       | 21,76 |       | 14,39 |       |       |

|    |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|----|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |   | 7,05 |      | 28,37 |       | 25,01 |       | 15,05 |       |       |
|    |   | 5,32 |      | 26,54 |       | 17,96 |       | 14,33 |       |       |
| 8  | 8 | 7,99 | 6,86 | 30,62 | 29,30 | 22,18 | 21,89 | 16,48 | 15,41 | 73,24 |
|    |   | 9,06 |      | 32,00 |       | 25,56 |       | 16,39 |       |       |
|    |   | 7,13 |      | 28,71 |       | 21,53 |       | 26,18 |       |       |
|    |   | 7,08 |      | 31,53 |       | 24,05 |       | 12,88 |       |       |
|    |   | 6,63 |      | 29,88 |       | 21,59 |       | 13,82 |       |       |
|    |   | 6,64 |      | 25,26 |       | 21,30 |       | 16,42 |       |       |
|    |   | 5,01 |      | 26,37 |       | 21,22 |       | 12,53 |       |       |
|    |   | 5,50 |      | 27,32 |       | 28,09 |       | 14,42 |       |       |
| 9  | 8 | 7,41 | 6,85 | 29,50 | 29,88 | 23,33 | 21,11 | 16,14 | 15,06 | 70,87 |
|    |   | 8,59 |      | 34,13 |       | 22,04 |       | 14,22 |       |       |
|    |   | 6,81 |      | 30,26 |       | 20,18 |       | 15,67 |       |       |
|    |   | 5,51 |      | 27,81 |       | 19,74 |       | 14,67 |       |       |
|    |   | 9,33 |      | 34,73 |       | 22,35 |       | 16,01 |       |       |
|    |   | 6,89 |      | 30,98 |       | 21,11 |       | 15,06 |       |       |
|    |   | 5,62 |      | 27,08 |       | 21,11 |       | 15,05 |       |       |
|    |   | 3,61 |      | 25,71 |       | 16,77 |       | 10,17 |       |       |
| 10 | 7 | 7,67 | 6,77 | 29,90 | 28,79 | 22,34 | 19,79 | 16,19 | 15,45 | 71,72 |
|    |   | 7,09 |      | 29,43 |       | 22,84 |       | 14,83 |       |       |
|    |   | 4,62 |      | 23,56 |       | 19,79 |       | 13,10 |       |       |
|    |   | 8,56 |      | 30,24 |       | 22,79 |       | 19,05 |       |       |
|    |   | 5,87 |      | 27,08 |       | 19,08 |       | 18,06 |       |       |
|    |   | 5,19 |      | 28,10 |       | 19,46 |       | 12,92 |       |       |
|    |   | 6,77 |      | 28,79 |       | 19,60 |       | 15,45 |       |       |
| 11 | 8 | 5,07 | 5,55 | 27,21 | 27,53 | 20,08 | 19,89 | 14,67 | 14,53 | 72,51 |
|    |   | 5,27 |      | 27,59 |       | 18,57 |       | 15,66 |       |       |
|    |   | 5,17 |      | 25,62 |       | 25,05 |       | 18,38 |       |       |
|    |   | 6,62 |      | 27,05 |       | 22,63 |       | 16,61 |       |       |
|    |   | 5,21 |      | 28,16 |       | 19,69 |       | 12,61 |       |       |

