

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

VANESSA BARBIERI BOMBANA

INFLUÊNCIA DA SECAGEM SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DE EXTRATOS DE CASCA E POLPA DE GUABIJU
(*MYRCIANTHES PUNGENS* (O. BERG) D. LEGRAND)

ERECHIM, RS - BRASIL

2019

VANESSA BARBIERI BOMBANA

**INFLUÊNCIA DA SECAGEM SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DE EXTRATOS DE CASCA E POLPA DE GUABIJU
(*MYRCIANTHES PUNGENS* (O. BERG) D. LEGRAND)**

**Dissertação Apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo
Curso de Pós-Graduação em Engenharia de
Alimentos, Departamento das Ciências
Agrárias da Universidade Regional
Integrada do Alto Uruguai e das Missões –
Campus de Erechim.**

**Orientadores: Dr^a. Geciane T. Backes
Dr. Rogério Luis Cansian**

ERECHIM, RS - BRASIL

2019

VANESSA BARBIERI BOMBANA

**INFLUÊNCIA DA SECAGEM SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DE EXTRATOS DE CASCA E POLPA DE GUABIJU
(*MYRCIANTHES PUNGENS* (O. BERG) D. LEGRAND)**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento das Ciências Agrárias da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim.

**Orientadores: Dr^a. Geciane T. Backes
Dr. Rogério Luis Cansian**

Erechim, 29 de janeiro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Geciane Toniazzi Backes, D.Sc. (Orientadora)
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim

Prof. Rogério Luis Cansian, D.Sc. (Orientador)
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim

Prof^a. Natalia Paroul (Banca examinadora)
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim

Prof. Altemir José Mossi (Banca examinadora)
Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS Erechim

FICHA CATALOGRÁFICA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me oferecer tamanha oportunidade e não me deixar desistir, mesmo em meus momentos de fraqueza, me dando forças e colocando perto de mim pessoas maravilhosas e que muito me auxiliaram nesse projeto, e sobre tudo Deus, eu lhe agradeço por guiar meus passos pelo melhor caminho sempre.

Agradeço a minha família por toda a compreensão, paciência, apoio, carinho e amor recebido, por sempre acreditar em mim e por entenderem quando não me fazia presente. Agradeço ao meu marido e amigo Cleimar por me incentivar, acreditar e me apoiar diariamente. Agradeço especialmente a minha filha Isabelli por acreditar, incentivar e entender meus momentos de ausência, agradeço pelos seus beijos, eu te amo e boa aula mãe, sem dúvida foram fundamentais para que eu tivesse força para continuar sempre.

Agradeço a Prof^a. Eunice por não me deixar desistir, pelo incentivo e apoio.

Agradeço aos meus orientadores Geci e Cansian pela paciência, atenção, compreensão e orientação durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho. Agradeço a Ilizandra (Sandy) pelo auxílio sempre que eu precisei, e agradeço também aos demais professores do programa que estiveram sempre disponíveis para esclarecer dúvidas quando necessário.

Agradeço a Bruna Putton, o Tiago Gonçalves e a Natália Woloszyn e todos os colegas que me ajudaram de alguma forma. Agradeço especialmente a Carol Oro, por me auxiliar desde o primeiro dia de aula até o final deste trabalho, tirando sempre minhas dúvidas, apoiando, incentivando e participando em todas as etapas. Agradeço a Diane Rigo, Andressa Denti e Caroline Polina por me auxiliar sempre que necessário nos experimentos de secagem do guabiju.

Agradeço aos Ipiranguenses que gentilmente doaram os frutos dos guabijus para que este trabalho pudesse ser realizado.

Agradeço à CAPES e URI – Erechim, pela bolsa de estudos.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

DEDICATÓRIA

À minha filha Isabelli, por
acreditar, incentivar, compreender
e estar sempre ao meu lado.
É por você que busco melhorar a
cada dia.

Quando a gente sonha, o universo
conspira ao nosso favor.

(Paulo Coelho)

RESUMO

As frutas de maneira geral apresentam benefícios à saúde quando ingeridas com regularidade pela população, pois são fonte de vitaminas, antioxidantes e óleos essenciais. No entanto, algumas espécies continuam praticamente inexploradas, como é o caso do guabiju, um fruto nativo do Brasil, com ocorrência principalmente no Sul do país, possui polpa amarela de sabor doce, uma ou duas sementes e casca aveludada de coloração roxa. Visando aprofundar os estudos sobre os seus componentes e a possível utilização desse fruto para desenvolver novos produtos, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da secagem sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante de extratos de casca e polpa de guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand). Desta forma, a casca e polpa foram avaliadas quanto a composição físico-química, cinética de secagem nas temperaturas de 40, 60, 80, e 100 °C, parâmetros de cor, atividade de água e umidade das amostras desidratadas nas diferentes temperaturas, assim como, foi determinado o teor de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas, atividade antioxidante (método DPPH) e correlacionado com o teor de compostos bioativos, além de realizar a modelagem matemática da melhor curva de secagem. A casca apresentou maior quantidade de proteína (4,11 %), fibra alimentar bruta (7,02 %), sólidos solúveis (6,03 %), K, Ca, Mg, Na, Al e Fe, a polpa obteve maiores teores de umidade (84,29 %) e carboidratos (11,34 %). Com relação a secagem, o teor de umidade de equilíbrio foi atingido em diferentes tempos de secagem, dependendo da temperatura empregada. Os resultados de atividade de água e umidade para casca variaram entre 0,35 e 0,49 %; 1,10 e 4,50 % e polpa 0,36 e 0,57 %; 1,00 e 3,60 %, respectivamente. Quanto a atividade antioxidante o melhor resultado obtido foi para a secagem da casca a 80°C (240 min) com IC₅₀ 1,37 mg/mL e polpa *in natura* (descongelada) com IC₅₀ 2,97 mg/mL. Os teores de compostos fenólicos e flavonoides mais próximos ao *in natura* (descongelada) para casca e polpa foram obtidos em temperatura de 80 °C com 6793,13 e 4573,20 mEQ/g; 4410,53 e 2884,21 mgEAG/g, respectivamente. O melhor resultado obtido para antocianinas foi o *in natura* (descongelada) com 152 mg/100g extrato fresco. Os resultados da modelagem matemática mostraram níveis superiores a 99% e 98% de coeficientes de correlação aos dados experimentais para a secagem da casca e polpa de guabiju para o modelo testado, respectivamente. Estimou-se um coeficiente de difusão da água de $4,79 \times 10^{-12}$ m²/s para a casca e $2,59 \times 10^{-10}$ m²/s para a polpa, para o transporte de massa em regime transiente com resistência externa desprezível, mostrando potencial de aplicação para *scale up* em nível industrial. Com base nos resultados obtidos pode se determinar que a melhor condição de secagem para casca e polpa de guabiju foi a temperatura de 80 °C, onde foi possível minimizar as perdas dos compostos fenólicos, flavonoides, e obter a melhor atividade antioxidante.

Palavras-chave: Compostos fenólicos, flavonoides, atividade antioxidante, antocianinas, composição centesimal, curva de secagem, atividade de água, cor.

ABSTRACT

The fruits in general show health benefits when regularly ingested by the population because they are sources of vitamin, antioxidants and essential oils. However, some species continue almost unexplored, such as the guabiju, which is a native fruit from Brazil, appearing mainly in the South of the country. It has a sweet yellow pulp, one or two seeds and purple velvety peel. Aiming to go thorough in the studies about its components and the possible use of this fruit to develop new products, the objective of this work was to evaluate the drying influence on the bioactive compounds and the antioxidant activity of the peel and pulp extracts of guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand). Thus, the peel and the pulp were evaluated according to chemical composition, drying kinetics in temperatures of 40, 60, 80, e 100 °C, mathematical pattern of the best drying curve, color parameters, water activity and humidity of the dry sample in the different temperatures, determined the amount of phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins, antioxidant activity (DPPH method) and correlated with the bioactive compound levels besides making the mathematical pattern of the best drying curve. The peel showed the highest amount of protein (4,11 %), whole food fiber (7,02 %), soluble solids (6,03 %), k, Ca, Mg, Na, Al and Fe (214,00; 191,00; 33, 00; 20,80; 6,90 and 2,76 mg/L), respectively. The pulp showed the best level of humidity (84,29 %) and carbohydrates (1,46 %). Regarding the drying process, the humidity balance level was reached in different drying times, varying according to the temperatures used. The results of water activity and humidity for the peel vary between 0,35 and 0,49 %; 1,10 and 4,50 % and pulp 0,36 and 0,57 %; 1,00 and 3,60 %, respectively. Regarding the antioxidant activity the best result was obtained drying the peel at 80°C with IC₅₀ 1,37 mg/mL and pulp *in natura* (defrosted) with IC₅₀ 2, 97 mg/mL. The levels of phenolic and flavonoids compounds *in natura* (defrosted) for the peel and pulp were obtained in temperatures of 80 °C with 6,793.13 and 4,573.20 mEQ/g; 4,410.53 and 2,884.21 mgEAG/g, respectively. The best result obtained for the anthocyanins was *in natura* (defrosted) with 152 mg/100g fresh extract. The results of the mathematical pattern showed levels above of 99% and 98% of correlation coefficient to the experimental data for guabiju peel and pulp drying process tested pattern, respectively. It was estimated a water diffusion coefficient of $4,79 \times 10^{-12}$ m²/s for the peel and $2,59 \times 10^{-10}$ m²/s for the pulp, for transient mass transport with negligible external resistance, showing application potential for scale up at industrial level. Based on the obtained results, it is possible to determine that the best drying condition for the peel and pulp of guabiju was at temperature of 80 °C, in which it was possible to minimize the bioactive compound loss.

Key words: Compounds phenolic, flavonoids, antioxidant activity, anthocyanins, centesimal composition, drying curve, water activity, color.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Compostos fenólicos presentes em alguns alimentos.....	20
Tabela 2 -Apresenta as antocianinas e as fontes alimentares em que são encontradas.	23
Tabela 3 - Coeficientes para a solução da Equação 1.....	32
Tabela 4- Composição físico-química da casca e polpa do guabiju em valores médios e desvio padrão.	38
Tabela 5- Teores de metais analisados na casca e polpa do guabiju.	41
Tabela 6 – Variação dos valores obtidos do parâmetro cor Luminosidade (L*), Cromaticidade (a* e b*) e ΔE da casca na secagem em temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C.	45
Tabela 7 - Variação dos valores obtidos do parâmetro cor Luminosidade (L*), Cromaticidade (a* e b*) e ΔE da polpa na secagem em temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C.	46
Tabela 8 - Valores obtidos de atividade de água e umidade das amostras de casca e polpa de guabiju desidratadas a temperatura de 40, 60, 80 e 100 °C.....	47
Tabela 9 -Valores obtidos para compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas da casca e polpa de guabiju <i>in natura</i> (descongelada) e desidratadas a 40, 60, 80 e 100 °C.	48
Tabela 10 -Valores obtidos para atividade antioxidante, IC ₅₀ , com respectivo cálculo e R ² da casca e polpa de guabiju <i>in natura</i> (descongelada) e desidratadas a 40, 60, 80 e 100 °C.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura química dos flavonoides.....	21
Figura 2 - Estrutura química das antocianinas.....	22
Figura 3-Fluxograma das etapas desenvolvidas no estudo.....	28
Figura 4 - Guabiju (<i>Myrcianthes pungens</i> (O.Berg) D. Legrand) no ponto de colheita.	29
Figura 5- Curvas de secagem da casca do guabiju nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C...43	
Figura 6- Curvas de secagem da polpa do guabiju nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C. .44	
Figura 7- Ajuste do Modelo Difusional aos dados experimentais de casca de guabiju desidratada em estufa.....	54
Figura 8- Correlação de Pearson para o Modelo Difusional e os dados experimentais de casca de guabiju desidratada em estufa.....	55
Figura 9- Ajuste do Modelo Difusional aos dados experimentais de polpa de guabiju desidratada em estufa.....	56
Figura 10- Correlação de Pearson para o Modelo Difusional e os dados experimentais de polpa de guabiju desidratada em estufa.....	56

LISTA DE ABREVIACES

CT - Carboidratos totais

RMF - Resíduo mineral fixo

DPPH - 2,2-difenil-1-picril-hidrazila

abs - Absorbância

AA - Atividade antioxidante

EAG - Equivalentes de ácido gálico

EQ - Equivalentes de quercitina

Cy3gluE - Cyanidin-3-glucoside equivalente, (Equivalente de cianidina-3-glicosídeo)

FO_M - Número de Fourier mássico

RDC - Resoluo de Diretoria Colegiada

CIE - Commission International de L'Eclairage

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	11
1 INTROUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Frutos nativos do Brasil	18
3.1.1 <i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) D. Legrand	18
3.2 Compostos bioativos em frutos.....	19
3.2.1 Compostos fenólicos e flavonoides	20
3.2.2. Antocianinas	21
3.2.3. Atividade antioxidante.....	24
3.3 Secagem	25
3.3.1 Atividade de água	25
3.3.2 Parâmetro de cor.....	26
3.4 Estado da Arte	27
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Colheita dos frutos.....	29
4.1.1 Seleção, lavagem, sanitização e armazenamento dos frutos	29
4.2 Caracterização físico-química da casca e polpa.....	30
4.3 Secagem	30
4.4 Determinação de compostos bioativos da casca e polpa	31
4.5. Modelagem da difusividade de massa.....	31
4.6 Determinações analíticas.....	33
4.6.1 Umidade.....	33
4.6.2 Resíduo mineral fixo (RMF)	33
4.6.3 Metais	33
4.6.4 pH	33
4.6.5 Lipídios, Proteínas, Sólidos Solúveis e Fibra bruta.....	33
4.6.6 Carboidratos totais (CT).....	34
4.6.7 Atividade de água	34
4.6.8 Parâmetros de cor	34
4.6.9 Determinação de compostos fenólicos totais.....	34
4.6.10 Determinação de flavonoides	35

4.6.11 Análise da atividade antioxidante	35
4.6.12 Extração e quantificação de antocianinas totais	36
4.7 Análise estatística.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 Caracterização físico-química da casca e polpa do guabiju	38
5.1.1 Composição físico-química	38
5.1.2 Metais	40
5.2 Secagem	43
5.2.1 Cinética de secagem	43
5.2.2 Parâmetros de cor	45
5.2.3 Atividade de água e Umidade.....	47
5.3 Compostos Fenólicos, flavonoides e antocianinas.....	48
5.4 Atividade antioxidante	52
5.5 Modelagem matemática da melhor curva de secagem.....	54
6 CONCLUSÃO.....	58
7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICE	72

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande variedade de frutas silvestres e apresenta o maior número de espécies com potencial uso na indústria de alimentos, podendo ser comercializados ou utilizados para desenvolver novos produtos (DALLA NORA, et al., 2014a). Assim, nos últimos anos houve um aumento no consumo de frutas tropicais, devido ao valor nutricional e por serem reconhecidas como fontes de compostos bioativos (RUFINO et al., 2010; SILVA et al., 2014; SOUZA et al., 2012).

A família Myrtaceae, contempla o gênero *Myrcianthes*, com cerca de trinta espécies, e ocorre desde o Estado de São Paulo até o norte do Uruguai, incluindo também Bolívia, Paraguai e Argentina (MARCHIORI e SOBRAL, 1997). As várias espécies pertencentes a família Myrtaceae fornecem uma diversidade de produtos, como óleos essenciais, temperos, alimentos, além de muitas delas serem utilizadas na medicina popular (STASI e HIRUMA-LIMA, 2002), como por exemplo, o uso do chá das folhas com finalidade antirreumática, anti-inflamatória, antidiabética, antifebril, hipoglicemiante, diurética e antidiarreica (LAGO et al., 2011).

As espécies desta família destacam-se quanto à composição química em relação à presença de taninos, flavonoides, ácidos elágico e ursólico, leucoantocianinas, triterpenos, sesquiterpenos e saponinas, sendo rara a presença de glicosídeos cianogênicos e alcaloides (CHIRINOS et al., 2010; STASI; HIRUMA-LIMA, 2002; LAGO et al., 2011). No entanto, existem poucos estudos sobre estas espécies assim como, pouca utilização e interesse no cultivo das mesmas (PIROLA, 2013).

A espécie *Myrcianthes pungens*, nome indígena de *wa'bi* (comestível) *yu* (amarelo), conhecida popularmente como guabiju, trata-se de uma árvore de porte médio a grande, medindo de até 20 m de altura, possui folhas simples e flores consideradas ornamentais (SOUZA, 2010; DALLA NORA, 2012). Os frutos do guabijuzeiro são apreciados devido ao sabor doce agradável (DALLA NORA, 2012).

Em sua maioria, os compostos bioativos são metabólitos secundários, geralmente relacionados com o sistema de defesa das plantas. Estes compostos variam extensamente em estrutura química e, portanto, na sua função biológica. De modo geral apresentam características em comum: são oriundos de alimentos vegetais, geralmente possuem baixo peso molecular e promovem ação protetora na saúde humana (CARRATU, 2005; MANACH, 2004). Pode ser observado nestes alimentos, a presença de vitaminas, minerais, fibras,

polifenóis, fitosteróis, carotenoides, antocianinas, entre outros (PARADA e AGUILERA 2007).

Sendo assim, considerando que os alimentos de origem vegetal possuem alto teor de umidade, tornando-os altamente perecíveis, a secagem destes alimentos, assim como o guabiju, tem como finalidade promover uma redução no teor de umidade, assegurando um aumento na conservação dos produtos desidratados (MELONI, 2003). No entanto, a secagem pode comprometer o sabor e a qualidade nutricional do alimento, devido à sensibilidade térmica dos compostos bioativos, além de promover reações de escurecimento dependendo da temperatura e tempo utilizados no processo de secagem, conforme relatado por Kwiatrowski et al. (2016).

Casarin et al. (2016) observaram que a secagem de amora resultou na redução do teor de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e atividade antioxidante, sendo que a composição química aumentou a relação ao fruto *in natura*.

Ao avaliarem a influência do tempo e temperatura de secagem no conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante, foi observado que esses parâmetros alteram a quantidade final dos compostos analisados, sendo que a menor temperatura utilizada (65°C) conduziu a um maior tempo de secagem das frutas, promovendo maiores perdas dos compostos fenólicos e menor capacidade antioxidante (SANTOS et al., 2018).

Neste contexto, este trabalho foi realizado com a finalidade de avaliar a influência da secagem sobre o teor de compostos bioativos e atividade antioxidante de extratos de casca e polpa de guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da secagem sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante de extratos de casca e polpa de guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand).

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a caracterização físico-química da casca e polpa do guabiju.
- Determinar a cinética de secagem da casca e polpa do guabiju nas temperaturas de 40, 60, 80, e 100 °C.
- Determinar o teor de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e parâmetros de cor das amostras *in natura* e desidratadas nas diferentes temperaturas.
- Determinar a atividade antioxidante das amostras *in natura* e desidratadas nas diferentes temperaturas e correlacionar com o teor de compostos bioativos.
- Realizar a modelagem matemática da curva de secagem de polpa e casca de guabiju na melhor condição.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Frutos nativos do Brasil

O Brasil possui uma grande biodiversidade vegetal, incluindo elevado número de árvores frutíferas, as quais podem conter uma ampla variedade de compostos antioxidantes em suas frutas. Sendo assim, torna-se importante a exploração destas e seus componentes, objetivando identificar quais são, e de que forma agem na minimização do estresse oxidativo, contribuindo para a valorização das espécies encontradas aqui (BRACK, 2007).

Dentre a vasta diversidade vegetal, destaca-se a família Myrtaceae, que possui grande abrangência no estado do Rio Grande do Sul (ANDRADE et al., 2008). Sendo a região Sul do Brasil, uma das três áreas do mundo que apresenta maior diversidade de plantas dessa família, o que demonstra o quão importante pode ser o desenvolvimento de pesquisas com frutos nativos (VANIN, 2015). Além disso, na sua maioria, as árvores frutíferas brasileiras, possuem grande potencial para exploração econômica, uma vez que propiciam alta produtividade com baixo custo de implantação e manutenção, menor utilização de defensivos agrícolas, tornando-se uma alternativa para o cultivo orgânico e agricultura familiar, contribuindo para a manutenção da biodiversidade (MARIN et al., 2008).

Algumas culturas de clima subtropical do Sul do Brasil vêm recebendo destaque como é o caso do araçá (*Psidium cattleianum*), no entanto, várias outras espécies mesmo que conhecidas como o guabiju (*Myrcianthes pungens*), ainda continuam praticamente inexploradas economicamente (DALLA NORA, 2012).

