



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

JOSINALDO FERREIRA DA SILVA JÚNIOR

**APLICAÇÃO DE PROCESSOS COMBINADOS OSMOCONVECTIVOS PARA
APROVEITAMENTO DA CASCA DA BANANA**

**CAMPINA GRANDE
2018**

JOSINALDO FERREIRA DA SILVA JÚNIOR

**APLICAÇÃO DE PROCESSOS COMBINADOS OSMOCONVECTIVOS PARA
APROVEITAMENTO DA CASCA DA BANANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharelado em química Industrial.

Orientador: Prof.^a Dra. Ângela Maria Santiago.

**CAMPINA GRANDE
2018**

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

S586a Silva Junior, Josinaldo Ferreira da.
Aplicação de processos combinados osmoconvectivos para aproveitamento da casca da banana [manuscrito] / Josinaldo Ferreira da Silva Junior. - 2018.
56 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.
"Orientação : Profa. Dra. Ângela Maria Santiago, Departamento de Química - CCT."
1. Desidratação osmótica. 2. Casca de banana. 3. Secagem convectiva. I. Título

21. ed. CDD 634.772


JOSINALDO FERREIRA DA SILVA JÚNIOR

**APLICAÇÃO DE PROCESSOS COMBINADOS OSMOCONVECTIVOS PARA
APROVEITAMENTO DA CASCA DA BANANA**

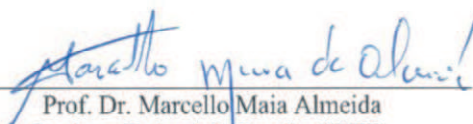
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharelado em química Industrial.

Aprovado em: 27/11/2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dra. Angela Maria Santiago (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof.^a Dra. Pablicia Oliveira Galdino
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Marcelo Maia Almeida
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

AGRADECIMENTOS

À Deus por permitir que fizesse parte deste universo tão maravilhoso e as vezes nem tão maravilhoso assim. Agradeço por ter me tornado forte, sendo o motivo para superar e vencer cada obstáculo do cotidiano, me dando forças para aprender com os fracassos e alegria para celebrar minhas vitórias.

À professora Dra. Ângela Maria Santiago, que se dedicou a me orientar ao longo desta pesquisa, serei grato eternamente por sua amizade, por todo aprendizado, sinceridade, conselhos e por todo esforço e disponibilidade dedicado durante grande parte do meu percurso acadêmico.

À banca examinadora: Dra. Pablícia Galdino e Dr. Marcello Maia, pelas correções valiosas para a finalização deste trabalho. Agradeço também por serem excelentes companheiros durante toda pesquisa científica, cada conselho e ensinamento foi bem aproveitado e guardado como aprendizado.

Agradeço pelo companheirismo de todos aqueles que participaram de minha jornada de trabalho nos núcleos de pesquisa dos laboratórios Nupea e Extrabes.

Às professoras Dra. Vandeci Dias dos Santos e Dra. Adriana Valeria Arruda Guimarães, por todo ensinamento compartilhado e pela amizade, agradeço pelo privilégio de ter tido a oportunidade por ter trabalhado junto a vocês durante um grande período de minha trajetória na UEPB. Obrigado pela amizade, por ter acreditado em meu potencial e por serem fontes de inspirações e força.

Aos meus pais, Maria Luiza e Josinaldo (Duda), que sempre cuidaram com muito amor e carinho, incentivando para que sempre pudesse atingir meus objetivos e conquistar meus sonhos. Agradeço aos membros mais presentes de minha família que são de grande importância e inspiração para seguir lutando, minha irmã Ana Júlia e primas: Thays, Tailany, Elane e Joyce. Agradeço aos meus queridos avós e aos demais tios e tias, primos e primas que me fazem sentir parte desta tão grandiosa família.

À minha família de QI meus amigos maravilhosos do Lila's Club: Lisandra Gomes, Aline Freitas, Bruna Leite e Bruno Henrique, por terem me suportado todo este tempo e sempre me auxiliar em todas as horas, por toda amizade e companheirismo. Amo vocês.

Obrigadeiros eternos aos meus amigos de muitas vidas aleatórias: Fernanda Borges, Felipe Cândido, Lucas Alexandre e Luiz Eduardo. Aos meus excelentes

companheiros da vida e do café de seu Raildo: Aureliana, Kleber, Roberto John, Eli, Welington, Sonnally, Mylena e Alan, por deixarem minhas manhãs cinzentas mais alegre, vibrantes e coloridas. Agradeço a dupla e melhor casal Igor e Cris, e às melhores colegas do mundo, Andreza e Amanda.

Guardarei a todos com carinho, obrigado por fazer da minha vida mais feliz em cada canto por onde andei.

RESUMO

A banana é um dos frutos mais produzidos mundialmente. No Brasil sua produção se concentra na região nordeste, no estado da Bahia. Para atender as demandas exigidas pelo mercado, o comércio de bananas gera grandes quantidades de resíduos e parte destes são formados por cascas constituindo em peso 40% do fruto. A casca possui alto teor de nutrientes comparado à polpa, além de ser uma fonte de fibras, podendo ser utilizados como recursos alimentícios. Para minimizar o impacto causado pelos resíduos ao meio ambiente e agregar valor a estes, esta pesquisa tem como objetivo estudar o aproveitamento das cascas de banana da variedade prata, por meio de processos combinados de secagem: desidratação osmótica e secagem convectiva. As cascas foram caracterizadas *in natura* quanto aos parâmetros: pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), razão SST/ATT, teor de água e sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico, açúcares redutores, cor e atividade de água. Antes dos processos de desidratação osmótica e secagem, foi aplicado dois tipos de branqueamento, por imersão e a vapor, em 2, 3 e 4 min, com o intuito de inativar enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático. O branqueamento a vapor em 4 minutos foi o tratamento mais eficiente. A desidratação osmótica foi avaliada através da aplicação de um planejamento fatorial 2^2+3 pontos centrais, realizado para o estudo dos efeitos das variáveis de entrada: concentração de sacarose ($^{\circ}$ Brix) e temperatura ($^{\circ}$ C), ambas variando entre valores de 40 e 60, sobre as variáveis de resposta: perda de água e de massa, e ganho de sólidos nas cascas das bananas. A condição otimizada de desidratação osmótica que apresentou maior redução no teor de água e maiores ganhos de sólidos, foi no ensaio 4 (60 $^{\circ}$ Brix e 60 $^{\circ}$ C), sendo caracterizado em seguida quanto aos parâmetros físico-químicos citados. A secagem convectiva foi realizada em um secador de bandeja a 60 $^{\circ}$ C, por 26,5 horas, e os dados da cinética foram usados para obter os ajustes aos modelos de Page, Handerson & Pabis e Midlii. O modelo de Page foi o que mais se ajustou aos dados da secagem das cascas de banana. A difusividade efetiva ($2,2 \cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{s}$) foi determinada pela equação sem encolhimento, da segunda lei de Fick, definida para a geometria de placa planas infinitas, com quatro termos de séries no somatório. O armazenamento por 30 dias promoveu pequenas alterações físicas e físico-químicas nos valores do pH e acidez, no teor de ácido ascórbico, açúcares redutores, atividade de água e cor, mostrando que o processo osmoconvectivo aplicado foi eficiente.

Palavras-chave: Resíduo, fruta, desidratação osmótica.

ABSTRACT

Banana is the most produced fruits in the world. In Brazil, its production is concentrated in the northeast region, in the state of Bahia. To meet the demands demanded by the market, the banana trade generates large amounts of residues and part of them are formed by barks that constituting in weight 40% of the fruit. With the objective of minimizing the impacts on the nature and adding value to these residues, this research purpose to study the exploitation of banana peels of the silver variety by means of combined drying processes: osmotic dehydration and convective drying. The characterization of the shells was determined from the following parameters: pH, total titratable acidity (ATT), total soluble solids (SST), SST / ATT ratio, water content and total solids, ash content, ascorbic acid, reducing sugars, color parameters (luminosity and intensity of red and yellow) and activity of water. Before the osmotic dehydration and drying processes, two types of bleaching were applied, by immersion and steam, in 2, 3 and 4 min, in order to inactivate enzymes responsible for the enzymatic darkening. Steam bleaching in 4 minutes was the most efficient treatment. The osmotic dehydration was evaluated through the application of a factorial design 2^2+3 central points, carried out to study the effects of the input variables: concentration of sucrose ($^{\circ}$ Brix) and temperature ($^{\circ}$ C), both varying between 40 and 60 , on the response variables: loss of water and mass, and gain of solids in banana peels. The optimum osmotic dehydration condition, which showed the greatest reduction in water content and higher solids gain, was in test 4 (60 $^{\circ}$ Brix and 60 $^{\circ}$ C), and was then characterized for the physicochemical parameters mentioned. Convective drying was performed in a tray dryer at 60 $^{\circ}$ C for 26,5 hours, and kinetic data were used to obtain adjustments to the mathematical models of Page, Handerson & Pabis and Midlii. The Page model was the one that most adjusted to the drying data of the banana peels. The effective diffusivity (2.2.10-8 m²/s) was determined by the equation without shrinkage of the Fick law, defined for infinite plane plate geometry, with four series terms in the summation. Storage for 30 days promoted small physical and chemical-physical changes in pH and acidity, ascorbic acid content, reducing sugars, water activity and color, showing that the applied osmoconvective process was efficient.

Keywords: Residue, fruit, osmotic dehydration.

ISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Comportamento da curva de secagem e temperatura do sólido.	23
Figura 2 - Diagramas de Pareto para a perda de água, perda de massa e ganho de sólidos.	34
Figura 3 - Superfície de resposta da perda de água das cascas de banana, em função da concentração de sacarose e da temperatura da solução osmótica.....	36
Figura 4 – Superfície de resposta da perda de massa das cascas de banana, em função da concentração de sacarose e da temperatura da solução osmótica.....	36
Figura 5 - Superfície de resposta do ganho de sólidos de cascas de banana, em função da concentração de sacarose e temperatura da solução osmótica.	37
Figura 6 – Curva de contorno das variáveis de respostas na região otimizada do planejamento.....	38
Figura 7 – Curva de secagem convectiva a 60°C de fatias de cascas de banana desidratadas osmoticamente.	41
Figura 8 - Curvas de Secagem das cascas de bananas nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Page.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização centesimal, polifenóis totais e valor energético para a casca e polpa da banana “Prata” in natura segundo diversos autores.	17
Tabela 2 – Valores das variáveis independentes utilizadas na desidratação osmótica.	26
Tabela 3 – Valores utilizados em cada ensaio do planejamento experimental da desidratação osmótica.	26
Tabela 4 – Caracterização Físico-química das cascas de banana in natura.	31
Tabela 5 – Planejamento fatorial da desidratação osmótica em função da concentração de sacarose e temperatura.	33
Tabela 6 - Análise de variância (ANOVA) dos modelos ajustados para as variáveis de resposta.	35
Tabela 7 – Modelos matemáticos da regressão linear para as variáveis de resposta.	35
Tabela 8 – Caracterização físico-química das cascas de banana desidratadas na melhor condição da desidratação osmótica.	39
Tabela 9 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de secagem a 60°C.	41
Tabela 10 – Difusividade efetiva de água da secagem das cascas de banana com seu respectivo coeficiente de determinação.	43
Tabela 11 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos das cascas de banana após desidratação osmótica e convectiva durante o armazenamento.	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1 Banana.....	15
3.2 Resíduos agroindustriais.....	15
3.3 Resíduos da banana.....	16
3.3.1 Aproveitamento de resíduos da banana.....	17
3.4 Métodos de conservação de alimentos.....	17
3.4.1 Secagem.....	19
3.4.2 Desidratação osmótica.....	19
3.4.3 Secagem convectiva.....	20
3.4.3.1 Cinética de secagem.....	21
3.5 Branqueamento (Pré-tratamento).....	22
4. METODOLOGIA.....	24
4.1 Preparo das amostras.....	24
4.2 Aplicação do branqueamento.....	24
4.4 Desidratação Osmótica (DO).....	26
4.5 Secagem convectiva.....	26
4.6 Cinética de secagem.....	26
4.8 Armazenamento do produto.....	28
4.9 Caracterização física e físico-química da casca da banana.....	28
4.10 Análise dos dados.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1 Caracterização físico-química da casca da banana <i>in natura</i>	30
5.2 Análise do planejamento experimental fatorial.....	31
5.3 Otimização do Processo de Desidratação Osmótica.....	36
5.4 Caracterização físico-química do produto na melhor condição da desidratação osmótica.....	37
5.5 Cinética de Secagem Convectiva.....	39
5.6 Modelos Matemáticos.....	40
5.7 Modelo de Difusividade de Fick.....	41
5.8 Estudo da estabilidade das fatias das cascas desidratadas durante o armazenamento.....	42
6. CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de banana (*Musa spp.*), com produção de 6,74 milhões de toneladas em julho de 2018, correspondendo a uma área cultivada de 454.494 hectares (IBGE, 2018).

A banana é a fruta mais produzida mundialmente, sendo cultivada na maioria dos continentes devido a fácil adaptação ao clima. A maior concentração de cultivares de banana está localizada em países tropicais. No território brasileiro, depois da laranja, a banana é o fruto mais cultivado e consumido, com destaque os estados do Nordeste, especialmente a Bahia a qual atingiu produção de cerca de 1,1 milhões de toneladas da fruta em 2014 (OCDE/FAO, 2015). Dentre as cultivares mais produzidas no Brasil, a Prata-Anã, a Pacovan e a Prata encontram-se presentes nas principais regiões produtoras, representando cerca de 70% da área cultivada com banana (LESSA et al, 2012).

A grande demanda de bananas no mercado fruticultor gera problemas com a produção de resíduos, resultantes das perdas decorrentes da colheita inadequada, de utilização de técnicas pós-colheita ineficientes, assim como também, dos resíduos domiciliares e de indústrias e cooperativas que processam esta fruta.

As cascas de banana equivalem a 40% do peso total da banana fresca correspondendo a uma quantidade significativa dos resíduos gerados após seu processamento (ISRAEL et al., 2015). De acordo com a Embrapa (2013), o Brasil produz anualmente cerca de 90 mil toneladas de cascas de banana que poderiam ser aproveitadas para diversos fins, mas que geralmente são descartadas e na maioria das vezes não são destinadas corretamente, gerando problema para o meio ambiente.

Uma das alternativas para o aproveitamento deste resíduo é aplicar métodos de conservação de alimentos para transformá-las em produtos apetecíveis e seguro para serem integradas a alimentação, justamente por serem ricas em nutrientes, sendo fontes de carboidratos, fibras, sais minerais e vitaminas (ISRAEL et al., 2015). A manipulação industrial deste resíduo é dificultada por apresentarem alto teor de água e elevada atividade de água, pois são estas características que favorecem diversas e rápidas alterações nos alimentos, em especial, as alterações causadas por reações enzimáticas indesejáveis e as causadas devido ao crescimento e a proliferação de microrganismos. Por isto é que a utilização de métodos de secagem tem sido uma alternativa eficaz na conservação dos alimentos, pois age reduzindo o percentual de água dos alimentos prevenindo diversas alterações, oriundos de produtos com alta quantidade de água, conservando-o por um longo período de tempo (LIMA et al., 2000).