|    |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|----|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |   | 6,69 |      | 27,46 |       | 24,07 |       | 14,25 |       |       |
|    |   | 5,83 |      | 28,35 |       | 19,03 |       | 14,38 |       |       |
|    |   | 6,67 |      | 30,65 |       | 19,68 |       | 14,32 |       |       |
| 12 | 7 | 5,64 | 5,64 | 27,45 | 26,47 | 25,00 | 20,74 | 14,75 | 13,41 | 73,49 |
|    |   | 2,80 |      | 20,40 |       | 16,52 |       | 10,81 |       |       |
|    |   | 4,15 |      | 24,47 |       | 18,07 |       | 13,10 |       |       |
|    |   | 6,35 |      | 28,13 |       | 20,74 |       | 13,90 |       |       |
|    |   | 6,27 |      | 27,21 |       | 21,97 |       | 14,77 |       |       |
|    |   | 5,70 |      | 26,47 |       | 21,73 |       | 13,41 |       |       |
|    |   | 5,07 |      | 26,34 |       | 18,46 |       | 11,56 |       |       |
| 13 | 7 | 5,70 | 6,45 | 25,66 | 28,31 | 23,69 | 22,46 | 13,93 | 15,08 | 75,04 |
|    |   | 7,97 |      | 31,63 |       | 22,46 |       | 15,08 |       |       |
|    |   | 7,59 |      | 28,31 |       | 25,32 |       | 15,43 |       |       |
|    |   | 6,99 |      | 28,62 |       | 22,05 |       | 15,85 |       |       |
|    |   | 4,41 |      | 23,48 |       | 22,07 |       | 13,30 |       |       |
|    |   | 6,45 |      | 27,70 |       | 27,40 |       | 16,65 |       |       |
|    |   | 6,08 |      | 28,46 |       | 19,46 |       | 13,77 |       |       |
| 14 | 8 | 5,14 | 5,00 | 28,23 | 26,31 | 23,27 | 20,28 | 10,60 | 12,91 | 72,30 |
|    |   | 3,84 |      | 21,46 |       | 16,57 |       | 12,32 |       |       |
|    |   | 5,52 |      | 28,08 |       | 19,50 |       | 15,55 |       |       |
|    |   | 5,10 |      | 24,63 |       | 21,05 |       | 14,36 |       |       |
|    |   | 6,41 |      | 28,24 |       | 22,96 |       | 13,00 |       |       |
|    |   | 3,67 |      | 22,90 |       | 21,34 |       | 12,81 |       |       |
|    |   | 4,90 |      | 27,99 |       | 18,19 |       | 11,74 |       |       |
|    |   | 3,81 |      | 21,90 |       | 19,26 |       | 13,48 |       |       |
| 15 | 7 | 4,31 | 6,17 | 25,03 | 27,69 | 20,40 | 20,61 | 12,35 | 14,75 | 73,46 |
|    |   | 6,60 |      | 28,36 |       | 22,44 |       | 15,14 |       |       |
|    |   | 5,36 |      | 26,09 |       | 18,77 |       | 15,74 |       |       |
|    |   | 6,17 |      | 27,69 |       | 20,61 |       | 14,95 |       |       |
|    |   | 6,75 |      | 27,73 |       | 23,77 |       | 14,23 |       |       |

|    |    |      |      |       |       |        |       |       |       |       |
|----|----|------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|    |    | 6,83 |      | 28,89 |       | 21,43  |       | 14,75 |       |       |
|    |    | 4,39 |      | 24,25 |       | 17,38  |       | 13,33 |       |       |
| 16 | 9  | 5,07 | 4,88 | 25,80 | 25,62 | 19,95  | 18,75 | 14,37 | 13,59 | 72,95 |
|    |    | 3,20 |      | 21,52 |       | 18,75  |       | 11,14 |       |       |
|    |    | 3,32 |      | 22,01 |       | 17,57  |       | 12,83 |       |       |
|    |    | 4,88 |      | 25,56 |       | 18,14  |       | 14,15 |       |       |
|    |    | 5,48 |      | 26,97 |       | 21,11  |       | 13,59 |       |       |
|    |    | 6,10 |      | 27,21 |       | 23,63  |       | 13,48 |       |       |
|    |    | 5,82 |      | 28,17 |       | 20,85  |       | 12,87 |       |       |
|    |    | 2,77 |      | 20,66 |       | 16,28  |       | 14,75 |       |       |
|    |    | 4,38 |      | 25,62 |       | 17,29  |       | 13,67 |       |       |
| 17 | 6  | 5,68 | 7,14 | 27,30 | 28,21 | 24,70  | 22,93 | 14,08 | 14,62 | 74,96 |
|    |    | 6,72 |      | 26,31 |       | 23,22  |       | 14,11 |       |       |
|    |    | 7,05 |      | 30,08 |       | 21,15  |       | 15,74 |       |       |
|    |    | 7,36 |      | 28,17 |       | 24,80  |       | 14,49 |       |       |
|    |    | 7,69 |      | 29,65 |       | 22,64  |       | 14,74 |       |       |
|    |    | 7,23 |      | 28,24 |       | 21,05  |       | 15,09 |       |       |
| 18 | 10 | 3,46 | 4,72 | 22,24 | 25,90 | 18,77  | 20,62 | 11,48 | 13,96 | 75,43 |
|    |    | 7,92 |      | 31,27 |       | 21,40  |       | 14,80 |       |       |
|    |    | 3,78 |      | 25,34 |       | 17,03  |       | 11,87 |       |       |
|    |    | 4,98 |      | 25,38 |       | 19,84  |       | 13,98 |       |       |
|    |    | 6,18 |      | 27,38 |       | 22,66  |       | 14,30 |       |       |
|    |    | 6,78 |      | 31,28 |       | 21,91  |       | 13,93 |       |       |
|    |    | 6,90 |      | 29,55 |       | 22,94  |       | 14,82 |       |       |
|    |    | 4,28 |      | 26,41 |       | 16,95  |       | 12,65 |       |       |
|    |    | 3,65 |      | 22,69 |       | 19,33  |       | 14,41 |       |       |
|    |    | 4,46 |      | 24,77 |       | 21,54  |       | 12,46 |       |       |
| 19 | 8  | 5,98 | 5,62 | 26,58 | 27,89 | 123,69 | 33,30 | 15,30 | 14,95 | 86,17 |
|    |    | 5,24 |      | 28,00 |       | 17,50  |       | 16,17 |       |       |
|    |    | 4,62 |      | 26,78 |       | 20,73  |       | 13,08 |       |       |

