



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO, CAMPUS PETROLINA
CURSO DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

HELISVANHAH GRETТА ANTUNES RODRIGUES

**UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR PARA PRODUÇÃO DE FARINHA DE
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: CASCA DA BANANA E RESÍDUO DE
ACEROLA**

PETROLINA – PE

2015

HELISVANHAH GRETТА ANTUNES RODRIGUES

**UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR PARA PRODUÇÃO DE FARINHA DE
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: CASCA DA BANANA E RESÍDUO DE
ACEROLA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sertão Pernambucano como requisito parcial para obtenção do grau de **Tecnóloga em Alimentos**.

Orientador: MSc. Arão Cardoso Viana

Co-orientadora: MSc. Páulia Maria Cardoso Lima Reis

PETROLINA – PE

2015

HELISVANHAH GRETTA ANTUNES RODRIGUES

**UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR PARA PRODUÇÃO DE FARINHA DE
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: CASCA DA BANANA E RESÍDUO DE
ACEROLA**

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Aurianna Coelho Barros

Prof^a Msc. Páulia Maria Cardoso Lima Reis
(Co-orientadora)

Prof^o Msc. Arão Cardoso Viana
(Orientador)

Aprovado em: ___/___/___

A Deus por estar sempre ao meu lado,

A minha família, minha mãe, meu pai e minha irmã, que sempre estiveram me auxiliando,

As minhas amigas de faculdade que tornaram-se uma segunda família,

Aos professores do departamento de Tecnologia em Alimentos, por sempre estarem dispostos a disseminar a ciência.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Mestre Arão Cardoso Viana, pela sua imensa paciência, pelos seus ensinamentos e por todo auxílio prestado durante o desenvolvimento deste trabalho.

A minha co-orientadora, Professora Mestre Páulia Maria Cardoso Lima Reis, pelo socorro prestado, disponibilidade e pelo seu característico carisma.

A Nilda, que com toda boa vontade me ajudou nos trabalhos desenvolvidos no LEA.

Aos técnicos de laboratório, Antônio e seus estagiários, que sempre prestam auxílio aos pesquisadores que necessitam.

A Ruanna Magali, pela amizade, auxílio, paciência e irmandade durante toda a realização da pesquisa.

A Mayra Moraes, pelo companheirismo e auxílio durante a realização das análises físico-químicas.

A Tamna Joanan, pela amizade, irmandade, alegria e cooperação durante as etapas de vida de pesquisadora.

A Professora Dr^a. Luciana Cavalcanti Azevedo, pela paciência e assistência prestada quando surgiam dúvidas durante as análises físico-químicas.

A Professora Aurianna Coelho, Jéssica Santos e Kamila Corcino, no auxílio durante as análises microbiológicas.

Ao IF SERTÃO-PE pelo apoio e disponibilização da sua estrutura para a realização da pesquisa.

A CAPES e CNPq pelo apoio financeiro para a execução deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

Comece de onde você está. Use o que tiver. Faça o que você puder.

Arthur Ashe.

RESUMO

A conservação de alimentos é uma tecnologia de extrema importância, pois os alimentos possuem naturalmente componentes que causam a sua deterioração. Com a aplicação destas tecnologias, aumenta-se a vida útil dos alimentos e mantem suas qualidades organolépticas por longos períodos, a secagem é uma forma de conservação. Através do presente trabalho foram feitas secagens artificial e solar utilizando o equipamento Watercone® das amostras de casca de banana e resíduo de acerola e visto a viabilidade de secagem com ele. Em comparação a secagem artificial, houve homogeneidade na perda de massa de água das amostras e a secagem solar foi feita com êxito, e a umidade final dos desidratados foram satisfatórias. Os produtos obtidos a partir dessa secagem possuíram cor e aroma muito mais intensificados que a secagem artificial, e o rendimento final também foi superior ao encontrado na secagem artificial. Foram realizadas análises físico-químicas das farinhas da casca de banana e resíduo de acerola respectivamente, tendo-se destaque para os parâmetros de Aa (0,403 e 0,463) indicando ser um dos parâmetros que quantificam a vida de prateleira do produto; a umidade (5,55 e 6,56%) encontrando-se dentro do permitido pela legislação específica para farinhas; Cinzas totais (11,97 e 2,75%) que representa a presença de minerais nas farinhas; Fibras insolúveis (22,64 e 50,35%). Os valores encontrados nas análises estão de acordo com o encontrado por outros pesquisadores e pela legislação. Logo, a secagem solar utilizando o equipamento Watercone® é viável, e a utilização de resíduos que normalmente são desprezados aumenta a qualidade nutricional da alimentação.

Palavras – Chave: Conservação; Alimento; Secagem; Watercone®; Farinha.

ABSTRACT

The preservation of food is an extremely important technology because foods naturally possess components that cause its deterioration. The application of these technologies, increases the shelf life of foods and keeps its organoleptic qualities for longer periods, drying is one way of conservation. Through this work were made artificial and solar drying using Watercone® equipment of banana peel samples and waste acerola and seen drying feasibility with him. Compared to artificial drying was homogeneous mass loss of samples of water and solar drying was successful, and the final moisture content of the dehydrated were satisfactory. The products obtained from this drying color and aroma possessed much enhanced that artificial drying, and the final yield was also higher than that found in artificial drying. Physical and chemical analyzes of banana bark meal and waste of acerola were carried out respectively, and is highlighting the parameters of Aw (0.403 and 0.463) indicating that one of the parameters that quantify the shelf life of the product; humidity (5.55 and 6.56%) lying within the permitted by legislation specific for meals; Total ash (2,75% and 11,97) which represents the presence of minerals in meals; Insoluble fiber (22.64 and 50.35%). The values found in the analysis are consistent with findings by other researchers and by law. Therefore, solar drying using Watercone® equipment is feasible and the use of residues that are normally discarded increase the nutritional quality of food.

Key - words: Preservation; Food; Drying; Watercone®; Flour.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma adotado para a casca de banana.....	21
Figura 2: Fluxograma adotado para o resíduo de acerola	22
Figura 3: Secador a ar forçado	23
Figura 4: Equipamento Watercone®	24
Figura 5: Tratamentos aplicados na casca de banana	26
Figura 6: Curva de secagem artificial da casca de banana.....	28
Figura 7: Curva de secagem artificial do resíduo de acerola	28
Figura 8: Etapas para a secagem solar casca de banana	29
Figura 9: Etapas para a secagem solar resíduo de acerola	30
Figura 10: Curva de secagem solar da casca de banana	31
Figura 11: Curva de secagem solar do resíduo de acerola.....	32
Figura 12: Material desidratado casca de banana	34
Figura 13: Material desidratado resíduo de acerola.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1 Frutas para Alimentação Humana	16
3.2 Produtividade de Banana e Acerola	17
3.3 Secagem por Energia Solar	17
4 MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 Obtenção do Resíduo para Avaliação de Secagem	20
4.1.1 Resíduo da Casca da Banana	20
4.1.2 Resíduo de Acerola	21
4.2 Análise de Umidade	22
4.3 Procedimentos de Secagem	22
4.3.1 Secagem artificial	23
4.3.2 Secagem solar	24
4.4 Caracterização das Farinhas	24
4.4.1 Análise Microbiológica	24
4.4.2 Análise granulométrica	25
4.4.3 Análises Físicas e Físico-químicas	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 Obtenção do Resíduo para Avaliação de Secagem	26
5.1.1 Resíduo da Casca de Banana	26
5.1.2 Resíduo de Acerola	26
5.2 Análise de Umidade	27
5.3 Procedimentos de Secagem	27
5.3.1 Secagem Artificial	27
5.3.2 Secagem Solar	29
5.4 Caracterização das Farinhas	33
5.4.1 Análise Microbiológica	33
5.4.2 Análise Granulométrica	33
5.4.3 Análises Físicas e Físico-químicas	35
6 CONCLUSÃO	39
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
8 ANEXO	44

8.1 Tabelas de Secagem Artificial	44
8.1.1 Casca de Banana.....	44
8.1.2. Resíduo de Acerola	44
8.2. Tabelas de Secagem Solar	45
8.2.1. Casca de Banana.....	45
8.2.2. Resíduo de Acerola	48

1 INTRODUÇÃO

Desde sempre o ser humano necessitou de alimentos, são deles que se retiram os elementos essenciais para o organismo, é através deles que se sacia a fome, sendo uma vez saciada, criam-se reservas de energia. Nos alimentos encontram-se os nutrientes, que são divididos em: Carboidratos, gorduras, proteínas, minerais e vitaminas.

Os alimentos são produtos de constituição complexa, que são consumidos pelo homem independente de sua condição, de forma *in natura*, processados ou cozinhados, para atender suas necessidades nutricionais e saciar as sensoriais. Os nutrientes estão presentes nos alimentos e são absorvidos pelo organismo transformando-os e integrando-os aos tecidos como fonte de reserva energética (PEREDA et al., 2005)

A *Malpighia glabra* L., também conhecida como acerola, cereja das Antilhas. É uma fruta tipicamente tropical e possui uma boa parte dos elementos essenciais, sendo rica em vitamina C, superando a laranja. A aceroleira é originária da América tropical, na região banhada pelo mar das Antilhas e é cultivada desde a Segunda Guerra Mundial naquela região (FILHO, 2010).

Essa cultura foi introduzida no Brasil em 1955, iniciando no estado de Pernambuco, onde somente após a década de 1980 aconteceu à expansão do seu cultivo a nível comercial. Calcula-se que o Brasil seja um dos maiores produtores da fruta, destacando-se no país os estados do nordeste com maior produção, como principais produtores os estados da Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraná e Rondônia. O peso em média de uma unidade da fruta varia de 2 a 10 g. Com o consumo em média de três frutas por dia sacia-se as necessidades diárias de vitamina C a nível de um adulto (*idem*).