3.1.1 *Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand

Pertencente à família Myrtaceae, a espécie *M. pungens* ocorre principalmente na região sul do país (REIS et al., 2016) onde é popularmente conhecida como guabiju, guabiroba-açu, guabira-guaçu, guajará-da-várzea e guavira-guaçu (RASEIRA et al., 2004). O guabijuzeiro pode medir até 20 metros de altura, com tronco acinzentado e casca lisa. As folhas apresentam coloração verde brilhante e ápice espinhoso (SOUZA, 2010; DALLA NORA, 2012). Os frutos são pequenos, esféricos, aveludados e arroxeados quando maduros, contém uma ou duas sementes grandes envolvidas por polpa espessa, amarelada e succulenta,

apresenta um sabor doce agradável e de casca grossa. A espécie se propaga por meio das sementes plantadas, por animais ou plantio manual. O período de floração ocorre de setembro a outubro e a frutificação em janeiro e fevereiro (ROMAGNOLO e SOUZA, 2004; DALLA NORA et al., 2014b).

Os frutos são consumidos *in natura*, ou transformados em compotas, geleias e sucos. O guabiju é muito cultivado em pomares domésticos na região Sul do país, mas pode ser utilizado na ornamentação de cidades ou plantio misto como meio de conservação. Na medicina popular é utilizado principalmente por suas propriedades antidiarreicas, anti-inflamatória e anestésico local, encontradas no óleo da folha de guabiju (SOUZA, 2010).

Ao analisar extratos alcoólicos do guabiju, Silveira et al. (2011) encontraram substâncias químicas com capacidade de inibir a enzima acetilcolinesterase (AChE), a qual é uma das principais causas de demência em idosos. Desta forma, com a inibição da AChE, ocorre uma diminuição dos efeitos do Alzheimer. Duas das substâncias químicas encontradas foram classificadas como terpenos e as outras duas podem se tratar de monoterpenos.

Outro estudo sobre o fruto em pó de *M. pungens* em ensaios *in vivo*, Dalla Nora et al. (2014b) verificaram que o mesmo possui a capacidade de reduzir níveis de glicose, LDL-colesterol, LDL-colesterol oxidado e colesterol total, assim como, foi capaz de melhorar os níveis de gordura no fígado de ratos.

3.2 Compostos bioativos em frutos

No metabolismo vegetal há produção de metabólitos primários, responsáveis pela fotossíntese e assimilação de nutrientes, ou seja, a sobrevivência da planta, e os metabólitos secundários, que desempenham atividade relacionada à proteção da planta. Dentre os metabólitos secundários produzidos pelos vegetais, incluem-se os compostos bioativos (SILVA et al., 2010).

Os compostos bioativos, estão amplamente distribuídos nos alimentos de origem vegetal, são estruturas orgânicas, com baixo peso molecular, e que atuam benéficamente no organismo, estimulando o sistema imunológico, na regulação hormonal, redução da pressão arterial e do risco de doenças coronarianas e exercem atividade antioxidante, além de estarem associados à melhora do estado de saúde geral da população (CARRATU, 2005).

Devido à existência de um grande número eles são divididos em subgrupos. Fazem parte dos compostos bioativos: os glicosinolatos, carotenoides e os polifenóis, estes são divididos em ácidos fenólicos, estilbenos, lignanas (em fitoestrógenos) e os flavonoides, que por sua vez, se dividem em isoflavonas, flavonas, flavononas, flavonols, flavonóis e antocianinas (HORST e LAJOLO, 2007).

3.2.1 Compostos fenólicos e flavonoides

Os compostos fenólicos ou polifenóis compõem um vasto grupo de moléculas encontradas em fontes vegetais, onde exercem a função de foto proteção, defesa contra patógenos, além de serem responsáveis por algumas características organolépticas, estabilidade oxidativa e pigmentação do alimento (COZZOLINO, 2009). São estruturas químicas constituídas por um anel aromático ligada a uma ou mais hidroxilas, e seus grupos funcionais (ANGELO e JORGE, 2007).

Em relação aos mecanismos de ação, os compostos fenólicos apresentam atividade antioxidante, modulação da atividade de algumas enzimas específicas, atuam como agente antibiótico, antialergênico e anti-inflamatório, assim como auxiliam na redução do risco de desenvolver doenças crônicas não transmissíveis (MANACH, 2004).

A Tabela 1 apresenta compostos fenólicos encontrados em alguns alimentos.

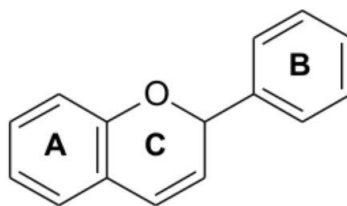
Tabela 1- Compostos fenólicos presentes em alguns alimentos.

Compostos fenólicos encontrados em alguns alimentos		
Flavonoides	Fenólico	Alimentos
Antocianinas	Cianidina, delphinidina	Uva, maçã, jabuticaba
Flavanas	Catequina, luteoferol	Chá preto e verde
Flavanonas	Narigenina, hesperidina	Frutas cítricas
Flavonas	Apergenina, luteonina	Pêra, vinho e chá verde
Flavonóis	Quercitina, mirecetina	Azeitona, alface e maçã
Isoflavonas	Genisteína, daidzeína	Soja e derivados
Ácidos fenólicos		
Ac. Hidroxicinâmicos	Cafeíco, ferúlico, clorogênico	Cereja, pera e laranja
Ac. hidrobenzóicos	Elágico, gálico	Framboesa, morango e uva
Taninos		
Condensados	Polímero de catequina e epicatecna	Lentilhas, uva, suco de maçã

*Adaptado de Amy King e Young (1999).

A formação desses compostos ocorre durante o amadurecimento dos frutos, por meio de uma série de complexas reações bioquímicas (SPEIRS e BRADY 1991). Dentre estes compostos bioativos mais conhecidos estão os flavonoides, os quais podem ser encontrados na forma de glicosídeos ou agliconas em frutas, folhas, sementes e em outras partes da planta. Constituídos por 15 átomos de carbono, organizados na configuração C6–C3–C6, apresentam baixo peso molecular. A estrutura química dos flavonoides (Figura 1) é formada por dois anéis aromáticos (A e B) unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico, (anel C) (ANGELO e JORGE, 2007).

Figura 1 - Estrutura química dos flavonoides.



Fonte: Angelo e Jorge (2007).

Diversos estudos vêm sendo realizados com o intuito de comprovar os benefícios dos flavonoides, Coutinho et al. (2009) relataram que os flavonoides têm potencial anti-inflamatório relacionado às doenças pulmonares, como a asma, sarcoidose pulmonar e fibrose pulmonar intersticial, além de prevenir o envelhecimento do sistema nervoso central (MATIAS et al., 2016). De acordo com George et al. (2016) a utilização de baixas doses do resveratrol, auxilia na prevenção de doenças cardíacas, ou como tratamento nos casos de infartos. Ainda segundo, Seleem et al. (2016) os flavonoides desempenham diversas funções biológicas, contribuindo nos processos anti-inflamatórios, antimicrobianos, antifúngicos, antivirais e antioxidantes, capazes de promover diversos benefícios à saúde.

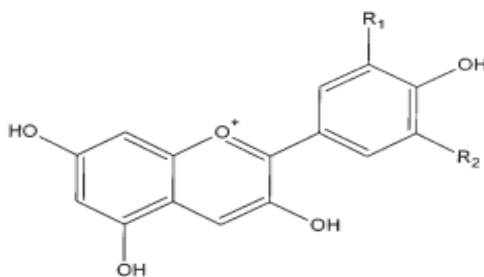
3.2.2. Antocianinas

As antocianinas são pigmentos naturais que pertencem ao grupo de metabólitos secundários vegetais, conhecidos como flavonoides, além de serem os compostos mais estudados entre os mesmos, também constituem o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal (BRIDLE E TIMBERLAKE, 1997; HARBONE e WILLIAMS, 2000; DOMINGUINI et al., 2014). As antocianinas são amplamente estudadas como agentes da coloração natural em alimentos, sendo elas as responsáveis pela pigmentação de muitas frutas,

legumes e hortaliças, com espectro de cor que pode variar do vermelho ao azul, ou púrpura (WU e PRIOR, 2005).

O termo antocianina tem origem grega (*anthos*) que significa uma flor, e (*kyanos*), azul escuro (HARBORNE e GRAYER, 1988; BUENO et al., 2012). Nas plantas as antocianinas desempenham as mais variadas funções, dentre elas: antioxidante, mecanismo de defesa, atividades biológicas, proteção à ação da luz e em vários mecanismos reprodutores das plantas, tais como a polinização e a dispersão de sementes. A Figura 2 mostra a estrutura química das antocianinas, que basicamente é uma estrutura policíclica, formada por quinze carbonos (LOPES et al., 2000).

Figura 2 - Estrutura química das antocianinas.



Fonte: Nijveldt et al. (2001).

De acordo com Jackman e Smith (1996), as antocianinas se encontram em uma ampla gama de famílias de plantas, como por exemplo: Vitaceae (uva), Rosaceae (cereja, ameixa, framboesa, morango, amora, maçã, pêssego, etc.), Solanaceae (tamarindo, batata), Saxifragaceae (groselha preta e vermelha), Ericaceae (mirtilo, oxicoco), Cruciferae (repolho roxo, rabanete), Leguminoseae (vagem), Gramineae (sementes de cereais) e Myrtaceae (guabiju, araçá-vermelho). Deste modo, Kong et al. (2003) relataram haver cerca de 400 antocianinas diferentes. A Tabela 2 mostra as antocianinas encontradas em suas respectivas fontes alimentares.

Tabela 2 -Apresenta as antocianinas e as fontes alimentares em que são encontradas.

Antocianinas encontradas com frequência em alimentos e suas fontes.	
Cianidina-3-glicosídeo	Uva, vinho, cereja, jabolão, morango, amora, maçã, azeitona
Cianidina-3,5-glicosídeo	Uva, vinho, cereja, figo, marmelo
Peonidina-3-glicosídeo	Uva, vinho, cereja, jabuticaba
Malvidina-3-glicosídeo	Uva, vinho
Malvidina-3,5-glicosídeo	Uva, vinho, feijão, inhame
Cianidina-3-galactosídeo	Maçã, cacau
Cianidina-3p-cumaniISOforosídeo-5-glicosídeo	Repolho roxo
Pelagonidina-3-soforosídeo-5-glicosídeo	Rabanete
Pelagonidina-3-glicosídeo	Morango, tamarindo
Delfinidina-3,5-diglicosídeo	Berinjela, feijão, uva, romã
Delfinidina-3-cafeoglicosídeo-5-glicosídeo	Berinjela
Petunidina-3-glicosídeo	Uva, vinho, feijão, milho, laranja

Fonte: Malacrida e Motta (2006).

Os efeitos benéficos das antocianinas estão relacionados com a sua atividade na desativação de espécies reativas de oxigênio dentre eles, os radicais superóxidos ($O_2^{\cdot-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxil ($OH^{\cdot}$), e o oxigênio singlete (1O_2) os quais, são subprodutos normais gerados durante o metabolismo. Assim, o estresse oxidativo ocorre quando não há a desativação de tais moléculas, podendo provocar lesões bioquímicas e fisiológicas ocasionando danos em lipídeos, proteínas, ácidos nucleicos e, possivelmente, resultar na morte celular (CARDOSO, LEITE e PELUZIO, 2011).

Com relação a utilização de antocianinas pela indústria, se observa um crescente interesse em diversos segmentos, no qual destacam-se as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética, onde o composto pode ser aplicado como corantes, principalmente de coloração vermelha, o qual é difícil de ser encontrado em forma estável na natureza. Porém, a baixa estabilidade e a capacidade corante reduzida, quando comparadas a corantes sintéticos, as dificuldades e o elevado custo no processo de obtenção deste composto, tornam ainda o uso industrial das antocianinas um pouco limitado (MACZ-POP et al., 2006).

Por apresentar função de corante, as antocianinas são utilizadas pela indústria alimentícia, em soluções ácidas na elaboração de refrigerantes, doces, produtos de confeitaria, refrescos, pó para refrescos, coberturas de bolo, gelatinas e geleias (BARROS e STRINGHETA, 2006).

As antocianinas são pigmentos relativamente instáveis, sua estabilidade é maior sob condições ácidas, porém ela pode ser afetada e ocorrer degradação por vários mecanismos, iniciando com perda da cor, seguida do surgimento de coloração amarelada e formação de produtos insolúveis. A estabilidade da cor desses compostos depende, da estrutura e da concentração dos pigmentos, e de fatores como o pH, temperatura e presença de oxigênio (LOPES et al., 2007) além de presença de ácido ascórbico, dióxido de enxofre, íons metálicos e exposição à luz (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

3.2.3. Atividade antioxidante

De maneira constante os seres vivos estão sujeitos a reações de desequilíbrio que levam à produção de radicais livres, os quais são responsáveis pelo o envelhecimento e aumentam o risco de crônicas não-transmissíveis (BERTOLDI, 2006; BRENNAN e PAGLIARINI, 2001). Desta forma, por meio de mecanismos enzimáticos, o organismo busca impedir ou equilibrar esse tipo de dano celular, contando com a proteção de enzimas endógenas tais como, a superóxido dismutase, glutathione peroxidase, catalase, entre outras, que possuem a capacidade de catalisar reações para a inativar os radicais livres (HALLIWELL, 2000).

Assim sendo, os antioxidantes podem ser definidos como substâncias com ação de prevenir ou retardar a oxidação do substrato envolvido nos processos de oxidação, impedindo a formação de radicais livres (HALLIWELL et al., 1995, ARAÚLO, 2011).

O controle da formação de radicais livres ocorre por diversos compostos antioxidantes, sendo que os mesmos podem ser endógenos ou oriundos da alimentação, como os tocoferóis (vitamina E), ácido ascórbico (vitamina C), carotenoides, selênio e polifenóis (VALKO et al., 2004).

Presentes em diversas frutas e em diferentes concentrações, os antioxidantes promovem efeitos benéficos ao organismo. O consumo de frutas que apresentem compostos bioativos com propriedades antioxidantes, como as antocianinas, está relacionado com a prevenção e também ao tratamento da obesidade e síndrome metabólica, a qual está associada a diabetes mellitus, hipertensão arterial, dislipidemia, doenças cardiovasculares e vasculares periféricas (COSTA e ROSA, 2010).

Dalla Nora (2012) estudou o guabiju e o araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine), espécies nativas do Rio Grande do Sul, e observou que o guabiju apresentou maior atividade antioxidante.

3.3 Secagem

A secagem de alimentos tem como objetivo a remoção de água de sólidos a determinado nível de atividade de água em que é possível evitar a deterioração ocasionada por micro-organismos. Desta forma, a secagem de frutas e legumes, proporciona uma maior diversidade de produtos e redução de volume, assim como aumento da vida útil do produto (PRABHANJAN et al., 1995).

O termo secagem é utilizado quando se refere a retirada de umidade de uma substância, é um processo comum e útil na conservação dos alimentos. Durante a operação de secagem enquanto o material úmido está em contato com o ar insaturado, culminando na redução da umidade do material e na umidificação do ar, ocorrem dois processos concomitantemente, onde há a transferência de calor do meio circundante, tendo como resultado a evaporação do líquido contido no material, e a transferência de massa na forma de líquido ou vapor do interior do material para a superfície, e desta para a corrente do fluido de secagem (AKPINAR et al., 2003).

No entanto, a secagem depende de muitas variáveis, as quais irão determinar as múltiplas condições de secagem, dentre elas, as características específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor que foi adotado. Todavia, ocorrem as transferências de calor e massa para o material, típico em qualquer condição de secagem, por meio de condução, convecção ou radiação. Esse processo é dividido em três períodos: o primeiro, configura o início da secagem, com elevação da temperatura do produto e da pressão de vapor de água; o segundo, corresponde a taxa constante de secagem, onde a água livre é evaporada, e o terceiro período caracteriza a taxa de secagem decrescente, que apresenta menor quantidade de água presente na superfície do produto, reduzindo a transferência de massa (BROD et al., 1999).

3.3.1 Atividade de água

A atividade de água é um parâmetro muito importante para o desenvolvimento microbiano, representa a medida da quantidade de água livre (água não ligada) contida no alimento, disponível para reações químicas, bioquímicas e crescimento microbiológico. Portanto, está intimamente ligada à conservação do alimento. No que se refere à disponibilidade de água livre, o comportamento microbiano é variável, sendo normalmente as bactérias as mais exigentes, seguidas pelos bolores e leveduras. Valores baixos de atividade

de água (0,6) em alimentos descrevem condições microbiológicas estáveis, conferindo mais segurança à conservação do produto (HOFFMANN, 2001).

3.3.2 Parâmetro de cor

Devido ao aumento da variedade dos produtos industrializados, o apelo visual é mais importante do que o apelo olfativo, pois a cor desempenha um papel muito importante na aceitabilidade dos alimentos, onde os consumidores julgam a qualidade de um produto, primeiramente, por sua cor. Desta forma, a indústria de alimentos vem utilizando corantes para melhorar ou restaurar a aparência original de alimentos ou ainda, assegurar a uniformidade da cor (VEBERIC et al., 2015). Ciente disto os produtores de alimentos vem ampliando o uso de tecnologias para a medição de cor e práticas que possam controlar da melhor forma as cores em diversas aplicações.

Dentro das técnicas de medição da cor, a colorimetria e espectrofotometria são as mais utilizadas. O colorímetro possui sensibilidade similar à do olho humano, o que possibilita pela técnica de colorimetria quantificar a cor por meio da medição dos três componentes primários da luz, sendo assim, ele mede as cores vermelho, verde e azul. O equipamento fornece a quantidade de cada um desses componentes presentes na luz refletida, no caso de materiais sólidos ou transmitida, quando se tratar de materiais transparentes, por determinado alimento (MINOLTA, 1998).

Conforme descrito por Gonzalez et al. (2001) para realizar a medição e quantificação de cor, o mais empregado é o CIE (Commission International de L'Eclairage), que define a leitura de cor pela luminosidade, tonalidade e saturação ou cromaticidade. Em 1976, esta comissão criou o sistema CIELAB, que utiliza coordenadas geométricas para a identificação dos parâmetros colorimétricos L^* , a^* e b^* , nos quais a coordenada L^* corresponde à luminosidade, que varia do valor zero, com tom menos luminoso, preto, ao valor 100 como sendo mais luminoso, incolor; a^* e b^* correspondem as coordenadas cromáticas, onde a coordenada a^* , varia do sentido negativo para o positivo, de tons verdes (-80) para tons vermelhos (+100); e a coordenada b^* , varia do sentido negativo para o positivo, entre tons azuis (-50) e amarelos (+70) (KORIFI et al., 2013; RAMOS, 2007). Sendo a cor localizada em um sólido tridimensional e a quantificação efetuada utilizando expressões matemáticas. Uma vez que a percepção humana da cor pode ser diferente de acordo com o que cada

indivíduo observa, a quantificação auxilia na interpretação, normalizando os resultados (GONÇALEZ et al., 2001).

Deste modo, a avaliação dos parâmetros de cor se faz importante nas áreas de pesquisa, pois os dados obtidos pela colorimetria podem ser usados, para ajustar os componentes de cor de um alimento ou produto, auxiliando no desenvolvimento de novos produtos e no controle de qualidade (GORDILLO et al., 2015; TRINDERUP et al., 2013).