|    |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|----|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |   | 6,75 |      | 26,55 |       | 24,39 |       | 26,15 |       |       |
|    |   | 4,29 |      | 26,46 |       | 18,17 |       | 12,36 |       |       |
|    |   | 6,77 |      | 30,85 |       | 21,45 |       | 13,86 |       |       |
|    |   | 4,08 |      | 26,97 |       | 18,32 |       | 9,27  |       |       |
|    |   | 7,22 |      | 30,95 |       | 22,15 |       | 13,41 |       |       |
| 20 | 7 | 4,97 | 4,75 | 22,98 | 24,10 | 16,13 | 16,73 | 15,83 | 13,62 | 73,23 |
|    |   | 5,37 |      | 24,63 |       | 18,70 |       | 15,40 |       |       |
|    |   | 5,58 |      | 25,65 |       | 16,06 |       | 14,03 |       |       |
|    |   | 2,78 |      | 21,04 |       | 11,37 |       | 10,77 |       |       |
|    |   | 5,67 |      | 26,78 |       | 18,48 |       | 13,39 |       |       |
|    |   | 4,87 |      | 24,19 |       | 17,62 |       | 13,48 |       |       |
|    |   | 4,00 |      | 23,40 |       | 18,78 |       | 12,46 |       |       |
| 21 | 9 | 6,98 | 6,02 | 29,24 | 25,98 | 18,58 | 19,43 | 14,56 | 15,62 | 76,61 |
|    |   | 6,01 |      | 27,24 |       | 18,33 |       | 14,43 |       |       |
|    |   | 7,92 |      | 26,83 |       | 22,18 |       | 26,58 |       |       |
|    |   | 6,94 |      | 26,76 |       | 23,93 |       | 15,07 |       |       |
|    |   | 3,62 |      | 22,11 |       | 14,87 |       | 12,24 |       |       |
|    |   | 6,79 |      | 25,75 |       | 22,79 |       | 17,90 |       |       |
|    |   | 6,04 |      | 27,00 |       | 18,93 |       | 13,39 |       |       |
|    |   | 6,08 |      | 25,96 |       | 18,05 |       | 13,88 |       |       |
|    |   | 3,81 |      | 22,96 |       | 17,25 |       | 12,52 |       |       |
| 22 | 6 | 5,19 | 5,04 | 25,74 | 25,09 | 18,02 | 18,58 | 13,06 | 13,16 | 72,96 |
|    |   | 5,34 |      | 25,16 |       | 22,61 |       | 13,05 |       |       |
|    |   | 5,31 |      | 25,47 |       | 18,89 |       | 13,51 |       |       |
|    |   | 5,87 |      | 26,02 |       | 19,70 |       | 13,24 |       |       |
|    |   | 3,37 |      | 21,88 |       | 13,32 |       | 12,04 |       |       |
|    |   | 5,17 |      | 26,27 |       | 18,94 |       | 14,06 |       |       |
| 23 | 6 | 4,49 | 4,52 | 23,92 | 24,37 | 19,75 | 17,36 | 13,05 | 12,79 | 72,04 |
|    |   | 4,88 |      | 24,29 |       | 15,94 |       | 13,30 |       |       |
|    |   | 3,87 |      | 23,32 |       | 15,20 |       | 11,83 |       |       |