O processo de secagem convectiva expõe o alimento ao calor por longo período de tempo, podendo causar algumas alterações nos seus constituintes nutricionais e nas características sensoriais. Portanto, muitos autores optam pela aplicação de pré-tramentos que garantem a estabilidade nutricional e sensorial do produto durante o processo de secagem, como: o branqueamento, que previne o escurecimento enzimático do produto e a desidratação osmótica, a qual conserva os nutrientes, e, desta forma aumenta a eficiência do processo de secagem convectiva (VICENTE et al., 2012).

A combinação de métodos de secagem tem sido alternativa econômica e segura para a conservação de produtos alimentícios, além de possibilitar a obtenção de produtos desidratados de melhor qualidade quando comparada com a dos produtos desidratados convencionalmente (BRANDÃO et al., 2003). A desidratação osmótica associada a outros fatores de conservação tem produzido alimentos de boa qualidade, de fácil conservação e praticidade.

Diante do exposto, pesquisas voltadas para o aproveitamento de resíduos gerados no processamento da banana, em especial as cascas, são fundamentais tanto do ponto de vista ambiental quanto para a geração e agregação de valor destas, transformando-as em produtos alimentícios seguro.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Aproveitar a casca da banana “Prata” utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o resíduo, casca da banana “Prata”, *in natura* quanto aos parâmetros físico-químicos: pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), razão SST/ATT, teor de água, sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico, açúcares redutores, cor e atividade de água;
- Aplicar dois métodos de branqueamento, por imersão e à vapor, em tempos diferentes na casca da banana;
- Realizar a desidratação osmótica das cascas de banana e utilizar o planejamento fatorial 2^2+3 pontos centrais, para avaliar a influência das variáveis de entrada: concentração de sacarose e temperatura, sobre as variáveis respostas: perda de massa, perda de água e ganho de sólidos.
- Analisar os parâmetros físico-químicos citados da condição otimizada do planejamento fatorial;
- Realizar a cinética de secagem convectiva da casca da banana em estufa com circulação de ar à 60°C;
- Avaliar os modelos matemáticos empíricos de Page, Midilli e Henderson & Pabis e avaliar a difusividade efetiva da água utilizando o modelo difusional de Fick, considerando a geometria de placas planas, no processo de secagem convectiva da casca da banana;
- Determinar os parâmetros físico-químicos citados no produto osmoconvectivo;
- Analisar físico-quimicamente a estabilidade do produto osmoconvectivo armazenado durante um período de 30 dias em temperatura ambiente.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Banana

A banana (*Musa* spp.) pertence à família Musaceae, apresentando cerca de 30 espécies conhecidas do gênero *Musa* e mais de 700 variedades (ASMAR et., 2013). Dentre as cultivares comerciais de banana, têm-se: a Prata-Anã, a Pacovan e a Prata (ou Branca) (PBMH; PIF, 2006).

No Brasil, a cultura de banana está amplamente difundida por todo o território, em todas as federações, sendo as regiões Nordeste e Sudeste os maiores produtores do país, sendo os maiores representantes os estados da Bahia e São Paulo, cada um apresentando produção de 1,1 milhões de toneladas de fruto e área de cultivo equivalente a 72,7 e 51,5 mil hectares, respectivamente, durante o ano de 2016 (IBGE, 2017).

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo, com consumo anual de 11,4 Kg por habitante, perdendo apenas para a laranja, com consumo anual de 12,2 Kg. Entre os anos 2000 e 2015 a produção mundial de banana cresceu em uma taxa anual composta de 3,7%, atingindo um recorde de 117,9 milhões de toneladas em 2015, em comparação com cerca de 68,2 milhões de toneladas em 2000 (FAO, 2018).

O Brasil corresponde a 6% do que é produzido no mundo e atingiu uma área colhida de 470.635 hectares, com produção de 6.955.383 toneladas no ano de 2016 (IBGE, 2016).

A grande produtividade de banana está relacionada com a grande facilidade de produção, sendo contínua durante todo ciclo anual, apresentando elevado rendimento por hectare e por ser de fácil manipulação e controle de maturação. A produção de banana está relacionada diretamente ao mercado mundial de exportação de frutas, contribuindo de forma significativa na economia de diversos países tropicais, principalmente o Brasil (FIORAVANÇO, 2003).

3.2 Resíduos agroindustriais

Resíduos agroindustriais é o nome dado aos subprodutos gerados durante o processamento industrial de produtos agrícolas, que geralmente são derivados de vegetais ou de animais, mas também podem advir de diversas atividades agrícolas. É comum que subprodutos agrícolas tais como: palha, caule, folhas, cascas, sementes e polpas diversas de alguns legumes, frutas e cereais, sejam descartados, por não haver nenhuma aplicação direta desses resíduos no meio industrial, mesmo apresentando alto potencial nutricional em termos de fibras, carboidratos e proteínas (PANESAR et al., 2016).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2015), a quantidade de resíduos produzidos no Brasil em 2005 foi contabilizada em 80 milhões de toneladas e estimativas previstas para 2020, mostram que as quantidades de resíduos gerados serão de 154 milhões de toneladas.

Resíduos orgânicos quando não aproveitados são encaminhados para aterros ou depósitos a céu aberto, onde ficam acumulados acarretando uma série de efeitos negativos,

gerando problemas de magnitude ambiental, social e econômico (FERREIRA, 2014 *apud* BARCELOS et. al, 2017). Por este motivo a indústria agrícola e de processamento ocupam posições cruciais quanto as grandes quantidades de resíduos biodegradáveis produzidos (CANCHÉ-ESCAMILLA, et al 2005), sendo necessário exercerem atividades industriais mais conscientes, a fim de realizar implantação de projetos de aproveitamento destes subprodutos agrícolas reduzindo o desperdício e as consequências geradas pelo acúmulo de resíduos orgânicos.

3.3 Resíduos da banana

A grande oferta de banana no mercado pode ser apontada como um dos principais agentes geradores de resíduos orgânicos no Brasil, podendo ser estimado através da logística de mercado, uma produção de cerca de 220 toneladas de resíduos para cada hectare de banana plantada (GUYLÉNE, BERTHE, FAHRASMANE, 2009). Considerando que parte do peso da banana se resume a sua casca, contribuindo com 40% do peso total da fruta fresca, pode-se afirmar que grande parte do fruto que chega a mesa do consumidor não é aproveitado, sendo as cascas descartadas (ISRAEL et al., 2015). Dados observados pela Embrapa em 2013 expressam que a geração anual de subprodutos da banana, apenas em termos de cascas, se quantifica em 90 milhões toneladas de resíduos por ano.

Entretanto, a utilização das cascas pode se tornar uma alternativa para a destinação correta desses resíduos, minimizando o impacto ambiental causado por estes como também possibilitando agregar valor ao resíduo a partir da formulação de novos produtos.

A existência de problemas de geração de resíduos é consequência da falta de ideias para o aproveitamento destes, proporcionada pela presunção de que as cascas não apresentam aplicabilidade e potencial nutricional, mas de acordo com Gondim (2005) as cascas das frutas podem apresentar teores de nutrientes maiores do que as suas respectivas partes comestíveis.

Na Tabela 1 estão expostos valores da caracterização centesimal, polifenóis totais e valor energético apresentados da casca e polpa da banana “Prata” segundo alguns autores.

Tabela 1 - Caracterização centesimal, polifenóis totais e valor energético para a casca e polpa da banana “Prata” in natura segundo diversos autores.

DETERMINAÇÕES	Casca da banana				Polpa
	(GONDIM et al., 2005)	(FLORÊNCIO et al., 2011)	(STORCK, 2013)	(GOMES, 2016)	TACO (2011)
Teor de água (%)	89,50	87,70	93,90	87,63	71,90
Carboidratos (%)	4,91	8,85	2,92	8,20	26,00
Fibras (%)	1,99	-	1,00	-	2,00
Proteínas (%)	1,69	1,54	0,51	1,95	1,30
Lipídeos (%)	0,99	0,32	0,35	1,14	0,10
Cinzas (%)	0,95	1,59	1,29	1,18	0,80
Polifenóis Totais (mg/100g)	-	-	38,73	9,88	-
Valor energético (Kcal)	35,30	-	16,90	-	98,00

Comparando nutricionalmente a polpa com a casca da banana observa-se que, a casca além de ter quantidades superiores de elementos minerais (cinzas), lipídeos e proteínas, ainda contém uma quantidade considerável de carboidratos, fibras e polifenóis, além de apresentar baixo valor calórico.

Segundo Lousada Júnior et al., (2005) a utilização destes subprodutos, gerados durante o despulpamento, pode agregar valor ao resíduo de modo que sua aplicação como matéria-prima pode trazer benefícios econômicos para diversos tipos de indústrias principalmente a agrícola e a de alimentos, reduzindo gastos adicionais com o acúmulo de matéria orgânica, reduzindo os danos ambientais.

3.3.1 Aproveitamento de resíduos da banana

Nos últimos anos devido aos problemas gerados pelo acúmulo de resíduos agroindustriais, o aproveitamento das cascas de diversas frutas tem ganhado bastante aplicabilidade. O processamento da casca da banana pode originar diversos produtos alimentícios em especial, farinhas e doces.

Oliveira et al. (2009) prepararam o doce de banana utilizando a proporção de 50:50 (polpa : açúcar), sendo parte da polpa substituída por 20% de casca e o pH foi ajustado para 4,0. Estes autores concluíram que o produto alcançou boa aceitação para os atributos de cor, sabor e textura, mostrando que a casca da banana é um resíduo nutritivo rico também em pectina, a qual pode ser utilizada para melhorar a qualidade dos doces contribuindo para enriquecer tanto a massa como também para dar o ponto do corte do doce.

Bertolini et al. (2010) utilizaram as cascas e a polpa de banana para produzir uma farinha e concluíram que, devido as cascas apresentarem maiores teores de minerais e de fitoesteróis, componentes essenciais na redução do colesterol, a farinha da casca de banana

apresentou maiores teores destes constituintes do que a farinha produzida apenas da polpa da banana.

Dias et al., (2011) elaboraram uma geléia de cascas de banana madura (cascas totalmente amarelas com manchas marrons e sem defeitos ocasionados pelo estágio de maturação), a partir do processamento do extrato das cascas com sacarose (açúcar refinado) obtendo um produto agradável sensorialmente e com vida de prateleira prolongada.

Aiolfi e Basso (2013) prepararam um bolo utilizando os seguintes ingredientes: casca de banana (120 g), ovos (4 unidades), açúcar (400 g), farinha de trigo (600 g), margarina vegetal (40 g), fermento químico em pó (30 g), canela em pó (20 g). O produto foi assado em forno à 200°C por 35 minutos. Estes autores obtiveram na análise sensorial um valor médio de $8,7 \pm 0,56$, com 97% de aceitação dos 37 provadores não treinados.

Antunes et al., (2017) usaram cascas de bananas secas ao sol sem aditivos químicos em substituição parcial à silagem de sorgo para a dieta animal, especificamente para vacas em período de lactação, e concluíram que estas poderão ser uma alternativa viável para a produção e processamento do leite, mantendo a sua qualidade.

Outra aplicação que está ganhando notoriedade é o uso de resíduos orgânicos para o tratamento de efluentes. Pignatelli (2017) utilizou a biomassa de casca de banana (*Musa paradisiaca* L.) para realizar o tratamento de águas de rios contaminados por metais pesados e evidenciou a atuação deste resíduo na remoção de agentes tóxicos.

3.4 Métodos de conservação de alimentos

A necessidade da conservação de alimentos se deu pelo fato das susceptíveis alterações dos produtos agroalimentares, de origem animal e vegetal, em detrimento dos agentes físicos (calor, luz e umidade), químicos (oxigênio e água) e microbiológicos (micro-organismos e enzimas) que se tem início desde a colheita ou abate dos animais e se acentua nas etapas posteriores, como: transporte, armazenamento e processamento (VASCONCELOS, 2010). Além desses fatores, as variações climáticas também podem ser citadas como um dos principais agentes causadores de alterações e perdas de produção, que prejudicam alimentos sensíveis a variação de umidade e temperatura acarretando na falta de determinados produtos nos mercados (BATISTA JÚNIOR, 2018).

A conservação de alimentos, mantendo da melhor maneira possível suas condições naturais, tem sido uma preocupação constante dos pesquisadores. Conservar um alimento é garantir a estabilidade sensorial, nutricional e microbiológica, que depende exclusivamente de parâmetros como o teor de água e atividade de água contida nos alimentos. Estes parâmetros garantem a textura dos alimentos, a disponibilidade das substâncias orgânicas e inorgânicas para o crescimento de micro-organismos, reações químicas e reações enzimáticas. Os produtos *in natura*, sem nenhum tratamento, apresentam elevado teor e atividade de água, consequentemente, são susceptíveis a diversas alterações por agentes deteriorantes.

Alimentos que apresentam alta atividade de água (maior que 0,9) e elevado teor de água, formam com facilidade soluções diluídas de macro e micronutrientes, e por favorecer substratos já dissolvidos, possibilitam um ambiente propício para o desenvolvimento de

diversos micro-organismos, mas nestas condições não apresentam atividade enzimática elevada. Alimentos com atividade de água entre 0,4 e 0,8 proporciona o aumento da velocidade das reações enzimáticas, pois a redução do parâmetro limita os nutrientes dissolvidos, fornecendo concentrados de substratos mais acessíveis para as enzimas, fazendo com que os nutrientes não estejam diretamente disponíveis em solução para a atividade microbiana, por este motivo o crescimento microbiológico diminui de forma gradual com a atividade de água até atingir valor próximo à 0,6, quando apresenta pouco ou nenhum desenvolvimento de microrganismos. Quando o parâmetro de atividade de água encontra-se em patamares menores que 0,3, o alimento atinge a zona de absorção primária, adquirindo estabilidade microbiológica, apresentando moléculas de água fortemente ligadas ao alimento, não possibilitando a dissolução de nutrientes, o que impede desenvolvimento de micro-organismos e reduzem as reações enzimáticas a níveis mínimos (CELESTINO, 2010).

Portanto como os alimentos podem se deteriorar com extrema facilidade, a utilização de técnicas de conservação age visando protegê-los dos agentes causadores de alterações, preservando o máximo das características sensoriais e nutricionais do produto *in natura* (MELO, 2015).

Dentre as técnicas de conservação de alimentos encontra-se a secagem a qual garante a estabilidade dos alimentos por redução da atividade de água, limitando as alterações microbiológicas, físico-químicas e enzimáticas que ocorreriam no alimento.

A conservação de produtos por redução da atividade de água pode ser suficiente para a conservação do produto, não necessitando de barreira complementar, como refrigeração e congelamento.

As vantagens da aplicação do método de secagem é que reduz o volume de produto a ser transportado, conseqüentemente reduz os custos com transporte, distribuição e estocagem, além de aumentar a sua vida de prateleira para meses ou ano.