3.4 Estado da Arte

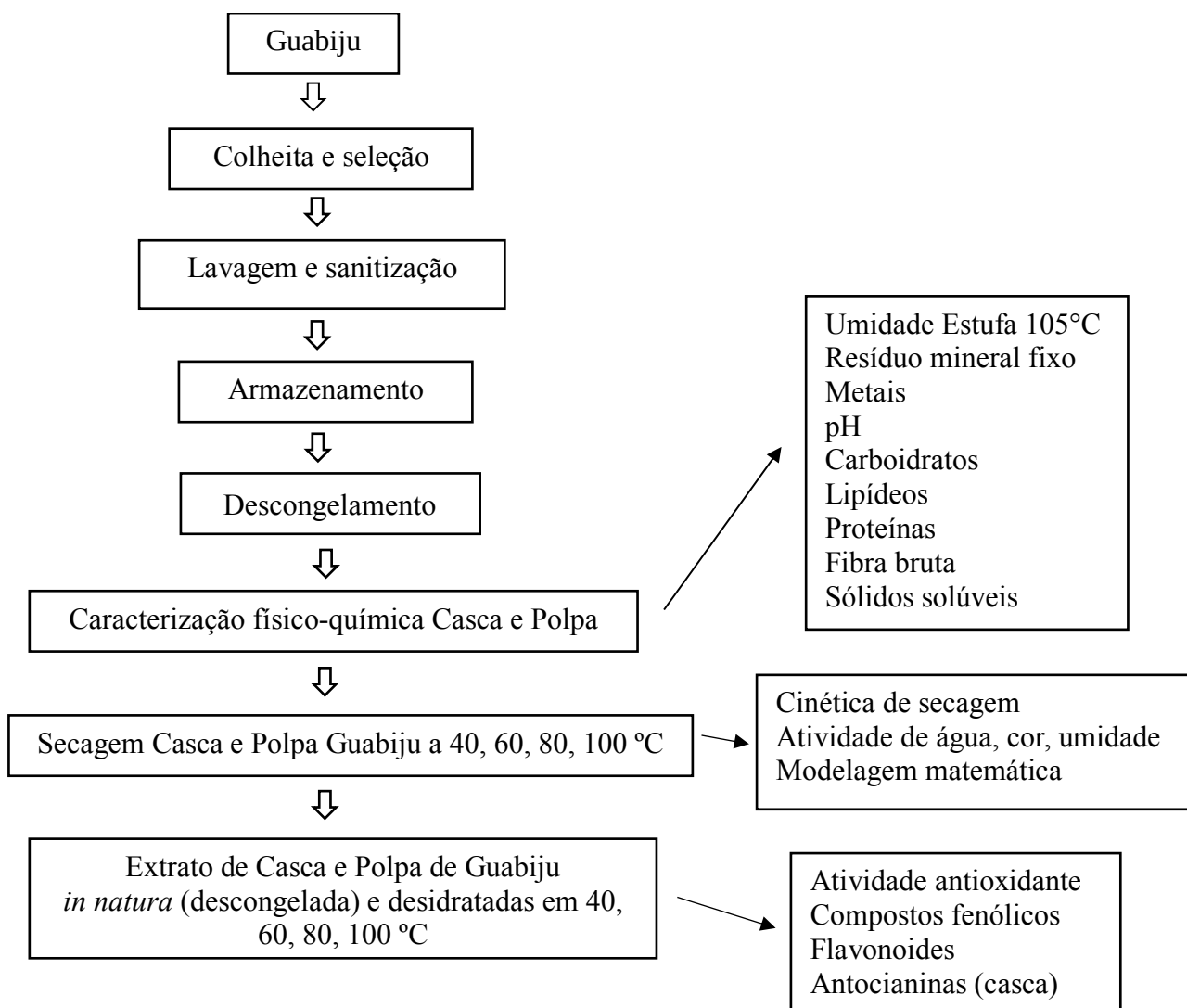
Considerando a grande biodiversidade frutífera brasileira e a crescente demanda por alimentos que possuam compostos benéficos a saúde, torna-se necessário o estudo destas acerca do teor de compostos fenólicos e flavonoides, avaliar novas fontes de antocianinas, buscando vegetais de menor valor agregado e de fácil disponibilidade, assim como buscar soluções capazes de suprir a demanda durante o ano todo, e não só na safra. A secagem permite essa disponibilidade do fruto, no entanto, podem ocorrer perdas nutricionais nesse processo, sendo então fundamental analisar e otimizar o mesmo afim de minimizar as perdas.

Apesar de apresentar potencial como fonte nutricional e como matéria prima para indústria de alimentos, o *Myrcianthes pungens* é uma espécie pouco difundida e estudada. Desta forma, a busca por novas fontes de compostos bioativos, investigando frutos comumente encontrados pela população, permite incentivar o consumo baseado nos benefícios oriundos da ingestão dos seus compostos bioativos e estimular sua utilização a nível industrial, promovendo a valorização da espécie e o consumo de produtos compostos por ingredientes naturais que ofereçam benefícios à saúde humana.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção estão demonstradas, por meio do fluxograma apresentado na Figura 3, a sequência das etapas desenvolvidas neste estudo.

Figura 3-Fluxograma das etapas desenvolvidas no estudo.



4.1 Colheita dos frutos

Os frutos do guabiju (*Myrcianthes pungens* (O.Berg) D. Legrand) foram colhidos aleatoriamente em várias partes da planta (copa, laterais e partes inferiores) de 15 árvores, no período de janeiro e fevereiro de 2018, em diferentes localidades do município de Ipiranga do Sul, nas coordenadas latitude: 27° 56' 12" S e longitude: 52° 25' 35" W. Foi definido que o melhor ponto de colheita seria quando o fruto apresentasse em sua totalidade e uniformidade a cor roxa (Figura 4).

Uma amostra de galho com folhas e frutos foi incorporado no Herbário Pe. Balduino Rambo (HPBR), na URI- Erechim, sob o número de registro de exsicata 12156.

Figura 4 - Guabiju (*Myrcianthes pungens* (O.Berg) D. Legrand) no ponto de colheita.



Fonte: Autora (2018).

4.1.1 Seleção, lavagem, sanitização e armazenamento dos frutos

Imediatamente após a colheita, os frutos foram selecionados de forma manual, eliminando os avariados que possam não ter sido percebidos durante a colheita. Em seguida iniciou-se a lavagem em água potável corrente e logo após os frutos foram imersos em

solução de NaClO a 200 ppm durante 15 minutos, decorrido este período os frutos foram enxaguados e removida a umidade externa com auxílio de papel toalha.

Posteriormente os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno, e identificados com peso e data de colheita, e por fim, foram submetidos ao congelamento à -20 °C até o início das análises.

4.2 Caracterização físico-química da casca e polpa

A caracterização físico-química da casca e polpa do guabiju foi realizada a partir das análises de: umidade, resíduo mineral fixo, sólidos solúveis, lipídios, proteína, carboidratos, fibra bruta, pH e metais. Parte das análises foram realizadas nos laboratórios da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI – Erechim e as demais análises pelo Laboratório Pró-ambiente – Porto Alegre (RS).

Para a realização das análises, os frutos foram separados em casca, polpa e semente com auxílio de uma faca sanitizada, em seguida a semente foi identificada e congelada, após procedeu-se as análises da casca e polpa do guabiju. Todos os processos ocorreram em ambiente privado de luz.

4.3 Secagem

Para realizar a secagem, primeiramente, os frutos foram retirados do congelador e colocados no refrigerador (5°C) para descongelar, logo após, iniciou-se o fracionamento dos frutos em casca, polpa e semente, a qual foi identificada e congelada novamente, procedeu-se então, o início da secagem e demais análises da casca e polpa do guabiju. Todos os processos ocorreram em ambiente privado de luz.

A secagem de aproximadamente 5 g da casca e polpa do guabiju foi realizada em triplicata, utilizando estufa com renovação e circulação de ar (Marconi, M-037) nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100°C, com o acompanhamento da variação de massa através de pesagens em diferentes intervalos de tempo até peso constante.

Foram realizadas análises de atividade de água, umidade e parâmetros de cor da casca e polpa desidratadas nas diferentes temperaturas.

4.4 Determinação de compostos bioativos da casca e polpa

A fim de determinar a atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides, foram obtidos extratos brutos da casca e polpa do guabiju *in natura* (descongelada) e submetidas a secagem à 40, 60, 80 e 100 °C.

Para a preparação da amostra a fim de obter o extrato, a casca *in natura* (descongelada) foi triturada com auxílio de um Mixer (Britânia) e a casca desidratada utilizando gral com pistilo de porcelana, ao abrigo de luz. Com bastão de vidro a polpa *in natura* (descongelada) foi macerada e a polpa desidratada cortada em pedaços com auxílio de uma tesoura de aço inoxidável afim de aumentar a área de contato.

A extração dos componentes bioativos foi realizada por meio de extrações sucessivas utilizando álcool etílico (99%). Desta forma, deixou-se a amostra em contato com 50 mL do solvente por 12 horas seguida de filtração. O filtrado foi guardado ao abrigo de luz, e a amostra retida no filtro foi submetida à nova extração conforme descrito anteriormente. Esse procedimento foi realizado 3 vezes e o filtrado (150 mL) foi passado para um balão fundo redondo de 250 mL, previamente coberto com papel alumínio. Posteriormente, os extratos foram rotaevaporados em evaporador rotativo a vácuo (Marconi MA 120) a 60 °C. O produto concentrado foi liofilizado e armazenado a 4 °C até a sua utilização. Para obter a concentração de extrato desejada, os extratos foram ressuspensos em álcool etílico, restando um resíduo no balão, o qual retornou para a estufa e posteriormente foi pesado para descontar da amostra inicial.

4.5. Modelagem da difusividade de massa

Utilizou-se a difusão em regime transiente com o escopo de que a modelagem matemática seja eficiente para explicar e contribuir para representar a etapa de desidratação da casca e polpa de guabiju, predizendo o processo. Foi utilizado o programa *Excel* 2016 com método das tangentes para avaliar o tempo adimensional em cada ponto experimental. A difusão foi obtida pela média de cada difusão calculada em pontos experimentais.

Para uma placa plana a Equação 1 apresenta a solução para o seu transporte de massa em regime transiente com resistência externa desprezível e os primeiros termos da série estão descritos na Tabela 3. O transporte de massa transiente com resistência externa desprezível apresenta solução por série, com apenas a diferenciação em torno da geometria do corpo. Foi

calculado por métodos numéricos (bissecção) a solução da série a fim de encontrar o FO_M (número de Fourier Mássico) (Equação 2) através dos dados de tempo e dimensão da casca. O coeficiente de difusão de massa da água na casca foi calculado mediante a média entre os pontos para criar o modelo (CREMASCO, 2012). A espessura de casca considerada foi de 0,04 cm e o tempo máximo de secagem estipulado para a realização dos cálculos foi de 240 minutos, para polpa a espessura considerada foi de 0,1cm e o tempo máximo de secagem estipulado para a realização dos cálculos foi de 135 minutos, devido as curvas de umidade se tornarem horizontal, ou seja, sem difusão de massa considerável, indicando ser água de ligação.

$$\theta_M = \frac{C_O(t) - C_S}{C_i - C_S} = 2 \sum_{i=0}^n \left(\frac{1}{\lambda_i^2} \right) e^{-\lambda_i^2 \tau} - (8.13) \tau = FO_M = \frac{D_{AB} x t}{L_C^2} \quad (1)$$

$$\tau = FO_M = \frac{D_{AB} x t}{L_C^2} \quad (2)$$

Sendo: $C_O(t)$ = Concentração mássica do soluto no centro da placa ao final do tempo t (umidade da casca); C_S = Concentração mássica do solução na solução externa (umidade do ar); C_i = Concentração mássica do solução ao início do processo (umidade da casca); D_{AB} = Difusão mássica do solução no corpo (m^2/s); t = Tempo de processo (segundos); L_C = Espessura da placa (m); λ_i = Raízes da solução analítica do transporte de massa em coordenada cartesiana (tabela 1); FO_M = Tempo de Fourier para o transporte de massa (adimensional).

Tabela 3 - Coeficientes para a solução da Equação 1.

I	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λ_i	1,5708	4,7124	7,8540	10,9956	14,1372	17,2788	20,4204	23,5619	26,7035	29,8451	32,9867
λ_i^2	2,4674	22,2066	61,6850	120,9027	199,8595	298,5555	416,9908	555,1652	713,0789	890,7318	1088,1329

4.6 Determinações analíticas

4.6.1 Umidade

Para determinar a umidade da casca e polpa utilizou-se o método de dessecação em estufa (FANEM, Mod. 320-SE) com circulação mecânica de ar, à temperatura de 105°C, utilizando aproximadamente 10 g de cada amostra de acordo com a metodologia 012/IV descrita pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005).

A análise de umidade com aproximadamente 3 g de amostras desidratadas foi realizada utilizando o analisador de umidade infravermelho da marca Marte ID-200, a 105 °C.

4.6.2 Resíduo mineral fixo (RMF)

Para determinar o resíduo mineral fixo da polpa e casca foi utilizado o método 018/IV do Manual de Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005), com carbonização realizada em 300 °C (Fisaton Mod.752 A) seguida de incineração em mufla (Lavoisier Mod. 400) a 550 °C.

4.6.3 Metais

Os teores dos metais (Ca, Mg, Na, K, Zn, Cu, Cd, Al, Cr, Fe, Mn) da casca e polpa do guabiju foram determinados em triplicata por meio de espectrofotometria de absorção atômica por chama utilizando o espectrômetro de AAS da Varian® modelo *espectrAA 55*.

4.6.4 pH

Utilizando pHmetro de bancada (Digimed DM-22) foi medido o pH por meio da leitura direta na casca e polpa *in natura* (descongelada) trituradas e diluídas em água destilada, conforme metodologia descrita no Manual de Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005).

4.6.5 Lipídios, Proteínas, Sólidos Solúveis e Fibra bruta

As determinações de lipídios, proteínas, sólidos solúveis e fibra bruta da casca e polpa do guabiju foram realizadas seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005) pelo Laboratório Pró-Ambiente em Porto Alegre - RS.

4.6.6 Carboidratos totais (CT)

Os carboidratos totais da casca e polpa do guabiju foram determinados pela diferença dos demais constituintes da composição físico-química, conforme a RDC nº 360 (BRASIL, 2003), conforme a Equação 3.

$$CT(\%) = 100 - [umidade(\%) + proteínas(\%) + RMF(\%) + lipídeos(\%) + fibras(\%)] \quad (3)$$

4.6.7 Atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada utilizando o equipamento LabTouch – aw, NOVASINA) em que, por meio de um sistema de controle de temperatura integrado a um sensor infravermelho, fornece leituras precisas do valor da atividade de água das amostras.

4.6.8 Parâmetros de cor

Os parâmetros de cor da casca e polpa do guabiju, foram avaliados utilizando um colorímetro Minolta (CR-400, Osaka, Japão) por meio do diagrama tridimensional de cores ($L^*a^*b^*$), onde a coordenada L^* representa a luminosidade da amostra variando de 0 (escuro) a 100 (claro), a^* indica cromaticidade tendendo do verde (-80) ao vermelho (+100) e b^* mostra a cromaticidade que varia do azul (-50) ao amarelo (+70). Para calcular a diferença de cor total (ΔE^*) foi utilizada a Equação 4:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad (4)$$

4.6.9 Determinação de compostos fenólicos totais

A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu, utilizando o ácido gálico como padrão de referência, descrito por Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventos (1999), com modificações. Em um tubo de ensaio foram adicionados 0,5 mL de amostra dos extratos etanólicos de casca e polpa de guabiju *in natura* (descongelada) e desidratadas em 40, 60, 80 e 100 °C na concentração de 5 mg/mL, 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (diluído 1:10 v/v) e 2 mL de carbonato de sódio 4% (m/v). Os tubos foram agitados e armazenados por 2 horas em temperatura ambiente ao abrigo de luz. Em seguida, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Logen Scientific

UV/VIS -LS7052) a 760 nm. As análises foram realizadas em triplicata, onde o teor de compostos fenólicos foi obtido por análise de regressão linear a partir de uma curva padrão utilizando o ácido gálico em concentrações de 1 a 100 µg/mL. Os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico por 100 gramas de extrato (mg EAG/100g).

4.6.10 Determinação de flavonoides

O teor de flavonoides foi determinado pelo método descrito por Garrido, Ortiz e Pozo (2013), com adaptações, onde utilizou-se a quercetina como padrão de referência. Em um tubo de ensaio foi adicionado 0,5 mL de amostra dos extratos etanólicos de casca e polpa de guabiju *in natura* (descongelada) e desidratadas em 40, 60, 80 e 100 °C na concentração de 5 mg/mL, 4,3 mL de etanol 70% (v/v), 0,1 mL de nitrato de alumínio 10% (m/v) e 0,1 mL de acetato de potássio 10% (m/v). Os tubos foram agitados e armazenados em temperatura ambiente, na ausência de luz, por 40 minutos. Em seguida realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Logen Scientific UV/VIS -LS7052) a 415 nm.

As análises foram realizadas em triplicata, onde o teor de flavonoides foi obtido por análise de regressão linear a partir de uma curva padrão utilizando a quercetina em concentrações de 5 a 100 µg/mL. Os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de quercetina por 100 gramas de extrato (mg EQ/100g).

4.6.11 Análise da atividade antioxidante

Obtido o extrato, procedeu-se com a análise de DPPH. Esta metodologia é baseada na medida da extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) em 515 nm (VIGNOLI et al., 2012; CASAGRANDE et al., 2007) com modificações. A determinação da atividade antioxidante foi realizada em triplicata, por método espectrofotométrico. A técnica constituiu a incubação da amostra da polpa por 30 minutos, e da casca por 6 minutos, de 1000µL de uma solução etanólica de DPPH 0,1 mM com 1000µL de soluções contendo concentrações crescentes de extratos em etanol. A solução denominada “branco” foi preparada (sem amostra e sem DPPH) e a solução controle (mistura de etanol-DPPH). A determinação da absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV-Visível (Logen Scientific UV/VIS - LS7052) em comprimento de onda de 515 nm. A atividade de captura de radicais pelos extratos foi obtida pela Equação 5.

$$AA(\%) = 100 - (Abs.amostra / Abs.contrôle) * 100 \quad (5)$$

Após a avaliação da faixa de concentração ideal, calculou-se a concentração de extrato necessário para capturar 50% do radical livre DPPH (IC₅₀) foi calculada por análise de regressão linear (CARBONARI, 2005).

4.6.12 Extração e quantificação de antocianinas totais

Para realizar a extração da casca, seguiu-se com algumas modificações, a metodologia de Medina et al. (2011): Pesou-se cinco gramas de casca *in natura* (descongelada) e submetidas à secagem em 40, 60, 80 e 100 °C e acondicionados em tubos de Falcon de 25 mL, os quais foram cobertos com papel alumínio. Em seguida, adicionou-se 15 mL do solvente a 4°C (contendo 0,1 % de HCl P.A.). A extração ocorreu no escuro, sob refrigeração (Consul), durante 2 horas e à temperatura de 4 ± 1 °C. Decorrido o tempo, centrifugou-se as amostras (MPW-351R) a 8000 rpm por 15 minutos e sob refrigeração. O sobrenadante foi recolhido e realizou-se uma lavagem do precipitado com 5 mL de solvente, após procedeu-se de centrifugações nos mesmos parâmetros da primeira operação.

Após, o extrato foi submetido a filtração à vácuo em filtro de papel Whatmann nº 01 e funil de Buchner, sendo realizada a padronização do volume de cada amostra casca e polpa para 20 mL. Posteriormente os extratos foram acondicionados em frascos cobertos com papel alumínio e encaminhados para a quantificação de antocianinas a partir de análise colorimétrica.

Para quantificar as antocianinas, utilizou-se como base o método descrito por Fetter et al., (2010), onde a foi realizada a leitura da absorbância a 535 nm, em espectrofotômetro (Logen Scientific UV/VIS -LS7052), usando o solvente como branco.

O cálculo do teor de AT foi realizado para todos os experimentos, e obtido conforme Equação (6):

$$c = \frac{A}{\varepsilon \ell} \quad (6)$$

Onde:

ϵ é o coeficiente de absortividade molar da espécie;

A é a absorbância da amostra;

c é a concentração molar da espécie;

ℓ é o comprimento atravessado pelo feixe de radiação (caminho óptico)

4.7 Análise estatística

Os experimentos foram realizados em triplicata, os resultados apresentados como gráficos e a correlação de Pearson foram obtidos com o programa Excel, os demais resultados das análises foram tratados estatisticamente por análise de variância (ANOVA), seguido de comparação das médias pelo teste de Tukey ou t de student, com o software *Statistica* versão 5.0, com nível de confiança de 95%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização físico-química da casca e polpa do guabiju

5.1.1 Composição físico-química

Os valores obtidos de umidade, resíduo mineral fixo, carboidratos, proteínas, lipídeos, fibra alimentar bruta, sólidos solúveis e pH estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Composição físico-química da casca e polpa do guabiju em valores médios e desvio padrão.

Composição físico-química	Casca	Polpa
Umidade (%)	77,13 ^b ± 0,18	84,29 ^a ± 0,18
Resíduo mineral fixo - RMF (%)	0,98 ^a ± 0,03	0,38 ^b ± 0,04
Carboidratos (%)	10,03 ^b ± 0,19	11,34 ^a ± 0,23
Proteínas (%)	4,11 ^a ± 0,06	2,14 ^b ± 0,05
Lipídeos (%)	0,73 ^a ± 0,04	0,38 ^b ± 0,04
Fibra alimentar bruta (%)	7,02 ^a ± 0,02	1,46 ^b ± 0,03
Sólidos solúveis (%)	6,03 ^a ± 0,01	4,20 ^b ± 0,01
pH	5,17 ^b ± 0,02	5,37 ^a ± 0,03

Letras minúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste t de student.

Quanto a composição físico-química pode se observar que todos parâmetros apresentaram diferenças significativa entre as amostras analisadas. Comparando casca e polpa, a primeira mostrou maior quantidade de resíduo mineral fixo, proteína, lipídeos, fibra alimentar bruta e sólidos solúveis, a segunda apresentou maiores teores de umidade e carboidratos. Cabe ressaltar que não foram encontrados estudos sobre a composição físico-química das frações casca e polpa de guabiju, os poucos trabalhos reportados são sobre o fruto inteiro (sem semente) e não em frações. Assim, buscou-se incluir resultados de outros frutos para comparação dos resultados.