|    |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|----|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |   | 4,56 |      | 25,61 |       | 18,21 |       | 11,64 |       |       |
|    |   | 5,16 |      | 25,98 |       | 17,77 |       | 14,50 |       |       |
|    |   | 4,17 |      | 23,10 |       | 17,26 |       | 12,43 |       |       |
| 24 | 7 | 6,12 | 5,13 | 27,66 | 24,69 | 19,30 | 16,45 | 14,47 | 13,18 | 70,83 |
|    |   | 5,06 |      | 23,67 |       | 16,01 |       | 15,70 |       |       |
|    |   | 3,88 |      | 23,30 |       | 14,64 |       | 10,21 |       |       |
|    |   | 2,68 |      | 20,53 |       | 13,11 |       | 10,94 |       |       |
|    |   | 6,39 |      | 27,65 |       | 17,86 |       | 11,35 |       |       |
|    |   | 6,09 |      | 25,55 |       | 16,13 |       | 15,00 |       |       |
|    |   | 5,72 |      | 24,50 |       | 18,08 |       | 14,57 |       |       |
| 25 | 6 | 7,06 | 6,40 | 26,54 | 26,28 | 19,98 | 20,50 | 13,90 | 14,76 | 75,95 |
|    |   | 3,72 |      | 21,29 |       | 20,06 |       | 12,12 |       |       |
|    |   | 6,82 |      | 27,79 |       | 21,53 |       | 14,05 |       |       |
|    |   | 8,61 |      | 29,27 |       | 19,66 |       | 19,09 |       |       |
|    |   | 6,10 |      | 25,42 |       | 19,80 |       | 14,97 |       |       |
|    |   | 6,08 |      | 27,34 |       | 21,94 |       | 14,43 |       |       |
| 26 | 6 | 4,44 | 5,15 | 25,48 | 24,66 | 17,80 | 18,37 | 10,25 | 13,32 | 73,83 |
|    |   | 5,25 |      | 24,44 |       | 20,17 |       | 13,21 |       |       |
|    |   | 6,98 |      | 26,13 |       | 18,36 |       | 18,35 |       |       |
|    |   | 3,44 |      | 22,25 |       | 15,89 |       | 10,50 |       |       |
|    |   | 4,22 |      | 23,64 |       | 17,52 |       | 12,76 |       |       |
|    |   | 6,60 |      | 26,03 |       | 20,50 |       | 14,85 |       |       |
| 27 | 7 | 6,02 | 5,27 | 25,93 | 26,44 | 21,28 | 18,91 | 15,24 | 13,46 | 71,42 |
|    |   | 7,13 |      | 28,84 |       | 20,14 |       | 14,37 |       |       |
|    |   | 4,74 |      | 26,15 |       | 18,07 |       | 12,73 |       |       |
|    |   | 4,61 |      | 25,07 |       | 20,08 |       | 12,54 |       |       |
|    |   | 5,01 |      | 26,12 |       | 17,57 |       | 13,08 |       |       |
|    |   | 4,73 |      | 25,60 |       | 17,54 |       | 13,49 |       |       |
|    |   | 4,65 |      | 27,37 |       | 17,70 |       | 12,80 |       |       |
| 28 | 5 | 4,30 | 5,36 | 26,13 | 25,83 | 17,91 | 20,65 | 12,83 | 13,79 | 75,29 |

|    |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|----|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |   | 3,54 |      | 21,61 |       | 19,20 |       | 11,97 |       |       |
|    |   | 6,24 |      | 26,67 |       | 21,62 |       | 15,86 |       |       |
|    |   | 7,26 |      | 28,17 |       | 24,44 |       | 14,16 |       |       |
|    |   | 5,47 |      | 26,59 |       | 20,10 |       | 14,13 |       |       |
| 29 | 9 | 4,18 | 6,37 | 23,06 | 27,27 | 16,51 | 21,27 | 12,81 | 15,34 | 75,99 |
|    |   | 4,09 |      | 24,63 |       | 18,74 |       | 12,14 |       |       |
|    |   | 6,30 |      | 27,31 |       | 20,70 |       | 15,88 |       |       |
|    |   | 8,47 |      | 31,31 |       | 23,34 |       | 17,36 |       |       |
|    |   | 7,62 |      | 28,96 |       | 23,41 |       | 17,34 |       |       |
|    |   | 6,64 |      | 27,52 |       | 19,29 |       | 15,91 |       |       |
|    |   | 7,84 |      | 29,26 |       | 24,10 |       | 16,30 |       |       |
|    |   | 6,13 |      | 27,80 |       | 22,77 |       | 13,30 |       |       |
|    |   | 6,06 |      | 25,57 |       | 22,60 |       | 17,01 |       |       |
| 30 | 5 | 7,80 | 7,13 | 31,24 | 28,91 | 20,58 | 21,37 | 17,85 | 16,43 | 74,89 |
|    |   | 8,73 |      | 29,31 |       | 20,74 |       | 20,63 |       |       |
|    |   | 7,08 |      | 28,36 |       | 22,82 |       | 15,25 |       |       |
|    |   | 7,12 |      | 28,18 |       | 24,11 |       | 14,87 |       |       |
|    |   | 4,93 |      | 27,47 |       | 18,59 |       | 13,57 |       |       |
| 31 | 6 | 8,19 | 7,95 | 30,12 | 29,83 | 21,44 | 24,26 | 17,10 | 16,33 | 76,36 |
|    |   | 8,15 |      | 29,31 |       | 24,58 |       | 18,74 |       |       |
|    |   | 7,02 |      | 28,67 |       | 23,98 |       | 13,73 |       |       |
|    |   | 9,47 |      | 31,26 |       | 25,07 |       | 16,53 |       |       |
|    |   | 7,77 |      | 31,57 |       | 21,98 |       | 16,84 |       |       |
|    |   | 7,09 |      | 28,04 |       | 28,50 |       | 15,04 |       |       |
| 32 | 6 | 7,10 | 5,68 | 29,06 | 27,52 | 21,75 | 21,08 | 16,30 | 13,80 | 72,68 |
|    |   | 4,31 |      | 25,51 |       | 19,30 |       | 12,33 |       |       |
|    |   | 4,94 |      | 28,15 |       | 19,24 |       | 11,99 |       |       |
|    |   | 6,22 |      | 28,10 |       | 22,50 |       | 14,00 |       |       |
|    |   | 6,13 |      | 29,10 |       | 24,00 |       | 13,42 |       |       |
|    |   | 5,41 |      | 25,22 |       | 19,66 |       | 14,77 |       |       |