3.4.1 Secagem

O processo de secagem é uma das principais operações unitárias no meio industrial, aplicada na elaboração de diversos produtos: químicos, cerâmicos, agrícolas, alimentícios, entre outros, a fim de manter a qualidade e a estabilidade dos produtos, considerando que a retirada parcial da água reduz a atividade química e biológica durante o armazenamento (ALMEIDA et al., 2013). Esta técnica consiste na aplicação de calor para promover a estabilidade do produto ante os processos de deterioração por longo período de armazenamento, em condições ambientais (MEDEIROS et al., 2016).

A secagem pode ser realizada por meio de métodos naturais ou artificiais. Na secagem natural o fator de desidratação depende de condições climáticas favoráveis, sendo a desidratação do alimento proporcionada pelo calor gerado devido a intensidade da radiação solar e pela velocidade do vento do ambiente, já no método artificial o calor é exercida por equipamentos mecânicos ou elétricos (GARCIA et al., 2004).

São diversos os tipos de operação de secagem, sendo as mais conhecidas: a desidratação osmótica, com ar quente, à vácuo, em microondas e a liofilização. A escolha do

melhor método de secagem depende da análise de alguns fatores como disponibilidade do tipo de secador, do custo de secagem, do consumo de energia, da sensibilidade da matéria-prima e da qualidade final que se deseja obter para o produto (SAGAR, 2010; KUMAR, 2015). Cada critério deve ser avaliado cuidadosamente a fim de se obter um produto com estabilidade microbiológica, sensorial e nutricional (CAVALCANTE NETO, 2017).

A desidratação com ar quente, também conhecida como secagem convectiva, é uma das mais utilizadas e consiste em expor o alimento ao contato a uma atmosfera com um fluido (o ar) aquecido a temperaturas inferiores ao de ebulição da água (100°C em nível do mar), durante tempo determinado. Antes da operação de secagem geralmente a desidratação osmótica é aplicada para assegurar a qualidade sensorial e nutricional do alimento. A desidratação por osmose é um método de conservação que pode ser realizada tendo como base princípios de vaporização, sublimação, remoção de água por solventes ou na adição de agentes osmóticos, atualmente é uma das alternativas mais eficazes quando se trabalha com alimentos, principalmente frutas e vegetais (MORAIS, 2015).

Segundo Mayor et al. (2011), a desidratação osmótica consiste em imergir o alimento em uma solução hipertônica de solutos, para que ocorra a difusão de massa entre produto e solução, removendo parcialmente o teor de água, diminuindo a atividade de água e aumentando a estabilidade. Esta difusão ocorre sobre influência da pressão osmótica que gera dois gradientes de fluxo de concentração: água do alimento para a solução, e, soluto no sentido oposto. Por ser um processo que exige baixa demanda energética, se utiliza baixas temperaturas e recebeu atenção considerável nos últimos anos (RODRÍGUEZ et al., 2013).

3.4.2 Desidratação osmótica

A desidratação osmótica é uma operação unitária que atualmente vem sendo citada por diversos autores, pois proporciona produtos que apresentam maior estabilidade e com poucas alterações, conservando com maior qualidade as características sensoriais e nutritivas (MOTA, 2005). Geralmente é vinculada como um tratamento que precede a secagem, justamente por promover a incorporação de solutos variados, a preservação de nutrientes e de compostos voláteis responsáveis pelo flavor, em alguns casos evita o escurecimento enzimático e permite a remoção parcial do conteúdo de água presente nos alimentos, reduzindo desta forma os custos energéticos aplicados a posterior operação de secagem para produtos desidratados (MAIA et al., 2009; MENDES et al., 2013).

De acordo com Mayor et al., (2011) a desidratação osmótica age de forma a reduzir o teor de água, e conseqüentemente a atividade de água, através da pressão osmótica proporcionada ao adicionar o alimento em uma solução hipertônica, ocasionando gradientes de concentração que fluem em direções opostas, sendo o fluxo de conteúdo de água do alimento para a solução, e, no sentido inverso, tem-se o fluxo de solutos da solução hipertônica para o alimento.

A pressão osmótica estabelecida pelas diferenças de concentração na solução e no alimento, promove também um terceiro gradiente que apesar de ser de menor relevância quantitativa, pode ser significativa em termos de qualidade final do produto, este gradiente é

representado pelo fluxo de solutos do alimento para a solução (RAOULT-WACK, 1994 *apud* GERMER et. al, 2011).

Brandão et al., (2003) e Sousa et al., (2003) apontam que a implantação de operações de desidratação osmótica dentro das empresas alimentícias são favoráveis, principalmente no Brasil, que além de ser diversificado em termos de variedades de frutas é também um dos maiores produtores de sacarose oriunda da cana-de-açúcar; soluto ou agente osmótico mais utilizado.

A incorporação de sólidos na forma de sacarose, obtida pela pressão osmótica, junto da remoção do conteúdo de água durante a desidratação, incrementa valores sensoriais e nutricionais ao alimento, tornando-o mais degustativo, podendo diminuir o sabor ácido de frutas mais cítricas (Sousa et al., 2003). Por outro lado um teor mais exuberante de sólidos incorporados pode diminuir a qualidade e a similaridade quando comparado a fruta fresca (Azeredo et al., 2000).

A desidratação osmótica pode ser estudada analisando a influência das variáveis de processo (temperatura, concentração de solução desidratante, pressão, etc.) através das transferências de massa que ocorrem durante a desidratação, podendo ser descritas pela cinética de operação (ASSIS et al., 2016). Os gradientes de transferências podem ser avaliados por meio de parâmetro de variáveis de respostas: perda de água (PA) perda de massa (PM) e ganho ou incorporação de sólidos (GS) (FITO, 1994).

3.4.3 Secagem convectiva

Essa técnica ocorre devido às transferências simultânea de calor e massa decorrente do aumento da temperatura do ar, que flui pelo sistema fornecendo calor, reduzindo a umidade relativa do ambiente, possibilitando o aumento do gradiente de umidade, fluxo de conteúdo úmido do interior para a superfície do produto, favorecendo a remoção da umidade presente no material por evaporação (MEDEIROS et al., 2016).

A exposição do alimento a um fluido aquecido por longo período de tempo promove uma desidratação eficaz, reduzindo significativamente a atividade e o teor de água presente nos alimentos, mas que pode causar diversas alterações, variando desde as perdas de componentes nutricionais as modificações bastante significativas em sua estrutura e cor (SOUZA et al., 2011).

Segundo Boeri (2012) a temperatura, a velocidade do ar e a umidade relativa são os principais fatores termodinâmicos de processo, pois influenciam na umidade relativa, no gradiente de transferência de massa e de umidade. Estes fatores regem diretamente sobre o tempo de secagem, possibilitando maiores transferências de massa quando as diferenças de pressões de vapor do sistema, entre a atmosfera aquecida e a superfície do material, são maiores. De acordo com o mesmo autor, o tempo de secagem também pode ser influenciado por uma série de fatores secundários, como: a natureza e a umidade inicial do produto, a espessura e as demais dimensões da matéria-prima a ser processada, o efeito película que impede a remoção do conteúdo úmido isolando a superfície do material do fluxo externo de ar, e, o modo que o material está disposto para a secagem.

Produtos que são desidratados osmoticamente e que posteriormente passam por uma operação de secagem apresentam melhores características, em termos de texturas, retenção de nutrientes e estabilidade de cor, quando comparado a produtos apenas secos e é por esta razão que diversos autores apontam a importância da desidratação osmótica como tratamento predecessor a secagem (SOUZA et al., 2011; VICENTE et al., 2012).

3.4.3.1 Cinética de secagem

A secagem tem início quando ocorre o aumento da temperatura e pressão de vapor de água na amostra, tendo continuidade até que as transferências de calor e massa se equivalham e atingindo uma taxa de evaporação constante (CAVALCANTE NETO, 2017).

A segunda etapa do processo é característica de produtos que apresentam teor de água acima de 70%, pois a presença de grande quantidade de conteúdo úmido na superfície do material permite que a taxa de evaporação permaneça constante, não havendo variações significativas de transferências de calor e massa (PALACIN, et al., 2005). Nesta etapa a umidade do alimento exerce a pressão de vapor igual àquela apresentada pela da água pura, fazendo com que o material se comporte como um líquido puro com taxa de evaporação constante.

Esta remoção constante do conteúdo úmido é explicada pela facilidade de remoção de água não ligada. Estas moléculas de água apresentam-se em sua forma livre, entre os interstícios e poros do alimento, e agem como solvente dispersando nutrientes (LAZUBA, TANNEMBAUM e KAREL, 1970).

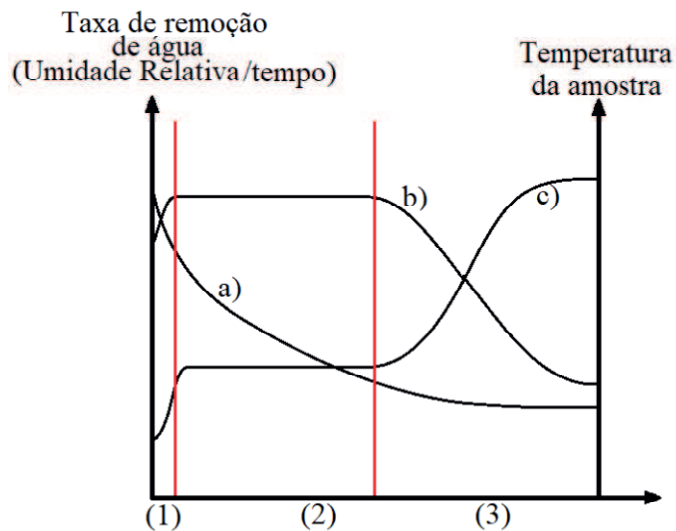
No decorrer da secagem a pressão de vapor exercida pelas moléculas de água livres torna-se cada vez menor devido à quantidade de matéria úmida ser progressivamente reduzida por evaporação, com isso a transferência de massa também decai no sistema (PACHECO, 2018).

A remoção de água começa a ser dificultado devido às moléculas estarem mais fortemente ligadas as estruturas que compõem o alimento, estando adsorvidas nas superfícies de compostos macromoleculares (amido, celulose, proteínas e pectina) ou combinadas através de fortes ligações químicas (LAZUBA, TANNEMBAUM e KAREL, 1970). A baixa transferência de massa subsequente não acompanha o aumento da transferência de calor e desta forma ocorre o aumento da temperatura no produto, até que este entre em equilíbrio térmico com a do ar de secagem (CAVALCANTE NETO, 2017).

O processo de secagem é concluído quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar. Nas condições de operação (temperatura e umidade relativa do ar), o ponto de umidade de equilíbrio mostra que o sólido atingiu a umidade limite ao qual o alimento pode ser desidratado, apresentando a mesma temperatura do ar, estando em equilíbrio térmico e cessando a transferência de massa no decorrer do tempo de desidratação (CAVALCANTE NETO, 2017).

Park et al., (2014), descreve o estudo das condições de secagem através das curvas de cinética, as quais avalia parâmetros em função do tempo, como: a) o teor de água (umidade relativa); b) a velocidade de desidratação (cinética de secagem) e c) a evolução da

temperatura da amostra. Segundo o mesmo autor as três curvas de secagem podem ser estudadas durante o processo de secagem para cada estágio da desidratação: 1) início da secagem, onde ocorre um aumento gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água; 2) taxa constante de secagem, onde a transferência de massa e calor é igual; e 3) redução da umidade relativa, seguido do aumento de temperatura, até atingir o ponto de umidade de equilíbrio.



Adaptado: Park et al. (2014).

Figura 1- Comportamento da curva de secagem e temperatura do sólido.

3.5 Branqueamento (Pré-tratamento)

O branqueamento é um pré-tratamento térmico utilizado em frutas e vegetais antes do processo de secagem, congelamento e enlatamento com a finalidade de: inativar as enzimas, reduzir a carga microbiana da superfície do alimento, eliminar ar e gases existentes nos tecidos, impedir a despigmentação e manter a consistência firme (FELLOWS, 2006).

O aparecimento de manchas enegrecidas em diversas frutas e vegetais, como na banana, são consequências do processo natural de maturação e que podem ser aceleradas quando o alimento é cortado, amassado ou triturado, tem por origem reações catalisada por enzimas e por esta razão o processo denomina-se de escurecimento enzimático. Esta reação enzimática é a responsável por ocasionar alterações sensoriais bastantes relevantes em termos de perdas de produção em frutas e hortaliças, devido ao alto índice de rejeição do público consumidor (TUCAN *et al.*, 2016).

O escurecimento destes alimentos pode ser evitado com facilidade aplicando o branqueamento, o qual é um pré-tratamento que utiliza como parâmetros o binômio tempo e temperatura pré-estabelecidos, a fim de inativar as enzimas polifenoloxidasas (PPO), responsáveis pelo escurecimento do produto, que agem oxidando compostos fenólicos na

presença de oxigênio convertendo-os em produtos de coloração marrom-escuros denominados melanina, quando o tecido do fruto ou hortaliça é danificado.

Os métodos mais comuns de branqueamento consistem em submeter o alimento a uma atmosfera de vapor saturado ou imergi-los em água quente, seguido de um rápido resfriamento. Cada uma das aplicações apresenta suas vantagens e desvantagens, a determinação do método mais eficiente será o qual apresenta enzimas oxidases inativadas e produto mais íntegro, sem alterações na estrutura (SANTIAGO, 2008). Segundo o mesmo autor, um branqueamento ineficaz pode acelerar o processo de escurecimento, pois calor aplicado pode não ser suficiente para inativar todas as enzimas e ainda pode causar a ruptura do tecido do alimento perpetuando as alterações.

O tempo de branqueamento utilizado vai depender do tipo de fruta ou hortaliça utilizada, da dimensão dos alimentos a ser branqueado, da temperatura e do método aplicado (FELLOWS, 2006).

4. METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA) do Centro de Ciências e Tecnologia, Campus I da UEPB, e no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas – LAPP, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, ambos localizados na cidade de Campina Grande – Paraíba.

4.1 Preparo das amostras

As cascas de banana prata foram provenientes de frutas selecionadas pela sua qualidade aparente: cor amarela e sem pontos pretos, obtidas na feira livre da cidade de Campina Grande-PB. As frutas foram submetidas a uma lavagem inicial para remoção de resíduos agregados as cascas, em seguida foram imersas em solução de hipoclorito de sódio 50 ppm por 5 minutos objetivando reduzir a carga microbiana da superfície e por fim foram lavadas novamente com água de abastecimento para remover o excesso dessa solução.

As frutas selecionadas, após o processo de sanitização, foram cuidadosamente descascadas com o auxílio de uma faca de aço inoxidável. As cascas foram cortadas com dimensionamento de 0,5 cm de largura e 3 cm de comprimento e imediatamente submetidas ao pré-tratamento de branqueamento.