Para a casca o teor de umidade obtido foi 77,13% e para a polpa 84,29%, os quais são similares aos teores de umidade encontrados por Lima et al. (2008) na casca e polpa de jabuticaba (75,84 e 83,91 g/100g) para a variedade Paulista e na Sabará (84,24 e 84,95 g/100g) observando-se alto conteúdo de água nas frações de ambas as variedades, assim como

foi observado elevado teor de água neste estudo. Ao pesquisar cultivares de mirtilo Moraes et al. (2007) mostraram valores de umidade que variaram entre 81,3 e 83,0%, no entanto, Goldmeyer et al. (2014) encontraram 73,43 % de umidade no mirtilo.

Piekarski (2013) ao estudar a amora (*Morus nigra*) observaram teor de umidade de 86,25%. Seraglio et al. (2018) pesquisaram umidade de frutas em estágio de maturação intermediário e maduro, e reportaram valores para a jabuticaba de 85,61 e 84,56 g/100g, guabiju 83,21 e 83,19 g/100g e jambolão 88,66 e 84,74 g/100g, respectivamente.

Quanto ao resíduo mineral fixo, o valor foi de 0,98 e 0,38% para casca e polpa respectivamente. Piekarski (2013) obteve 0,28% de cinzas em amoras, por outro lado Imran et al. (2010) avaliaram amoras cultivadas no Paquistão encontraram 0,50% de cinzas. Ao analisar frutos inteiros de guabiroba foi encontrado 0,45 g/100g de cinzas conforme descrito por Vallilo et al. (2006). Goldmeyer et al. (2014) descrevem 0,24% de cinzas em mirtilo.

O teor de carboidratos foi de 10,3% para casca, e 11,34 % para polpa de guabiju. Vallilo et al. (2006) reportaram valores de 11,6 g/100g de carboidratos da guabiroba. Moraes et al. (2007), encontraram valores de carboidratos 14,9 a 16,4% em cultivares de mirtilos, dados estes inferiores ao encontrado por Goldmeyer et al. (2014) 24,79 % para o mirtilo.

Com relação ao teor de proteína foi encontrado para casca 4,11%, e polpa 2,14%. Dalla Nora et al. (2014b) obtiveram teor de proteína no araçá vermelho liofilizado 3,25 g/100g e no fruto de guabiju (sem semente) liofilizado 8,4 g/100 g. Desta forma, o guabiju pode ser considerado uma fruta hiperprotéica, assim como o araçá-pitanga (*Eugenia multicostata*) e pessegueiro-do-mato (*Eugenia myrcianthes*), que possuem teores proteicos de 10,9 e 8,1%, respectivamente (KINUPP, BARROS, 2008).

Vallilo et al. (2006) relataram teor de proteínas 1,6 g/100g na guabiroba. Moraes et al. (2007) mostraram valores entre 1,4 e 1,8% de proteína em cultivares de mirtilo, valores estes maiores do que Goldmeyer et al. (2014) encontraram no mirtilo 0,80% de proteína.

O teor de lipídeos obtido da casca e polpa do guabiju foi de 0,73 e 0,38%. Goldmeyer et al. (2014) analisando lipídeos em mirtilo relatam 0,72%, no entanto, Moraes et al. (2007) referem valores entre 0,25 e 0,28% de lipídeos em mirtilos. Dalla Nora et al. (2014b) encontraram 0,82 g/100g de lipídeos no guabiju liofilizado e 0,71 g/100g no araçá vermelho liofilizado. Na guabiroba o teor de lipídeos encontrado foi de 1,5 g/100g, segundo relataram Vallilo et al. (2006).

A quantidade de fibra alimentar bruta encontrada para a casca foi 7,02% e polpa 1,46 %. Vallilo et al. (2006) encontraram para a guabiroba 9,0 g/100g de fibra alimentar. Em duas

variedades de jabuticaba foram obtidos teores de fibra alimentar total (em g/100g) da casca e polpa e casca de 33,8 e 4,34, na variedade Paulista, para a variedade Sabará foram de 33,23 e 5,23.

De acordo com Kris-Etherton et al. (2002), a fibra alimentar está associada a uma redução na ocorrência de distúrbios intestinais crônicos, obesidade, diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e câncer.

O teor de sólidos solúveis obtido para casca e polpa foi de 6,03 e 4,20%. Goldmeyer et al. (2014) verificaram 5,23 °Brix para o mirtilo. Ao pesquisar sólidos solúveis em frutas com estágio de maturação intermediário e maduro Seraglio et al. (2018) encontraram respectivamente para a jabuticaba os valores de 12,00 e 14,00 °Brix, para o guabiju 11,00 e 14,00 °Brix e para o jambolão 9,00 e 10,50 °Brix. Lima et al. (2008) mostraram teores de sólidos solúveis da casca e polpa de jabuticaba da variedade Paulista de 12,4 e 14,90 °Brix, na variedade Sabará, 11,60 e 14,13 °Brix, respectivamente, observando maior teor de sólidos solúveis na polpa em ambas variedades, diferentemente do encontrado neste estudo.

Altos teores de sólidos solúveis totais em frutas são desejáveis para o consumo *in natura*, e para a indústria, pois implicam em menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento de alimentos (COHEN et al., 2010).

O valor de pH encontrado foi de 5,17 para a casca e 5,37 para a polpa. O valor de pH obtido por Seraglio et al. (2018) em frutas com estágio de maturação intermediário e maduro respectivamente foi de 3,68 e 3,80 para a jabuticaba, 5,19 e 5,32 no guabiju e 3,98 e 4,26 para o jambolão. Dalla Nora et al. (2014b) encontraram valores de pH para o araçá vermelho e guabiju liofilizados 3,31 e 4,71 respectivamente. Moraes et al. (2007) relataram valores de pH entre 2,56 e 2,67 em cultivares de mirtilo.

O guabiju apresenta pH mais elevado o que é bom para sucos, conforme descrito por Massaguer (2014) que analisou sucos de frutas e observou um pH entre 3,0 e 4,0. Por apresentar elevado pH, não sendo indicado para formação de géis, ao desenvolver geleias e compotas com o guabiju, se faz necessário acidificar os produtos.

5.1.2 Metais

A Tabela 5 apresenta os metais analisados na casca e polpa do guabiju, com suas respectivas média e desvio padrão. Dentre os metais analisados K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn,

Cu e Cr mostraram diferenças significativas entre casca e polpa. Quanto o teor de metais das amostras de guabiju, merecem destaque K, Ca, Mg, Na, Fe e Al, sendo que a casca apresentou maiores quantidades em comparação a polpa. Seraglio et al. (2018) também observaram que os frutos analisados apresentaram maiores quantidades destes metais, no entanto os valores encontrados por esses autores são maiores do que os do presente estudo.

Cabe destacar que os minerais potássio, cálcio, sódio e magnésio são componentes estruturais e estão envolvidos em várias funções do metabolismo, sendo de extrema importância na saúde humana (ÖZCAN, 2004). O zinco tem sido apontado como mineral antioxidante envolvido no mecanismo de defesa celular contra os radicais livres, conforme relatam Alfieri, Leung, Grace (1998).

Seraglio et al. (2018), ao pesquisarem o teor de K, Na, Ca e Mg de frutos em estágio de maturação intermediário verificaram respectivamente os seguintes valores em (mg/100 g de peso seco): jabuticaba (4922,10; 239,95; 281,83 e 591,82), guabiju (3100,32; 100,43; 932,48 e 585,78) e jabolão (5099,30; 225,49; 1141,42 e 789,01). No estágio maduro dos frutos, os resultados foram: jabuticaba (4533,83; 359,80; 330,13 e 455,60), guabiju (9603,64; 309,94; 2276,48 e 465,30) e para o jabolão (3785,82; 308,19; 1040,27 e 779,12). Em todas as amostras, o potássio foi o mineral predominante, enquanto o manganês apresentou valores abaixo do limite de quantificação (<0,91 mg L)

Tabela 5- Teores de metais analisados na casca e polpa do guabiju.

Metais (mg/100g)	Casca	Polpa
Potássio (K)	220,00 ^a ± 6,81	83,59 ^b ± 2,92
Cálcio (Ca)	182,00 ^a ± 2,84	47,46 ^b ± 1,80
Magnésio (Mg)	32,64 ^a ± 0,81	8,18 ^b ± 0,80
Sódio (Na)	20,56 ^a ± 1,75	13,56 ^b ± 0,08
Alumínio (Al)	6,82 ^a ± 1,03	4,13 ^a ± 1,29
Ferro (Fe)	2,73 ^a ± 0,09	0,44 ^b ± 0,14
Zinco (Zn)	0,42 ^a ± 0,06	0,23 ^b ± 0,05
Manganês (Mn)	0,21 ^a ± 0,02	0,05 ^b ± 0,02
Cobre (Cu)	0,12 ^a ± 0,01	0,04 ^b ± 0,01
Cádmio (Cd)	0,02 ^a ± ≤ 0,01	0,01 ^a ± ≤ 0,01
Cromo (Cr)	0,02 ^a ± ≤ 0,00	0,00 ^b ± 0,00

Letras minúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa (p<0,05) pelo teste t de student.

Ao pesquisar os elementos inorgânicos dos frutos de guabiroba Vallilo et al. (2006) encontraram em maiores concentrações os macroelementos K (1304 mg/kg ou 130,4 mg/100g), Ca, P e Mg (na faixa de 165 a 175 mg/kg ou 16,5 a 17,5 mg/100g), e como microelementos o Fe, Al e S (11,3; 15,9 e 27,8 mg/kg ou 1,13; 1,59 e 2,78 mg/100g), respectivamente. Segundo os autores os altos teores de ferro e alumínio encontrados, devem-se, provavelmente, aos constituintes do solo.

Gondim et al. (2005) analisaram a casca de vários frutos secos, onde foi verificado maior concentração de potássio dentre os minerais analisados, sendo que a tangerina *in natura* apresentou os maiores teores: 598,36 mg/100g. Cálcio e magnésio foram os outros minerais mais abundantes observados nas cascas dos frutos analisados por esses autores.

A análise mineral de duas variedades de jabuticaba para casca e polpa realizada por Lima et al. (2011) mostraram na variedade Paulista respectivamente valores de Ca, K, Mg, Na e P na casca (50,00; 1206,67; 80,00; 62,18 e 63,33 mg/100g peso seco) e polpa (43,33; 1003,33; 66,67; 63,35 e 53,33 mg/100g peso seco), na casca da variedade Sabará (56,67; 1496,67; 90,00; 61,10 e 63,33 mg/100g peso seco) na polpa (53,33; 1026,67; 73,33; 62,55 e 56,67 mg/100g peso seco). Sendo que o potássio apresentou os maiores teores, e maior teor na casca em comparação com a polpa.

Souza et al. (2014) encontraram em amora, framboesa vermelha, morango, mirtilo e cereja valores de P (7,25; 5,70; 6,59, 8,61 e 12,21 mg/100g), K (79,73; 71,84; 51,24; 70,13 e 90,92 mg/100 g), Ca (7,25; 1,14; 2,20; 0,00 e 0,00 mg/100g), Mg (15,70; 15,96; 8,78; 4,92 e 12,21 mg/100 g), Zn (0,20; 0,37; 0,13; 0,13 e 0,69 mg/100 g) e Fe (1,28; 1,06; 1,00; 1,24 e 1,16 mg/100g), respectivamente.

Oliveira et al. (2003) encontraram variabilidade nos teores dos elementos minerais ao analisar a jabuticaba variedade Sabará em várias regiões de São Paulo, demonstrando que fatores como fertilidade do solo e clima, podem influenciar a concentração desses elementos.

Sendo assim, o guabiju mostrou-se uma considerável fonte de K em relação a guabiroba (VALLILO et al., 2006), amora, framboesa vermelha, morango, cereja e mirtilo (SOUZA et al., 2014). A ingestão de potássio está associada à diminuição da pressão arterial e à redução da mortalidade por acidente vascular cerebral e por doenças cardíacas, portanto, o incentivo ao consumo de frutas e hortaliças fonte deste mineral pode ser uma importante ação para o controle e prevenção das doenças crônicas não transmissíveis (PORTO et al., 2014).

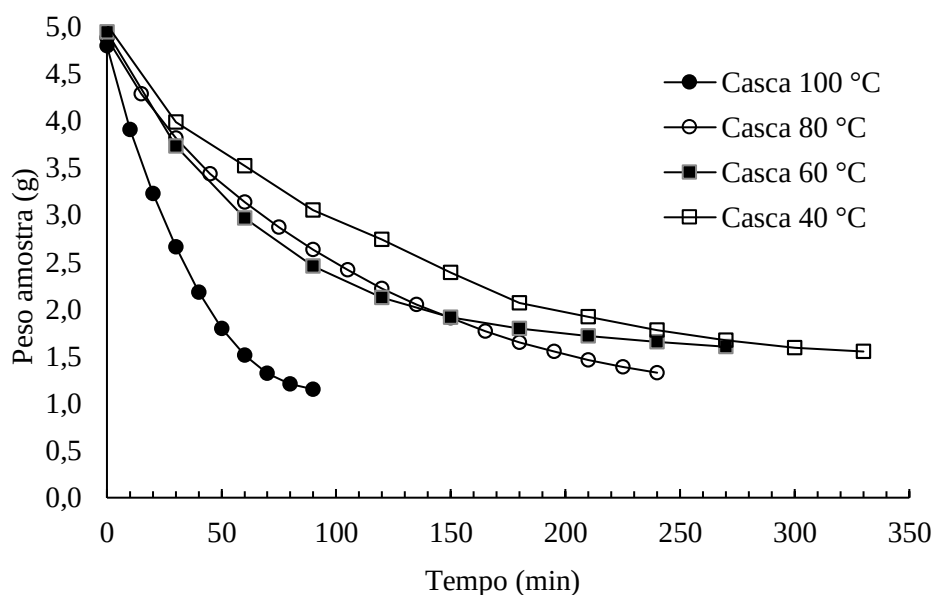
5.2 Secagem

5.2.1 Cinética de secagem

Nas temperaturas de 40 e 60 °C foi realizado o acompanhamento da variação de massa através de pesagens a cada 30 minutos até atingir peso constante determinando o final da operação. Nas operações com temperaturas de 80 e 100°C as pesagens para acompanhamento da variação de massa foram realizadas a cada 15 e 10 minutos, respectivamente.

A Figura 5 apresenta as curvas de secagem da casca do guabiju obtidas nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C.

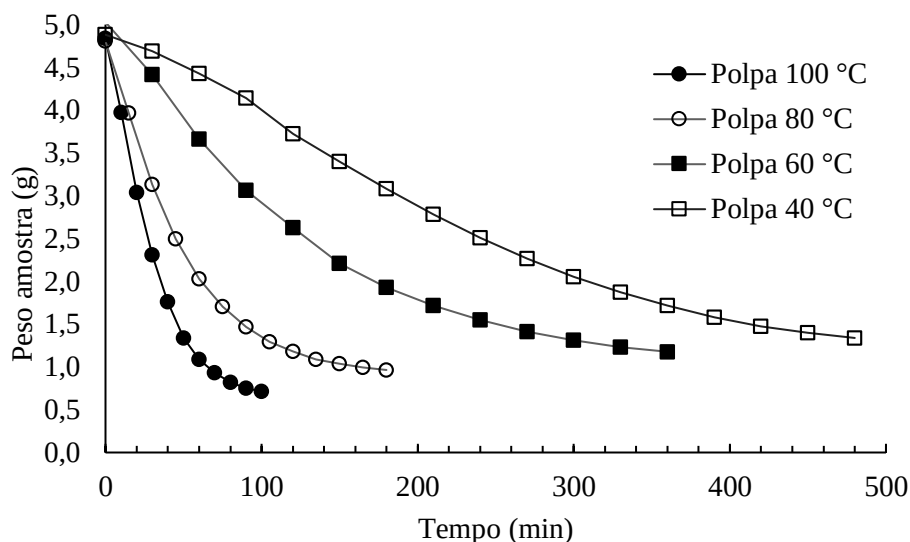
Figura 5- Curvas de secagem da casca do guabiju nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C.



Na Figura 5 é possível observar que a casca submetida a secagem em temperatura de 100 °C, teve a redução de umidade mais rápida e em menor tempo (90 min), atingindo a umidade de equilíbrio. Nas operações de 40, 60 °C e 80 °C, a perda de umidade ocorreu mais lentamente comparando com 100 °C. O tempo necessário de secagem em 40 °C foi de 330 min, e para as operações de 60 e 80 °C, 270 e 240 min, respectivamente.

A Figura 6 apresenta as curvas de secagem da polpa do guabiju obtidas nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C.

Figura 6- Curvas de secagem da polpa do guabiju nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C.



Na Figura 6 é possível observar que a polpa submetida a secagem em temperatura de 100 °C, teve a redução de umidade mais rápida e em menor tempo (100 min) assim como ocorreu com a casca, seguida da polpa 80 °C que necessitou de 180 min para atingir a umidade de equilíbrio. Nas operações de 40 e 60 °C, a perda de umidade, ocorreu mais lentamente, comparando com 80 e 100 °C. O tempo de secagem para a operação de 60 °C foi 360 min, enquanto que no experimento de 40 °C, foi de 480 min.

O processo de secagem pode apresentar taxas de secagem constante e/ou decrescente. Para produtos biológicos, normalmente, o comportamento de secagem é decrescente. Comportamento esse que é determinado pela migração interna de umidade (PARK; BIN; BROD, 2002; BENDLIN, 2003).

Nas Figuras 5 e 6 observa-se um comportamento de taxa de secagem decrescente, demonstrando que provavelmente o mecanismo físico que comanda o movimento da água no fruto é a difusão (SANJINEZ-ARGANDOÑA et al., 2011). Analisando as curvas obtidas, pode-se observar que o aumento da temperatura induziu a uma redução considerável no tempo de remoção da umidade, ou seja, quanto maior a temperatura de secagem, menor foi o tempo para a casca e polpa de guabiju atingirem a umidade de equilíbrio.

Dentre os fenômenos responsáveis pela evaporação da água dentro do alimento é possível citar a capilaridade, ligação físico-química da água às substâncias sólidas presentes no alimento, migração de solutos, deformação do produto, entre outros (BENDLIN, 2003).

5.2.2 Parâmetros de cor

Os parâmetros de cor da casca e polpa do guabiju nos experimentos de secagem em temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C estão demonstrados a seguir nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Variação dos valores obtidos do parâmetro cor Luminosidade (L^*), Cromaticidade (a^* e b^*) e ΔE da casca na secagem em temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C.

	Casca			
	40°C	60°C	80°C	100°C
ΔL^*	11,14 ^a	-8,47 ^d	-6,8 ^c	-3,45 ^b
Δa^*	-0,90 ^c	-1,91 ^d	2,95 ^a	-0,40 ^b
Δb^*	-0,87 ^b	3,04 ^a	-0,88 ^b	-0,67 ^b
ΔE	11,44	9,37	7,23	3,53

Letras minúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Sabendo que na avaliação de produtos, o parâmetro Luminosidade, quando positivo o resultado é mais claro (secagem 40 °C) e quando negativo o resultado é mais escuro (60, 80 e 100 °C). A cromaticidade a^* , varia entre as cores verde (-) e vermelho (+), sendo que os valores negativos apresentam tonalidade verde, foi possível verificar que a maioria das amostras de casca analisadas apresentaram tonalidade mais próxima do verde que do vermelho, exceto a secagem 80 °C.

A cromaticidade b^* varia entre as cores azul (-) e amarelo (+), sendo que os valores negativos apresentam tonalidade azul, observou-se que praticamente todas amostras analisadas apresentaram tonalidade próxima ao azul, com exceção da amostra seca na temperatura de 60 °C.

Para a casca o maior valor de ΔE^* obtido foi para a secagem a 40° C (11,44), segundo relatado por Alves et al. (2008) quanto maior o valor de ΔE^* , maior é a diferença total de cor do produto processado em relação ao produto original.

Tabela 7 - Variação dos valores obtidos do parâmetro cor Luminosidade (L^*), Cromaticidade (a^* e b^*) e ΔE da polpa na secagem em temperaturas de 40, 60, 80 e 100 °C.