Em adição, a *Musa* spp, também conhecida como banana, é uma fruta tropical rica em Potássio. De acordo Fasolin *et al.* (2007): A bananeira, Família das Musáceas, é cultivada em todos os estados brasileiros, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior. Estima-se que a área plantada no país atinja em torno de 480 mil hectares. No entanto, alguns fatores climáticos, como a temperatura e as chuvas, impelem limites à cultura fazendo com que ela se concentre nos Estados da Bahia, São Paulo, Santa Catarina, Pará e Minas Gerais.

Em relação ao clima, o Brasil apresenta condições climáticas excelentes para a produção de frutas, especialmente tropicais e subtropicais, correspondendo a um dos maiores produtores de frutas no mundo. No entanto, a perda no mercado interno é considerada muito elevada. Silva *et al.* (2003) comenta que o custo voltado para estas perdas, sejam elas econômicas ou físicas, são repassadas diretamente para o consumidor, resultando no comprometimento do consumo de frutas, além da estruturação da competitividade do mercado e de sua cadeia.

O Brasil encontra-se como o terceiro maior produtor de frutas, estima-se que sejam produzidas 42 milhões de toneladas e um total de 340 milhões de toneladas são colhidas anualmente em todo o mundo. Porém, mesmo com este lugar de destaque, encontra-se na posição de 12º lugar em exportações. De toda essa quantidade de produção, avalia-se que as perdas no mercado interno aproxime-se de 40%, pelas frutas serem altamente perecíveis. Alguns dos fatores que contribuem para esses números são a falta de informação do produtor, logística, falta de estruturas adequadas no armazenamento, má utilização de recursos de manejo do solo e das plantas (FACHINELLO & NACHTIGAL, 1996).

A quantidade dos resíduos gerados a partir de indústrias de polpa, doces, compotas, sucos, geleias é muito alta, esses resíduos industriais normalmente são compostos por casca, semente e/ou caroço, e bagaço. Os resíduos tornam-se perdas que podem alcançar 30 a 40 toneladas por dia. Diversos estudos comprovam a utilização destas partes que normalmente são desprezadas como enriquecimento nutricional adicional em alimentos processados. Mundialmente há uma utilização em grande escala de energia para adequação de novas tecnologias e processamentos de alimentos (MATIAS *et al.*, 2005; MARTINS & FARIAS, 2002).

Por isso, uma das opções para diminuir as perdas e para uma melhor forma de aproveitamento é a secagem, utilizando a energia solar, que é uma fonte renovável. Um dos métodos mais antigos de conservação de alimentos é a secagem, que é um processo físico e tem consistência na eliminação da água através da evaporação. Surgiu quando os povos primitivos notaram que os alimentos, as sementes das plantas, que eram expostos ao sol conservavam-se por mais tempo. A partir dessa observação passaram a secar ao sol outros alimentos, como carnes, peixes e grãos. (FERREIRA *et al.*, 2005).

Sob esta visão, a secagem solar é facilmente substituída pela secagem artificial, no entanto, com o aumento dos valores dos combustíveis fósseis e o mundial aumento de consumo de energia optar pela utilização da energia solar é uma forma de renovar as perspectivas dos produtores agrícolas, uma vez que esta sobressai pelo baixo custo operacional, por ser uma energia renovável, limpa. Outro fator da secagem solar é proporcionar a venda de produtos que são oriundos de resíduos agrícolas que possuem valor nutricional, pois para facilitar a sua inserção no mercado é necessário um baixo custo de processamento (QUEIROZ et al. 2011).

Diante da oportunidade visando aproveitar o potencial energético oferecido pela região do submédio São Francisco, o presente trabalho teve como objetivo o aproveitamento de cascas de banana e resíduos da extração da polpa da acerola na produção de farinha, através do processo de secagem utilizando o Watercone®, fazendo comparações entre as duas técnicas de secagem, a artificial e a utilizando a energia solar.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o processo para elaboração de uma farinha de resíduo agroindustrial da acerola e da casca de banana, que possua qualidade microbiológica e físico-química de acordo a legislação específica utilizando energia solar.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar o processo de secagem utilizando a energia solar e o secador de ar forçado;
- Elaborar farinhas com os materiais desidratados obtidos a partir da secagem solar e estabelecer sua granulometria;
- Realizar análises de bactérias totais, bolores e leveduras e coliformes totais comparando-se a legislação específica;
- Estabelecer a qualidade física e físico-química das farinhas produzidas a partir da secagem solar.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Frutas para Alimentação Humana

A inserção de frutas e hortaliças na alimentação é algo importante, pois estes tipos de alimentos possuem fontes de elementos essenciais de forma natural, não industrializada ou modificada, sendo de alto poder de biodisponibilidade. A alimentação da população atual encontra-se de forma inadequada, valorizando formas mais práticas, porém, não mais saudáveis.

As frutas, por em muitos casos, avançarem no seu estágio de maturação muito rápido podem ser adaptadas em técnicas que as façam durar por mais tempo e que não sejam extintos seus nutrientes. As que se encontram em alto grau de maturação ou fora dos padrões aceitáveis para comercialização na sua forma *in natura* podem ser adaptadas a técnicas de beneficiamento que as transformem em produtos para comercialização ou consumo sob forma de compotas, doces, farinhas. Caracterizando-se uma alternativa de promover uma alimentação com boa qualidade microbiológica e economicamente viável (MARQUES et al., 2008).

No Brasil são produzidos 140 milhões de toneladas de alimentos por ano, apresentando-se como um dos maiores exportadores de produtos agrícolas do mundo, e concomitantemente, percebem-se muitos excluídos sem acesso ao alimento necessário em qualidade e quantidade. Caracterizando-se a fome e o desperdício de alimentos como dois dos maiores problemas que o país enfrenta (GONDIM et al., 2005).

Utilizar resíduos de frutas é uma forma de incentivar o aproveitamento total das mesmas e uma forma de oferecer uma alimentação saudável, e de baixo custo para a população. Com isso será possível proporcionar uma forma de acesso a fontes de nutrientes e de elementos essenciais, a baixo custo (*idem*).

O ser humano necessita de uma alimentação sadia, rica em nutrientes, podendo ser complementado com partes de alimentos que normalmente são desprezados, sendo classificados como resíduos. A utilização de cascas, talos e folhas promovem o aproveitamento integral dos alimentos, diminuindo os gastos com alimentação e melhoramento da qualidade nutricional do cardápio, bem como solucionando deficiências dietéticas do excesso alimentar, tornando possível a criação de novas

receitas, como, farinhas, sucos, doces, geleias, reduzindo o desperdício de alimentos (GONDIM et al., 2005; SANTOS et al., 2010).

3.2 Produtividade de Banana e Acerola

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas frescas, 7º lugar com 923.035 toneladas, FAOSTATS (2011). Mesmo possuindo esses números, existe uma quantidade considerável de frutas, hortaliças, que por falta de conhecimento dos produtores ou comerciantes, findam sendo desperdiçadas. Notória é esta ocorrência em feiras livres, por exemplo.

No ano de 2009 o Brasil produziu 41.041.384 toneladas de frutas. No ano de 2009 foram registrados na produção de banana cerca de 6.783.482 toneladas, em segundo lugar, atrás somente da laranja (IBRAF, 2009).

Em 2007 o estado da Bahia ficou em primeiro lugar na produção de banana, com 1.386.016 toneladas, o que comprova que o clima e a localização do Vale do São Francisco são favoráveis para a sua produção, IBRAF (2007). De acordo com a grande produção de banana também é grande o consumo interno do país, uma vez que em 2007 foram exportadas cerca de 99.603.144 kg de banana, IBRAF (2007/2008). Como existe um grande consumo de banana, também é gerado um grande número de resíduos.

Como caracteriza o trabalho de Borges et al. (2009), foram obtidas 954 bananas com cascas para os testes correspondendo a 86,93 kg, das quais posteriormente descascadas manualmente 17,02 kg correspondia as bananas sem cascas, o que gera 69,91 kg de cascas. Um valor alto de resíduos que na opinião de Gondim et al. (2005), podem possuir maiores valores nutricionais que a própria polpa da banana e que para aproveitamento poderiam passar por um processamento tecnológico para obtenção de farinhas, doces, compotas.

3.3 Secagem por Energia Solar

Conservação de alimentos é um princípio fundamental para obtenção de produtos com maior qualidade, vida útil e caracterização de nutrientes, pois visa o controle de processos naturais de deterioração presentes nos alimentos. Com a aplicação de tratamentos vinculados a conservação, os alimentos permanecem disponíveis por

maiores períodos do ano e em regiões em que não são comuns seu desenvolvimento e cultivo. Existem métodos, como os tratamentos térmicos de branqueamento, pasteurização, esterilização (CAMPBELL-PLATT, 2015).

A secagem a ar, por utilizar o fluxo de ar turbulento, faz com que inicialmente a água livre presente na camada externa do alimento seja evaporada, e, por consequência passa-se para a água ligada internamente, usualmente utilizando um secador mecânico (*idem*). Já a secagem solar, é uma das opções de menor custo, pois é aplicado um recurso renovável e de energia limpa, o sol.

A utilização de técnicas como a secagem natural ou por circulação de ar forçada é uma das possibilidades de utilização de resíduos, que posteriormente podem ser transformados como, por exemplo, em farinhas. Na visão de Coelho & Azevedo (2012), a secagem fundamenta-se na eliminação de parte da água livre que esteja presente no alimento viabilizando sua estocagem à temperatura ambiente, este processo permite que não ocorram perdas significativas nos seus atributos nutricionais e organolépticos. Podendo ser realizadas tanto a secagem natural, quando existe a exposição ao sol, como também por secagem artificial em secadores mecânicos com circulação de ar forçado.