4.2 Aplicação do branqueamento

As cascas cortadas foram submetidas ao branqueamento por imersão e a vapor, nos quais as fatias foram imersas em água em ebulição, e a vapor em um recipiente metálico no qual as amostras foram adicionadas. Cada processo foi realizado durante 2, 3 e 4 minutos, seguido de um resfriamento em água a temperatura de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ para evitar a ação prolongada de calor. O teste da enzima peroxidase foi realizado para avaliar a eficiência do branqueamento, utilizando gotas de solução de guaiacol 1% e peróxido de hidrogênio 10 volumes, na mesma proporção, sobre as amostras tratadas. A ausência de manchas escuras nas amostras após dois minutos mostrou que o branqueamento à vapor por 4 minutos foi o tratamento mais eficaz.

4.3 Planejamento experimental fatorial para desidratação osmótica

Foi realizado um planejamento experimental 2^2 com 3 repetições no ponto central, totalizando 7 ensaios para avaliar a influência e o comportamento experimental das variáveis independentes (variáveis de entrada), concentração de sacarose e temperatura, sobre as variáveis respostas (dependentes), perda de água (PA), perda de massa (PM) e ganho de sólidos (GS) na desidratação osmótica.

Os valores das variáveis independentes encontram-se na Tabela 2 e a matriz do planejamento experimental fatorial é apresentado na Tabela 3.

Tabela 2 – Valores das variáveis independentes utilizadas na desidratação osmótica.

Variáveis	-1	0	+1
Concentração de sacarose (°Brix)	40	50	60
Temperatura (°C)	40	50	60

Tabela 3 – Valores utilizados em cada ensaio do planejamento experimental da desidratação osmótica.

Ensaio	Concentração de sacarose (°Brix)	Temperatura (°C)
1	-1 (40)	-1 (40)
2	+1 (60)	-1 (40)
3	-1 (40)	+ (60)
4	+1 (60)	+ (60)
5	0 (50)	0 (50)
6	0 (50)	0 (50)
7	0 (50)	0 (50)

A massa e o teor de água das cascas de banana foram determinados periodicamente em intervalos de 15 minutos, até o término da desidratação osmótica, com 240 minutos (4h), tempo verificado em que as amostras atingiram o equilíbrio osmótico, não havendo mais variação da massa.

Para cada experimento do planejamento foi realizado o cálculo da perda de massa e do teor de água, segundo a metodologia descrita em IAL (2008).

A perda de massa (PM), a perda de água (PA) e o ganho de sólidos (GS), foram calculados através das equações 1, 2 e 3 mediante análise dos dados do planejamento experimental, citado por ITO (2007).

$$\begin{aligned}
 \text{PM}(\%) &= \frac{(1) (M_0 - M_t)}{M_0} \cdot 100 & \text{PA}(\%) &= \frac{(2) (M\alpha_0 - M\alpha_t)}{M_0} \cdot 100 & \text{GS}(\%) &= \text{PA}(\%) - \text{PM}(\%) \quad (3)
 \end{aligned}$$

Onde:

M_0 - massa inicial do produto (g);

M_t - massa do produto a um tempo t (g);

Ma_0 - teor de água no produto (g); e

Ma_t - teor de água no produto a um tempo t (g).

Os dados experimentais das variáveis de respostas obtidas de cada ensaio do planejamento fatorial foi analisada através do *software* Statistica 7.0 com o intuito de determinar a melhor condição de desidratação osmótica (ensaio), que pode ser verificada a partir dos diagramas de Pareto e superfícies de respostas geradas pelo mesmo programa computacional.

4.4 Desidratação Osmótica (DO)

As soluções desidratantes de sacarose de concentração 40, 50 e 60°Brix foram preparadas utilizando sacarose comercial e água destilada. Todo o processo de desidratação ocorreu em estufa com circulação de ar por 4 horas. Para proceder a desidratação cada ensaio foi realizado em batelada em recipiente de plástico de polietileno contendo 100 g de cascas de banana, fatiadas e branqueadas (a vapor por 4 minutos), submetidas a cada uma das condições específicas de temperaturas e concentração de sacarose, conforme proposto anteriormente nos ensaios do planejamento fatorial. A solução de sacarose foi mantida em banho-maria até atingir a temperatura de processo, só então foi adicionada ao recipiente contendo as amostras até completa imersão das fatias.

4.5 Secagem convectiva

A secagem convectiva das cascas de banana na melhor condição do planejamento fatorial da desidratação osmótica foi realizada em triplicata, em estufa de circulação de ar na temperatura de 60°C. A pesagem foi inicialmente de cinco em cinco minutos, seguida de intervalos de 15, 30 e 60 minutos, até massa constante.

4.6 Cinética de secagem

Para a cinética de secagem foram utilizadas bandejas de arame galvanizado contendo 100g de cascas de banana osmoticamente desidratadas, distribuídas em finas camadas. O esquema de pesagem inicial foi de cinco em cinco minutos seguidos de intervalos de 15, 30 e 60 minutos até o final do processo, quando não ocorreu variações de massa com o tempo de exposição a temperatura.

Os modelos semiteóricos de Page (Equação 4), Henderson & Pabis (Equação 5) e Midilli (Equação 6) foram ajustados às curvas de secagem.

- **Page**

$$RX = \exp(-Kt^n) \quad (4)$$

Onde:

RX – razão de água;

k – constante da equação, $1.h^{-1}$;

n – constante da equação; e

t – tempo, min.

- **Henderson & Pabis**

$$RX = a \cdot \exp(-K \cdot t) \quad (5)$$

Onde:

RX – razão de água;

a – constante adimensional da equação;

k – Constante da equação, $1.h^{-1}$; e

t – tempo, min.

- **Midilli**

$$RX = a \cdot \exp(-Kt^n) + bt \quad (6)$$

Onde:

RX – Razão de água;

a – constante adimensional da equação;

k – constante da equação, $1.h^{-1}$;

b – constante adimensional da equação;

n – constante da equação; e

t – tempo, min.

4.7 Difusividade efetiva

A difusividade efetiva (Def) foi obtida, para a desidratação convectiva a 60°C, a partir do modelo difusional proposto na segunda lei de Fick, considerando a geometria de placas planas. O parâmetro foi determinado através das estimativas não lineares (Simplex e Quasi-Newton) usando o software Statistica 7.0, considerando os quatro primeiros termos da série do somatório, onde não houve variações significativas da difusividade.

$$\frac{X - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[\frac{-(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef} t}{4L^2} \right] \quad (7)$$

Onde:

X - teor de água, g;

X_e - teor de água de equilíbrio, g;

X₀ - teor de água inicial, g;

(X-X_e)/(X₀-X_e) - razão de água, decimal base seca;

D_{ef} - difusividade efetiva, m².s⁻¹;

t - tempo, h;

L - espessura da fatia, m.

4.8 Armazenamento do produto

Para o armazenamento as cascas de banana desidratadas na melhor condição de desidratação osmótica foram submetidas a uma nova secagem até atingir o teor de água abaixo de 12% b.u. (base úmida). As amostras desidratadas foram separadas em 3 montantes de aproximadamente 25 g sendo em seguida colocadas em embalagens flexíveis laminadas e seladas mecanicamente. Após a selagem, as três embalagens previamente rotuladas, foram armazenadas a temperatura ambiente durante um período de 30 dias.

No início do armazenamento (tempo zero) e a cada 15 dias, durante 30 dias, foi feito o acompanhamento da estabilidade do produto através da determinação dos seguintes parâmetros: pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), razão SST/ATT, teor de água, sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico, açúcares redutores, cor e atividade de água.

4.9 Caracterização física e físico-química da casca da banana

Foi realizada a caracterização da casca da banana *in natura*, após a desidratação osmótica (na condição otimizada), após a secagem convectiva e a cada 15 dias durante 30 dias de armazenamento.

As análises físico-químicas feitas foram: acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), razão SST/ATT, teor de água, sólidos totais e cinzas segundo a metodologia descrita pelo IAL (2008). O pH foi determinado pelo método potenciométrico. O Ácido Ascórbico (vitamina C) foi determinado pela metodologia descrita por BENASSI e ANTUNES (1998), e, os açúcares redutores foram determinados pela metodologia descrita por Miller (1959). Os parâmetros de cor luminosidade (L^*), transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$); e transição da cor azul ($-b^*$) para a o amarelo ($+b^*$) foram determinados utilizando o espectrofotômetro MiniScan XE Plus. A atividade de água foi determinada diretamente em equipamento Aqualab 3TE, da Decagon Devices a 25°C. Todas as análises foram feitas em triplicatas.

4.10 Análise dos dados

Foi utilizado o programa computacional ASSISTAT versão 7.7 Beta (SILVA e AZEVEDO, 2016) e o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (1×7), com 1 temperatura (25 °C), 3 tempos de armazenamento (0, 15, 30 dias) e 3 repetições. Para comparação entre médias será utilizado o teste de Tukey.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização físico-química da casca da banana *in natura*

Na Tabela 4, encontram-se os resultados da caracterização físico-química da casca da banana *in natura*.

Tabela 4 – Caracterização Físico-química das cascas de banana *in natura*.

Parâmetros Físico-químicos	Média e Desvio Padrão
pH	5,53 ± 0,058
Sólidos Solúveis Totais (°BRIX)	5,75 ± 0,050
Relação SST/ATT	34,28 ± 1,818
Acidez Total Titulável (% ácido málico)	0,168 ± 0,008
Ácido Ascórbico (mg/100g de amostra)	1,415 ± 0,004
Teor de água (%b.u.)	84,56 ± 0,121
Cinzas (%)	1,71 ± 0,121
Sólidos Totais (%)	15,44 ± 0,017
Açúcares Redutores (g/100g)	4,23 ± 0,014
Atividade de água	0,966 ± 0,001
	(*L)
COR	56,09 ± 0,038
	(+*a)
	7,44 ± 0,029
	(+*b)
	40,45 ± 0,050

O pH apresentou caráter não ácido, com valor médio de 5,53. O mesmo resultado (5,53) foi obtido por Castilho et al. (2014) para cascas de banana prata *in natura* no desenvolvimento de farinha do resíduo de bananas do tipo maçã e prata. Guerrero et al. (2015) obtiveram resultados similares no purê da polpa de banana nanica, 5,28, ao acompanhar as alterações físico-químicas durante o armazenamento por 14 dias.

Os sólidos solúveis totais (°Brix) foi de 5,75°Brix, resultado abaixo do valor encontrado por Pádua et al. (2017) para a polpa da banana em torno de 18°Brix.

A determinação da acidez total titulável (ATT) quantifica o teor de ácidos orgânicos presentes nos alimentos, sendo o ácido málico o que mais contribui para a variação da acidez em polpas e cascas de bananas. O valor médio encontrado para a ATT na casca *in natura* foi menor quando comparado aos resultados obtidos por Leite et al. (2010), que variaram entre 0,39 a 0,43%, para a polpa de banana da variedade pacovan em diferentes estabelecimentos de Mossoró (Rio Grande do Norte). Devido ao baixo teor de sólidos solúveis presentes na casca, a relação SST/ATT, que representa o teor de doçura e estado de maturação das frutas,

apresentaram valores menores comparado com os resultados obtidos na polpa da fruta, estudado pelo mesmo autor, que variaram entre 57,55 a 64,37.

As concentrações de ácido ascórbico ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) das frutas variam de acordo com o genótipo. De acordo com a TACO (2011), o teor de ácido ascórbico presente nas cascas de banana foram menores que os resultados determinados nas polpas de banana da variedade prata (21,6), figo (17,5) e terra (15,7), mas apresentou teor de ácido ascórbico considerável quando comparados aos valores presente na polpa de banana nanica, 5,9.

As amostras *in natura* apresentaram um alto teor de água, 84,56%, caracterizando a matéria prima como um produto perecível. Barbosa et al. (2015), ao determinarem o teor de água em banana roxa para o desenvolvimento de chás, obtiveram resultados similares de 85,58% em média para 6 unidades. Estes autores encontraram teores de cinzas entre 1,52 e 1,80% em duas unidades amostrais de cascas de banana roxa corroborando com os dados obtidos nessa pesquisa que foi de 1,71%.

A determinação de açúcares redutores apresentou um valor acima do resultado obtido por Castilho et al. (2014) que foi de 2,94 ($\text{g}/100\text{g}$) para a casca de banana *in natura* da variedade prata. Esta variação na quantidade de açúcares redutores provavelmente poderá ser atribuído ao estágio de maturação da fruta. Carvalho et al. (2011) trabalharam com bananas da variedade Thap Maeo do subgrupo Maçã em diferentes estádios de maturação e encontraram valores de açúcares redutores variando entre 0,71 a 6,01 $\text{g}/100\text{g}$.

O valor da atividade de água (A_w), 0,966 encontrado está abaixo do resultado obtido na polpa de banana da variedade prata por Monteiro et al. (2015), que foi de 0,981 no estudo da modificação da textura de bananas desidratadas em campo de micro-ondas.

Os parâmetros luminosidade (L^*), intensidade do vermelho ($+a^*$) e amarelo ($+b^*$) determinados para a casca *in natura* foram 56,09, 7,44 e 40,45, que define fisicamente as características do fruto para o estágio de maturação escolhido, variando do amarelo-esverdeado para o amarelo. Analisando estes mesmos parâmetros de cor em cascas de banana prata-anã, Santana et al. (2010) verificaram valores para (L^*) de 64,70, ($+a^*$) = -2,75 e ($+b^*$) = 46,89. Estas diferenças possivelmente podem ser atribuídas ao estágio de maturação mais avançado (frutas com coloração amareladas) utilizadas por estes autores.

5.2 Análise do planejamento experimental fatorial

A avaliação do planejamento fatorial foi obtida a partir dos diagramas de Pareto e superfícies de respostas por meio do comportamento experimental das variáveis independentes, concentração de sacarose e temperatura, sobre os parâmetros resposta (variáveis dependentes) perda de água, perda de massa e ganho de sólidos através do software Statística 7.

Na Tabela 5 estão expressos os valores experimentais das variáveis dependentes, determinados por meio do planejamento fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais.

Tabela 5 – Planejamento fatorial da desidratação osmótica em função da concentração de sacarose e temperatura.

Ensaio	Concentração (°Brix)	Temperatura (°C)	PA (%)	PM (%)	GS (%)
1	40	40	31,26	28,79	2,46
2	60	40	50,63	44,00	6,63
3	40	60	42,15	36,82	5,33
4	60	60	56,91	50,74	6,17
5	50	50	48,55	42,94	5,60
6	50	50	49,36	43,52	5,84
7	50	50	48,96	43,25	5,71

Nas condições utilizadas de concentração de sacarose e temperatura, verifica-se que os valores de perda de água (PA) e perda de massa (PM) variaram de 31,26 a 56,91%, e, 28,79 a 50,74%, respectivamente. De acordo com os dados tabelados é possível verificar que esses valores tendem a aumentar quando são utilizados os maiores valores para a combinação de concentração e temperatura. Desta forma, o ensaio 4, foi o experimento que ocorreu maiores variações em termos das variáveis de resposta, PA e PM, enquanto que o ensaio 1 foi o que apresentou os menores valores. Comportamento similar para perda de água foram observados por Porto et al. (2014), na otimização da desidratação osmótica de uvas *Crimson* sem sementes, que verificaram que a perda de água aumenta gradativamente com a concentração e tempo de imersão.