	Polpa			
	40°C	60°C	80°C	100°C
ΔL^*	-7,12 ^c	-12,46 ^d	-1,00 ^b	1,55 ^a
Δa^*	3,68 ^b	8,25 ^a	2,83 ^d	3,43 ^c
Δb^*	-12,24 ^d	1,00 ^a	-3,39 ^b	-8,08 ^c
ΔE	14,42	14,99	4,69	8,94

Letras minúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para o parâmetro Luminosidade, quando positivo o resultado é mais claro (secagem 100 °C) e negativo (40, 60 e 80 °C), mais escuro é o produto avaliado. A cromaticidade a^* , varia entre as cores verde (-) e vermelho (+), sendo que os valores positivos apresentam tonalidade vermelha, foi possível verificar que todas as amostras de polpa analisadas apresentam tonalidade mais próxima do vermelho que do verde, conforme esperado.

A cromaticidade b^* varia entre as cores azul (-) e amarelo (+), sendo que os valores negativos apresentam tonalidade azul, observou-se que praticamente todas amostras analisadas apresentaram tonalidade azulada, com exceção da amostra seca na temperatura de 60 °C.

Os maiores valores de ΔE^* encontrados para a polpa foram nas secagens a 40 e 60 °C, 14,42 e 14,99 respectivamente. De acordo com os valores apresentados de ΔE^* , pode-se observar que a secagem em temperatura de 80° C foi a que mais preservou a cor da polpa (4,69) e para a casca (3,53) foi a 100°C, em relação ao produto original.

Nenzer et al. (2018) analisaram a cor de mirtilo, cereja e morango após a secagem em ar quente 70 °C onde observaram que as amostras com tonalidade escura, como o mirtilo, mantiveram seu tom escuro durante a secagem, portanto, apresentaram menor ΔE^* (2,89). Além disso, o mirtilo mostrou diminuição do L^* , parecendo assim pouco mais escuros. Por outro lado, a cereja e o morango, apresentaram maiores valores de ΔE^* 10,72 e 20,90 respectivamente.

5.2.3 Atividade de água e Umidade

Os resultados de atividade de água e umidade da casca e polpa de guabiju desidratadas em diferentes temperaturas encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores obtidos de atividade de água e umidade das amostras de casca e polpa de guabiju desidratadas a temperatura de 40, 60, 80 e 100 °C.

	Casca				Polpa			
	40°C	60°C	80°C	100°C	40°C	60°C	80°C	100°C
Atividade de água	0,49	0,44	0,37	0,35	0,57	0,54	0,38	0,36
Umidade (%)	4,50	1,30	1,80	1,10	3,60	1,00	1,60	1,40

Conforme observado na Tabela 8, ambas amostras apresentaram baixos valores de atividade de água, menores que 0,6, assim como, para a análise de umidade que mostrou valores baixos após a secagem até peso constante.

Para a polpa de cajá liofilizada Souza et al. (2016) mostraram valores de 0,30 de atividade de água, minimizando o desenvolvimento de micro-organismos e aumentando a estabilidade.

Em estudo sobre a cinética de secagem da casca de abacaxi observou-se que a redução na umidade das amostras, resultou na redução de sua atividade de água (0,58), que representa o conteúdo de água livre de um alimento, comprovando a eficácia da secagem na redução do teor de água livre das amostras (BARREIRO; CHAVES e GARCIA, 2016). Considerando que o crescimento de micro-organismos é inibido em produtos com atividades de água menores que 0,60, o que indica condições microbiológicas estáveis, assegurando maior segurança à conservação do produto (BOBBIO, 2001; HOFFMANN, 2001).

Na produção de alimentos ou ingredientes, a secagem é um método eficaz para reduzir a atividade da água abaixo de 0,6, assim os produtos desidratados adquirem peso reduzido e volume, reduzindo assim os custos de embalagem, transporte e armazenamento (LOUKA e ALLAF, 2002; ZOTARELLI et al., 2012). Porém o processo de secagem dos alimentos é muitas vezes acompanhado de deterioração da qualidade física e fitoquímica do alimento (NEMZER et al., 2018).

5.3 Compostos Fenólicos, flavonoides e antocianinas

A Tabela 9 apresenta os valores obtidos para compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas da casca e polpa de guabiju *in natura* (descongelada) e desidratadas a 40, 60, 80 e 100 °C.

Tabela 9 -Valores obtidos para compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas da casca e polpa de guabiju *in natura* (descongelada) e desidratadas a 40, 60, 80 e 100 °C.

	Casca				
	<i>In natura</i> (Extrato fresco)	40°C	60°C	80°C	100°C
	(Extrato seco)				
Compostos fenólicos (mgEAG/100g extrato)	8459,79 ^a ± 0,35	3202,06 ^c ± 0,51	3511,34 ^c ± 2,19	6793,13 ^b ± 5,26	2232,99 ^c ± 1,08
Flavonoides (mg EQ/100g extrato)	4936,84 ^a ± 1,32	2489,47 ^{c,d} ± 0,77	3436,84 ^{b,c} ± 0,75	4410,53 ^{a,b} ± 1,75	2042,11 ^d ± 1,10
Antocianinas (mg/100g extrato)	152,00 ^a ± 6,16	15,20 ^b ± 3,13	20,80 ^b ± 0,38	12,80 ^b ± 1,84	9,60 ^b ± 1,76
	Polpa				
	<i>In natura</i> (Extrato fresco)	40°C	60°C	80°C	100°C
	(Extrato seco)				
Compostos fenólicos (mgEAG/100g extrato)	5934,02 ^a ± 2,02	1758,76 ^d ± 0,75	2841,24 ^c ± 0,51	4573,20 ^b ± 1,57	1521,65 ^d ± 0,85
Flavonoides (mg EQ/100g extrato)	3384,21 ^a ± 0,45	1436,84 ^a ± 0,12	2278,95 ^a ± 0,98	2884,21 ^a ± 0,74	1463,16 ^a ± 0,33
Antocianinas (mg/100g extrato)	nr	nr	nr	nr	nr

Letras minúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa (p<0,05) pelo teste de Tukey.
nr = Não foi realizada extração e quantificação de e antocianinas da polpa de guabiju devido à ausência de pigmentação.

Conforme pode ser observado na Tabela 9, o teor de compostos fenólicos e flavonoides da casca apresentaram diferença significativa, para a polpa somente compostos fenólicos mostraram diferença significativa. Quanto as antocianinas da casca, apenas a *in natura* (descongelada) apresentou diferença significativa em relação as amostras submetidas à secagem.

Observou-se alta correlação de Pearson entre compostos fenólicos e flavonoides (0,93 e 0,98) para casca e polpa, respectivamente. Entretanto, a correlação entre o valor de IC₅₀ e compostos fenólicos foi de -0,42 e -0,44 e a correlação entre o valor de IC₅₀ e flavonoides foi de -0,58 e -0,28 para casca e polpa, respectivamente. Estes resultados indicam uma correlação

negativa moderada entre o valor de IC_{50} da casca e as concentrações de compostos fenólicos e flavonoides. A polpa apresentou correlação negativa moderada entre o valor de IC_{50} e compostos fenólicos, e negativa fraca entre o valor de IC_{50} e flavonoides, de acordo com os conceitos do coeficiente de correlação de Pearson descritos por Dancy e Reidy, (2006).

Portanto, quanto maior o teor de compostos fenólicos e flavonoides, menor o valor de IC_{50} , conseqüentemente maior atividade antioxidante.

Spagolla et al. (2009) verificaram correlação positiva forte em todos os parâmetros analisados, entre compostos fenólicos e flavonoides 0,94, capacidade antioxidante e compostos fenólicos 0,89, assim como para capacidade antioxidante e flavonoides 0,77, em mirtilo.

Nos alimentos, os compostos fenólicos atuam como pigmentos, precursores de sabor e antioxidantes naturais. Desta forma, esses compostos vêm sendo estudados para diversos efeitos na saúde humana como redução da glicemia, do peso corpóreo, ação anti-inflamatória, anticarcinogênica, anti-idade e antitrombogênica (BERNAL et al., 2011).

Andrade et al. (2011) reportaram valores de flavonoides e polifenóis totais de diferentes genótipos de guabiju, os quais variaram de 79,8 a 154 mg/100 g peso seco e 2438 a 4613 mg/100 g peso seco, respectivamente.

Kuskoski et al. (2006) encontraram 0,58 g/100 g (580 mg/100 g) de polifenóis totais na acerola congelada e 0,14 e 0,13 g/100 g (140 e 130 mg/100g) no açaí, e morango, respectivamente, valores inferiores ao encontrado para o guabiju neste estudo.

Teixeira (2015), estudou seis safras de araçás vermelhos e amarelos, em todos os anos, os araçás vermelhos apresentaram teor total de compostos fenólicos significativamente maiores que os amarelos, variando de 606,67 (AR9/ 2008) a 689,67 mg EAG/100g fruto (AR29/ 2012). Nas safras de 2010, 2011 e 2012 obteve-se frutos com teores de compostos fenólicos totais significativamente superiores aos observados nas outras safras. Os frutos amarelos e vermelhos apresentaram alto teor de compostos fenólicos totais, variando entre 414,7 e 689,67mg EAG/100g fruto, respectivamente.

Para Celant et al. (2016), o teor total de compostos fenólicos e flavonoides de cultivares de amora preta em etanol a 80% para compostos fenólicos variaram de 8,23 a 14,98 (mg de EAG/g peso fresco), e flavonoides 0,46 a 1,14 (mg EQ/ g peso fresco).

O teor de compostos fenólicos do fruto de guabiju (sem semente) foi de 219,58 mg/100 g e 83,75 mg/100 g no suco do guabiju, conforme descrito por Reis et al. (2016).

Esta variabilidade apresentada no conteúdo de fenóis pode estar relacionada com a diferença de metodologias empregadas na extração da amostra, pela diferença na variedade, safra, clima ou pela localização das plantas.

Diante do exposto, foi possível observar que os resultados obtidos neste estudo foram superiores aos relatados na literatura para acerola, açaí, morango (KUSKOSKI et al., 2006), amora (CELANT et al., 2016) e araçá vermelho (TEIXEIRA, 2015), confirmando que o guabiju é rico em compostos fenólicos e flavonoides, podendo ser utilizado na prevenção de doenças.

Quanto as antocianinas, o pH obtido após a extração acidificada das antocianinas da casca *in natura* (descongelada) foi 1,84, e das amostras desidratadas em 40, 60, 80 e 100 °C foi 1,29; 1,30; 1,34 e 1,22, respectivamente. Araújo (1995) relatou que valores de pH entre 1,0 e 3,0 conferem melhor estabilidade às antocianinas, e pH acima de 4,0 provocam perda da coloração vermelha, por outro lado, pH inferior a 1,0 pode provocar hidrólise parcial das antocianinas aciladas e, resultar em estimativa incorreta do total de antocianinas, conforme descrito por Revilla et al. (1998).

Houve redução significativa no teor de antocianinas das cascas desidratadas a 40 °C com 90 % de degradação, em 60 °C com 86,3 % de redução; 80 °C mostrou redução de 91,6 % e 100 °C apresentou 93,7% de degradação em comparação a casca *in natura* (descongelada). Dalla Nora et al. (2014a) também verificaram a degradação de antocianinas do guabiju (94%) e araçá vermelho (98%) submetidas a secagem a 70 °C, o que também foi observado por Fang (2015), o qual relata que temperaturas acima de 60 °C, pode ocorrer polimerização da molécula sendo transformada em chalcona, causando degradação e tornando a solução amarela, demonstrando que o processamento térmico provoca a degradação das antocianinas. Também foi relatado por Meregalli (2017), que observou a redução de 84% de antocianinas da casca do araçá-vermelho submetida a secagem em 38 °C, a autora refere como possíveis influenciadores do resultado, a temperatura, o tempo e a circulação de ar, pois a exposição ao oxigênio pode causar a degradação das antocianinas.

O teor de antocianinas relatado por Reis et al. (2016) foi 0,8 mg/100g no fruto de guabiju (sem semente) e 0,29 mg de antocianinas para o suco do guabiju, valores estes, que diferem dos reportados por Andrade et al. (2011) para duas variedades de guabiju (fruto sem semente) onde variou de 334 a 531 mg/100 g de peso seco de antocianinas.

Segundo Celant et al. (2016) o teor total de antocianinas em cultivares de amora preta em etanol a 80% variou entre 6,76 a 9,42 mg cianidina-3-glicosídeo/g peso fresco. A variação

no conteúdo de antocianinas entre cultivares de amora e mirtilo pode ser bem acentuada, podendo variar de 12,70 a 197,34 mg/100 g da fruta, segundo Selappan et al. (2002). Goldmeyer et al. (2014) descreveram teor de antocianinas no mirtilo de 61,67 mg/100 g.

Ao estudar frutos de amora preta, morango e framboesa preta e vermelha Wang e Lin (2000), observaram que os frutos maduros de framboesa preta e de amora preta, constituem fontes ricas em antocianinas (197,2 e 152,8 mg/100 g da fruta, respectivamente) quando comparados com frutos maduros de framboesa vermelha (68,0 mg/100 g da fruta) e de morango (31,9 mg/100 g da fruta).

Ao pesquisar o teor de antocianinas totais na amora preta (polpa congelada) cultivar Tupy, Jacques (2009; JACQUES, ZAMBIASI, 2011), encontraram valores na faixa de 140,73 mg cianidina-3- glicosídeo/100 g da fruta fresca, valores similares aos relatados por Chim (2008), de 137,59 mg cianidina-3-glicosídeo/100 g da fruta fresca. Ambas as frutas oriundas da região de Pelotas/RS/Brasil, e de safras diferentes. Para amora preta cultivar Tupy cultivada na cidade Poços de Caldas/MG/Brasil, foram relatados valores de antocianinas um pouco inferiores, 116,76 mg cianidina-3-glicosídeo/100g da fruta fresca, demonstrando a variabilidade em função do local de plantio.

Teixeira (2015), relatou teor de antocianinas totais do araçá vermelho, em todas as safras, onde atingiu valor máximo de 6,33 mg cianidina-3-glicosídeo/100g fruto na safra 2012. Os valores encontrados foram relativamente baixos quando comparados a frutos conhecidos cientificamente pelos altos teores de antocianinas, como a amora preta (*Rubus* spp) (47,7mg de cianidina-3-glicosídeo/100g fruto), o mirtilo (*Vaccium ashei*) (128mg de cianidina-3-glicosídeo/100g fruto) (JACQUES et al, 2009), e o morango (*Fragaria x ananassa Duch.*) (23,4 mg de cianidina-3-glicosídeo/100g fruto) (SEVERO et al., 2011). Estas diferenças encontradas entre cultivares se deve ao fato de que os pigmentos antociânicos estão presentes apenas em uma fina camada da casca no fruto de araçá, enquanto na amora preta, mirtilo e morango, perfazem o fruto inteiro, assim como no caso do guabiju analisado neste estudo.

Lima et al. (2011) utilizando maceração com etanol acidificado (HCl), estudaram duas variedades de jabuticaba, encontrando 159 e 206 mg/100 g (base seca) de antocianinas nas variedades Paulista (*Myrciaria cauliflora*) e Sabará (*Myrciaria jabuticaba*), respectivamente.

O teor de antocianinas do jambolão foi de 276,7 mg/100 g peso fresco (LAGO, GOMES e SILVA, 2006); a polpa e casca de pitanga apresentaram 26 a 420 mg/100 g da fruta (LIMA, MELO e LIMA, 2002); na polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) 3,79 a

59,74 mg/100 g (LIMA et al., 2003) e 16 mg/100 g para outra variedade de polpa de acerola (*Malpighia glabra* Linn.), em amora preta 41,8 mg/100 g; uva (*Vitis vinífera*) 30,9 mg/100 g; morango 23,7 mg/100 g; goiaba (*Psidium guajava*) 2,7 mg/100 g; açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) 22,8 mg/100 g (KUSKOSKI et al., 2006).

Os teores de antocianinas totais (equivalentes em cianidina-3-glicosídeo) obtidos para os extratos de uva Niágara variam entre 7,02 e 82,15 mg/100g de peso fresco e 47,65 a 214,26 mg/100g de peso seco na cultivar Isabel, conforme descrito por Soares et al. (2008).

As variações observadas entre os cultivares podem ser explicadas em razão das diferentes condições de extração envolvidas, o solvente extrator utilizado, pH, temperatura, tempo de extração e a relação da utilização de casca seca ou *in natura*, assim como as diferentes regiões de colheita.

Deste modo, pode-se observar que o guabiju apresentou valor de antocianinas (*in natura*) maior do que a amora (CELANT et al., 2016; JACQUES, 2009; JACQUES, ZAMBIASI, 2011; CHIM, 2008, KUSKOSKI et al., 2006), mirtilo (GOLDMEYER et al., 2014), morango (SEVERO et al., 2011; WANG e LIN, 2000; KUSKOSKI et al., 2006), framboesa vermelha, (WANG e LIN, 2000; KUSKOSKI et al., 2006), acerola (LIMA et al., 2003), goiaba, açaí (KUSKOSKI et al., 2006), e araçá vermelho (TEIXEIRA, 2015). Esta característica é relevante, pois conforme relatado por Cardoso et al. (2011) as antocianinas apresentam atividade antioxidante com capacidade de reduzir fatores pró-inflamatórios, demonstrando grande potencial em reduzir o risco de desenvolvimento da aterosclerose.

5.4 Atividade antioxidante

A Tabela 10 apresenta os valores de IC₅₀ para a atividade antioxidante, respectivo cálculo e R² para a casca e polpa do guabiju *in natura* (descongelada) e desidratadas a 40, 60, 80 e 100 °C.

Tabela 10 -Valores obtidos para atividade antioxidante, IC₅₀, com respectivo cálculo e R² da casca e polpa de guabiju *in natura* (descongelada) e desidratadas a 40, 60, 80 e 100 °C.

	Casca (mg/mL)				
	<i>In natura</i>	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
IC ₅₀	1,41	3,51	1,37	1,34	1,89
Equação	y = 35,128x + 0,2347	y = 20,808x + 10,5920	y = 34,743x + 3,4037	y = 24,021x + 17,0960	y = 9,3261x + 17,30
R ²	0,99	0,97	0,95	0,89	0,96
	Polpa (mg/mL)				
	<i>In natura</i>	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
IC ₅₀	2,97	-	4,85	3,31	3,88
Equação	y = 12,801x + 11,976	y = 8,1193x + 1,8377	y = 7,4897x + 13,647	y = 10,237x + 15,9	y = 13,029x - 0,543
R ²	0,97	0,94	0,92	0,93	0,93

- Não foi possível calcular, pois a concentração de extrato de polpa desidratada a 40 °C não capturou 50% do radical livre DPPH (IC₅₀).

Conforme descrito por Roby (2013), IC₅₀ pode ser definido como os moles de compostos fenólicos dividido por moles de DPPH necessárias para diminuir em 50% a absorbância de DPPH, então quanto mais baixa for a IC₅₀, maior é o poder antioxidante da amostra. Desta forma, pode-se observar na Tabela 10, que os melhores valores de IC₅₀ obtidos na análise da atividade antioxidante para a casca foi de 1,34 mg/mL e polpa 3,31 mg/mL, ambas amostras submetidas a secagem 80°C, seguida da secagem em 60 °C com 1,37 mg/mL para a casca. Em relação ao valor obtido para ambas amostras desidratadas a 40°C, acredita-se que o longo período de exposição à temperatura de operação fez com que amostra sofresse oxidação, demonstrando que a temperatura não foi benéfica.

Dentre as atividades biológicas atribuídas aos compostos fenólicos, destaca-se a sua capacidade de reduzir radicais livres (Halliwell, 2007). Como descrito por Calloni (2014) a jabuticaba apresentou capacidade de remoção significativa de radical livre, apresentando valor de IC₅₀ de 0,35 mg/mL. Milani et al. (2012) encontraram para o caqui desidratado IC₅₀ 0,2467 mg/mL.

Roesler et al. (2007) encontraram resultados para extrato etanólico de casca de pequi fresca IC₅₀ 0,017 mg/mL, e casca de araticum fresca IC₅₀ 0,049 mg/mL. Ao avaliar extrato hidro alcoólico o IC₅₀ da acerola fresca foi 0,0017 mg/mL e da goiaba fresca 0,019 mg/mL (VIERA et al., 2011).

Analisando a atividade antioxidante de mirtilo desidratado, Goldmeyer et al. (2014) mostraram valores de IC_{50} 3,83 mg/mL. Desta maneira, foi possível observar que o guabiju apresentou melhor IC_{50} em comparação com o mirtilo, podendo ser incluído na alimentação humana por apresentar propriedades antioxidantes.

Estudos mostram que a ingestão regular de frutas e hortaliças com potencial antioxidante está associada a uma diminuição na incidência de vários tipos de câncer (GUTIÉRREZ, 2002; MOLLER; LOFT, 2002; HALVORSEN et al., 2006), na redução do estresse oxidativo e atua na prevenção de doenças crônicas. (KENNEDY, 2006, ZIMMERMANN e KIRSTEN, 2008).