O sistema de secagem natural é economicamente viável, por sua fonte de energia ser renovável, o sol. No Brasil e singularmente no Nordeste, existe um grande potencial de utilização da energia solar em diversos setores como, secagem de frutas, transformação da energia solar em energia elétrica, aquecimento domiciliar de água (COELHO & AZEVEDO, 2012 *apud* COSTA, 2008).

A despesa de produção é um dos motivos que possui maior magnitude a ser apontado na designação da técnica de desidratação. A secagem natural dispõe de custos menores ao da desidratação artificial, pois se utiliza da condição climática do meio ambiente (SILVA, 2000).

Com os benefícios da aplicação de resíduos, e a facilidade de energia solar no Nordeste devido ao clima e sua localização geográfica e da região específica de Petrolina – PE (3.000 horas anuais de insolação), Coelho & Azevedo (2012), e visando a preservação das características organolépticas. É interessante o desenvolvimento de técnicas as quais utilizem a energia solar, sendo uma fonte alternativa de elaboração de produtos principalmente para pequenos produtores, onde possuem carência de recursos e de maquinário.

Ao comparar os resultados obtidos desta secagem atrelada ao equipamento Watercone® com a que utiliza o ar forçado distingue-se a concentração de alguns componentes, como o aroma, por não existir a circulação constante de ar, permanecendo assim um alimento sem demasiada perda de suas características sensoriais.

Com essa distinção, a presente pesquisa foi desenvolvida no Nordeste brasileiro, na cidade de Petrolina-PE, a qual a incidência solar está presente em grande parte dos dias do ano, por localizar-se em uma área de clima tropical seco-úmido.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão - PE), *Campus* Petrolina, no Laboratório Experimental de Alimentos (LEA), no Laboratório de Físico-Química e Laboratório de Microbiologia.

4.1 Obtenção do Resíduo para Avaliação de Secagem

4.1.1 Resíduo da Casca da Banana

As bananas foram adquiridas em supermercados da cidade de Petrolina – PE, no estágio de maturação 4, a temperatura ambiente, sendo imediatamente encaminhadas para o Laboratório Experimental de Alimentos (LEA). No mesmo dia foram descascadas, visando obtenção da matéria-prima, cascas da banana, para a execução do experimento. A polpa da banana foi armazenada para utilização pessoal.

Em um primeiro momento, as cascas foram separadas em quatro partes iguais, visando aplicação de tratamentos físicos e/ou químicos com o objetivo de inibir o escurecimento enzimático, sendo escolhido o tratamento que apresentou melhor resultado.

Desta forma, as cascas de banana foram trituradas, submetidas aos seguintes tratamentos e codificações: O primeiro tratamento (T1) foi o controle, para comparação da eficiência dos tratamentos aplicados; O segundo tratamento (T2) foi a imersão da amostra em solução de metabissulfito de potássio em concentração de 0,3% (p/p) por 5 minutos; No terceiro tratamento (T3) a amostra foi aplicada um tratamento térmico a temperatura de 85°C/10 segundos e resfriada a 7°C/2 minutos; No quarto tratamento (T4) a amostra foi submetida a junção dos tratamentos T2 e T3. Após 10 minutos de aplicação dos tratamentos, as cascas foram avaliadas visualmente, observando o nível de escurecimento enzimático inibido.

Após escolha do tratamento a ser adotado nas cascas para a secagem, foi elaborado um fluxograma para a desidratação (Figura 1).

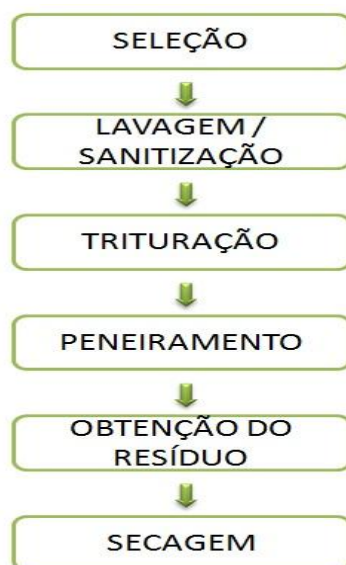
Figura 1: Fluxograma adotado para a casca de banana



4.1.2 Resíduo de Acerola

A matéria-prima foi adquirida em supermercados da cidade de Petrolina – PE, no estágio de maturação 4, e imediatamente conduzida ao LEA em temperatura ambiente, onde foi realizado o processamento para obtenção do resíduo de acerola. A trituração foi realizada com um liquidificador Philips – Wallita modelo 600 W. Ocorreu a extração do suco integral da acerola, sendo o restante do material destinado para tratamentos de secagem, fluxograma (Figura 2) baseado em Silva (2000) com adaptações.

Figura 2: Fluxograma adotado para o resíduo de acerola



4.2 Análise de Umidade

Para melhor conhecimento da matéria-prima adotada, foi executada a análise de umidade segundo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), da casca de banana e do resíduo de acerola, para a determinação da umidade inicial e massa final desejada para as etapas posteriores de secagem.

4.3 Procedimentos de Secagem

Os tratamentos de desidratação foram realizados no LEA, *Campus Petrolina*. Foram aplicadas equações para as duas formas de secagem, para conhecimento da umidade final dos produtos desidratados, umidade em base úmida, umidade em base seca e taxa de perda de massa (Equações 1, 2, 3 e 4).

Equação 1: Obtenção da umidade final do produto desidratado

$$Mf = Mi \times [(100 - Ui) \div (100 - Uf)]$$

Onde: Mf = massa final; Mi = massa inicial; Ui = umidade inicial e Uf = umidade final.

Equação 2: Obtenção da umidade em base úmida do produto desidratado.

$$U_{bu} = \frac{M_w}{M_t} \times 100\%$$

Onde: U_{bu} = umidade em base úmida; M_w = massa de água e M_t = massa total.

Equação 3: Obtenção da umidade em base seca do produto desidratado

$$U_{bs} = \frac{M_w}{M_{ms}}$$

Onde: U_{bs} = umidade em base seca; M_w = massa de água e M_{ms} = massa seca.

Equação 4: Obtenção da taxa de perda de massa de água do produto desidratado

$$Taxa = \frac{M_i - M_f}{tempo}$$

Onde: M_i = massa inicial e M_f = massa final.

4.3.1 Secagem artificial

Para acompanhamento e controle da massa de água perdida durante as secagens, foram distribuídas em torno de 100 gramas (massa inicial) da matéria-prima, para ambas as amostras, em uma bandeja do secador artificial (Desidratador Pardal, modelo PE 30, Figura 3), em temperatura constante de 60°C. Os dados obtidos foram utilizados para a elaboração da curva de secagem do produto. Para orientar durante a análise, foi elaborada uma tabela com tempo e temperatura, que segue em anexo (item 8).

Figura 3: Secador a ar forçado

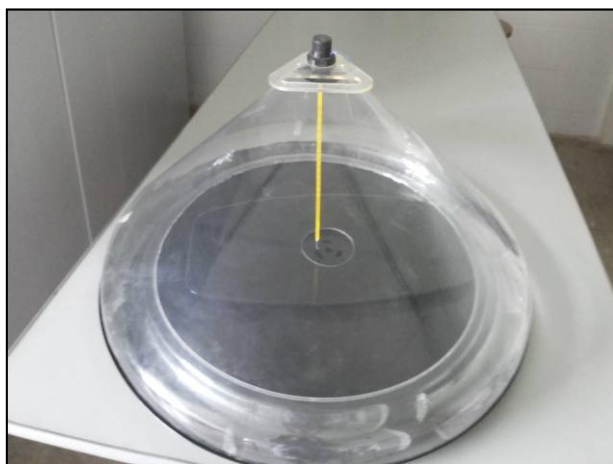


Fonte: Próprio autor

4.3.2 Secagem solar

Para a secagem solar adotou-se o equipamento Watercone® (Figura 4) e metodologia segundo Viana et al. (2013). Utilizou-se cinco repetições de secagem em cinco dias, com vidros-relógio contendo em torno de 20 g de amostra cada. E foi feito um sexto dia de secagem com dois pratos contendo 50 g de amostra cada, totalizando 100 g de amostra a ser seca, as tabelas elaboradas encontram-se em anexo (item 8).

Figura 4: Equipamento Watercone®



Fonte: Próprio autor

4.4 Caracterização das Farinhas

Após as secagens solar, o material foi transformado em farinha utilizando um liquidificador Philips Wallita, modelo 600W, sendo codificadas como farinha da casca de banana – FCB e farinha do resíduo de acerola – FRA.

4.4.1 Análise Microbiológica

Foram realizadas as análises microbiológicas nas farinhas de: Bolor e Levedura, Bactérias Totais e Coliformes Totais de acordo com Silva et al. (2010) e RDC N° 12 (BRASIL, 2001).

4.4.2 Análise granulométrica

Para análise de granulometria utilizou o aparelho agitador de peneiras (A bronzinox, modelo AG-37/13), por 30 minutos de agitação. Para as farinhas foram adotadas cinco peneiras de: 28, 48, 60, 65 e 80 mesh, e suas respectivas aberturas de malhas: 0,6; 0,3; 0,25; 0,212; e 0,180 mm. Das quais as três peneiras que acumularam em maior quantidade a farinha foram utilizadas como base para o cálculo da equação de Tyler (Equação 5).

Equação 5: Equação de Tyler para determinação da granulometria média dos grãos

$$ds = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta li}{di}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta li}{di^3}}}$$

$$\Delta li = \frac{mi}{M}$$

Onde: ds é o diâmetro médio superficial das partículas (mm), mi é a massa de amostra retida na peneira i (g), M é a massa total de amostra (g), di é o diâmetro da peneira i (mm) e n é o número total de frações.