O ganho de sólidos apresentou valores entre 2,46 a 6,63% e todos os ensaios, com exceção do experimento 1, expressaram valores acima de 5%, sendo os ensaios 2 e 4 os que alcançaram os maiores resultados, com 6,63 e 6,17% respectivamente. Analisando o planejamento fatorial observa-se que a concentração de sacarose é a variável que tem mais influência no aumento deste parâmetro. Do mesmo modo, Castro et al. (2018), durante o estudo do desenvolvimento e avaliação sensorial de goiaba-passa desidratada osmoticamente, observaram que os valores de ganhos de sólidos aumentavam com a elevação da temperatura e principalmente com a concentração de sacarose.

Na Figura 2 estão os diagramas de Pareto gerados a partir do planejamento fatorial, que expressam visualmente a interação das variáveis dependentes sobre as independentes, de acordo com sua significância e regressão, durante a desidratação osmótica. A magnitude dos efeitos é representada por barras dispostas horizontalmente e sua significância estatística, a nível de 95% de confiança, pela linha tracejada perpendicular as barras ($p = 0,05$).

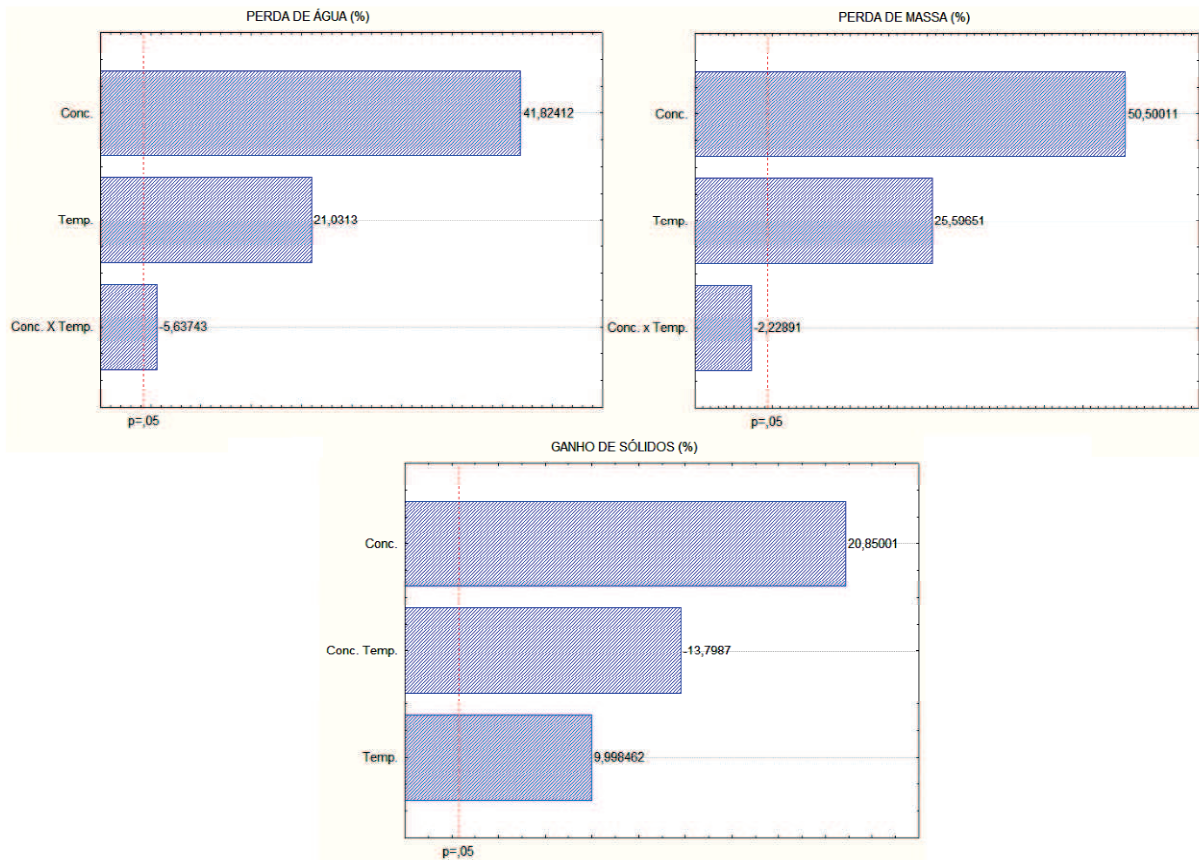


Figura 2 - Diagramas de Pareto para a perda de água, perda de massa e ganho de sólidos.

Os diagramas de Pareto exibem que a perda de massa foi o único dos parâmetros observados que não sofreu influência da interação entre as duas variáveis independentes. A concentração da solução e a temperatura foram os fatores que mais influenciaram estatisticamente na desidratação das cascas de banana, com efeitos positivos a 95% de confiança. Os efeitos divergiram para a polpa de banana observada por Almeida (2011), que verificou que para a perda de massa a temperatura foi a variável que mais surtiu efeito.

Verifica-se que o aumento dos parâmetros perda de água (PA), perda de massa (PM) e ganho de sólidos (GS), apresentaram o mesmo comportamento, sendo influenciados significativamente pelo aumento dos valores das variáveis de entrada, concentração de sacarose e temperatura, fator significativo acima de 95% de confiança, tendo a concentração da solução desidratante o fator que mais influenciou o aumento dos valores destes parâmetros respostas observados. Luchese (2013) também observou que a concentração de sacarose e temperatura foram os fatores mais eficazes na perda de água durante desidratação osmótica do *Physalis peruviana L.* Da mesma maneira Silva et al. (2015), verificaram que a perda de massa é diretamente influenciada pelo aumento da concentração de sacarose e com a intensidade da temperatura aplicada a desidratação.

No diagrama de Pareto para ganho de sólidos, observa-se que a regressão dos fatores foi significativa a 95% de confiança, sendo a concentração de sacarose o parâmetro de maior influência sobre o aumento desta variável durante a desidratação osmótica, seguido da

interação entre as variáveis e da temperatura. Os dados avaliados corroboram com o estudo realizado por Castro et al. (2018), que também observaram que a concentração de sacarose foi a variável de maior influência na incorporação de sólidos nas furtas.

Na Tabela 6 encontra-se a análise de variância (ANOVA) aplicada a regressão dos dados das variáveis de resposta da desidratação osmótica: PA, PM e GS a um modelo linear e seus respectivos coeficientes de determinação R^2 .

Tabela 6 - Análise de variância (ANOVA) dos modelos ajustados para as variáveis de resposta.

Variável	R ²	Regressão			Falta de ajuste		
		Fc	Ft	Fc/Ft	Fc	Ft	Fc/Ft
PA	93,90	15,40	9,28	1,66	145,00	18,51	7,83
PM	93,96	15,56	9,28	1,68	202,00	18,51	10,91
GS	94,73	17,97	9,28	1,94	38,00	18,51	2,05

Observa-se a significância da regressão e a falta de ajuste a 95% de confiança, pelo teste F, fato coerente com o coeficiente de determinação (R^2) que em todos apresentaram valores acima de 90% se ajustando ao modelo matemático de regressão linear. O teste F para a regressão de todas as variáveis dependentes (PA, PM e GS) analisadas, o valor de Fc (F calculado) foi maior que o valor de Ft (F tabelado), logo, o modelo linear foi estatisticamente significativo, mas por apresentar a razão entre os fatores Fc e Ft ≥ 4 , esta regressão não foi estatisticamente preditiva. A falta de ajuste foi significativa e preditiva para todas as variáveis dependentes estudadas e apenas a variável GS não foi estatisticamente preditiva.

A Tabela 7 exhibe as equações dos modelos lineares para as variáveis de respostas, obtidos durante a desidratação osmótica para as fatias de casca de banana, nas diversas condições de concentração de sacarose (X) e temperatura (Y). A partir destes coeficientes os gráficos das superfícies de respostas foram gerados e analisados.

Tabela 7 – Modelos matemáticos da regressão linear para as variáveis de resposta.

Variáveis	Equações
PA	$Z(X,Y) = 1,4295X + 1,0055Y - 0,0115XY - 46,1061$
PM	$Z(X,Y) = 0,8895X + 0,5305Y - 0,0032XY - 21,5004$
GS	$Z(X,Y) = 0,5415X + 0,4765Y - 0,0083XY - 24,6961$

A Figura 3 mostra as superfícies de respostas para as variáveis perdas de água, de massa e ganho de sólidos para a desidratação osmótica das fatias de cascas de banana, variando os valores da concentração de sacarose e temperatura. De acordo com os dados previstos no diagrama de Pareto, observa-se no gráfico de superfície que o aumento da

concentração de sacarose e da temperatura intensifica a desidratação osmótica, aumentando a perda de água.

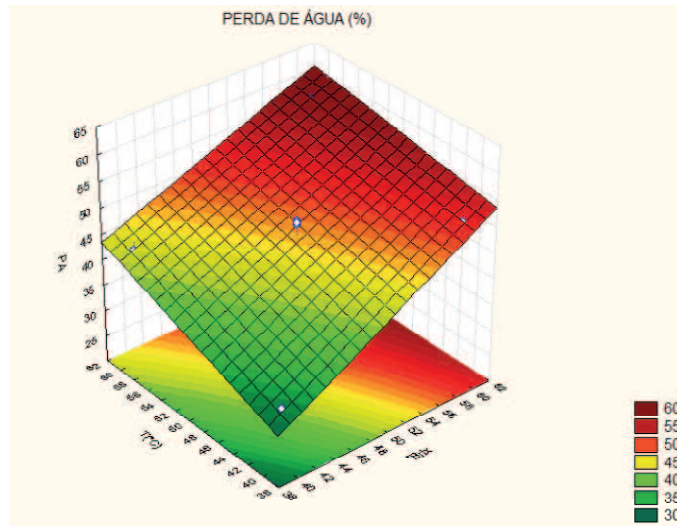


Figura 3 - Superfície de resposta da perda de água das cascas de banana, em função da concentração de sacarose e da temperatura da solução osmótica.

A Figura 4 apresenta o gráfico da superfície de resposta referente a perda de massa (PM). Observando o gráfico, verifica-se que o aumento da concentração da solução desidratante e a da temperatura proporcionam maiores perdas de massa. No estudo da cinética de transferência de massa em polpas de bananas Mercali et al. (2010), observaram que as maiores trocas de massa ocorrem em maiores condições de temperaturas e concentração, pois ocorrem maiores interações da pressão osmótica facilitando a perda de massa.

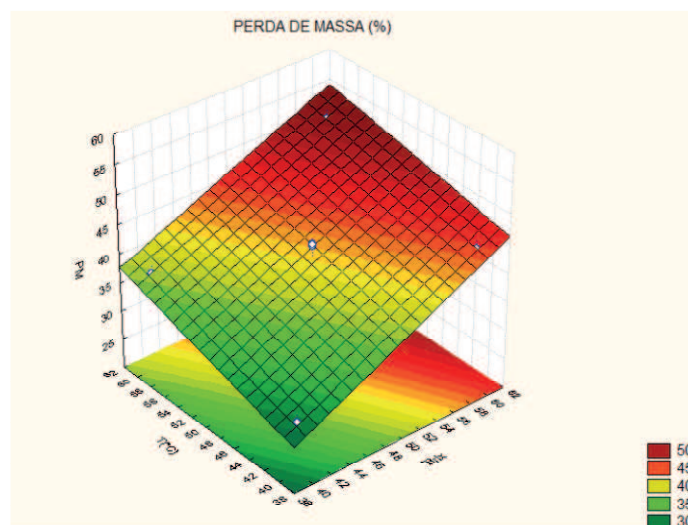


Figura 4 – Superfície de resposta da perda de massa das cascas de banana, em função da concentração de sacarose e da temperatura da solução osmótica.

Na Figura 5 os efeitos dos parâmetros, concentração de sacarose e temperatura podem ser observados sobre o ganho de sólidos durante a desidratação osmótica. Nota-se que as intensidades das variáveis dependentes podem influenciar significativamente no ganho de sólidos, aumentando a incorporação de açúcares na amostra. O mesmo comportamento foi observado por Kotovicz (2011), quando avaliou os efeitos das variáveis, concentração de frutose, variando entre 40 e 68% p/p, e temperatura, variando entre 30 e 50°C, durante o processo de desidratação osmótica de batatas *Yacon* com e sem revestimento de alginato de sódio + cloreto de potássio.

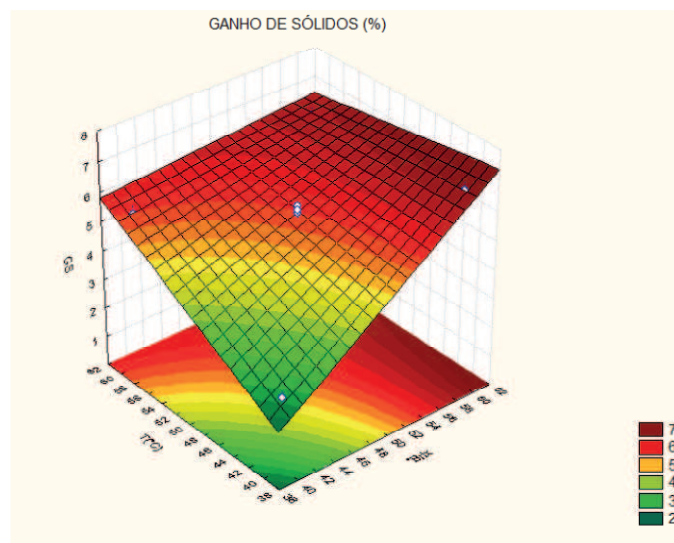


Figura 5 - Superfície de resposta do ganho de sólidos de cascas de banana, em função da concentração de sacarose e temperatura da solução osmótica.

5.3 Otimização do Processo de Desidratação Osmótica

De acordo com os dados avaliados no planejamento fatorial 2^2 , a concentração de sacarose e a temperatura no processo influenciaram significativamente as variáveis de resposta na desidratação osmótica das cascas de banana. Foi verificado que o aumento destes fatores aumenta a perda de massa e de água no sistema, e, conseqüentemente, reduzem a atividade de água das amostras. A geometria de placas planas e o dimensionamento 0,5x3 cm fornece uma maior área superficial de contato com a solução desidratante contribuindo para aumento da incorporação de sólidos no início da desidratação. Durante os ensaios experimentais percebeu-se que em 240 minutos de processo houve perda significativa de água com maior agregação de sólidos nas amostras.

A Figura 6 apresenta região otimizada do planejamento fatorial nas superfícies de contorno das variáveis de resposta, perda de água (A), perda de massa (B) e ganho de sólidos (C), identificada pela região superior direita, de coloração mais escura, onde as variáveis de entrada concentração (°Brix) e temperatura (°C) são mais intensas. Levando em consideração

os efeitos observados durante a desidratação osmótica das cascas de banana, e, tendo em vista o objetivo principal do processo, que é o aumento da vida de prateleira do alimento, foi definido que o ensaio 4 (60°Brix e 60°C) seria a melhor condição de trabalho, pois apresentava maior perda de água (56,91%) e maior incorporação de sólidos (6,17%).