|    |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|----|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 33 | 7 | 5,38 | 4,65 | 26,06 | 23,07 | 25,09 | 19,88 | 14,88 | 13,41 | 79,44 |
|    |   | 6,32 |      | 29,06 |       | 20,70 |       | 15,47 |       |       |
|    |   | 7,26 |      | 28,58 |       | 24,32 |       | 14,24 |       |       |
|    |   | 4,07 |      | 20,66 |       | 17,41 |       | 16,21 |       |       |
|    |   | 3,77 |      | 22,03 |       | 19,65 |       | 12,41 |       |       |
|    |   | 5,44 |      | 24,26 |       | 22,22 |       | 17,01 |       |       |
|    |   | 0,31 |      | 10,81 |       | 9,80  |       | 3,67  |       |       |
| 34 | 7 | 4,69 | 6,12 | 26,68 | 28,29 | 16,36 | 19,88 | 15,70 | 15,47 | 72,70 |
|    |   | 7,17 |      | 30,28 |       | 22,09 |       | 14,30 |       |       |
|    |   | 6,02 |      | 27,70 |       | 22,74 |       | 14,42 |       |       |
|    |   | 8,04 |      | 29,58 |       | 22,48 |       | 15,87 |       |       |
|    |   | 7,45 |      | 31,46 |       | 20,79 |       | 17,08 |       |       |
|    |   | 4,98 |      | 26,47 |       | 18,85 |       | 15,91 |       |       |
|    |   | 4,48 |      | 25,89 |       | 15,84 |       | 15,04 |       |       |
| 35 | 5 | 8,78 | 5,88 | 28,94 | 24,59 | 24,75 | 20,23 | 16,40 | 14,07 | 77,78 |
|    |   | 6,67 |      | 28,37 |       | 22,21 |       | 17,04 |       |       |
|    |   | 6,76 |      | 22,58 |       | 19,42 |       | 17,90 |       |       |
|    |   | 6,73 |      | 28,01 |       | 21,97 |       | 15,77 |       |       |
|    |   | 0,47 |      | 15,07 |       | 12,79 |       | 3,25  |       |       |
| 36 | 6 | 6,68 | 7,58 | 27,99 | 30,30 | 22,98 | 21,84 | 13,68 | 15,21 | 71,25 |
|    |   | 9,40 |      | 32,71 |       | 21,23 |       | 17,34 |       |       |
|    |   | 8,81 |      | 31,65 |       | 22,62 |       | 16,00 |       |       |
|    |   | 5,37 |      | 25,41 |       | 20,70 |       | 14,84 |       |       |
|    |   | 7,33 |      | 32,34 |       | 21,70 |       | 14,80 |       |       |
|    |   | 7,88 |      | 31,70 |       | 21,82 |       | 14,58 |       |       |
| 37 | 9 | 6,64 | 6,50 | 27,90 | 28,02 | 21,60 | 20,59 | 15,75 | 14,65 | 72,70 |
|    |   | 5,59 |      | 25,37 |       | 22,52 |       | 15,13 |       |       |
|    |   | 7,33 |      | 28,72 |       | 22,89 |       | 16,52 |       |       |
|    |   | 7,19 |      | 29,58 |       | 11,58 |       | 16,32 |       |       |
|    |   | 4,07 |      | 23,40 |       | 20,02 |       | 11,73 |       |       |