4.4.3 Análises Físicas e Físico-químicas

As determinações físico-químicas de FCB e FRA foram: umidade, cinzas totais, acidez titulável, lipídios, fibras insolúveis, carboidratos redutores e não-redutores, segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Para FRA foi realizada também a análise de pectina.

Para realização da análise de pH, utilizou pHmetro digital Micronal modelo B474; A análise de atividade de água foi realizada utilizando medidor portátil de Aw, Autom modelo Aw 43; A análise de colorimetria foi realizada em aparelho portátil HunterLab modelo 4500L, utilizando-se metodologia Cielab.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Obtenção do Resíduo para Avaliação de Secagem

5.1.1 Resíduo da Casca de Banana

Dos tratamentos aplicados na casca de banana, a amostra que obteve melhor resultado foi o tratamento 4, sendo a junção dos métodos, físico de tratamento térmico e químico com solução de metabissulfito de potássio em concentração de 0,3 %, como visualizado na Figura 5. Este tratamento foi adotado em todas as secagens da casca de banana, tanto a artificial quanto a solar.

Figura 5: Tratamentos aplicados na casca de banana



Fonte: Próprio autor

5.1.2 Resíduo de Acerola

O resíduo de acerola foi obtido da mesma forma para as duas secagens, não havendo distinção entre estas.

5.2 Análise de Umidade

Foi realizada a análise de umidade em ambas as amostras para melhor conhecimento do tempo de secagem a ser utilizado. Uma vez que conhecendo esses valores é possível determinar o peso final ideal da amostra após a secagem, para que seja retirada apenas a água livre necessária presente na fruta. A Tabela 1 refere-se aos valores obtidos para umidade da matéria-prima utilizada antes da secagem.

Tabela 1: Análise de Umidade

Amostras	Umidade (%)
Casca de Banana	84,84 ± 0,02
Resíduo de Acerola	83,59 ± 0,02

Afirma Baruffaldi & Oliveira (1998) que a conservação de alimentos pelo controle da umidade é conseguida pelas operações de concentração, secagem e desidratação. O valor encontrado de umidade para a casca de banana está próximo do analisado por Gondim et al. (2005) que foi de 89,47%, e no estudo levantado por Braga et al. (2011) para o resíduo de acerola foi destacado um valor de 85,5% de umidade, próximo ao encontrado no presente estudo.

Assim como o valor de atividade de água, o teor de umidade é outro fator que influencia na vida de prateleira do produto, pois quanto maiores os seus valores mais está propício para o surgimento e desenvolvimento de microrganismos.

5.3 Procedimentos de Secagem

5.3.1 Secagem Artificial

Com o auxílio do resultado da análise de umidade na matéria-prima (Tabela 1), foi elaborada uma curva de secagem visando acompanhamento da perda de água durante a secagem artificial, sendo observado apenas um dia para secagem da casca de banana (Figura 6) e resíduo de acerola (Figura 7). Através do acompanhamento das curvas de secagem percebe-se homogeneidade na perda de massa de água, o que indica que parte do peso das amostras constituía-se de água.

Na pesquisa realizada por Almeida (2013) no desenvolvimento de uvas passas com e sem a desidratação osmótica, foram necessárias mais de 40 horas de secagem

convectiva. Enquanto nas secagens realizadas no presente estudo foram necessárias menos de 3 horas de secagem, uma vez que os fatores que podem ter levado a discrepância de horas são a natureza das amostras, para o resíduo de acerola houve a trituração, e a casca de banana o corte em quadrados, aumentando assim a superfície de contato e a quantidade de massa de água presente nelas.

Figura 6: Curva de secagem artificial da casca de banana

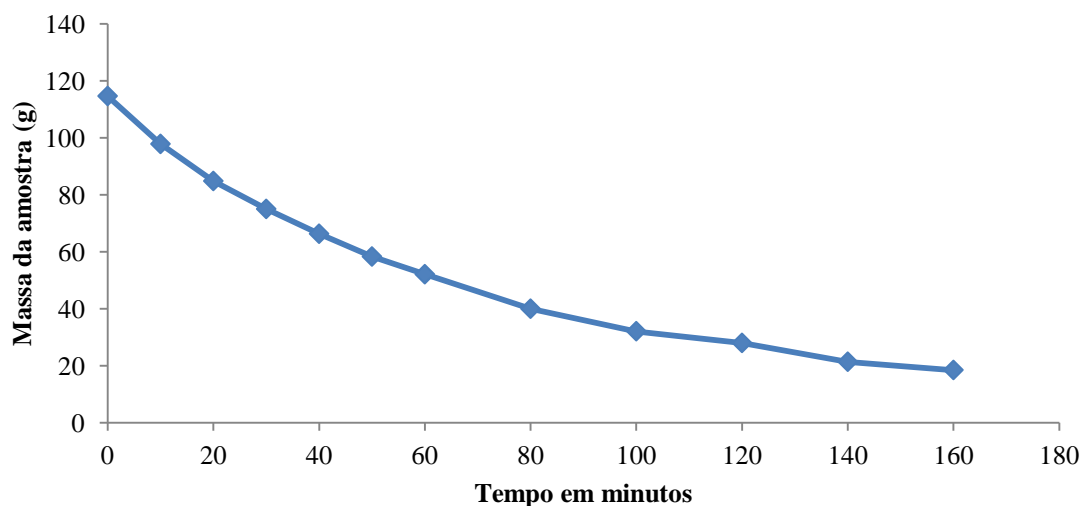
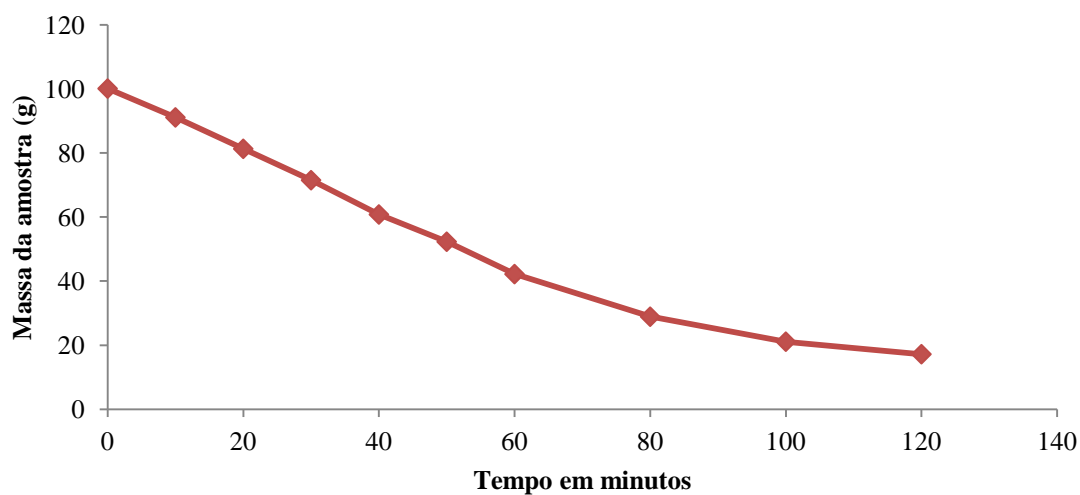


Figura 7: Curva de secagem artificial do resíduo de acerola



Em sequência a Tabela 2 possui os valores adquiridos a partir da secagem artificial da casca de banana e do resíduo de acerola, indicando que a umidade final dos produtos foi satisfatória e em conformidade com o valor encontrado para a umidade em base úmida. Segundo a taxa de perda de massa de água foram encontrados os valores em torno de 0,60 g/min para a casca de banana e de 0,69 g/min para o resíduo de acerola

respectivamente. Os valores para a umidade final dos produtos encontraram-se dentro do valor permitido pela legislação, que é de no máximo 15% (BRASIL, 2005).

Tabela 2: Caracterização da secagem artificial

Amostra	Variáveis			
	Uf (%)	Ubu (%)	Ubs	Taxa (g/min)
Casca de banana	6,09	6,1	0,06	0,60
Resíduo de acerola	4,48	4,48	0,05	0,69

Uf= Umidade final; Ubu= Umidade em base úmida; Ubs= Umidade em base seca.

5.3.2 Secagem Solar

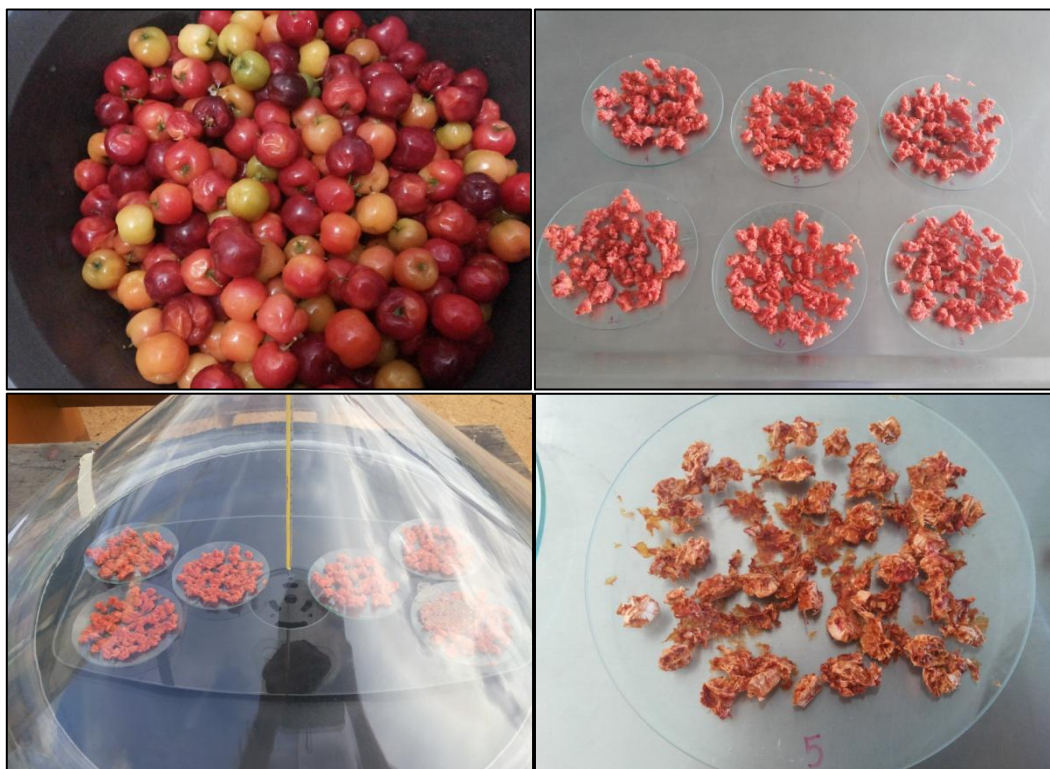
Foram seguidas as etapas descritas no item 4.3.2 para as duas amostras, abaixo seguem imagens referentes a cada amostra. A Figura 8 é referente às etapas realizadas na casca da banana. E a Figura 9 é referente às etapas adotadas para o resíduo de acerola. Com as duas amostras utilizando o Watercone®.