5.5 Modelagem matemática da melhor curva de secagem

Para realizar a modelagem matemática, foi escolhida a secagem em temperatura de 80 °C, a qual apresentou melhor IC_{50} para a casca, assim como, maior teor de compostos fenólicos e flavonoides para ambas amostras. A partir dos dados experimentais da casca, estimou-se um coeficiente de difusão da água de $4,79 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$. A Figura 7 apresenta o resultado experimental comparado com o calculado utilizando o Modelo Difusional. Observa-se que os valores se encontram em concordância com o modelo calculado. Corroborando com esse resultado o valor de correlação de Pearson (Figura 8), que obteve um $R^2=0,9926$.

Figura 7- Ajuste do Modelo Difusional aos dados experimentais de casca de guabiju desidratada em estufa.

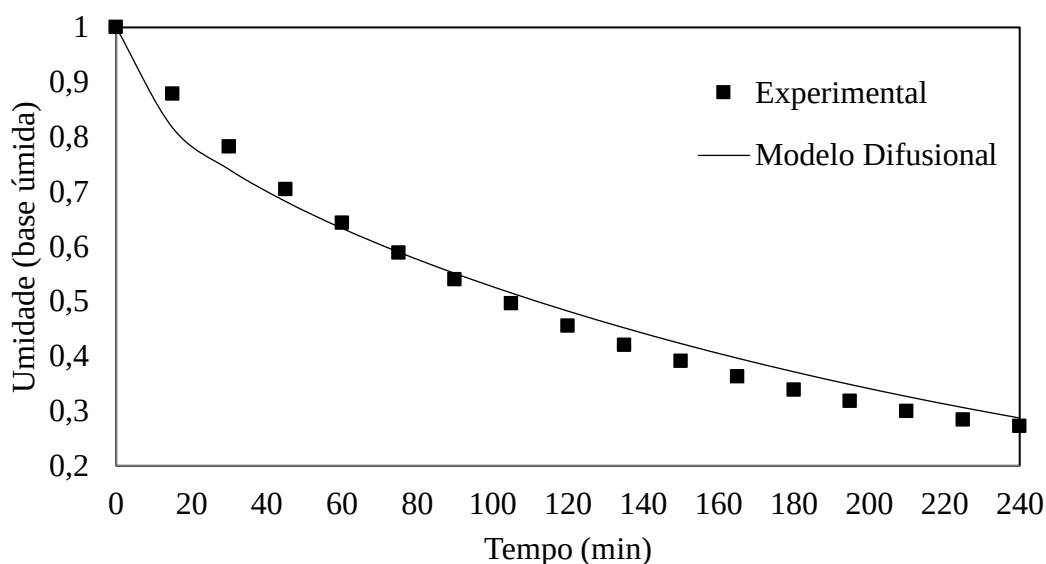
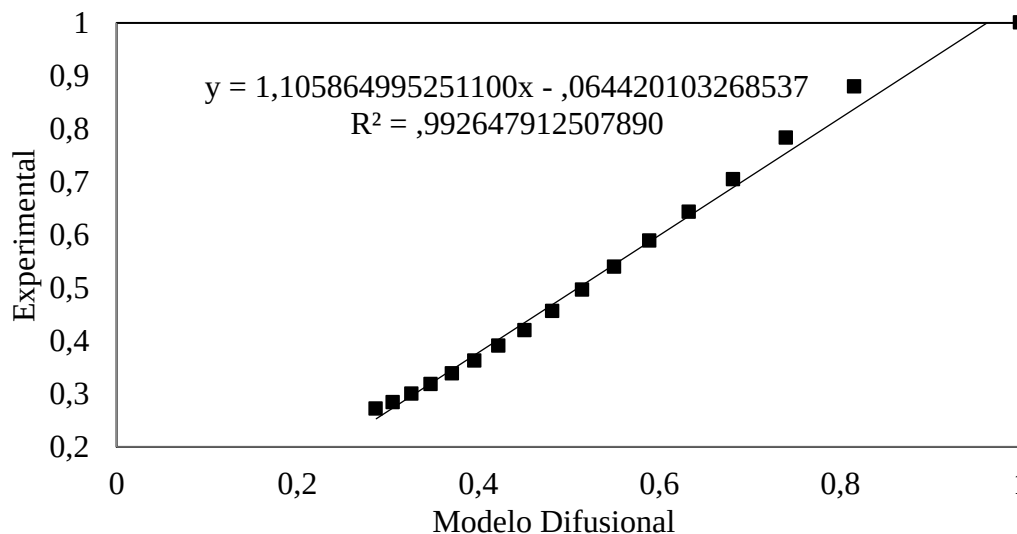


Figura 8- Correlação de Pearson para o Modelo Difusional e os dados experimentais de casca de guabiju desidratada em estufa.



El-Aouar et al. (2003) utilizaram a modelagem de desidratação de mamão com temperatura de 60 °C, através do Modelo Difusional, para uma geometria de placa plana infinita. No entanto, salientaram que a comparação entre dados de difusividade efetiva (*Def*) reportadas na literatura é uma tarefa difícil, em função dos diferentes métodos de estimativa e modelos utilizados associados às variações das composições dos alimentos, assim como sua estrutura física.

Santos et al. (2010) realizaram a secagem de carambolas com 3 mm de espessura, em estufa utilizando a temperatura de 60 °C, representando com o modelo de Fick, para determinar a *Def*, como também, ajustando aos dados experimentais por meio de regressão não-linear, sendo que os pesquisadores encontraram valores de R^2 0,98 e *Def* $1,12 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

Zogzas, Mauroulis e Marinos-Kouris (1996) reportaram que os valores de difusividade efetiva para produtos agrícolas se encontram na faixa de 10^{-11} a $10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. Estes valores amparam e validam os valores calculados pelo modelo apresentado no presente trabalho.

Para os dados experimentais da polpa, estimou-se um coeficiente de difusão da água de $2,59 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$. A Figura 9 apresenta o resultado experimental comparado com o calculado utilizando o Modelo Difusional. Observa-se que os valores se encontram em concordância com o modelo calculado. Corrobora com esse resultado o valor de correlação de Pearson (Figura 10), que obteve um $R^2=0,9805$.

Figura 9- Ajuste do Modelo Difusional aos dados experimentais de polpa de guabiju desidratada em estufa.

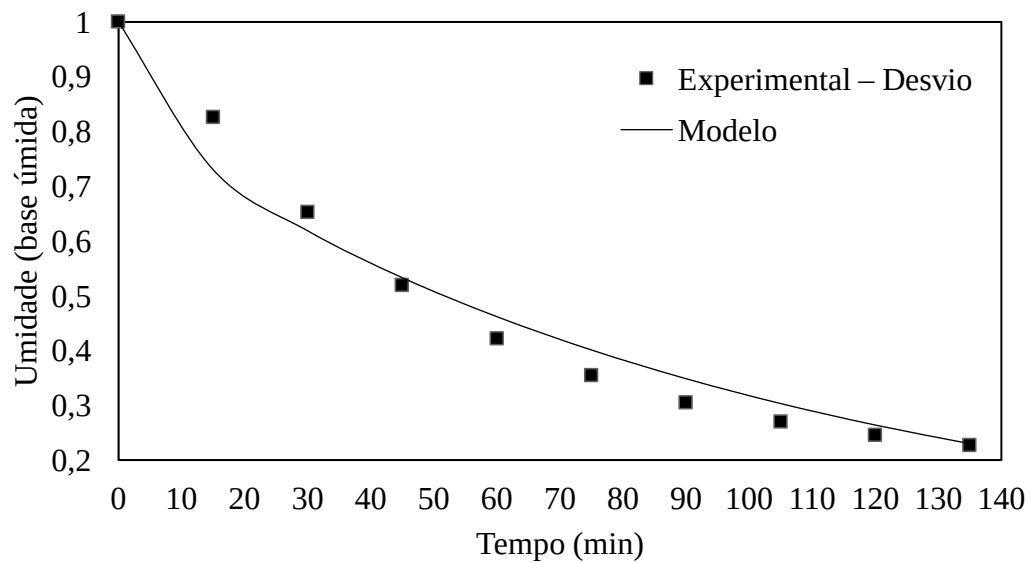
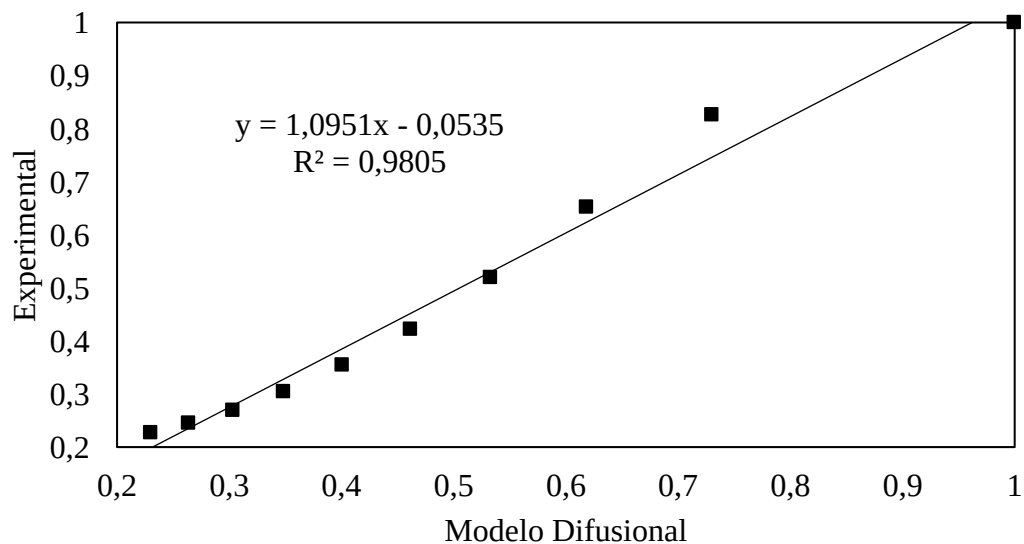


Figura 10- Correlação de Pearson para o Modelo Difusional e os dados experimentais de polpa de guabiju desidratada em estufa.



Ferreira et al. (2012) descreveram o comportamento da secagem de uva para placas planas, e assumiram que a migração da umidade ocorre somente por difusão, que o encolhimento é insignificante, e que os coeficientes de difusão e a temperatura são constantes em estufa. Os valores médios da difusividade efetiva encontrados foram de $1,3250 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ para a temperatura de 60°C , com R^2 igual a 0,921.

Machado et al. (2012) estudando a secagem de caju em sistemas convencional e solar, aplicaram modelagem com a solução analítica da equação de Fick, em placa plana para determinar o coeficiente de difusão. Foram encontrados valores de difusividade na faixa de $3,19 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, em temperatura de 65°C , com 2 cm de espessura da fatia. Assim, o Modelo Difusional descreveu satisfatoriamente o processo experimental com R^2 superior a 98%.

Diante do exposto, os dados experimentais obtidos apresentaram 99 e 98% de correlação com o modelo proposto para a secagem da casca e polpa de guabiju, respectivamente, mostrando a eficiência do processo.

6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, é possível concluir que: a casca apresentou maior quantidade de proteína (4,11%), fibra alimentar bruta (7,02 %), sólidos solúveis (6,03%), K, Ca, Mg, Na, Al e Fe, em comparação com a polpa que obteve maiores teores de umidade (84,29 %) e carboidratos (1,46 %).

Os dados obtidos mostraram-se eficientes para a secagem da casca e polpa, onde o tempo foi inversamente proporcional a temperatura utilizada. A partir da secagem foram verificados valores de umidades da casca entre 1,10 e 4,50 % e para a polpa entre 1,00 e 3,60%, quanto a atividade de água para ambas amostras foi atingido valor inferior a 0,6, indicando condições microbiológicas estáveis. Quanto ao parâmetro de cor, observou-se escurecimento tanto da casca, quanto da polpa, com menor variação na secagem à 80 °C para a polpa, e 100 °C para a casca.

Quanto a atividade antioxidante o melhor resultado obtido foi para a secagem da casca a 80°C (240 min) com IC₅₀ 1,37 mg/mL e polpa *in natura* (descongelada) com IC₅₀ 2,97 mg/mL. Os teores de compostos fenólicos e flavonoides da casca variaram entre 2232,99 (100 °C) e 8459,79 mgEQ/g (*in natura* - descongelada); 2042,11 (100 °C) e 4936,84 mgEAG/g (*in natura* - descongelada) e para a polpa 1521,65 e 5934,02 mgEQ/g; 1436,84 (40 °C) e 3384,21 mgEAG/g (*in natura* - descongelada), sendo que os valores mais próximos ao *in natura* (descongelada) para casca e polpa foram obtidos em temperatura de 80 °C com 6793,13 e 4573,20 mEQ/g; 4410,53 e 2884,21 mgEAG/g, respectivamente. O melhor resultado obtido para antocianinas foi o *in natura* (descongelada) com 152 mg/100g extrato fresco. De forma geral, as frações de guabiju apresentam boa quantidade de compostos bioativos.

Os resultados da modelagem matemática mostraram níveis superiores a 99% e 98% de coeficientes de correlação aos dados experimentais para a secagem da casca e polpa de guabiju para o modelo testado, respectivamente. Estimou-se um coeficiente de difusão da água de $4,79 \times 10^{-12}$ m²/s para a casca e $2,59 \times 10^{-10}$ m²/s para a polpa, para o transporte de massa em regime transiente com resistência externa desprezível, mostrando potencial de aplicação para scale up em nível industrial.

Com base nos resultados obtidos pode se determinar que a melhor condição de secagem para casca e polpa de guabiju foi a temperatura de 80 °C, onde foi possível minimizar as perdas dos compostos fenólicos, flavonoides e obteve melhor atividade antioxidante.

7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Analisar as propriedades da semente do guabiju, atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides.
- Produzir farinha com a casca do guabiju desidratado e avaliar características como capacidade de retenção de água.
- Aplicar a farinha da casca do guabiju em um produto, analisar as diferenças geradas na composição nutricional do produto e analisar sensorialmente o produto.
- Otimizar a extração de antocianinas da casca de guabiju e aplicar em um produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFIERI, MA; LEUNG, FY; GRACE, DM Selênio e níveis de zinco em pacientes cirúrgicos recebendo nutrição parenteral total. **Biological Trace Element Research**, v.61, n.1, p.33-39, 1998.
- ALVES, C. C. de O.; RESENDE, J. V. de; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n.4, p. 830-839, 2008.
- ANDRADE, J.M.; APEL, M.A.; RASEIRA, M.C.B.; PEREIRA, J.F.M.; HENRIQUES, A.T. **Avaliação do conteúdo de ácidos graxos no óleo das sementes de espécies nativas de Myrtaceae no Rio Grande do Sul**. 31ª Reunião da Sociedade Brasileira de Química. 2008.
- ANDRADE, J. M. M.; ABOY, A. L.; APEL, M. A.; RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, J. F. M.; HENRIQUES, A. T. Phenolic Composition in Different Genotypes of Guabiju Fruits (*Myrcianthes pungens*) and Their Potential as Antioxidant and Antichemotactic Agents. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 8, 2011.
- AMY KING, R.D.; YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 99, n.2, p. 213-218, 1999.
- ANGELO, P.M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos-uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 01-09, 2007.
- AKPINAR, E.; MIDILLI, V.; BICER, Y. Thin layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering**, v. 59, n. 1, p. 99-104, 2003.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1995. 365 p.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 5ª Edição. Viçosa: UFV, 2011. 601p.
- BARREIRO, N.; CHAVES, M. A.; GARCIA, C. C. Cinética de secagem de cascas de abacaxi. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC**, 2016.
- BARROS, F.A.R.; STRINGHETA, P.C. Microencapsulamento de antocianinas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 9, n. 36, 2006.
- BENDLIN, R. C. S. **Secagem convectiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**. 2003. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Departamento de Engenharia Química e de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- BERNAL, J.; MENDIOLA, J. A; IBÁÑEZ, E.; CIFUENTES, A. Advanced analysis of nutraceuticals. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 55, n. 4, p. 758-74, 2011.

BERTOLDI, M.C. **Atividade antioxidante in vitro da fração fenólica das oleoresinas e do óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi)**. 2006. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do Processamento de Alimentos**. 3ª ed. São Paulo: Editora Varela. 2001. 143p.

BRACK, P.; KINUPP, V.F.; SOBRAL, M. E. G. Levantamento preliminar de espécies frutíferas de árvores e arbustos nativos com uso atual ou potencial do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.1769-1772. 2007.

BRASIL. Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003. **A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados**. Diário Oficial da União. 2003 26 dez; (251):33; Seção 1.

BRENNA, O.V.; PAGLIARINI, E. Multivariate Analysis of Antioxidant Power and Polyphenolic Composition in Red Wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4841-4844, 2001.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. **Food Chemistry**, v.58, n.1-2, p.103-109, 1997.

BROD, F.P.R., ALONSO, L.F.T., PARK, K.J. Secagem de produtos agrícolas. **XI SEMEAGRI Semana de Engenharia Agrícola da Unicamp**. Campinas: Agrológica Empresa Júnior de Eng. Agrícola. 122 p.1999.

BUENO, J.M.; SÁEZ-PLAZA, P.; RAMOS-ESCUADERO, F.; JIMÉNEZ, A.M.; FETT, R.; ASUERO, A.G. Analysis and Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigments. Part II: Chemical Structure, Color, and Intake of Anthocyanins. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 42, n. 2, p. 126-151, 2012.

CALLONI, C. **Jabuticaba (*Plinia trunciflora* (O. Berg) Kausel): composição química, atividade antioxidante in vitro e redução do estresse oxidativo/nitrosativo via modulação da função mitocondrial em cultura de fibroblastos humanos (MRC-5)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia 2014.

CARBONARI, K. A. **Avaliação do Potencial Antioxidante (In vitro e In vivo) e Anti-inflamatório de *Ouratea parviflora*, *Polymnia sonchifolia* e *Marlierea obscura***. 2005. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. 108 f.

CARDOSO, L. M., LEITE, J. P. V., PELUZIO, M. C. G. Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico. **Revista Colombiana de Ciências Químico Farmacêuticas**, v. 40, n. 1, p. 116-138, 2011.

CARRATU, E.; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. **Annali dell'Istituto superiore di sanità**, v. 41, n.1, p.7-16, 2005.

CASAGRANDE, R. GEORGETTI SR, VERRI WA JR, BORIN MF, LOPEZ RF, FONSECA MJ. In vitro evaluation of quercetin cutaneous absorption from topical formulations and its functional stability by antioxidant activity. **International Journal of Pharmaceutics**, Amsterdam, v. 328, n.2, p. 183-190, 2007.

CASARIN, F.; MENDES, C. E.; LOPES, T. J.; MOURA, N. F. Planejamento experimental do processo de secagem da amora preta (*Rubus* sp.) para a produção de farinha enriquecida com compostos bioativos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, n. 1, p. 1-9, 2016.

CELANT, V.M. ; BRAGA, G. C. ; VORPAGEL, J. A. ; SALIBE, A. B. Phenolic composition and antioxidant capacity of aqueous and ethanolic extracts of blackberries. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.38 n.2, 2016.

CHIM, J. F. **Caracterização de compostos bioativos em amora-preta (*Rubus* sp.) e sua estabilidade no processo e armazenamento de geleias convencional e light**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul. 2008.

CHIRINOS, R.; GALARZA, J.; BETALLELUZ-PALARDEL, I.; PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry**, v. 120, n. 4, p. 1019-1024, 2010.

COHEN, K. O.; SANO, S. M.; SILVA, J. C. S.; MELO, J. T. **Avaliação das características físicas e físico-químicas dos frutos de ariticum mocedentes de Cabeceiras**, GO. Embrapa Cerrados, 2010.

COSTA, N. M. B; ROSA, C. O. B. **Alimentos Funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Rio de Janeiro: Rubio, 2010.

COUTINHO, M.A.; MUZITANO, M.F.; COSTA, S.S. Flavonoides: potenciais agentes terapêuticos para o processo inflamatório. **Revista Virtual de Química**, v.1, n.3, p. 241-256. 2009.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3 ed. Barueri, SP: Manole, 2009.

CREMASCO, M.A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos**. São Paulo: Editora Blücher. 2012.

DALLA NORA, C. **Caracterização, atividade antioxidante “in vivo” e efeito do processamento na estabilidade de compostos bioativos de araçá vermelho e guabiju**. 2012. 96 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

DALLA NORA, C.; MULLER, C.D.; BONA, G.S. RIOS, A.O.; HERTZ, P.F.; JABLONSKI, A.; JONG, E.V.; FLÔRES, S.H. Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleianum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 34, n. 1, p. 18-25, 2014a.