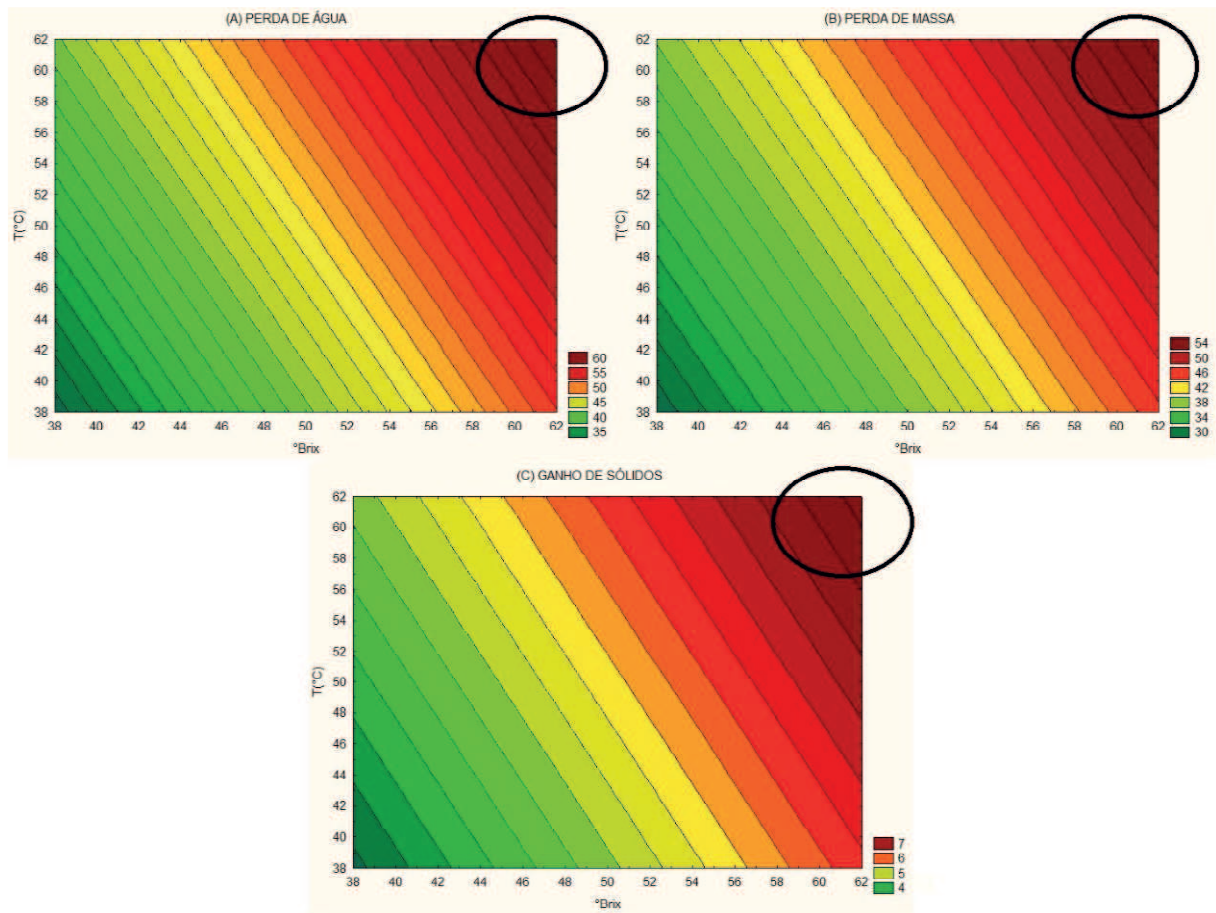


Figura 6 – Curva de contorno das variáveis de respostas na região otimizada do planejamento.

5.4 Caracterização físico-química do produto na melhor condição da desidratação osmótica

Na Tabela 8 estão expressos os resultados médios e os desvios dos parâmetros físico-químicos das cascas de banana desidratadas na melhor condição da desidratação osmótica (condição “otimizada”).

Tabela 8 – Caracterização físico-química das cascas de banana desidratadas na melhor condição da desidratação osmótica.

Parâmetros Físico-químicos	Média e Desvio Padrão	
pH	5,27 ± 0,058	
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	16,05 ± 0,050	
Relação SST/ATT	28,02 ± 0,050	
Acidez Total Titulável (% ácido málico)	0,537 ± 0,027	
Ácido Ascórbico (mg/100g de amostra)	1,395 ± 0,089	
Teor de água (%b.u.)	43,14 ± 0,031	
Cinzas (%)	1,02 ± 0,015	
Sólidos Totais (%)	56,86 ± 0,031	
Açúcares Redutores (g/100g)	6,38 ± 0,165	
Atividade de água	0,927 ± 0,001	
	(*L)	49,22 ± 0,095
COR	(*a)	6,03 ± 0,023
	(*b)	24,67 ± 0,044

Após o processo de desidratação osmótica observa-se um decréscimo no valor médio obtido para o pH com relação as cascas de banana *in natura*, de 5,53 para 5,27, e um aumento de 68,72% no teor da acidez em termos de ácido málico, que variaram de 0,168 a 0,537%. O mesmo comportamento foi verificado por KRÜGER (2014) no estudo da desidratação osmótica de fatias de abacaxi da variedade *Smooth Cayenne*, que observou um decréscimo no pH para as fatias de abacaxi *in natura* após a desidratação, de 3,88 para 3,74, e um aumento de 54,78% nos valores da acidez, que variaram de 0,710 para 1,570% (ácido cítrico).

Conforme o esperado ocorreu um aumento do teor de sólidos solúveis de 64,17% ao longo do processo devido a incorporação de sólidos.

Houve um aumento da acidez nas fatias das cascas de banana, logo a razão SST/ATT gerou resultados menores quando comparados com os obtidos nas cascas *in natura*.

Após a desidratação osmótica o teor de ácido ascórbico reduziu de 1,415, para as amostras *in natura*, para 1,395mg.100g⁻¹. A redução no teor de ácido ascórbico nas cascas de banana foi de 1,41%, não sendo tão significativa quando comparado ao estudo do efeito das condições de desidratação osmótica em passas de araçá-pêra realizado por Paglarini et al. (2015), que constataram uma perda de 87,3% nas condições de 50°Brix e 60°C.

Analisando os valores de teor de água e atividade de água para as cascas *in natura* e após o processo de desidratação, verifica-se a redução de uma porção significativa no teor de água das amostras, de 84,56 a 43,14%, e desta maneira alterando consideravelmente os valores de atividade de água de 0,966 para 0,927, respectivamente. Pontes (2009) obteve resultados similares de atividade de água quando utilizou polpa de banana da terra (*musa*

sapientum), nas mesmas condições estudadas (60°Brix e 60°C), de 0,972 para as amostras *in natura* e aproximadamente 0,940 após a desidratação osmótica.

Os sólidos totais variaram de 15,44 a 56,86%, para as amostras sem e com tratamento osmótico. Como consequência da redução no teor de água houve maior agregação de nutrientes possibilitando maiores quantidades de sólidos.

As amostras desidratadas apresentaram teor de cinzas menores que os valores determinados *in natura*. Conforme constatado por Queiroz et al. (2008), esta redução deve-se a solubilidade dos minerais presentes na amostra com a solução desidratante.

Comparando os parâmetros de cor no produto *in natura* com os determinados para as fatias das cascas de banana desidratadas osmoticamente, observa-se a redução nos atributos de luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($+a^*$) e intensidade de amarelo ($+b^*$). É válido salientar que mesmo com o tratamento térmico de inativação enzimática as fatias escureceram após o processo, em termos de luminosidade, de 56,09 para 49,22, na intensidade de vermelho, com valores médios de 7,44 a 6,03, e uma redução na intensidade de amarelo de 40,45 a 24,67.

5.5 Cinética de Secagem Convectiva

As cascas de banana oriunda da melhor condição da desidratação osmótica foram desidratadas em estufa com circulação de ar a 60°C, para a realização da curva de cinética de secagem.

A Figura 7 exibe o gráfico da razão de água (adimensional) em função do tempo (minutos) para a secagem convectiva das fatias de cascas de banana a 60°C.

Analisando o gráfico, observa-se que para as amostras analisadas as primeiras 4 horas de secagem foi bastante eficaz reduzindo grande quantidade de água, em seguida verifica-se que a curva atinge o patamar mais estável da desidratação onde a variação de água removida é mínima. O processo de secagem procedeu por 26,5 horas até atingir massa constante. Pontes (2009), avaliando o processamento e qualidade de bananas da terra, constatou que para a mesma temperatura do processo estudado, foram necessárias 26 horas de secagem para bananas desidratadas osmoticamente.

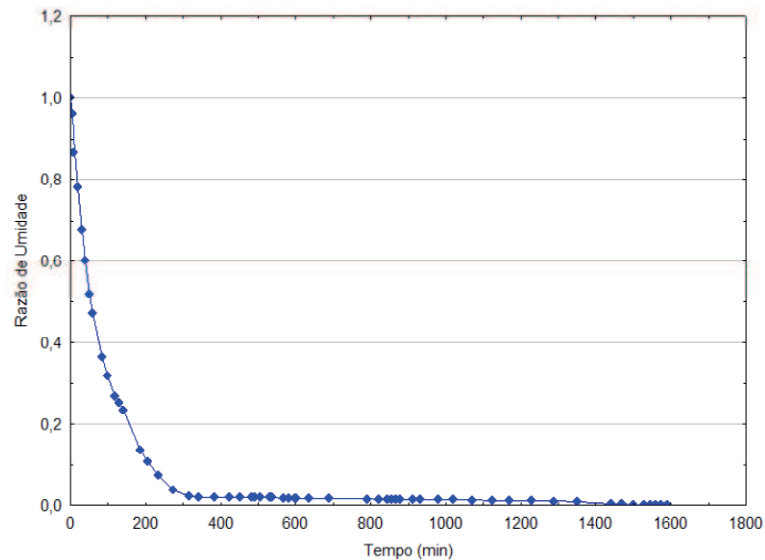


Figura 7 – Curva de secagem convectiva a 60°C de fatias de cascas de banana desidratadas osmoticamente.

5.6 Modelos Matemáticos

Na Tabela 9 estão expressos os valores estimados das constantes dos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli para a secagem convectiva das fatias de cascas de banana osmo-desidratadas à 60°C, assim como, os desvios médios quadráticos (DQM) e os coeficientes de determinação (R^2). Todos os modelos estudados se ajustaram a curva de desidratação convectiva, representando o processo com coeficientes de determinação próximos de 1 e $DQM < 0,11$.

Tabela 9 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de secagem a 60°C.

Modelos	Parâmetros				R^2	DQM
	k	N	a	b		
Page	0,7268	0,8491	-	-	0,9967	0,0102
Henderson & Pabis	0,6661	-	0,9627	-	0,9939	0,0156
Midilli	0,7690	0,8058	1,036	0,0004	0,9980	0,0299

As constantes matemáticas são importantes fatores no estudo da desidratação e demonstram seus valores descrevendo propriedades das amostras. Corrêa et al. (2007), referem-se as constantes k e n como representantes dos efeitos das condições externas a desidratação e da resistência interna das amostras na secagem, respectivamente.

Os valores da constante “k” foram observados por Correia et al. (2014), ao avaliarem a secagem convectiva de polpa de banana pacovan. Estes autores verificaram valores abaixo de $1,78.10^{-2}$, obtidos para os modelos de Page e Henderson & Pabis para amostras desidratadas a 50, 60 e 70°C. O parâmetro “k” é maior para os valores encontrados na polpa de banana, apontando que os efeitos externos a desidratação é intensificada na casca.

Analisando os parâmetros obtidos, observa-se uma pequena variação para as constantes matemáticas “k”, “n” da modelagem de Page e de Midilli, que apresentaram os maiores coeficientes de determinação. Comparando os modelos avaliados, pode-se afirmar que o modelo de Page foi que o que mais se ajustou a curva de secagem, apresentando alto R^2 e menor desvio quadrático. Cardoso (2012), avaliando as curvas de secagem da banana nanica em vários estágios de maturação (2 a 9°Brix) e temperatura (50 a 70°C), constatou que o modelo matemático de Page foi um dos que melhor se ajustou as curvas de secagem.

Na Figura 8 encontra-se a curva da cinética de secagem convectiva de cascas de banana, na temperatura de 60°C ajustada ao modelo matemático selecionado (Page).

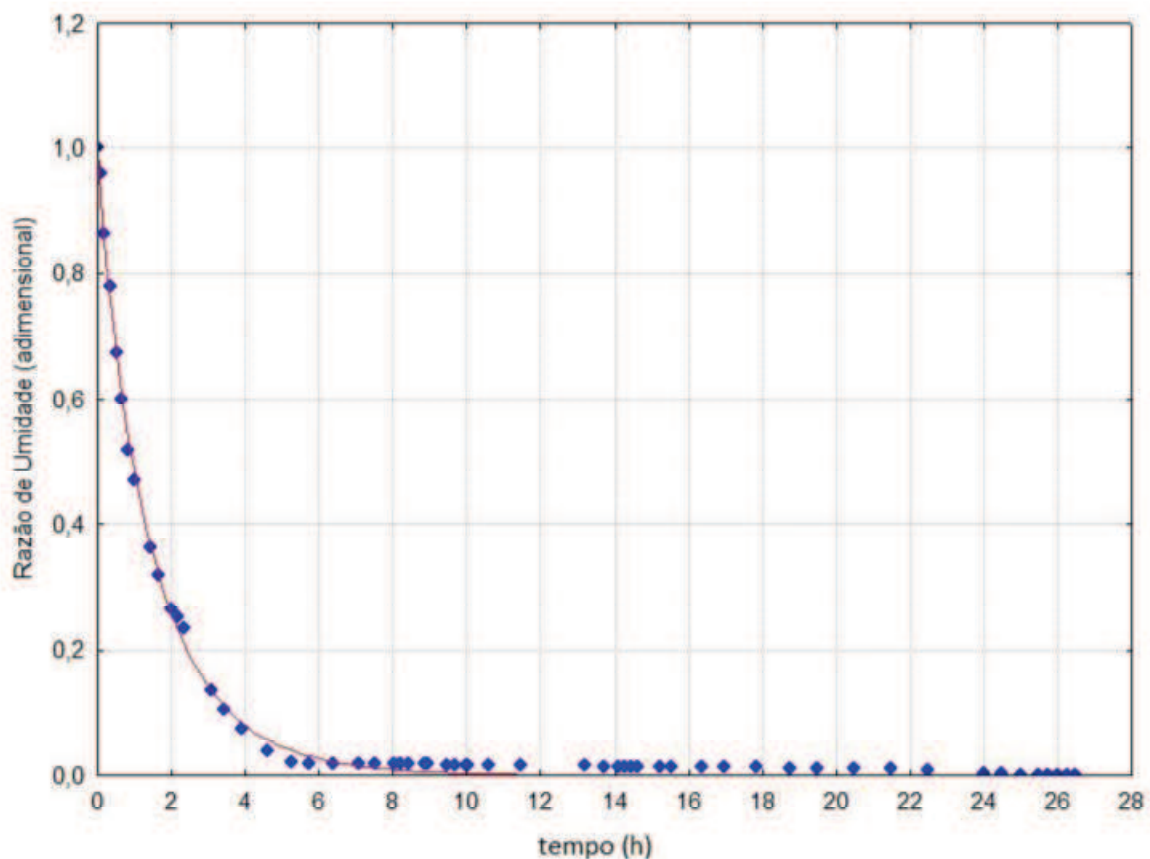


Figura 8 - Curvas de Secagem das cascas de bananas nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Page.