Figura 8: Etapas para a secagem solar casca de banana



Fonte: Próprio autor

Figura 9: Etapas para a secagem solar resíduo de acerola



Fonte: Próprio autor

Após obtenção dos resultados para secagem artificial, foi observado que o período de um dia foi suficiente para as secagens, que consistiu de uma temperatura constante e possível de regularização, uma vez que foi feita em um equipamento adequado para esta finalidade. Adotou-se a mesma tabela para comparação de resultados entre os dois tipos de secagem. A curva de secagem (Figura 10) elaborada através da média dos cinco dias de secagem para a casca de banana, e em sequência a curva do resíduo de acerola (Figura 11).

No que concerne à secagem solar, Moya & Solano (2012) elaboraram um secador solar portátil em formato de túnel construído com base de madeira e paredes metálicas, com o intuito de desidratar fibras de abacaxi, e foram feitas secagens em quatro lugares diferentes da Costa Rica, houve grande variação de tempo durante as secagens, porém foi concluído que o tempo de secagem com as incidências solares e umidade interna e externa adequadas levavam em torno de quatro horas, e em locais que não continham essas variáveis em condições favoráveis demoravam mais de oito horas. Comparando-se com o tempo utilizado no Watercone®, foram satisfatórios e semelhantes, como comprovado nas curvas de secagem.

Em outro estudo elaborado por Alessi (2010) para a secagem de mini tomates congelados, foi utilizado um secador solar em formato retangular com laterais intercaladas de vidro e madeira e tampa de vidro para incidência direta dos raios solares, neste equipamento foram necessárias 27 horas para completa secagem até que os tomates atingissem 40% de umidade final. Levando-se em consideração a matéria-prima, e o ambiente em estufa formado pelo Watercone®, foi um tempo demasiado. Sendo que as secagens com a energia solar foi satisfatória na umidade final alcançada, pois houve a inibição de microrganismos nos materiais analisados em ambos os estudos.

Sob esta visão, Queiroz et al. (2011) fez a secagem solar das amêndoas de jaca inteiras e pela metade, com e sem película, em um secador solar convencional, em folhas de metal galvanizado revestido internamente com poliestireno (isopor) pintado de preto com cobertura superior de vidro plano. As secagens eram realizadas durante o dia, e com o armazenamento da energia solar em um tanque com água para posterior utilização na continuidade das secagens noturnas. Foram necessárias em torno de 35 horas para total desidratação das amêndoas, e o armazenamento de energia solar mostrou-se viável tecnicamente para a complementação da secagem noturna.

Dentro desta perspectiva, as secagens utilizando a energia solar estão ganhando destaque pela sua eficiência em diversas formas de secadores solar, sendo que a umidade final dos produtos está sendo conseguida satisfatoriamente, com baixo custo investido tanto na elaboração dos equipamentos quanto durante a execução das secagens. Mostrando-se um ótimo aliado aos pequenos produtores.

Figura 10: Curva de secagem solar da casca de banana

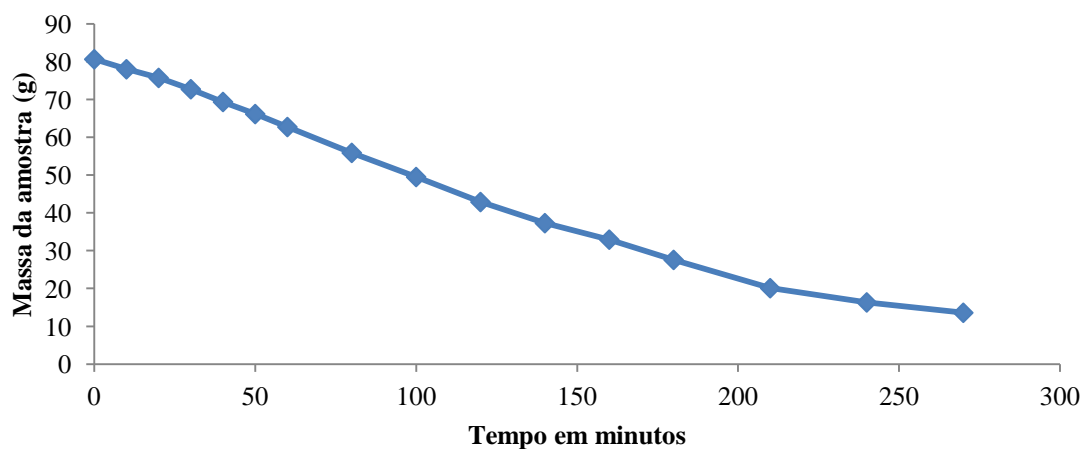
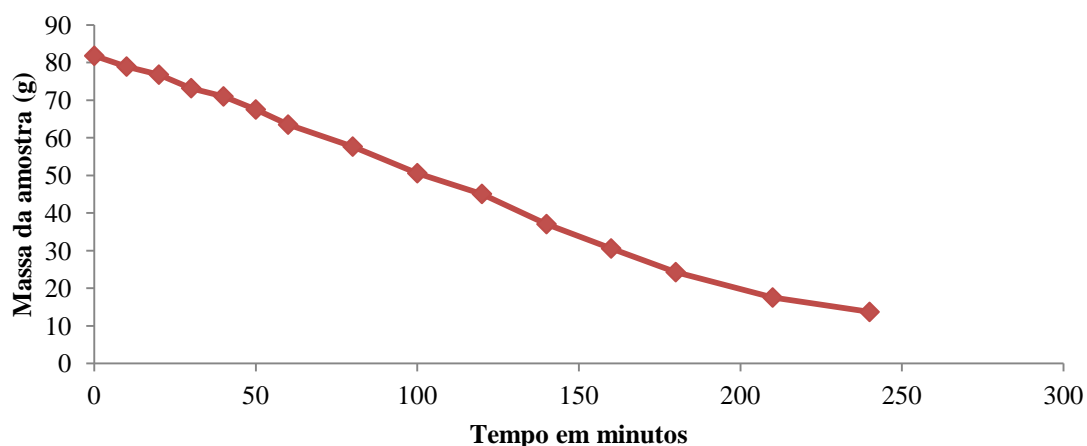


Figura 11: Curva de secagem solar do resíduo de acerola

Analisando as curvas de secagem artificial e as de secagem solar das amostras, percebe-se que houve variação de tempo para as duas secagens. Sendo que a secagem artificial possuiu maior rapidez comparada com a secagem artificial, no entanto houve homogeneidade na secagem com o secador solar. Foi possível observar que o Watercone® possui uma grande viabilidade para utilização como secador, pois como é movido a um processo em que a água evaporada deposita-se nas laterais do equipamento é criado um ambiente similar a uma estufa, de forma que permaneceram características desejadas no produto como o aroma, que ficaram bem realçadas, e cor.

Em adição, a Tabela 3 aborda os valores adquiridos a partir das secagens solar, indicando que a umidade final dos produtos foi satisfatória e em conformidade com o valor encontrado para a umidade em base úmida, e também com os valores presentes na legislação correspondente.

Tabela 3: Caracterização da Secagem Solar

Amostra	Variáveis			
	Uf (%)	Ubu (%)	Ubs	Taxa (g/min)
Casca de Banana	10,12	10,14	0,11	0,25
Resíduo de Acerola	2,05	2,11	0,021	0,32

Uf= Umidade final; Ubu= Umidade em base úmida; Ubs= Umidade em base seca.

5.4 Caracterização das Farinhas

5.4.1 Análise Microbiológica

Ao realizar as análises microbiológicas nas farinhas, os resultados obtidos foram satisfatórios, pois não ocorreu o crescimento de nenhum dos microrganismos analisados, indicando que o ambiente formado dentro do Watercone[®] e a preparação do material antes da secagem foram adequados. E como citado anteriormente na Tabela 3, a umidade final alcançada nos produtos não favorecem o desenvolvimento de microrganismos, auxiliando assim, na conservação do produto.

É conhecido que um dos principais fatores da conservação dos alimentos é a redução dos processos naturais de deterioração destes, de forma que possam ser mantidos a qualidade, o valor nutricional, sejam seguros e com uma longa vida de prateleira se comparados as condições ambientes (CAMPBELL-PLATT, 2015). E uma forma de conservação é a secagem, em suma, com o resultado adquirido no presente trabalho, percebe-se que a secagem solar foi efetiva, e as farinhas oriundas dos produtos desidratados não propiciaram o surgimento de microrganismos.