DALLA NORA, C.; MULLER, C.D.; BONA, G.S. RIOS, A.O.; HERTZ, P.F.; JABLONSKI, A.; JONG, E.V.; FLÔRES, S.H. Protective effect of guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand) and red guava (*Psidium cattleianum* Sabine) against cisplatin-induced hypercholesterolemia in rats. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**. v. 50, n. 3, 2014b.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed, 2006.

DOMINGUINI, L.; BORGES, J.M.; DOS SANTOS, M.D.; LEANDRO, F.P.; DE SOUSA TOLEDO, A.L.; FIGUEIREDO, A.P. Estudo da estabilidade de antocianinas em diferentes alcoóis alifáticos para uso como indicador de pH. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 16, n. 1, p. 129-142, 2014.

EL-AOUAR, Â. A.; AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Drying kinetics of fresh and osmotically pre-treated papaya (*Carica papaya* L.). **Journal of Food Engineering**. v. 59, n. 1, p. 85-91, 2003.

FANG, J. Classification of fruits based on anthocyanin types and relevance to their health effects. **Nutrition**, v. 31. p. 1301-1306, 2015.

FERREIRA, L.F.D.; PIROZI, M.R.; RAMOS, A.M. E PEREIRA, J. A. M. “Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado”. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, n.6, p.855-862, 2012.

FETTER, M. R., VIZZOTTO, M., CORBELINI D.D., GONZALEZ, T. N. Propriedades funcionais de araçá-amarelo, araçá-vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) e araçá-pera (*P. acutangulum* D.C.) cultivados em Pelotas/RS. **Brazilian Journal of Food Technology**. n. 15, 2010.

GARRIDO, G.; ORTIZ, M. e POZO, P. Fenoles y flavonoides totales y actividad antioxidante de extractos de hojas de *Lampaya medicinalis* F. Phil. **Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research**, v. 1, n. 1, p. 30-38, 2013.

GEORGE, V.C.; DELLAI, G.; RUPASINGHE, H.P.V. Plant flavonoids in cancer chemoprevention: role in genome stability. **The Journal of Nutritional Biochemistry**. v.45, p. 1-14, 2016.

GOLDMEYER, B.; PENNA, N. G.; MELO, A.; ROSA, C. S. DA. Características Físico-Químicas E Propriedades Funcionais Tecnológicas Do Bagaço De Mirtilo Fermentado E Suas Farinhas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 4, p. 980-987, 2014.

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

GONÇALEZ, JC; JANIN, G; SANTORO, ACS; COSTA, AF; VALLE, AT Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva para determinar uma xilogravura. **Brasil Florestal**, v.20, n.72, p.47-58, 2001.

GORDILLO, B. et al. Application of Differential Colorimetry to Evaluate Anthocyanin-Flavonol-Flavanol Ternary Copigmentation Interactions in Model Solutions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 35, p. 7645–7653, 2015.

GUTIÉRREZ, J. R. V. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. **Revista Cubana Medicina Militar**, v. 31, n. 2, p. 126-33, 2002.

HALLIWELL, B.; AESCHBACH, R.; LÖLIGER, J.; ARUOMA, O. I. The characterization of antioxidants. **Food Chemistry Toxicology**, v. 33, n. 7, p. 601-17, 1995.

HALLIWELL, B. Lipid peroxidation, antioxidants and cardiovascular disease: how should we move forward? **Cardiovascular Research**, v. 47, n. 3, p. 410–418, 2000.

HALLIWELL, B. Biochemistry of oxidative stress. **Biochemical Society Transactions**, v. 35, n.5, p. 1147–1150, 2007.

HALVORSEN, B. L. et al. Content of redox-active compounds (ie, antioxidants) in foods consumed in the United States. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 84, n. 1, p. 95-135, 2006.

HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J., **The anthocyanins. In: The flavonoids: advances in research since 1980.** Chapman & Hall, London, p. 1-20, 1988.

HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 481-504, 2000.

HOFFMANN, F. L. HIGIENE - Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos. **BRASIL ALIMENTOS**, n. 9, 2001.

HORST, M.A.; LAJOLO, F.M. **Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. Biodisponibilidade de nutrientes.** 2. ed. São Paulo: Manole, v. 1. p. 697-731, 2007.

IMRAN, M.; KHAN, H.; SHAH, M.; KHAN, R.; KHAN, F. Chemical composition and antioxidant activity of certain Morus species. **Journal of Zheijang University SCIENCE B**, v. 11, n. 12, p. 973-80, 2010.

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon e Neus Sadocco Pascuet - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 4. ed. 2005.

JACQUES, A. C. **Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (Rubus fruticosus) cv. tupy.** 2009. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Rio Grande do Sul. 2009.

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C. Nota científica: compostos bioativos em pequenas frutas cultivadas na região sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.12, n.2, p.123-127, 2009.

JACQUES, A. C.; ZAMBIAZI, R. C. Fitoquímicos em amora-preta (Rubus spp). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 245-260, 2011.

JACKMAN, R.L.; SMITH, J.L. **Anthocyanins and betalains. Natural food colorants.** Springer US, p. 244-309, 1996.

KENNEDY, E. T. Evidence for nutritional benefits in prolonging wellness. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 83, n. 2, 2006.

KINUPP, V.F.; BARROS, I.B.I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, n.4, p.846-857, 2008.

KONG, J.M.; CHIA, L.S. GOH, N.K.; CHIA, T.F.; BROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, v. 64, n. 5, p. 923-933, 2003.

KORIFI, R. et al. CIEL*a*b* color space predictive models for colorimetry devices - Analysis of perfume quality. **Talanta**, v. 104, p. 58–66, 2013.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; MORALES, M.T.; FETT R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v. 36, n.4, p.1283-1287, 2006.

KRIS-ETHERTON, P.M.; HECKER, K.D.; BONANOME, A.; COVAL, S.M.; BINKOSKI, A.E.; HILPERT, K.F.; GRIEL, A.E.; ETHERTON, T.D. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **American Journal of Medicine**, v.113, suppl.9B, p.71-88, 2002.

KWIATKOWSKI, A.; SOUZA, G. S.; ANDRADE, F. E. P.; CHAVES, R.M.; COIMBRA, P.S.; OLIVEIRA, R.F. Influência dos processos de desidratação nos compostos bioativos de polpa de cajá-manga (*spondias dulcis*). **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2016.

LAGO, J. H.; SOUZA, E. D.; MARIANE, B.; PASCON, R.; VALLIM, M. A.; MARTINS, R. C. C.; BAROLI, A. A.; CARVALHO, B. A.; SOARES, M. G.; SANTOS, R. T.; SARTORELI, P. Chemical and biological evaluation of essential oils from two species of Myrtaceae – *Eugenia uniflora* L. and *Plinia trunciflora* (O. Berg) Kausel. **Molecules**, v. 16, n. 12, p. 9827-9837, 2011.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. Produção de geleia de jambolão (*Syzygium cumini* Lamarck): processamento, parâmetros físicos – químicos e avaliação sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.

LIMA, A. DE J. B.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; DANTAS-BARROS, A. M. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Revista Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.

LIMA, A. DE J. B.; CORRÊA, A. D.; DANTAS-BARROS, A. M.; NELSON, D. L.; AMORIN, A. C. L. Sugars, Organic Acids, Minerals And Lipids In Jabuticaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p.540-550, 2011.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenoides totais em pitanga. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, D. E. S. Avaliação do teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 101-103, 2003.

LOPES, R.M.; OLIVEIRA, T.T.; NAGEM, T.J., et al. Flavonóides. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 3, n.14, p.18-22, 2000.

LOPES, T. J.; Xavier, M. F.; Quadri, M.G.N.; Quadri, M.B. Antocianinas: Uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.3, p. 291-297, 2007.

LOUKA, N., ALLAF, K. New process for texturizing partially dehydrated biological products using controlled sudden decompression to the vacuum: application on potatoes. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 8, p. 3033-3038, 2002.

MACHADO, A.V.; OLIVEIRA, E.L.; OLIVEIRA, J.A.; SOUZA, D.F.S. AND FREITAS, L.M. “Modeling and simulation of the solar drying of cashew pulp”. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 94- 101, 2012.

MACZ-POP, G. A.; RIVAS-GONZALO, J. C.; PÉREZ-ALONSO, J. J.; GONZALÉZ-PARAMÁS, A. M. Natural occurrence of free anthocyanin aglycones in beans (*Phaseolus vulgaris* L.), **Food Chemistry**, v. 94, n. 3, p. 448, 2006.

MALACRIDA, C.R.; MOTTA, S. ANTOCIANINAS em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 59-82, 2006.

MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MARCHIORI, J.N.C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das angiospermas: myrtales**. Santa Maria: Ed. da UFSM, p. 304, 1997.

MARIN, R.; APEL, M. A.; LIMBERGER, R. P.; RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, J. F. M. ZUANAZZI, J. Â. S.; HENRIQUES, A. T. Volatile Components and Antioxidant Activity from some Myrtaceous Fruits cultivated in Southern Brazil. **Latin American Journal of Pharmacy**, v.27, n.2, p.172-7. 2008.

MASSAGUER, P. R. **Fruits and Vegetables: Fruit and Vegetable Juices**. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition), p. 992-999, 2014.

MATIAS, I.; BUOSI, A.; GOMES, F.C.A. Functions of flavonoids in the central nervous system: Astrocytes as targets for natural compounds. **Neurochemistry International**. v.95, p. 85-91, 2016.

MEDINA, A.L.; HAAS, L.I.R.; CHAVES, F.C.; SALVADOR, M.; ZAMBIAZI, R.C.; DA SILVA, W.P.; NORA, L.; ROMBALDI, C.V. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit

extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. **Food Chemistry**, v. 128, n. 4, p. 916–922, 2011.

MELONI, PEDRO LUÍS S. **Desidratação de frutas e hortaliças**. 87 f. Instituto de Desenvolvimento da Fruticultura e Agroindústria – Frutal. Fortaleza / Ceará, 2003. Disponível em:< http://www.eteavare.com.br/arquivos/20_1959.pdf> Acesso em: 05 de maio de 2018.

MEREGALLI, M. M. **Estudo comparativo de diferentes métodos de extração de compostos bioativos da casca do araçá-vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine)**. 2017. 76 p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus Erechim. 2017.

MILANI, L. I G.; TERRA, N.N.; FRIES, L. L. M.; CICHOSKI, A. J.; REZER, A. P. DE S.; Ângela Maria BACKES, A. M.; PARODIA, C. G. Atividade antioxidante e antimicrobiana in vitro de extratos de caqui (*Diospyros kaki* L.) cultivar Rama Forte. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 15, n. 2, p. 118-124, 2012.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from perception to instrumentation. Sakai, 1998. Encarte.

MOLLER, P.; LOFT, S. Oxidative DNA damage in human white blood cells in dietary antioxidant intervention studies. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n. 2, p. 303-310, 2002.

MORAES, J. O. de; PERTUZATTI, P. B.; CORRÊA, F. V.; SALAS-MELLADO. M. de L. M. Estudo do mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) no processamento de produtos alimentícios. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27(supl.): p.18-22, ago. 2007.

NEMZER, B., VARGAS, L., XIA, X., SINTARA, M., & FENG, H. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. **Food Chemistry**, v. 262, p. 242–250, 2018.

NIJVELDT, R. J.; NOOD, E.; HOORN, D. E. C.; BOELEN, P. G.; NORREN, K.; LEEUWEN, P. A. M. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 74, n. 4, p.418, 2001.

ÖZCAN, M. Mineral contents of some plants used as condiments in Turkey. **Food Chemistry**, v. 84, n. 3, p. 437 – 440, 2004.

OLIVEIRA, A.L.; BRUNINI, M. A.; SALANDINI, C. A. R.; BAZZO, F.R. Caracterização tecnológica de jabuticabas ‘Sabará’ provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n.3, p. 397-400, 2003.

PARADA, J., AGUILERA, J.M. Food Microstructure Affects the Bioavailability of Several Nutrients. **Journal of food Science**, v. 72, n. 2, p. 21-32, 2007.

PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear d’Anjou with and without osmoticdehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 56, n.1, p. 97-103, 2002.

PIEKARSKI, PAULA. **Análise nutricional e fitoquímica de frutos da *Morus nigra* L** / Paula Piekarski – Curitiba, 2013. 139 f.: il. (algumas color.) ; 30 cm.

PIROLA, Kelli. **Caracterização fisiológica e conservação de sementes de oito fruteiras nativas do bioma floresta com araucária**. 2013. 129 f. Dissertação (mestrado) - Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/462/1/PB_PPGAG_M_Pirola,%20Kelli_2013.pdf> Acesso em: 03 de maio de 2018.

PORTO, A. S.; PEREIRA, T. S. S.; MOLINA, M del C. B. Consumo de sódio e potássio por diferentes métodos de avaliação: uma revisão em estudos populacionais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde**, v.16, n.3, p. 131-139, 2014.

PRABHANJAN, D. G.; RAMASWAMY, H. S.; RAGHAVAN, G. S. V. Microwave assisted convective air drying of thin layer carrots. **Journal of Food Engineering**, v.25, n. 2, 283–293, 1995.

RAMOS, E. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa - MG: Editora UFV, 2007.

RASEIRA, M, DO C. B; et al. **Espécies frutíferas nativas do Sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado. Documento 129, Pelotas, 2004. 124p.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. 2ªed. São Paulo: Editora Blucher, 2007, 184p.

REIS, L.C.R.; BERNARDI, J.R.; SILVA, A.C.P.; FACCO, E.M.P. Análise da composição nutricional e estabilidade de compostos fenólicos e antocianinas totais do guabijú (*Myrcianthes pungens*). **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 7, n. 1, p. 89-104, 2016.

REVILLA, E.; RYAN, J. M.; MARTIN-ORTEGA, G. Comparison of several procedures used for the extraction of anthocyanins from red grape. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 46, n.11, p. 4592-4597, 1998.

ROBY M. H. H., SARHAN, M. A. , SELIM K. A., KHALEL, K. I. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 43, n. 1. p. 827– 831. 2013.

ROESLER, R.; MALTA, L. M.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A.S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

ROMAGNOLO, M.B.; SOUZA, M.C. Os gêneros *Calycorectes* O. Berg, *Hexachlamys* O. Berg, *Myrcianthes* O. Berg, *Myrciaria* O. Berg e *Plinia* L. (Myrtaceae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 613-27, 2004.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., PÉREZ-JIMÉNES, J., SAURA-CALIXTO, F., MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; BRANCO, I. G.; BITTENCOURT, T. U.; MUNHOZ, C. L. Influência da geometria e da temperatura na cinética de secagem de tomate (*Lycopersicum esculentum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.2, p. 308-312, 2011.

SANTOS C. T.; BONOMO, R. F.; CHAVES, M. A.; FONTAN, R. C. I.; BONOMO, P. Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.) em secador de bandeja. **Acta Scientiarum Technology**, v. 32, n. 3, p. 309-313, 2010.

SANTOS, R. F. DOS; GABRIELLY MYLENA BENEDETTI TONIAL, G. M. B.; AMERICO WAGNER JUNIOR, A. V.; TONIAL, I. B.; LUCCHETTA, L. Secagem de frutas nativas e obtenção de farinhas: avaliação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 13, n. 1, p. 167–168, 2018.

SELEEM, D.; PARDI, V.; MURATA, R.M. Review of flavonoids: A diverse group of natural compounds with anti-Candida albicans activity in vitro. **Arquives of Oral Biology**, v. 76. p. 76-83. 2016.

SELLAPPAN, S.; AKOH, C. C.; KREWER, G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of georgia-grown blueberries and blackberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 8, p. 2432-2438, 2002.

SERAGLIO, S. K. T.; SCHULZ, M.; NEHRING, P.; DELLA BETTA, F.; VALESE, A. C.; DAGUER, H.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA, A. C. O. Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening. **Food Chemistry**, v. 239, p. 649–656, 2018.

SEVERO, J.; TIECHER, A.; CHAVES, F. C.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Gene transcript accumulation associated with physiological and chemical changes during developmental stages of strawberry cv. Camarosa. **Food Chemistry**, v.126, p.995-1000, 2011.

SILVA, M.L.C.; COSTA, R.S.; DOS SANTOS SANTANA, A.; KOBLITZ, M.G.B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, L. M. R., FIGUEIREDO, E. A. T., RICARDO, N. M. P. S., VIEIRA, I. G. P., FIGUEIREDO, R. W., BRASIL, I. M. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398–404, 2014.

SILVEIRA, S.; LUCENA, E. V. de; PEREIRA, T. F.; GARNÉS, F. L. S. dos; ROMAGNOLO, M. B.; TAKEMURA, O. S.; LAVERDEJUNIOR, A. Atividade anticolinesterásica dos frutos de *myrcianthes pungens* (O.Berg) D.Legrand (Myrtaceae). **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 15, n. 2, p. 127-133, 2011.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R. e LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin- Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas niágara e isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 059-064, 2008.

SOUSA, F. C; SILVA, L. M. M; CASTRO, D. S.; MOREIRA, I.DOS S; ROCHA, A. P.T. Caracterização do cajá in natura, formulado e liofilizado. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'**, 2016.

SOUZA, L. S. **Caracterização de frutos e propagação vegetativa de guabijuzeiro *Myrcianthes pungens* (o.Berg) d.Legrand**. 2010. 112 f. Dissertação (mestrado) – Pós-graduação em Fitotecnia com ênfase em Horticultura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010. Disponível em:< <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/27004>> Acesso em: 04 de maio 2018.

SOUZA, V. R. DE.; PEREIRA, P. A. P.; DA SILVA, T. L.T.; LIMA, L. C. DE O.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**. v. 156, p. 362–368, 2014.

SOUZA, V. R., PEREIRA, P. A., QUEIROZ, F., BORGES, S. V., & CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 381–386, 2012.

SPAGOLLA, L.C.; SANTOS, M.M., PASSOS, L.M.L., AGUIAR, C.L. Extração alcoólica de fenólicos e flavonóides totais de mirtilo “Rabbiteye” (*Vaccinium ashei*) e sua atividade antioxidante. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 30, n.2, p.187-191, 2009.

SPEIRS, J.; BRADY, C. J. Modification of gene expression in ripening fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.55, p.519-532. 1991.

STASI, L. C.; HIRUMA-LIMA, C. A. Myrtales medicinais. In: STASI, L.C.; HIRUMA-LIMA, C.A. **Plantas Medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. 2.ed. São Paulo: Editora UNESP, 604 p., 2002.

TEIXEIRA, A. M. **Estudo fitoquímico de genótipos de araçá (*Psidium cattleianum*) em seis safras (2008 a 2013)** / Andréa Miranda Teixeira; orientadores Cesar Valmor Rombaldi, Rodrigo Franzon - Pelotas: 2015.

TRINDERUP, C. H. et al. A Comparison of Meat Colour Measurements from a Colorimeter and Multispectral Images. **Hyperspectral Imaging**, n. 2009, p. 749–757, 2013.

VALLILO, Maria Isabel et al. Composição química dos frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O.Berg. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n. 4, p.805-810, 2006.

VALKO, M.; IZAKOVIC, M.; MAZUR, M.; RHODES, C. J.; TELSER, J. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 266. n. 1. p. 37-56, 2004.

VANIN, C. da R. **Araçá-amarelo: atividade antioxidante, composição nutricional e aplicação em barra de cereais**. 2015. 117 p. Dissertação de Mestrado (Tecnologia em Alimentos) – UTFPR, Curitiba. 2015.

VEBERIC, R. et al. Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 509–517, 2015.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; DE LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.

VIGNOLI, J. A.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. DE T. Atividade antioxidante de cafés torrado e solúvel: padronização e validação de métodos. **Coffee Science**, v. 7, n. 1, p. 68-75, 2012.

WANG, S. Y.; LIN, H. S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 140-146, 2000.

WU, X.; PRIOR, R. L. Systematic identification and characterization of anthocyanins by HPLC-ESI-MS/MS in common foods in the United States: Fruits and berries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.7, p. 2589-2599. 2005.

ZIMMERMANN, A. M.; KIRSTEN, V. R. Alimentos Com Função Antioxidante Em Doenças Crônicas: Uma Abordagem Clínica. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências da Saúde, v. 9, n. 1, p. 51-68, 2008.

ZOGZAS, N. P.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. 1996. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, New York, v. 14, n. 10, p. 2225-2253, 1996.

ZOTARELLI, M. F., ALMEIDA PORCIUNCULA, B. D., LAURINDO, J. B. (2012). A convective multiflash drying process for producing dehydrated crispy fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 4, p. 523

APÊNDICE

A – FIGURAS

Figura IA – Umidade por infravermelho da casca de guabiju desidratada a 40 °C.