|    |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|----|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |   | 4,94 |      | 28,09 |       | 17,84 |       | 12,91 |       |       |
|    |   | 9,31 |      | 32,47 |       | 23,80 |       | 16,47 |       |       |
|    |   | 6,72 |      | 26,77 |       | 25,18 |       | 13,66 |       |       |
|    |   | 6,69 |      | 29,90 |       | 19,90 |       | 13,38 |       |       |
| 38 | 8 | 4,51 | 5,74 | 25,41 | 27,34 | 21,30 | 20,74 | 12,65 | 14,66 | 74,09 |
|    |   | 6,78 |      | 28,84 |       | 22,60 |       | 13,97 |       |       |
|    |   | 6,08 |      | 28,87 |       | 21,37 |       | 13,57 |       |       |
|    |   | 5,24 |      | 27,67 |       | 19,40 |       | 14,70 |       |       |
|    |   | 4,72 |      | 25,91 |       | 18,70 |       | 15,10 |       |       |
|    |   | 6,06 |      | 27,41 |       | 22,48 |       | 15,12 |       |       |
|    |   | 7,25 |      | 28,67 |       | 20,11 |       | 18,23 |       |       |
|    |   | 5,25 |      | 25,90 |       | 19,93 |       | 13,92 |       |       |
| 39 | 5 | 5,91 | 6,63 | 25,58 | 27,80 | 22,52 | 22,95 | 14,32 | 14,64 | 75,75 |
|    |   | 7,47 |      | 29,66 |       | 23,90 |       | 15,73 |       |       |
|    |   | 7,39 |      | 30,27 |       | 21,41 |       | 14,88 |       |       |
|    |   | 6,78 |      | 27,77 |       | 22,90 |       | 14,27 |       |       |
|    |   | 5,57 |      | 25,73 |       | 24,01 |       | 14,01 |       |       |
| 40 | 7 | 7,00 | 7,06 | 26,84 | 26,98 | 21,47 | 22,15 | 17,56 | 16,16 | 78,93 |
|    |   | 6,15 |      | 27,16 |       | 20,55 |       | 16,57 |       |       |
|    |   | 9,40 |      | 30,39 |       | 24,24 |       | 18,03 |       |       |
|    |   | 7,30 |      | 27,81 |       | 23,74 |       | 14,56 |       |       |
|    |   | 7,89 |      | 25,80 |       | 24,38 |       | 17,12 |       |       |
|    |   | 4,50 |      | 24,13 |       | 17,48 |       | 13,72 |       |       |
|    |   | 7,15 |      | 26,74 |       | 23,18 |       | 15,58 |       |       |
| 41 | 7 | 4,04 | 5,12 | 23,64 | 25,13 | 18,51 | 20,50 | 13,73 | 14,00 | 76,87 |
|    |   | 3,98 |      | 21,85 |       | 20,28 |       | 12,58 |       |       |
|    |   | 6,90 |      | 27,99 |       | 22,95 |       | 15,15 |       |       |
|    |   | 6,77 |      | 27,69 |       | 24,11 |       | 15,92 |       |       |
|    |   | 4,64 |      | 25,06 |       | 21,30 |       | 12,93 |       |       |
|    |   | 3,96 |      | 22,79 |       | 17,08 |       | 14,56 |       |       |

|    |   |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|----|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |   | 5,54 |      | 26,91 |       | 19,27 |       | 13,10 |       |       |
| 42 | 6 | 6,03 | 6,35 | 27,12 | 27,61 | 22,30 | 22,18 | 14,63 | 15,06 | 75,94 |
|    |   | 5,82 |      | 27,11 |       | 20,65 |       | 14,65 |       |       |
|    |   | 6,78 |      | 30,12 |       | 23,19 |       | 12,71 |       |       |
|    |   | 6,64 |      | 27,36 |       | 23,60 |       | 15,25 |       |       |
|    |   | 6,99 |      | 27,94 |       | 21,40 |       | 17,20 |       |       |
|    |   | 5,85 |      | 26,01 |       | 21,92 |       | 15,90 |       |       |
| 43 | 5 | 7,27 | 6,36 | 29,48 | 26,83 | 21,60 | 21,67 | 14,44 | 14,92 | 76,58 |
|    |   | 3,38 |      | 22,16 |       | 18,82 |       | 11,59 |       |       |
|    |   | 9,45 |      | 31,35 |       | 25,85 |       | 16,97 |       |       |
|    |   | 6,16 |      | 25,66 |       | 19,66 |       | 16,73 |       |       |
|    |   | 5,57 |      | 25,50 |       | 22,43 |       | 14,87 |       |       |
| 44 | 5 | 5,00 | 5,37 | 25,11 | 25,29 | 18,21 | 20,23 | 13,87 | 13,94 | 76,11 |
|    |   | 4,06 |      | 22,78 |       | 19,29 |       | 12,72 |       |       |
|    |   | 6,12 |      | 25,44 |       | 22,06 |       | 15,55 |       |       |
|    |   | 6,91 |      | 28,27 |       | 23,23 |       | 14,98 |       |       |
|    |   | 4,74 |      | 24,85 |       | 18,34 |       | 12,59 |       |       |
| 45 | 9 | 5,49 | 4,78 | 26,07 | 25,01 | 20,30 | 19,17 | 14,98 | 14,05 | 75,51 |
|    |   | 5,52 |      | 27,10 |       | 19,37 |       | 14,68 |       |       |
|    |   | 5,79 |      | 29,50 |       | 19,04 |       | 14,24 |       |       |
|    |   | 1,88 |      | 19,89 |       | 14,69 |       | 9,21  |       |       |
|    |   | 4,17 |      | 23,89 |       | 19,37 |       | 12,39 |       |       |
|    |   | 7,03 |      | 27,20 |       | 22,60 |       | 17,08 |       |       |
|    |   | 3,86 |      | 21,50 |       | 16,43 |       | 15,26 |       |       |
|    |   | 4,53 |      | 25,39 |       | 20,90 |       | 13,86 |       |       |
|    |   | 4,78 |      | 24,53 |       | 19,85 |       | 14,71 |       |       |
| 46 | 7 | 5,25 | 6,24 | 27,32 | 28,18 | 18,32 | 21,20 | 14,20 | 14,32 | 72,57 |
|    |   | 6,79 |      | 27,09 |       | 24,21 |       | 14,70 |       |       |
|    |   | 6,59 |      | 30,73 |       | 20,72 |       | 12,97 |       |       |
|    |   | 5,47 |      | 26,45 |       | 19,89 |       | 15,45 |       |       |