5.4.2 Análise Granulométrica

Para a farinha da casca de banana as três peneiras que acumularam maior quantidade de farinha foram: 28, 48 e 60 mesh e suas respectivas aberturas de malhas 0,6; 0,3; e 0,25 mm. Segundo a equação de Tyler, o diâmetro médio dos grãos da farinha de banana foi de 0,32 mm.

Sob esta visão Silva et al. (2009) afirma que após a moagem o tamanho de partícula do alimento influencia no preparo de massas alimentícias e derivados, uma vez que quanto maior a uniformização da granulometria, maior a probabilidade de aprimoração de um produto com melhor qualidade sensorial, sobretudo, sabor, textura e aspecto visual, pois conseqüentemente o alimento absorverá água de forma homogênea resultando no cozimento uniforme da massa. A Figura 12 é referente a amostra da banana desidratada e transformada em farinha.

Figura 12: Material desidratado casca de banana

Fonte: Próprio autor

Desta forma, para a farinha do resíduo de acerola, das cinco peneiras iniciais na análise de granulometria, as três peneiras que acumularam maior quantidade de farinha foram: 28, 48 e 60 mesh e suas respectivas aberturas de malhas 0,6; 0,3; e 0,25 mm. Segundo a equação de Tyler, o diâmetro médio dos grãos desta farinha foi de 0,30 mm.

Do mesmo modo Silva et al. (2009) comprova que a aceitabilidade de bolos e biscoitos à base de arroz com café extrusado, a preferência pela textura de uma das formulações do biscoito pode ter sido influenciada pela uniformidade do tamanho dos grãos, uma vez que se apresentaram mais homogêneas e com maior percentual de partículas retidas em peneiras de menores aberturas, de 40 e 60 mesh. O que representa, que quanto maior a regularidade das partículas, melhor será a designação da farinha para a preparação de determinado produto. No seguimento, está a Figura 13 referente ao resíduo de acerola desidratado e transformado em farinha.

Figura 13: Material desidratado resíduo de acerola

Fonte: Próprio autor

5.4.3 Análises Físicas e Físico-químicas

A Tabela 4, que encontra-se a seguir, possui os valores detectados das análises para as farinhas. A atividade de água (Aa) é um dos fatores que influenciam diretamente a vida de prateleira de um produto, quanto mais disponível maior a possibilidade de deterioração do alimento (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998). A faixa de atividade de água varia de 1 a 0. Sendo que se considera o valor de 0,60 como o valor limitante para a multiplicação de qualquer microrganismo. Sendo os valores de 0,75 para bactérias halofílicas, 0,65 para bolores xerofílicos e 0,60 para leveduras osmofílicas (FRANCO & LANDGRAF, 2003).

O valor de Aa adquirido em FCB foi de 0,403, o que indica que está em uma faixa de difícil desenvolvimento de microrganismos, proporcionando uma longa vida de prateleira. Para Alessi (2010), a Aa nos mini tomates desidratados em secador solar foi de 0,86, ou seja, valor próximo a faixa máxima, 1.

O pH encontrado por Borges et al. (2009) para a farinha da banana verde foi de 5,30; próximo ao encontrado no presente trabalho de 5,125. O valor do pH, interfere de forma significativa no desenvolvimento e crescimento de microrganismos, e na seleção da flora (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998). Portanto, a farinha da banana é classificado como um alimento pouco ácido.

Segundo o sistema Munsell de cores, o valor de luminosidade foi baixo, indicando menor luminosidade, ou seja, que a cor da farinha é escura. O valor de a* foi baixo e positivo indicando tendência para cor vermelha mais escuro, e o valor de b* baixo e positivo indicando tendência para cor amarela. Dentro desta perspectiva IFIS (2008) relata que a cor dos alimentos além de determinar a qualidade também atua como indicador de maturidade ou deterioração.

A umidade de 5,550% foi bem abaixo do valor detectado por Costa et al. (s.d) na farinha da casca de banana madura que foi de 12,46%, valor próximo ao máximo permitido por lei que é de 15%. Mas, próximo do valor encontrado para farinha da casca de banana verde, de 6,84%.

Foi detectado um valor de 11,967% de cinzas totais, enquanto na farinha de banana verde analisada por Fasolin et al. (2007) foi de 2,62%; quase 4,5 vezes superior a encontrada na farinha de trigo. Valor próximo ao analisado por Costa et al. (s.d.) na

farinha da casca de banana madura que foi de 15,62%. Para Tirapegui (2002), na constituição das cinzas existem elementos inorgânicos genericamente denominados minerais, que são extremamente necessários à vida e que operam diversas funções no organismo como regulação do balanço ácido-base, no impulso nervoso, atividade muscular e como elementos estruturais do corpo.

O valor da fibra bruta encontrado por Fernandes et al. (2008) para a farinha da casca de batata foi de 1,46%, um valor baixo se comparado ao detectado na farinha da casca de banana, que foi de 22,643 %. O que indica ser um produto interessante nutricionalmente para ser incorporado em receitas de pães, biscoitos, uma vez que as fibras auxiliam na digestão dos alimentos e na prevenção de doenças do trato gastrointestinal.

Como detectado por Gondim et al. (2005) o valor de lipídios na casca de banana *in natura* foi de 0,99g para 100g de amostra, diferente do encontrado na pesquisa que foi de 25,803%, indicando que o valor encontrado foi considerado alto.

Tabela 4: Análises Físicas e Físico-químicas das farinhas

PARÂMETROS		FCB	FRA
Aa		0,403 ± 0,004	0,463 ± 0,014
pH		5,125 ± 0,006	3,389 ± 0,001
COR	L*	22,367 ± 0,827	48,177 ± 0,609
	a*	4,835 ± 0,194	15,525 ± 0,070
	b*	10,415 ± 0,747	32,310 ± 0,312
UMIDADE (%)		5,550 ± 0,085	6,560 ± 0,131
CINZAS TOTAIS (%)		11,967 ± 0,116	2,753 ± 0,061
CINZAS TOTAIS	Solúveis (%)	9,397 ± 0,159	1,797 ± 0,078
	Insolúveis (%)	2,570 ± 0,065	0,957 ± 0,035
CARBOIDRATOS	Açúcares Redutores (%)	18,57 ± 0,370	25,110 ± 3,350
	Açúcares não-redutores (%)	-	-
FIBRAS	Solúveis (pectina) (%)	-	6,750 ± 0,467
	Insolúveis (%)	22,643 ± 3,339	50,347 ± 1,158
LIPÍDIOS (%)		25,803 ± 4,707	30,773 ± 3,728
ACIDEZ TITULÁVEL (%)		0,100 ± 0,010	0,927 ± 0,047

Ainda de acordo a Tabela 4, Coelho & AZEVEDO (2012) adquiriu um valor de Aa de 0,4913 para a farinha de casca de manga obtida através de secagem solar com o Watercone®. Um valor próximo ao constatado da FRA de 0,463. Para IFIS (2008) a

atividade de água em alimentos representa a água não ligada às moléculas do alimento; o nível de água não ligada tem acentuados efeitos sobre a estabilidade química, microbiológica e enzimática dos alimentos.

Atrelado ao parâmetro de atividade de água, está o pH, pois quanto maior o pH maior a probabilidade de desenvolvimento de microrganismos, assim como para a Aa. O pH encontrado de 3,389 para a farinha do resíduo de acerola, assemelha-se ao detectado por Santos et al. (2010) de 4,00 e próximo ao valor encontrado por Braga et al. (2011) no resíduo de acerola madura antes de passar pela secagem, de 3,27. Indicando que a farinha de acerola é um alimento muito ácido.

O sistema de cores Munsell utiliza-se as letras L (que corresponde a luminosidade e varia de 0 a 100), a* (quando positivo está associado a cor vermelha, e quando negativo a cor verde), b* (quando positivo está associado a cor amarelo, e quando negativo a cor azul). Quanto aos valores obtidos percebe-se que a luminosidade encontra-se de forma mediana, ou seja, clareza na cor da farinha. E que o valor medido de a* encontra-se de forma positiva, indicando tendência à cor vermelha. O valor de b* também positivo tendendo a cor amarela. Somando Koblitiz (2011) indica que a partir das coordenadas L, a e b adquiridas é possível estabelecer uma cor padrão de determinado fruto e utilizá-la na avaliação de qualidade e da maturidade de vegetais.

O valor de umidade adquirido na amostra foi satisfatório de 6,560%, uma vez que foi abaixo do permitido por lei para farinhas e farelos que é de no máximo 15% (BRASIL, 2005). E foi um teor acima do encontrado por Braga et al. (2011) de 5,51% para farinha de resíduo de acerola madura.

A propósito, o teor obtido de cinzas totais 2,753% foram próximos dos determinados por Braga et al. (2011) de 4,75 %; e Aguiar et al. (2010) de 0,44%, desmembrando, obteve-se Cálcio (41,76 mg.100g⁻¹), Magnésio (22,24 mg.100g⁻¹), Potássio (41,39 mg.100g⁻¹), Zinco (0,09 mg.100g⁻¹), Ferro (37,23 mg.100g⁻¹), Manganês (0,7 4mg.100g⁻¹) e Fósforo (0,08 mg.100g⁻¹).

O teor obtido de pectina foi de 6,750%, é um tipo de fibra solúvel em água e de ação fisiológica no retardamento do esvaziamento gástrico, no trânsito intestinal, facilitando a absorção de glicose e lipídios, e auxilia na redução do colesterol (TIRAPEGUI, 2002). Foi encontrado um grande teor de fibras insolúveis de 50,347 %,

próximo aos valores obtidos por Santos et al. (2010) de 85,90 % para fibras totais. Indicando uma ótima fonte, uma vez que o consumo das fibras está relacionado com a diminuição de doenças cardiovasculares, câncer de cólon, diabetes e diversos distúrbios gastrintestinais (TIRAPEGUI, 2002).