5.7 Modelo de Difusividade de Fick

Na Tabela 10 estão expressos os valores da difusividade efetiva (Def) e do coeficiente de determinação (R^2) obtidas do ajuste do modelo matemático fenomenológico da equação de Fick, para a desidratação convectiva a 60°C .

Tabela 10 – Difusividade efetiva de água da secagem das cascas de banana com seu respectivo coeficiente de determinação.

Def (m^2/s)	R^2
$2,2 \cdot 10^{-8}$	0,9898

De acordo com o coeficiente de determinação (R^2) expresso na Tabela 10, a difusividade efetiva, se ajustou bem a curva de desidratação convectiva, apresentando coeficiente de determinação próximo de 1, quando se utilizou 4 termos de somatórios na série da equação de Fick.

O baixo valor da difusividade obtido ($2,2 \cdot 10^{-8}$) durante a secagem da casca, pode-se atribuir ao fato dos sólidos incorporados, na forma de sacarose, durante a desidratação osmótica ter formado uma película de açúcar caramelizada que impede a saída de um fluxo maior de água por unidade de tempo. Valores similares e de mesma ordem exponencial (10^{-8}) de difusividade efetiva foram encontrados por Cardoso (2012), para a desidratação convectiva de banana nanica para a formulação de farinhas em diversas temperaturas, que variaram entre 50 a 70°C .

5.8 Estudo da estabilidade das fatias das cascas desidratadas durante o armazenamento

Na Tabela 11, estão expostos os resultados dos parâmetros físico-químicos determinados após o tratamento de desidratação osmótica e secagem convectiva, nos respectivos tempos: zero (considerado o início do armazenamento), quinze e trinta dias.

Tabela 11 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos das cascas de banana após desidratação osmótica e convectiva durante o armazenamento.

Parâmetros físico/físico-químicos	Armazenamento (dias)		
	0	15	30
pH	5.30 b	5.51 a	5.52 a
SST (°Brix)	66.67 a	66.67 a	66.33 a
Relação SST/AT	57.71 a	56.61 a	56.26 a
Acidez Total Titulável (% ácido málico)	1.76 b	1.72 a	1.72 a
Ácido Ascórbico (mg/100g de amostra)	1.47 a	1.37 ab	1.23 b
Teor de água (% b.u.)	11.88 a	11.93 a	11.95 a
CINZAS (%)	1.72 a	1.73 a	1.73 a
Sólidos Totais (%)	88.12 a	88.07 a	88.05 a
Açúcares Redutores (g/100g)	6.87 a	6.36 b	6.30 b
Atividade de água	0.703 b	0.717 b	0.758 a
(*L)	38.19 c	38.60 b	39.26 a
COR (+*a)	8.04 a	7.92 b	7.25 c
(+*b)	19.61 a	18.74 b	17.36 c

Obs.: As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os dados tabelados não houve variações significativas nos valores de pH e acidez ao final de 15 e 30 dias de armazenamento. Resultados similares foram obtidos por Santos et al. (2015), que foi de 5,78 para a farinha de banana verde.

Os resultados para os sólidos solúveis aumentaram após a desidratação, devido a incorporação de sacarose no processo osmótico. Avaliando os resultados obtidos em comparação com Nunes (2017), que avaliou as propriedades da farinha de banana da variedade madeira, é possível verificar que as cascas após o processo osmoconvectivo apresentaram valores aproximados a farinha da polpa da fruta desidratada, 71,12°Brix. Em função do aumento da concentração de sacarose a razão SST/ATT, aumentou, agregando sabor as cascas do fruto desidratado. Ambos os parâmetros, SST e a razão SST/ATT permaneceram estatisticamente constantes ao longo do armazenamento, sem divergência estatística.

O processo de desidratação osmoconvectivo preservou as quantidades de ácido ascórbico com relação os valores obtidos *in natura*, que variaram de 1,42 a 1,47 mg.100g⁻¹. Durante o período de estocagem a concentração de ácido ascórbico decresceu gradativamente até atingir valor de 1,23 mg.100g⁻¹. Reis et al. (2017) também observaram o aumento da concentração de ácido ascórbico, após a secagem convectiva da acerola. Estes mesmos autores também verificaram a redução deste composto durante o armazenamento, justificando o decréscimo no teor de ácido ascórbico devido à instabilidade do composto, que se oxida facilmente em contato com o oxigênio e se degrada com o aumento da temperatura.

O processo osmótico seguido da secagem convectiva foi eficaz reduzindo 80,3% do teor de água e 29,41% na atividade de água das cascas *in natura*. Os valores de teor de água, não diferiram estatisticamente e variaram de 11,88 a 11,95, após 30 dias. Resultados foram maiores aos obtidos por Mendes (2014), que verificou teor de água igual a 5,95% após a secagem da banana verde com casca.

O valor da atividade de água no início do período de armazenamento foi de 0,703 e aumentou para 0,758 no final da desidratação, sendo essa diferença significativa estatisticamente. Pontes (2009), no estudo da desidratação de bananas, definiu que a eficácia da secagem é atingida quando a atividade de água atinge valores iguais ou menores a 0,7, pois nesta faixa não existe atividade microbiológica.

Devido à redução significativa de água nas amostras os sólidos totais apresentaram valores maiores que 80%, devido ao aumento da concentração de nutrientes na amostra.

O teor de cinzas não apresentou diferenças significativas comparadas às amostras *in natura*.

Analisando os resultados obtidos para os açúcares redutores (AR) verifica-se um aumento da concentração após o processo osmoconvectivo. Na estabilidade apenas a média (0 dias) divergiu estatisticamente de suas médias de 15 e 30 dias, havendo uma redução durante o período de armazenagem. Resultado considerável comparado ao constatado por Silva (2013), na farinha de casca de banana, que apresentou concentração de 5,75(g/100g).

Avaliando os parâmetros de cor observa-se que houve o escurecimento das amostras verificado pela redução dos valores intensidade de vermelho (+a*) e amarelo (+b*), apesar do aumento do fator luminosidade (*L). Estes parâmetros divergiram estatisticamente entre as médias obtidas apresentando pequenas variações durante o armazenamento de 30 dias, de 2,72%, 9,83% e 11,47%, para os valores de *L, a* e b*, respectivamente.

6. CONCLUSÕES

A casca de banana utilizada nos experimentos apresentou alto teor de água e quantidades razoáveis de carboidratos e cinzas. O ensaio 4 nas condições de concentração de sacarose 60°Brix e temperatura de 60°C, foi o que proporcionou maiores perdas de água e maior incorporação de sólidos (sacarose). A desidratação convectiva realizada a 60°C por um período de 26,5 horas foi fundamental na conservação do produto, reduzindo 85,95% do teor de água e 27,23% atividade de água. Os modelos matemáticos Page, Henderson & Pabis e Midilli se ajustaram bem a curva de secagem, porém o ajuste de Page representou melhor os dados experimentais, apresentando maior coeficiente de determinação (R^2) de 0,9967 e menor desvio médio quadrático (DQM) de 0,0102. A difusividade efetiva se ajustou bem ao modelo de desidratação apresentando valor de $2,2 \cdot 10^{-8}$ e R^2 de 0,9898.

Ao término do processo osmoconvectivo as cascas desidratadas apresentaram teor de água de 11,85%, estando abaixo de 12% b.u. (base úmida) conforme os padrões recomendados pela Avisa para produtos desidratados, podendo ser armazenadas em embalagens adequadas, mas por ainda apresentar atividade de água igual à 0,703 ainda apresenta riscos de crescimento microbiano. Os parâmetros físicos e físico-químicos das cascas desidratadas tiveram pequenas alterações nos valores de pH e acidez, ácido ascórbico, açúcares redutores, atividade de água e cor, analisados durante um período de 30 dias de armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIOLFI, A. H.; BASSO, C. PREPARAÇÕES ELABORADAS COM APROVEITAMENTO INTEGRAL DOS ALIMENTOS. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências da Saúde*, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 109-114, 2013.

ALMEIDA, D. P.; RESENDE, O.; COSTA, L. M.; MENDES, U. C. Higroscopicidade das sementes de feijão adzuki. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 2, p. 130-137, 2013.

ALMEIDA, J. A. R. Desidratação osmótica de banana (*Musa spp*): cinética de desidratação e avaliação de compostos bioativos. Campo dos Goytacazes, RJ: UENF, 2011. 72f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte do Fluminense, 2011.

ANTUNES, C. R.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CALDEIRA, L. A.; SOUZA, C. F.; RIGUEIRA, J. P. S.; SOUZA, G. R.; ALVES, W. S.; SOARES, C.; MENEZES, J. C. Efeito da casca de banana na dieta de vacas em lactação sobre as características do leite e do queijo Minas frescal. *Revista Brasileira de Ciências Veterinárias*. v. 24. n. 4. p. 189-196. 2017.

ASMAR, S. A.; CASTRO, E. M.; PASQUAL, M. PEREIRA, F. J.; SOARES, J. D. R. Changes in leaf anatomy and photosynthesis of micropropagated banana plantlets under silicon sources. *Scientia Horticulturae*, v. 161, p. 328-332, 2013.

ASSIS, F. R.; MORAIS, R. M. S. C.; MORAIS, A. M. M. B. Desidratação osmótica de cubos de maçã e fisális com soluções de sorbitol. In 13.º Encontro de Química dos Alimentos, Porto, Portugal, 14-16 Setembro, 2016. – In Livro de Atas do XIII Encontro de Química dos Alimentos. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Química, 2016. ISBN 978-989-8124-15-9. p. 60-63.

AZEREDO, H.M.C.; JARDINE, J.G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 20, n. 1, p. 74-82, 2000.

BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, C. C. S.; RODRIGUES, D. V. S.; BARBOSA, I. C. C.; SOUZA, E. C.; SILVA A. S. Caracterização físico-química de chás de cascas de banana roxa (*Musa spp*. Musaceae). 2015. Disponível em: <<http://www.14epqa.com.br/areas-tematicas/produtos-naturais/95-P638-642-caracterizacao-fisico-quimica-de-chas-de-cascas-de-banana-roxa-musa-spp-musaceae.pdf>> Acessado em 24 de julho de 2017.

BATISTA JÚNIOR, I. P.; OLIVEIRA, S. S.; LIMA, I. G.; GOMES, A.; MASUKO, F. K.; OLIVEIRA, M. G.; PREÇO NA BANANICULTURA: UM ESTUDO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM O PREÇO DA BANANA DA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA/SP. *Revista Gestão em Foco*, ed. 10, pg. 88-100, 2018.

BARCELOS, F. N. F.; CORDEIRO, J.; QUINTÃO, P. L.; CORDEIRO, J. L. Gerenciamento de resíduos orgânicos provenientes do restaurante industrial da Mina Cauê, Complexo Minerador de Itabira/MG. *Research, Society and Development*, v. 6, n. 1, p. 3-19, set. 2017.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v.31, n.4, p. 507-513, 1998.

BERTOLINI, A.C. et al. Rheological and functional properties of flours from banana pulp and peel. *Starch/Starke*, v.62, p. 277-284, 2010. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/star.200900216>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

BOERI, C. N. Secagem convectiva de produtos alimentares: otimização e controle. 2012. 358 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Aveiro, Aveiro-Portugal, 2012.

BRANDÃO, M. C. C. MAIA, G.A.; LIMA, D. S. P.; PARENTE, E. J. S. A.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; TEREZINHA FEITOSA, T.; SOUSA, P.H.M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico solar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, n.1, p.38-41, 2003. DOI: 10.1590/S0100-29452003000100012.

CARVALHO, A. V.; SECCADIO, L.L.; MOURÃO JÚNIOR, M.; NASCIMENTO, W. M. O. Qualidade Pós-colheita de Cultivares de Bananeira do Grupo ‘Maçã’, na Região de Belém – PA. *Revista Brasil Fruticultura*, v.33, n. 4, p. 1095-1102, 2011.

CANCHÉ-ESCAMILLA, G. et al. Obtención de celulosa a partir de los desechos agrícolas Del banano. *Información tecnológica, Costa Rica*, v. 16, p. 83-88, 2005.

CARDOSO, J. M. Secagem em camada delgada da banana nanicão em diferentes estádios de maturação. Belém, PA: UFPA, 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Pará, 2012.

CASTILHO, L. G.; ALCANTARA, B. M.; CLEMENTE, E. Desenvolvimento e análise físico-química da farinha da casca, da casca *in natura* e da polpa de banana verde das cultivares maçã e prata. *E-xacta, Belo Horizonte*, v.7, n. 2, p. 107-114. Editora UniBH. 2014.

CASTRO, D. S.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; AIRES, J. E. F.; FARIAS AIRES, K. L. C. A.; JÚNIOR, A. F. S. Desenvolvimento e avaliação sensorial de goiaba-passa desidratada osmoticamente. *Brazilian Journal of Food Technology*. Campinas, v. 21, e2016013, 2018.

CAVALCANTE NETO, A. A. Desidratação de cuxá em leite de espuma : avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto em pó. São José do Rio Preto, SP: UNESP, 2017. 116f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual da Paulista, 2017.

CELESTINO, S. M. C. Princípios de Secagem de Alimentos: Embrapa Cerrados. p. 51. Planaltina, DF. 2010.

CORRÊA, P. C. RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 501 -510, 2007.

CORREIA, J. L. A.; SOUZA, R. M. S.; SILVA, F. L. H.; SANTOS, K. M. de A. dos; MARQUES, O. M.; PIRES, V. C. F. Secagem convectiva da banana pacovan no estágio de maturação verde. p. 3233-3240. In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014 [= Blucher Chemical Engineering Proceedings, v.1, n.2]. São Paulo: Blucher, 2014.

DIAS, C. S.; BORGES, S. V.; QUEIROZ, F.; PEREIRA, P. A. P. Influência da temperatura sobre as alterações físicas, físico-químicas e químicas de geleia da casca de banana (*Musa spp.*) Cv. Prata durante o armazenamento. Rev Inst Adolfo Lutz. 70(1):28-34. 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/Abertura.html><http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaRondonia/importancia.htm>>. Acessado em: <20 Jul. 2018>.

FAO. Faostat Database. Agricultural production; agriculture & food trade. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: ago 2018.

FELLOWS, P. J. Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática, 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, 602p.

FIORAVANÇO, J. C. Mercado Mundial de Banana: produção, comércio e participação. Informações Econômicas, SP. V.33, n.10, out. 2003.