|    |    |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|----|----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |    | 5,37 |      | 26,65 |       | 21,42 |       | 13,01 |       |       |
|    |    | 6,64 |      | 27,60 |       | 21,57 |       | 15,68 |       |       |
|    |    | 7,55 |      | 31,43 |       | 22,25 |       | 14,24 |       |       |
| 47 | 9  | 6,74 | 5,59 | 28,31 | 26,83 | 20,48 | 21,27 | 16,62 | 14,84 | 75,97 |
|    |    | 6,19 |      | 24,05 |       | 24,38 |       | 12,77 |       |       |
|    |    | 5,85 |      | 29,28 |       | 19,28 |       | 13,57 |       |       |
|    |    | 7,19 |      | 26,10 |       | 22,08 |       | 26,84 |       |       |
|    |    | 5,95 |      | 27,84 |       | 21,45 |       | 13,17 |       |       |
|    |    | 3,82 |      | 26,44 |       | 15,82 |       | 10,96 |       |       |
|    |    | 5,40 |      | 29,26 |       | 29,07 |       | 11,07 |       |       |
|    |    | 5,18 |      | 26,79 |       | 21,46 |       | 13,63 |       |       |
|    |    | 4,02 |      | 23,40 |       | 17,43 |       | 14,92 |       |       |
| 48 | 7  | 6,52 | 5,05 | 28,84 | 26,92 | 24,16 | 20,50 | 14,89 | 14,03 | 73,50 |
|    |    | 6,71 |      | 28,47 |       | 24,47 |       | 15,39 |       |       |
|    |    | 5,84 |      | 29,20 |       | 20,62 |       | 16,49 |       |       |
|    |    | 4,55 |      | 27,43 |       | 19,91 |       | 12,35 |       |       |
|    |    | 4,62 |      | 24,46 |       | 22,33 |       | 14,36 |       |       |
|    |    | 3,90 |      | 26,28 |       | 14,58 |       | 12,89 |       |       |
|    |    | 3,23 |      | 23,74 |       | 17,43 |       | 11,86 |       |       |
| 49 | 10 | 3,71 | 4,33 | 24,94 | 25,25 | 18,77 | 18,21 | 12,24 | 14,43 | 74,41 |
|    |    | 4,91 |      | 28,01 |       | 18,18 |       | 13,83 |       |       |
|    |    | 5,36 |      | 24,34 |       | 21,07 |       | 15,68 |       |       |
|    |    | 5,37 |      | 26,05 |       | 19,55 |       | 16,21 |       |       |
|    |    | 4,05 |      | 26,63 |       | 16,09 |       | 13,42 |       |       |
|    |    | 3,35 |      | 24,18 |       | 15,45 |       | 11,33 |       |       |
|    |    | 3,18 |      | 23,21 |       | 18,59 |       | 11,11 |       |       |
|    |    | 4,46 |      | 26,30 |       | 17,93 |       | 13,44 |       |       |
|    |    | 6,40 |      | 27,69 |       | 19,69 |       | 17,08 |       |       |
|    |    | 2,53 |      | 21,15 |       | 16,75 |       | 19,91 |       |       |
| 50 | 6  | 7,80 | 7,47 | 28,73 | 29,47 | 21,78 | 22,75 | 16,83 | 16,26 | 75,24 |