E também foi detectado um grande conteúdo de lipídios 30,773% comparando-se com os valores encontrados por Braga et al. (2011) de 12,93 %. Diferenciando aos resultados obtidos por Aguiar et al (2010) de 3,92%. Comprovando a existência e importância nutricional dos lipídios de origem vegetal.

Com isso, comprova-se de que os resíduos de frutas e vegetais possuem qualidade nutricional, e são produtos cabíveis para processamento e introdução na alimentação da população, atrelado ao baixo custo e fácil disponibilidade.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram a viabilidade da utilização da energia solar como uma alternativa viável para o processamento de alimentos na região do submédio São Francisco, atrelada à utilização do equipamento Watercone® como secador solar. Demonstrando também, a importância da energia alternativa, renovável e limpa proveniente do sol, para os pequenos produtores. Sendo possível produzir uma farinha a base de resíduo de acerola e uma farinha a base de casca de banana desidratadas com características organolépticas como cor e aroma bem intensificados, e umidade final dentro dos parâmetros exigidos pela legislação, com qualidade microbiológica e físico-química.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, T. M.; RODRIGUES, F. da S.; SANTOS, E. R.; SABAA-SHUR, A. U. de O. Caracterização química e avaliação do valor nutritivo de sementes de acerola. **Rev. Soc. Bras. Alim. Nutr. = J. Brazilian Soc. Food Nutr.**, ago. 2010, vol. 35, n. 2, p. 91-102.

ALESSI, E. S. **Tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini-tomates congelados**. Piracicaba, 2010. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

ALMEIDA, L. C. P. **Desidratação osmótica e secagem convectiva de uvas da cultivar crimson**. Florianópolis, 2013. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina.

BARUFFALDI, R. & OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu Editora, 1998. (Vol. III)

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. RDC Nº 263, de 22 de setembro de 2005.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento Técnico sobre Padrões microbiológicos para alimentos**. RDC Nº12, de 2 de janeiro de 2001.

BORGES, A. de M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, abr./jun. 2009, vol. 29, n. 2, p. 333-339.

BRAGA, A. C. D.; LIMA, M. S.; AZEVEDO, L. C.; RAMOS, M. E. C. Caracterização e obtenção de farinha do resíduo gerado no processo industrial de clarificação do suco de acerola. **Revista Seminário De Visu**, 2011, vol. 1, nº. 2, p. 126-133.

CAMPBELL-PLATT, G. **Ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri – SP: Manole, 2015. Autores do capítulo: CHEN, J.; ROSENTHAL, A. p. 243-247.

COELHO, E. M.; AZEVEDO, L. C. **Comparação entre técnicas de secagem para obtenção de farinha a partir da casca de manga cv. Tommy atkins**. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/705/2640>> Acesso em: 10 nov. 2015.

Apud. COSTA, A. R. da S. **Sistema de secagem solar para frutos tropicais e modelagem da secagem de banana em um secador de coluna estática**. Tese de Doutorado; Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: 2008.

COSTA, R. A.; CHAVES, L. K.; LAGO, T. R.; NUNES, V. X.; SILVA, N. M. C. da; LANDIM, L. B. **Análise físico-química da farinha da casca da banana madura e verde**. Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/site/higienistas/trabalhos/10216.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2015.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J.C. **Fruticultura fundamentos e práticas**. Disponível em:

<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/1.1.htm> Acesso em: 04 mar. 2013.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações químicas, física e sensorial. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, jul.-set. 2007, vol. 27, n. 3, p. 524-529.

Apud. EMBRAPA. A cultura da banana. Brasília, DF: Editora Embrapa-SPI, 1997, p.9-10.

FAO. **Fruit, Tropical Fresh Nes 2011**. Disponível em:

<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> Acesso em: 10 nov. 2015.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum Lineu*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol. 28(Supl.): p. 56-65, dez. 2008.

FERREIRA, A.; CANDEIAS, M. **Secagem solar de frutos e plantas aromáticas**.

Disponível em:

<http://memberfiles.freewebs.com/36/18/72021836/documents/Secagem_Solar.pdf>

Acesso em: 10 nov. 2015.

FILHO, W. G. V. **Bebidas não alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo – SP: Blucher, 2010. (Vol. II). Autores do capítulo: MATTA, Virgínia Martins da; CABRAL, Lourdes Maria Corrêa. p. 211-223.

FRANCO, B. D. G. M. & LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, out./dez. 2005, vol. 24, n. 4, p. 825-827.

IBRAF. **Produção Brasileira de Frutas 2009**. Disponível em:

<<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Produ%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20de%20Frutas%202009%20-%20Final.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2015.

IBRAF. **Produção Brasileira de Banana 2007**. Disponível em:

<<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/ProducaoBrasileiradeFrutasporEstado2007.pdf>>

Acesso em: 10 nov. 2015.

IBRAF. **Comparativo das Exportações Brasileiras de Frutas Frescas 1º Semestre 2008**. Disponível em:

<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exporta%C3%A7%C3%A3o/Comparativo_das_Exporta%C3%A7%C3%B5es_Brasileiras_de_Frutas_frescas_2008-2007.pdf> Acesso em: 10 nov. 2015.

IFIS. **Dicionário de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. São Paulo: Roca, 2008.

IAL, **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 4ª ed.

KOBLITZ, M. G. B. **Matérias-primas Alimentícias: Composição e Controle de Qualidade**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MARQUES, A.de A.; SILVA, M. K. S.; VEIGA, D. K. E.; GOMES, J. J. L.; BARROS, J. C.; CONCEIÇÃO, M. L. **Avaliação microbiológica de compotas obtidas do beneficiamento de mamão (Carica-papaya) com elevado estado de maturação adquirido de feiras livres**. Disponível em: <
http://www.prac.ufpb.br/anais/xenex_xienid/x_enex/ANAIS/Area6/6CCSDNOUT05.pdf
> Acesso em: 02 mar. 2013.

MARTINS, C. R.; FARIAS, R. M. Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, 2002, vol. 9, n. 1, p. 83-93.

MATIAS, M. F. O.; OLIVEIRA, E. L.; GERTRUDES, E.; MAGALHÃES, M.A. Use of fibres obtained from the cashew (*Anacardium occidentale*, L) and guava (*Psidium guajava*) fruits for enrichment of food products. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, jun. 2005, vol. 48, p. 143-150.

MOYA, R. & SOLANO, M. Behavior of a portable solar dryer for pineapple fiber. **Ciênc. agrotec., Lavras**, nov./dez. 2012, vol. 36, n. 6, p. 674-683.

PEREDA, J. A. O.; *et al.* **Tecnologia de alimentos: Componentes dos Alimentos e Processos**. Porto Alegre – RS: Artmed, 2005. (Vol. I).

QUEIROZ, A. J. de M.; DANTAS, H. J.; FIGUÊIREDO, F. M. F. de.; MELO, K. dos S. Solar drying of Jack fruit almonds. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, nov./dez. 2011, vol. 31, n. 6, p. 1150-1161.

SANTOS, K. O.; NETO, B. A. M.; OLIVEIRA, S.; RAMOS, M. E. C.; AZEVEDO, L. C. **Avaliação Sensorial de biscoito integral elaborado com resíduo da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. Disponível em: <
<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/247/200>
> Acesso em: 10 nov. 2015.

SILVA, C. S.; PEROSA, J. M. Y.; RUA, P. R.; ABREU, C. L. M.; PÂNTANO, S. C.; VIEIRA, C. R. Y. I.; BRIZOLA, R. M. O. Avaliação econômica das perdas de banana no mercado varejista: Um estudo de caso. **Rev. Bras. Frutic.**, ago. 2003, vol. 25, n. 2, p. 229-234.

SILVA, J. A. **Tópicos da Tecnologia de Alimentos**. São Paulo – SP: Livraria Varela, 2000.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise Microbiológica de Alimentos e água**. São Paulo: Livraria Varela, 2010, 4ª ed.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MODESTA, R. C. D. Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, out./dez. 2009, vol. 29, n. 4, p. 815-819.

TIRAPÉGUI, J. **Nutrição, Fundamentos e Aspectos atuais**. São Paulo – SP: Editora Atheneu, 2002.

VIANA, A. C.; NETA, M. L. S.; PLÁCIDO, V. N. Avaliação da Eficiência e da Viabilidade do Secador Solar no Sertão Pernambucano. **Higiene Alimentar**, 2013, vol. 27, p. 3862-3865.