FITO, P. Modelling of Vacuum Osmotic Dehydration of Food. Journal of Food Engineering. v 22, p. 313–328. 1994.

FLORENTINO, I. M.; PRATA, A. S.; CAVALCANTI, M. T.; FLORENTINO, E. R.; PIRES, V. C. F.; ABÍLIO, G. M. F. CARACTERIZAÇÃO DA CASCA DA BANANA (*Musa*

sapientum) MADURA E DE SUA RESPECTIVA FARINHA. Revista de Higiene Alimentar (ISSN 0101-9171). v. 25, mar-abr, 2011.

GARCIA, D.C.; BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T.; MENEZES, N.L. A secagem de sementes. Ciência Rural, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.

GERMER, S. P. M.; QUEIROZ, M. R.; AGUIRRE, J. M.; BERBARI, S. A. G.; ANJOS, V. D. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.2, p.161-169. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. 2011.

GOMES, M. S.; SILVA, S. S. F.; MOURA, N. F.; SILVA, R.S.G. APROVEITAMENTO DE CASCAS DE BANANA (MUSA SPP.) PARA PRODUÇÃO DE FARINHA E APLICAÇÃO COMO INGREDIENTE EM BOLOS. Anais: XXV Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologias de Alimentos. Gramados, RS. 2016.

GONDIM, J. A.M .; MOURA. M.F.V.; DANTAS. A. S.; MEDEIROS. L.S.R. Composição Centesimal e minerais em cascas de frutas. Ciência Tecnologia de Alimentos. Campinas, v. 25, n.4, p. 825-827, 2005.

GUERRERO, I. M.; RAYO MENDEZ, L. M.; GÓMEZ, A. V. Acompanhamento das alterações no armazenamento e caracterização dos frutos de banana (*Musa Cavendishii*, variedade nanica). p. 1774-1779. In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica [=Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n.3]. ISSN Impresso: 2446-8711. São Paulo: Blucher, 2015.

GUYLÉNE, A.; BERTHE, P.; FAHRAS MANE, L. Bananas, raw materials for making processing food products. Trends in Food Science & Technology, Norwich, v. 20, p. 1-14, 2009.

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: IAL, p. 1018. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 17/06/2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 15/06/2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201->

[levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?edicao=21697&t=resultados>](#). Acesso em 28/08/2018.

ISRAEL, K. A. T. C.; BAGUIO, S. F.; DIASANTA, M. D. B.; LIZARDO, R. C. M.; DIZON, E. I.; MEJICO, M. I. F. Extraction and characterization of pectin from saba banana [*Musa saba (Musa acuminata-musa balbisiana)*] peel wastes: A preliminar study. *International Food Reserch Journal*, v.22,n.1, p. 202-207, 2015.

ITO, A. P. Estudo do processo de desidratação osmótica a pulso de vácuo (PVOD) de fatias de manga. Campinas, SP: UNICAMP, 2007. Tese (Doutorado Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. 2007.

KOTOVICZ, V. Otimização da desidratação osmótica e secagem da Yacon (*Polymnia sonchifolia*). Curitiba, PR: UFPR, 2011. Dissertação (Mestrado em tecnologia dos alimentos), Universidade Federal do Paraná, 2011.

KRÜGER, C; DALAGNOL, M. T. Desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem de abacaxi (*Ananas comosus* L. MERRIL) variedade *Smooth Cayenne*, 2014. 57f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

KUMAR, S. S.; MANOJ, P.; SHETTY, N. P.; GIRIDHAR, P. Effect of different drying methods on chlorophyll, ascorbic acid and antioxidant compounds retention of leaves of *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 95, n. 9, p. 1812-1820, 2015.

LAZUBA, T. P.; TANNEMBAUM, S. R.; KAREL, M. Water content and stability of lowmoisture and intermediate-moisture foods. *Food Technology*. p. 543-550. 1970.

LESSA, L. S.; OLIVEIRA, T. K.; AMORIM, E. P.; ASSIS, G. M. L.; SILVA, S. O. Características vegetativas e seus efeitos sobre a produção de bananeira em três ciclos. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 34, p. 1098-1104. 2012.

LEITE, G. A.; MEDEIROS, E. V.; MENDONÇA, V.; MORAES, P. L. D.; LIMA, L. M.; XAVIER, I. F. Qualidade Pós-colheita da Banana 'Pacovan' Comercializada em Diferentes Estabelecimentos no Município de Mossoró-RN. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 3, p. 322-327, 2010.

LIMA, A. G. B. de NEBRA, S. A.; QUEIROZ, M. R. Aspectos científico e tecnológico da banana. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.2, n.1, p.87-101, 2000.

LOUSADA JÚNIOR, J.E.; NEIVA, J.N.; RODRIGUEZ, N.M.; PIMENTEL, J.C.M.; LÔBO, R. N.B.; Consumo e digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.2, p.659-669, 2005.

LUCHESE, C. L. Avaliação da influência da temperatura e da concentração da solução de sacarose na desidratação osmótica de *Physalis* (*Physalis peruviana* L.). Porto Alegre, RS: UFRGS, 2013. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, D. A.; CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W. Processamento de frutas tropicais. Fortaleza: UFC; 2009.

MAYOR, L.; MOREIRA, R.; SERENO, A. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fruits, *Journal of Food Engineering*, 103, n.1, p. 29-37, 2011.

MEDEIROS, J. M.; CARDOSO, I. E. S.; NASCIMENTO, A. S.; LACERDA, M. F. A. F.; MARTINS, C. R. L.; SILVA, M. G. Estudo teórico e experimental da desidratação da tainha em secador alternativo e estufa comercial. *Revista Principia. Divulgação científica e Tecnológica do IFPB*. n. 30. 2016.

MELO, M. A. APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO E INIBIÇÃO ENZIMÁTICA EM FRUTAS E HORTALIÇA. Campina Grande, PB: UEPB, 2015. 46f. Monografia (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, 2015.

MENDES, G. L. R.; FREITAS, C. H.; SCAGLIONI, P. T.; SCHMIDT, C. G.; FURLONG, E. B. Condições para a Desidratação osmótica de Laranjas e as Propriedades Funcionais do Produto. *Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.17, n. 11, p. 1210-1216, ago. 2013.

MENDES, M. J. A. Desidratação em *Drum Dryer* da polpa de banana (*Musa Cavendishii*) verde com casca para o desenvolvimento de a frio de recheio de fruta forneável. Curitiba, PR: UFPR, 2014. 95f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, 2014.

MERCALI, G. D. et al. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of bananas (*Musa sapientum*, shum.). *International Journal of Food Science and Technology*. v. 45. p. 2281–289. 2010.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Resenha Energética Brasileira - Exercício de 2014. Brasília: MME, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha+Energ%C3%A9tica+-+Brasil+2015.pdf/4e6b9a34-6b2e-48fa-9ef8-dc7008470bf2>>. Acesso em: set 2018.

MONTEIRO, R. L.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B.; "CICLOS DE AQUECIMENTO-PULSO DE VÁCUO PARA MODIFICAÇÃO DA TEXTURA DE BANANAS DESIDRATADAS EM CAMPO DE MICRO-ONDAS", p. 4517-4524 . In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014 [= Blucher Chemical Engineering Proceedings, v.1, n.2]. São Paulo: Blucher, 2015.

MORAIS, L.; NUNES, A.; PINTADO, C. M.; PAULO, L.; RESENDE, M.; ANJOS, O. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE PÊSSEGO COM CALDA AÇUCARADA E CALDA À BASE DE MEL. IPCB/CEDER, Escola Superior Agrária, 25 de nov. de 2015.

MOTA, R. V. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E ACEITABILIDADE DE PASSAS DE PÊSSEGO SUBMETIDAS À DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 25(1): 789-794, out.-dez. 2005.

NUNES, S. M. G. C. Estudo das propriedades da farinha de banana da Madeira (Dwarf Cavendish) e a sua incorporação em trufas de chocolate. Lisboa: ISA. p. 598. 2017.

OLIVEIRA, L. F.; BORGES, S. V. ; NASCIMENTO, J.; CUNHA, A. C.; JESUS, T. B.; PEREIRA, P. A. P.; PEREIRA, A. G. T.; FIGUEIREDO, L. P.; VALENTE, W. A. Utilização de casca de banana na fabricação de doces de banana em massa - avaliação da qualidade. Alimentos e Nutrição. ISSN 0103-4235. v.20, n.4, p. 581-589, out./dez. 2009.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE)-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Perspectivas Agrícolas no Brazil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024. 2015. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>>. Acesso em: 13 agosto .2017.

PACHECO, C. R. F. Apostila do Curso de Especialização em Papel e Celulose. Cap.1 Conceitos Básicos de Secagem. p. 13. Escola Politécnica Universidade de São Paulo (Poli-USP). Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/d/pqi2530/alimentos/pacheco_secagem_cap_1.pdf>. Acessado em: 10 out. 2018.

PÁDUA, H. C.; SILVA, M. A. P.; SOUZA, D. G.; MOURA, L.C.; PLÁCIDO, G. R.; COUTO, G. V. L.; CALIARI, M. Iogurte Sabor Banana (Musa AAB, Subgrupo Prata) Enriquecido com Farinha de Casca de Jabuticaba (Myrciaria Jabuticaba (Vell.) Berg.). Gl. Science and Technology, Rio Verde, v. 10, n. 01, p. 889-104. 2017.

PAGLARINI, C. S.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; ZELA, S. P.; LEITE, A. L. M. P.; FURTADO, G. F. Efeito das condições de desidratação osmótica na qualidade de passas de araçá-pêra. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, Paraná*, v. 9, n. 2: p. 19451961, 2015.

PALACIN, J. J. F.; LACERDA FILHO, A. F.; CECON, P. R.; MONTES, E. J. M. Determinações das curvas de secagem de milho nas espigas (*Zea mays* L.). *Engenharia na Agricultura, Viçosa*, v. 13, n. 4, p. 300-313, 2005.

PANESAR, P.S., KAUR, R., SINGLA, G., SANGWAN, R.S. Bio-processing of agro-industrial wastes for production of food-grade enzymes: progress and prospects. *Appl Food Biotechnol*, v. 3, n. 4, p. 208-227, 2016.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, F. E. P.; Fabbro, I. D. Secagem: Fundamentos e equações. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 16, n. 1, p. 93-127, 2014.

PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. Normas de Classificação de Banana. São Paulo: CEAGESP, 2006.

PIGNATEL, A. P. Avaliação da fitotoxicidade da água do Rio Sangão (Criciúma, Santa Catarina) antes e após tratamento com biomassa da casca de banana *Musa paradisiaca* L. Criciúma, SC: UNESC, 2017. 46f. Monografia (Bacharelado Ciências Biológicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2017.

PONTES, S. F. O. Processamento e qualidade de banana da terra (*Musa sapientum*) desidratada. Itapetinga – BA: UESB, 2009. 86p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Processo). 2009.

PORTO, M. A. L.; GUERRA, N. B.; VASCONCELOS, M. A. S.; SIQUEIRA, A. M. O.; ANDRADE, S. A. C. Otimização da Desidratação Osmótica de Uva Crimson *Seedless*. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n.2, p. 249-256, 2014.

QUEIROZ, V. A. V. et al. Qualidade nutricional de goiabas submetidas aos processos de desidratação por imersão impregnação e secagem complementar por convecção. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 48, n. 5, p. 756-770, 2008.

REIS, D. S.; NETO, A. F.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conservação de farinhas de acerola desidratada em diferentes temperaturas. *Braz. J. Food Technol.*, Campinas, v.20, e2015083, 2017.

RODRÍGUEZ, M.M.; ARBALLO, J.R.; CAMAÑONE, L.A.; COCCONI, M.B.; PAGANO, A.M. & MASCHERONI, R.H. Osmotic dehydration of nectarines: Influence of the operating conditions and determination of the effective diffusion coefficients, *Food Bioprocess Technology*, 6, p. 2708-2720, 2013.

SAGAR, V. R.; KUMAR, P. Suresh. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, v. 47, n. 1, p. 15-26, 2010.

SANTANA, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; VIANA, E. S.; SILVEIRA, S. M.; SOUSA, M. R.; AMORIM, E. P. Avaliação da cor dos frutos de diferentes genótipos de bananeiras por colorímetro digital. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 21, Natal. Frutas: saúde, inovação e responsabilidade: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.

SANTIAGO, A. M. Apostila do curso de Tecnologia de Alimentos. Campina Grande: UEPB, 2008.

SANTOS, L. F.; LEHNER, M. T.; FREITAS, A. F.; RIES, E. F. Caracterização de farinhas de banana caturra e utilização em biscoito dietético. *Magistra*, Cruz das Almas – BA, v. 27, n. 2, p. 145-158. 2015.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res*, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

SILVA, C. D. M.; PIRES, C. R. F.; LIMA, J. P.; PEREIRA, A. S.; SILVA, C. A. Desidratação osmótica para obtenção de cagaita passa. *Journal of Bioenergy and Food Science*, Macapá, v.2, n.4, p.226-233, out./dez., 2015.

SILVA, L. M. S. Aproveitamento da casca de banana para produção de farinha destinada à formulação de biscoitos. João Pessoa, PB: UFPB, 2013. 54f. Dissertação (Mestrado Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, 2013.

SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; FILHO, M. S. M. S.; FIGUEIREDO, R. W. F.; SOUZA, A. C. R. Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, n.3, p.414-416, 2003. DOI: 10.1590/S0100-29452003000300013.

SOUSA, P.H.M.; SOUZA NETO, M.A.; MAIA, G.A.; SOUZA FILHO, M.S.M.; FIGUEIREDO, R.W. Desidratação osmótica de frutos. *bol. sbCTA*, Campinas, v. 37 (supl.), p. 94-100, 2003.

SOUZA, M. S. S.; COSTA, R. A.; CHAVES, A. C. S. D.; NUNES, T. P.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. M. Desenvolvimento e Avaliação de Passas de Jaca Obtidas por Desidratação

Osmótica Seguida de Secagem Convectiva. UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde. 13(2):89-94. 2011.

STORCK, C. R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, B. B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.3, p.537-543, mar, 2013.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4ed. revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2011.

TUCAN, A. R. O.; SILVA, L. P. R.; ARELHANO, L. E.; FRANTZ, G. M.; FIORAVANTE, C.; ALEXANDRE, A. C. N.; SOARES, W. R. G.; SANTOS, E. F. Avaliação de diferentes métodos para o controle do escurecimento enzimático em vegetais e frutas. *PECIBES - Perspectivas Experimentais e Clínicas, Inovações Biomédicas e Educação em Saúde*. Supl. 2, p. 01-33. 2016.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. Conservação de alimentos. Recife: EDUFRPE, 2010. Disponível em: <http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/316/Cons_Alimentos.pdf?sequence=2>. Acesso em: 31 ago. 2018.

VICENTE, S.; NIETO, A. B.; HODARA, K.; CASTRO, M. A. Changes in structure, rheology, and water mobility of apple tissue induced by osmotic dehydration with glucose or trehalose, *Food and Bioprocess Technology*, 5, n. 8, p 3075-3089, 2012.