|        |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |       | 7,22 |       | 29,40 |       | 24,35 |       | 15,71 |       |       |
|        |       | 7,05 |       | 29,18 |       | 22,64 |       | 15,28 |       |       |
|        |       | 7,84 |       | 32,07 |       | 19,73 |       | 18,78 |       |       |
|        |       | 7,52 |       | 28,48 |       | 21,36 |       | 16,90 |       |       |
|        |       | 7,42 |       | 28,96 |       | 26,65 |       | 14,07 |       |       |
|        | 7,20  | -    | 5,98  | -     | 26,95 | -     | 20,88 | -     | 14,57 | 74,76 |
| $S^2$  | 1,96  | -    | 0,84  | -     | 2,88  | -     | 5,81  | -     | 0,91  | 6,90  |
| $s$    | 1,40  | -    | 0,92  | -     | 1,70  | -     | 2,41  | -     | 0,96  | 2,63  |
| CV (%) | 19,44 | -    | 15,33 | -     | 6,30  | -     | 11,54 | -     | 6,56  | 3,51  |

Apêndice C. Análise de efeitos da espessura dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído da semente do fruto *Swartzia burchelli*, água e glicerol.

|                  | Efeitos | Erro padrão | Valor- <i>p</i> | Coefficiente | Coefficiente do erro padrão |
|------------------|---------|-------------|-----------------|--------------|-----------------------------|
| Média/Intercepto | 0,06    | 0,00        | 0,00            | 0,06         | 0,00                        |
| Amido (%)        | 0,02    | 0,00        | 0,00            | 0,01         | 0,00                        |
| Glicerol (%)     | 0,00    | 0,00        | 0,19            | 0,00         | 0,00                        |
| A x G            | -0,01   | 0,00        | 0,08            | 0,00         | 0,00                        |

Apêndice D. Coeficientes de regressão para espessura dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído da semente do fruto *Swartzia burchelli*, água e glicerol.

|                  | Coeficientes de regressão | Erro padrão | Valor- <i>p</i> |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| Média/Intercepto | 0,02                      | 0,01        | 0,00            |
| Amido (%)        | 0,01                      | 0,00        | 0,00            |
| Glicerol (%)     | 0,00                      | 0,00        | 0,04            |
| A x G            | -0,00                     | 0,00        | 0,08            |

Apêndice E. Análise de efeitos da permeabilidade ao vapor de água dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído da semente do fruto *Swartzia burchelli*, água e glicerol.

|                  | Efeitos | Erro padrão | Valor- <i>p</i> | Coefficiente | Coefficiente do erro padrão |
|------------------|---------|-------------|-----------------|--------------|-----------------------------|
| Média/Intercepto | 16,90   | 0,46        | 0,00            | 16,90        | 0,46                        |
| Amido (%)        | 4,97    | 0,93        | 0,00            | 2,48         | 0,46                        |
| Glicerol (%)     | 8,07    | 0,93        | 0,00            | 4,03         | 0,46                        |

Apêndice F. Coeficientes de regressão para permeabilidade ao vapor de água dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído da semente do fruto *Swartzia burchelli*, água e glicerol.

|                  | Coeficientes de regressão | Erro padrão | Valor- <i>p</i> |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| Média/Intercepto | 5,33                      | 1,36        | 0,00            |
| Amido (%)        | 2,34                      | 0,44        | 0,00            |
| Glicerol (%)     | 0,29                      | 0,03        | 0,00            |

Apêndice G. Análise de efeitos solubilidade em água dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído da semente do fruto *Swartzia burchelli*, água e glicerol.

|                  | Efeitos | Erro padrão | Valor- <i>p</i> | Coeficiente | Coeficiente erro padrão |
|------------------|---------|-------------|-----------------|-------------|-------------------------|
| Média/Intercepto | 17,11   | 0,41        | 0,00            | 17,11       | 0,41                    |
| Amido (%)        | -9,60   | 0,82        | 0,00            | -4,80       | 0,41                    |
| Glicerol (%)     | -0,71   | 0,82        | 0,40            | -0,35       | 0,41                    |
| A x G            | 2,83    | 0,82        | 0,00            | 1,41        | 0,41                    |

Apêndice H. Coeficientes de regressão para solubilidade em água dos filmes biodegradáveis elaborados a base de amido extraído da semente do fruto *Swartzia burchelli*, água e glicerol.

|                  | Coeficientes de regressão | Erro padrão | Valor- <i>p</i> |
|------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| Média/Intercepto | 33,66                     | 1,82        | 0,00            |
| Amido (%)        | -6,42                     | 0,67        | 0,00            |
| Glicerol (%)     | -0,26                     | 0,07        | 0,00            |
| A x G            | 0,09                      | 0,03        | 0,00            |