8 ANEXO

8.1 Tabelas de Secagem Artificial

8.1.1 Casca de Banana

Tabela 5: Secagem artificial

Tempo (min)	Massa (g)	Temperatura (°C)
0	114,6	60,3
10	97,8	60,3
20	84,8	61,3
30	75,0	59,7
40	66,3	60,1
50	58,3	59,3
60	52,1	58,9
80	40,0	59,9
100	32,1	59,5
120	28,0	60,1
140	21,4	59,2
160	18,5	59,3

8.1.2. Resíduo de Acerola

Tabela 6: Secagem artificial

Tempo(min)	Massa(g)	Temperatura (°C)
0	100,1	47
10	91,1	51
20	81,3	54
30	71,5	58
40	60,8	60
50	52,3	61
60	42,2	62
80	28,9	62
100	21,1	62
120	17,2	61

8.2. Tabelas de Secagem Solar

8.2.1. Casca de Banana

Tabela 7: Secagem solar

Tempo (min)	Dia 1			Dia 2			Dia 3			Dia 4			Dia 5		
	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)
0	20,30	35	30	20,62	55	28	20,33	45	29	20,07	50	29	20,60	41	29
	20,09			20,25			20,84			20,02			20,05		
	20,44			20,32			20,09			20,72			20,21		
	20,19			20,60			20,49			20,57			16,34		
10	19,60	45	30	19,93	50	28	19,66	50	30	19,34	49	29	19,91	41	29
	19,21			19,49			20,26			19,52			19,58		
	19,66			19,63			20,31			19,82			19,47		
	19,26			19,78			19,76			19,88			15,89		
20	18,14	51	33	19,36	54	29	19,31	51	29	18,88	50	29	19,72	39	31
	18,00			18,73			19,92			19,08			19,30		
	18,76			18,81			19,14			19,62			19,37		
	18,74			19,29			19,66			19,27			15,43		
30	17,68	54	32	18,47	55	30	18,74	54	29	18,35	50	30	18,43	46	30
	17,92			17,87			18,58			18,56			18,13		
	17,99			18,34			18,34			19,14			18,23		
	18,34			18,39			18,86			18,92			14,30		
40	17,12	56	30	17,38	55	29	17,96	55	28	17,79	51	30	17,55	51	30
	17,60			16,71			18,55			18,01			17,29		
	16,81			16,76			17,69			18,22			17,40		
	17,00			17,02			18,30			18,08			13,48		
50	16,93	50	29	16,39	56	30	17,12	52	28	17,62	48	30	16,38	53	31
	16,54			15,80			19,00			17,56			16,06		
	15,99			15,63			17,20			17,78			16,20		
	15,61			15,12			17,64			17,66			12,34		
60	16,55	53	33	15,10	57	31	17,05	51	27	16,65	51	29	15,52	55	31
	16,19			14,83			17,39			16,58			14,86		
	15,01			14,88			16,52			17,05			14,88		
	15,10			14,79			16,64			16,67			11,32		
80	14,85	54	29	13,73	60	30	16,07	55	27	15,52	59	31	13,78	60	32
	14,35			12,01			15,86			15,37			12,01		
	14,15			12,80			15,23			15,77			11,99		
	13,61			12,63			15,52			15,35			8,79		
100	13,81	55	29	10,87	62	31	14,54	55	27	14,20	65	31	11,91	63	32
	14,30			10,66			14,86			13,36			10,27		
	12,99			10,40			14,17			13,89			9,82		
	12,36			10,34			14,33			13,44			6,95		

120	12,38			8,99			13,88			13,35			10,18
	13,35	56	33	7,77	65	31	13,33	59	28	9,70	61	32	8,29
	12,54			7,67			12,90			12,11			8,28
	11,93			7,73			13,05			11,81			5,16
140	11,65			7,86			12,99			12,35			7,65
	11,49	57	30	6,24	67	31	11,71	65	30	10,90	65	33	7,72
	10,62			6,15			10,71			10,98			6,34
	10,45			5,76			10,73			10,12			4,03
160	10,05			7,26			11,82			11,39			5,93
	10,76	64	34	5,09	68	30	10,22	65	31	10,09	66	31	5,46
	9,38			5,34			10,18			9,83			5,49
	9,12			4,89			10,06			9,39			2,90
180	8,58			6,13			10,08			9,96			4,67
	9,91	67	32	4,04	70	32	8,65	65	31	8,20	68	33	3,99
	8,06			4,37			8,18			8,23			4,63
	7,44			3,82			8,42			7,59			2,93
210	5,96			4,45			6,81			8,03			3,83
	7,24	73	35	2,75	71	33	5,82	70	32	6,09	67	31	3,60
	5,24			2,70			6,09			6,60			3,24
	5,34			2,79			5,67			5,42			2,77
240	2,71			3,78			6,27			5,97			3,54
	2,75	75	35	2,75	72	34	5,73	62	32	4,46	62	30	3,46
	3,93			3,00			6,64			4,82			3,72
	3,05			2,83			5,29			4,03			2,90
270	2,64			2,55			4,90			4,98			3,41
	3,07	70	35	2,25	71	34	4,18	69	33	3,32	69	33	3,50
	3,10			2,22			5,44			4,01			3,69
	2,95			2,03			3,30			3,47			2,93

Ti = Temperatura interna; Te = Temperatura externa

Tabela 8: Secagem solar 6^o dia

Dia 6			
Tempo (min)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)
0	50,11	43	29
	50,14		
10	48,60	43	29
	49,42		
20	47,82	49	30
	47,12		
30	45,79	55	31
	45,51		
40	44,18	53	30
	43,38		
50	42,96	54	30
	41,14		
60	41,45	54	31
	39,79		
80	37,78	57	31
	37,50		
100	33,65	64	30
	32,07		
120	30,70	62	30
	28,16		
140	27,08	65	33
	24,19		
160	22,79	68	34
	20,67		
180	17,04	70	35
	15,92		
210	11,88	72	33
	11,17		
240	6,20	75	34
	8,25		

8.2.2. Resíduo de Acerola

Tabela 9: Secagem solar

Tempo (min)	Dia 1			Dia 2			Dia 3			Dia 4			Dia 5		
	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)
0	20,09	34	31	20,23	33	29	20,64	48	24	20,80	35	29	20,54	35	27
	20,65			20,41			20,33			20,95			20,48		
	20,25			20,05			20,43			20,68			20,75		
	20,26			20,54			20,17			20,03			20,58		
10	18,58	50	30	19,74	35	32	20,07	46	29	20,03	35	28	20,24	35	27
	19,57			19,98			19,57			20,44			20,00		
	18,65			19,40			19,64			19,98			20,65		
	18,81			20,05			18,85			19,61			20,68		
20	17,39	55	30	18,98	39	30	19,03	50	30	20,00	37	29	20,16	39	28
	18,48			18,82			18,83			20,29			20,11		
	17,86			19,12			18,91			20,20			20,09		
	17,74			19,52			18,62			19,51			20,15		
30	14,70	57	31	18,75	41	29	18,56	54	31	20,10	40	29	19,39	45	29
	15,89			18,36			18,35			20,48			19,45		
	13,07			18,40			18,24			19,95			19,59		
	16,70			18,61			18,08			19,57			19,57		
40	14,79	58	31	18,24	45	33	18,00	54	30	19,23	46	30	18,86	50	30
	15,70			17,94			17,69			19,30			18,84		
	14,87			17,65			17,09			19,22			19,11		
	15,60			18,36			17,07			18,51			18,80		
50	13,66	59	32	17,34	45	32	16,91	54	30	18,53	49	29	17,75	53	30
	14,72			17,01			16,65			18,83			17,79		
	13,87			17,35			16,23			18,56			18,07		
	14,29			18,07			15,96			17,87			18,04		
60	11,48	63	30	16,46	45	30	16,17	59	31	17,80	50	30	17,35	52	30
	12,23			15,60			16,20			18,19			17,22		
	11,45			16,76			15,63			17,52			17,48		
	12,92			17,13			15,42			17,00			17,36		
80	9,41	65	33	15,96	50	30	14,63	63	32	16,26	62	30	15,77	50	30
	9,89			15,81			14,38			16,84			15,99		
	9,35			16,39			13,60			16,13			16,08		
	10,47			16,22			13,55			15,53			15,89		
100	7,22	65	32	15,52	51	31	12,29	66	32	14,04	70	31	14,80	51	30
	8,09			14,52			12,71			15,02			14,61		
	7,57			14,20			11,44			13,52			14,90		
	8,21			15,01			11,56			12,89			14,70		
120	5,98	67	33	13,51	56	34	10,18	66	33	11,74	58	29	13,62	59	30
	6,92			12,76			10,88			13,09			13,26		

	6,52			13,31			15,20			11,28			13,81
	6,21			13,39			9,36			10,74			13,54
140	4,08			12,19			8,14			10,11			12,01
	4,81	70	33	10,94	60	33	8,15	70	34	11,87	59	28	12,45
	4,93			11,60			6,92			9,83			12,35
	4,90			11,46			6,88			9,22			12,30
160	3,01			10,51			5,69			7,60			10,71
	3,27	69	32	9,90	59	31	6,42	71	33	10,20	61	30	10,60
	4,19			10,69			5,02			8,19			10,80
	3,71			9,60			4,85			7,46			10,33
180	3,32			7,05			4,12			7,37			8,41
	3,27	71	33	6,82	62	34	4,69	72	33	8,57	61	30	8,63
	3,27			7,58			3,70			6,47			8,25
	3,06			8,26			4,36			5,91			8,20
210	3,28			5,76			2,64			4,91			5,78
	2,20	69	34	4,61	62	34	3,08	76	34	5,99	66	31	6,16
	3,18			5,09			2,82			4,16			6,15
	3,06			5,59			3,26			4,09			5,77
240	3,41			3,21			3,18			3,50			3,89
	3,30	72	33	3,50	69	35	3,07	73	35	4,10	71	32	3,18
	3,18			3,68			2,87			3,15			3,68
	3,00			4,18			3,33			3,07			3,96

Ti = Temperatura interna; Te = Temperatura externa

Tabela 10: Secagem solar 6º dia

Dia 6			
Tempo (min)	Massa (g)	Ti (°C)	Te (°C)
0	50,33	53	30
	50,09		
10	48,90	55	32
	48,76		
20	46,48	56	32
	46,08		
30	44,78	55	33
	44,58		
40	43,65	57	33
	42,40		
50	41,28	58	32
	39,77		
60	37,42	60	32
	37,46		
80	33,65	63	33
	32,10		
100	29,13	65	34
	26,27		
120	25,20	66	34
	22,07		
140	21,64	68	35
	16,98		
160	15,20	69	35
	12,91		
180	12,92	69	34
	9,18		
210	9,22	67	34
	7,30		

Ti = Temperatura interna; Te = Temperatura externa