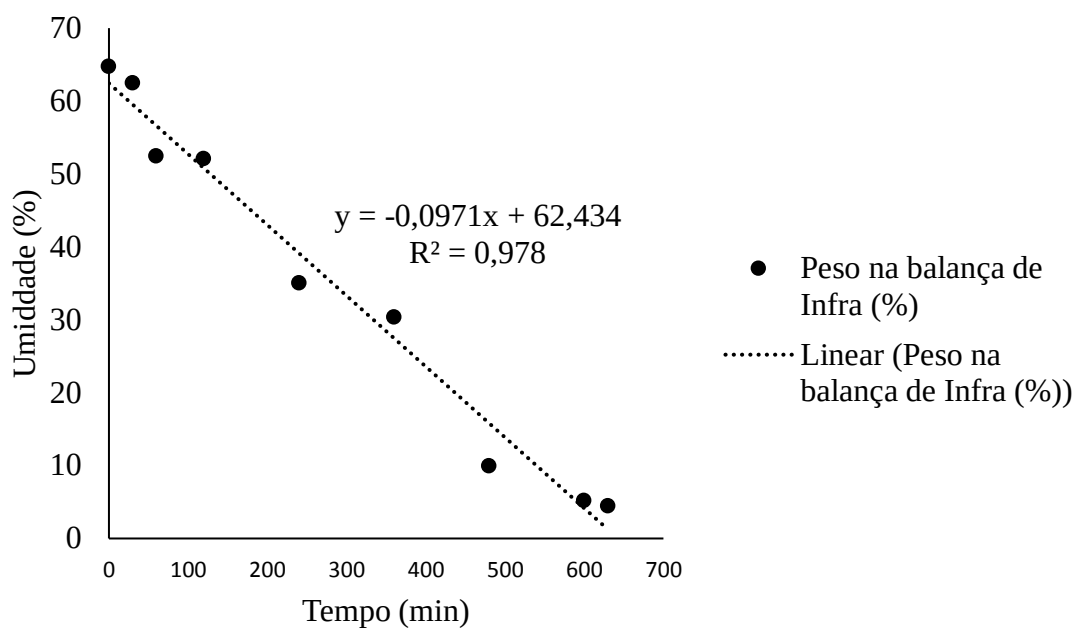


Figura IIA – Umidade por infravermelho da casca de guabiju desidratada a 60 °C.

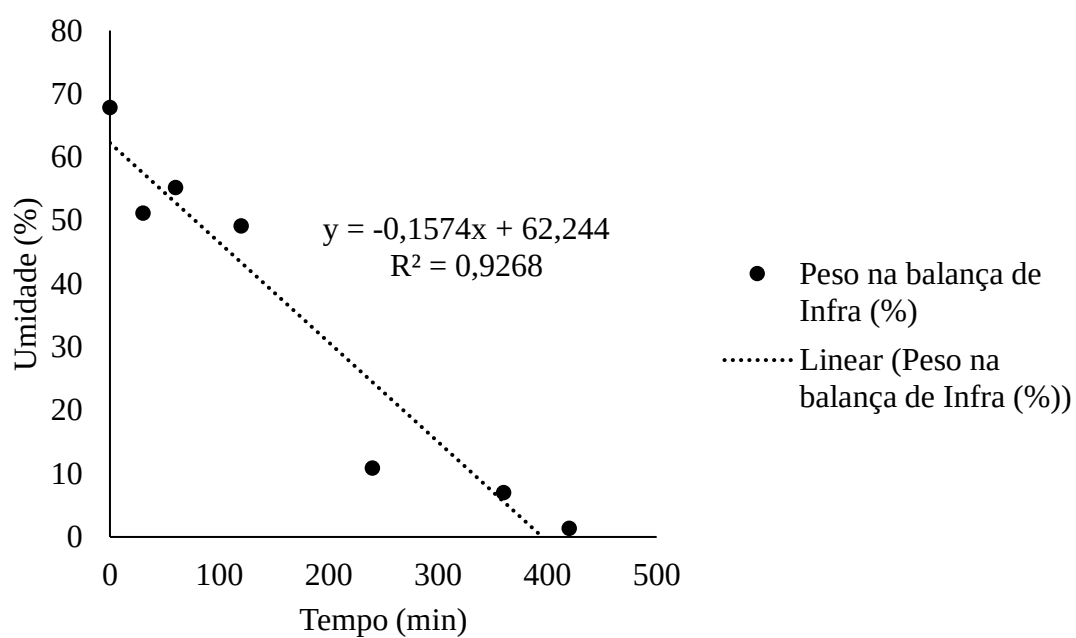


Figura IIIA – Umidade por infravermelho da casca de guabiju desidratada a 80 °C.

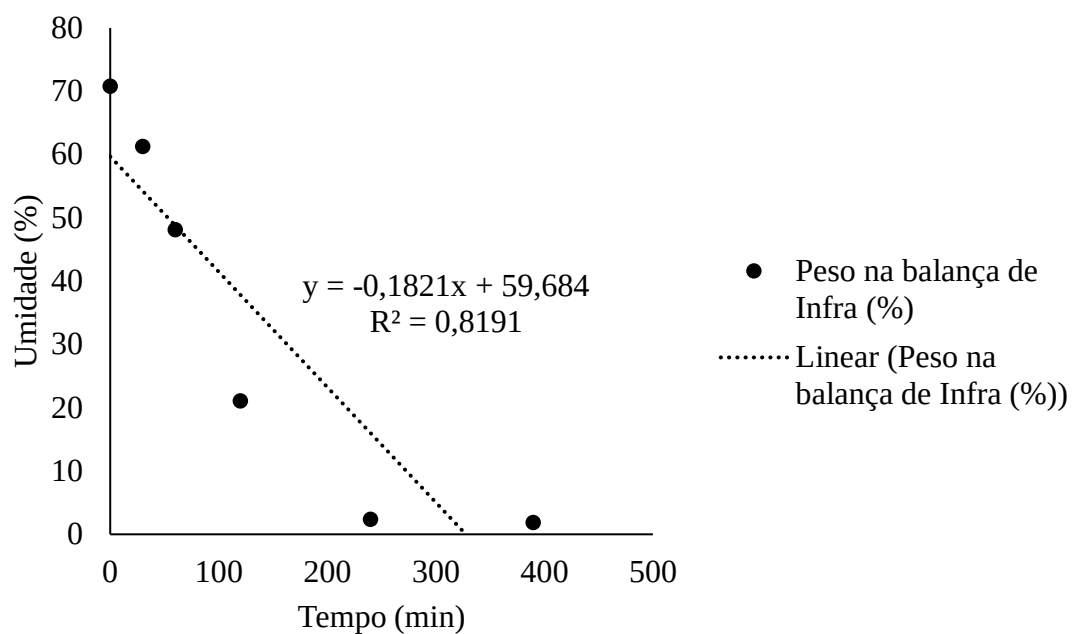


Figura IVA – Umidade por infravermelho da casca de guabiju desidratada a 100 °C.

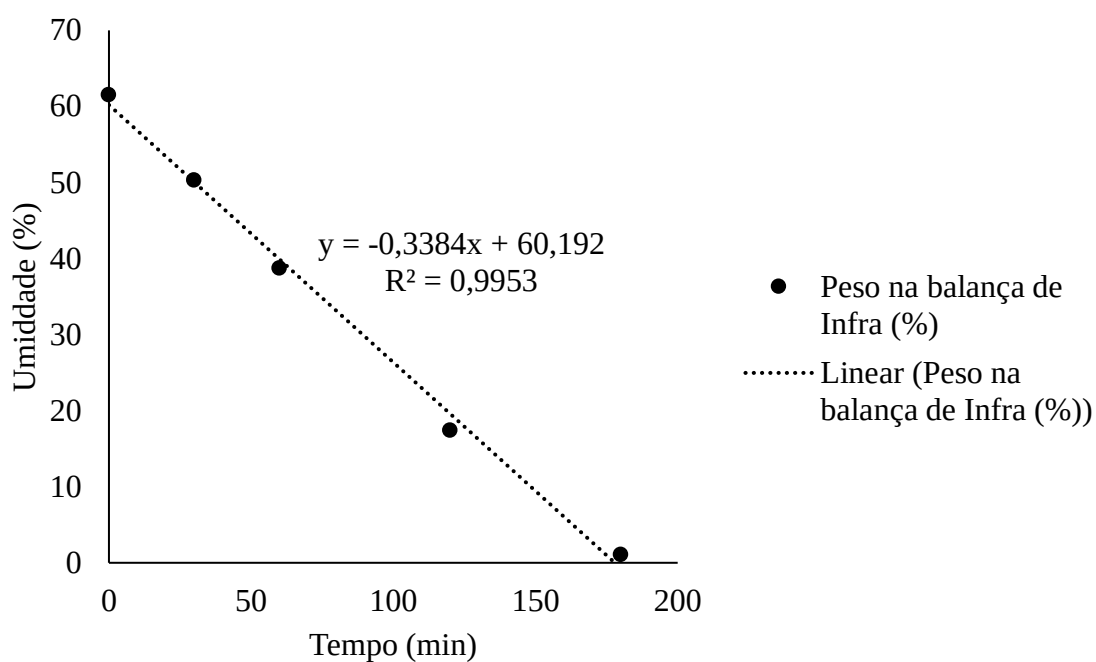


Figura VA – Umidade por infravermelho da polpa de guabiju desidratada a 40 °C.

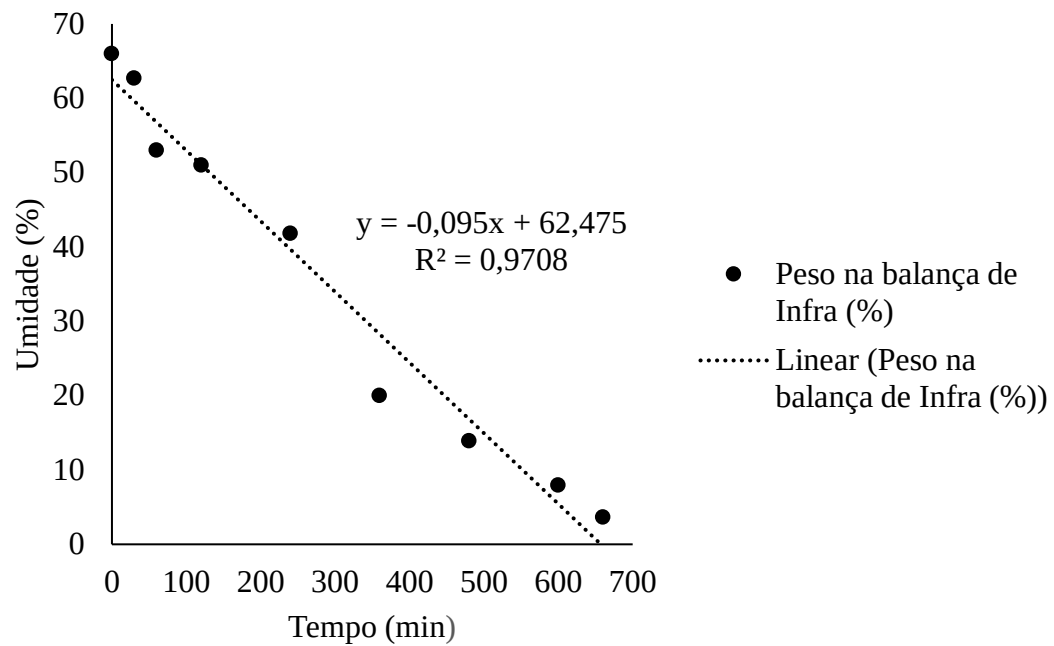


Figura VIA – Umidade por infravermelho da polpa de guabiju desidratada a 60 °C.

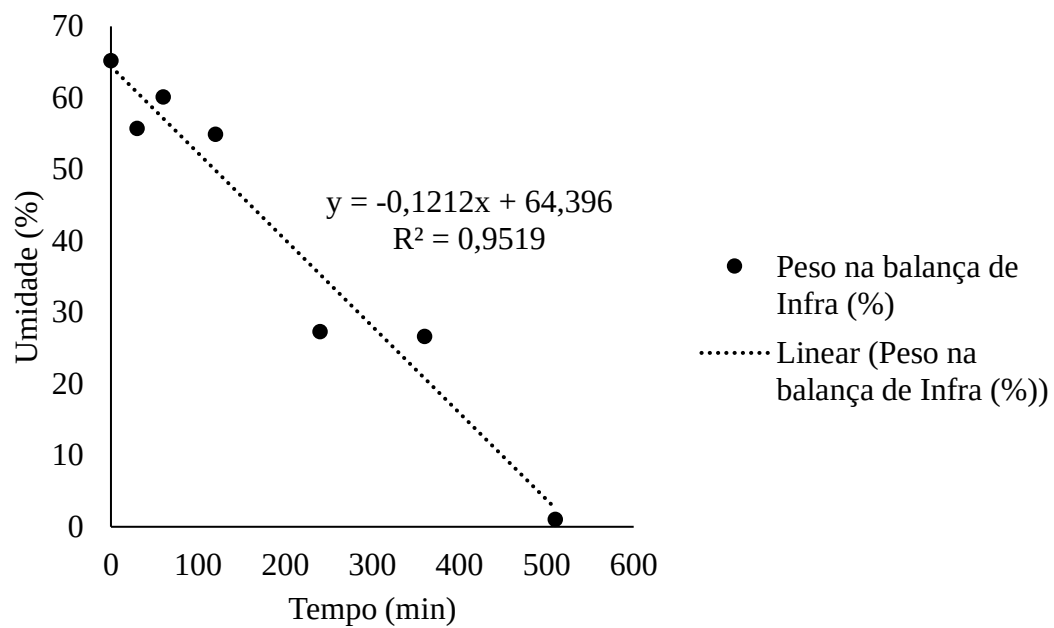


Figura VIIA – Umidade por infravermelho da polpa de guabiju desidratada a 80 °C.

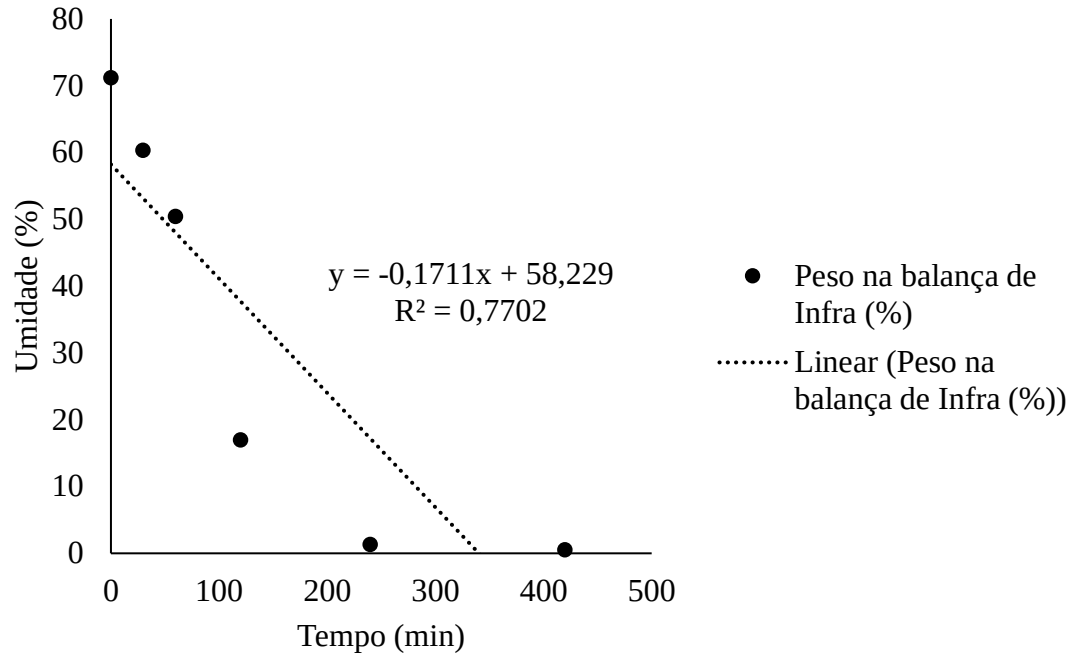


Figura VIIIA – Umidade por infravermelho da polpa de guabiju desidratada a 100 °C.

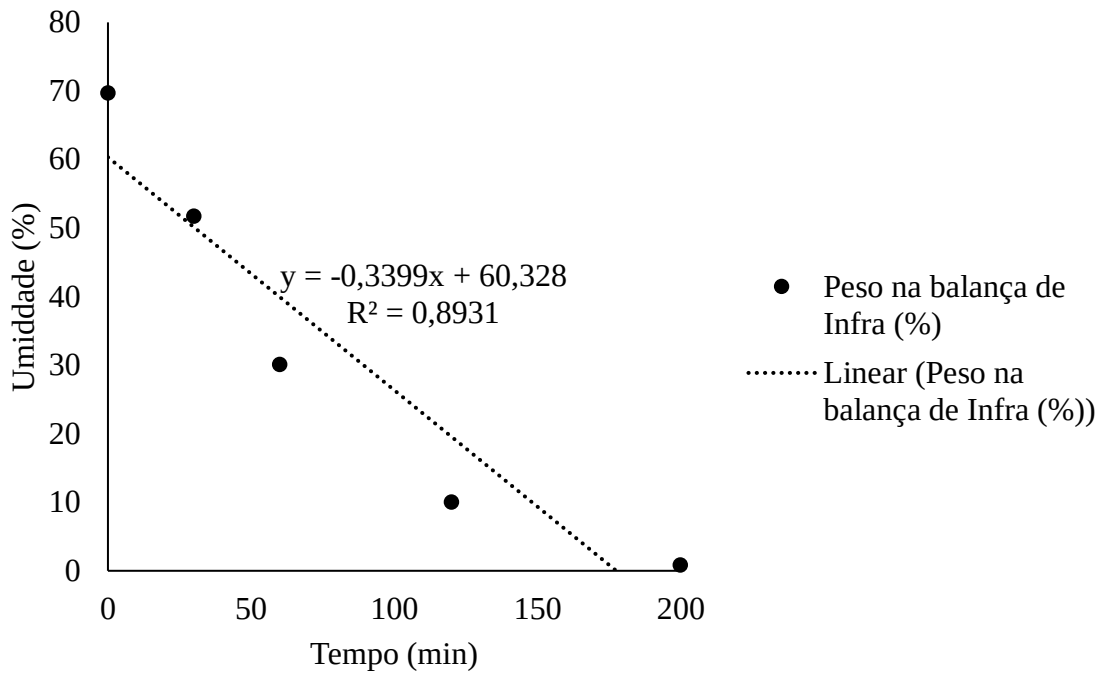


Figura IXA – Atividade de água da casca de guabiju submetida a secagem a 40 °C.

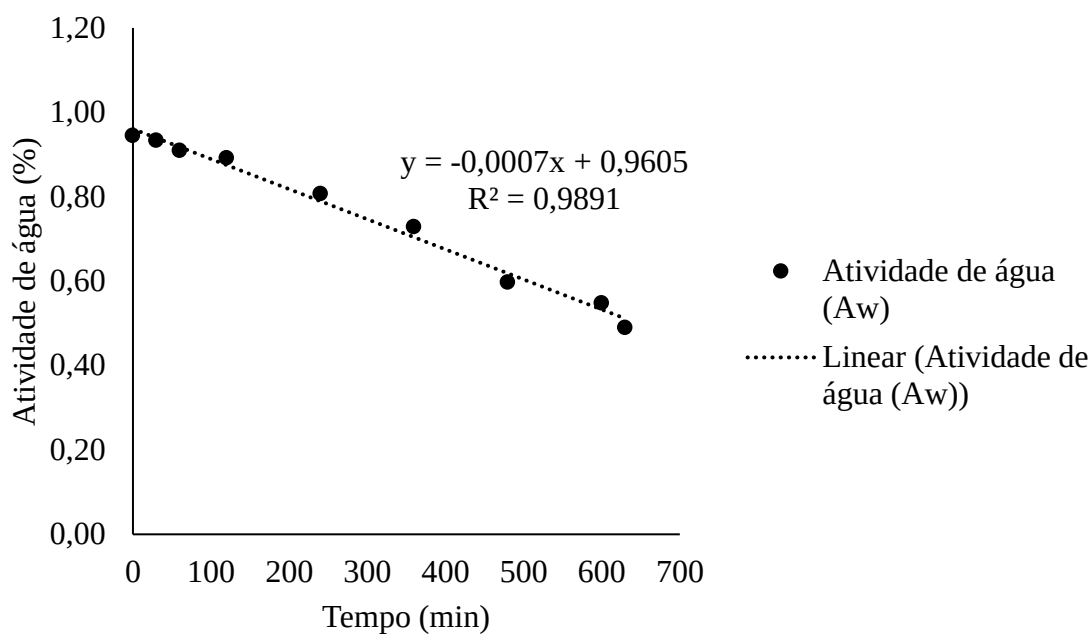


Figura XA – Atividade de água da casca de guabiju submetida a secagem a 60 °C.

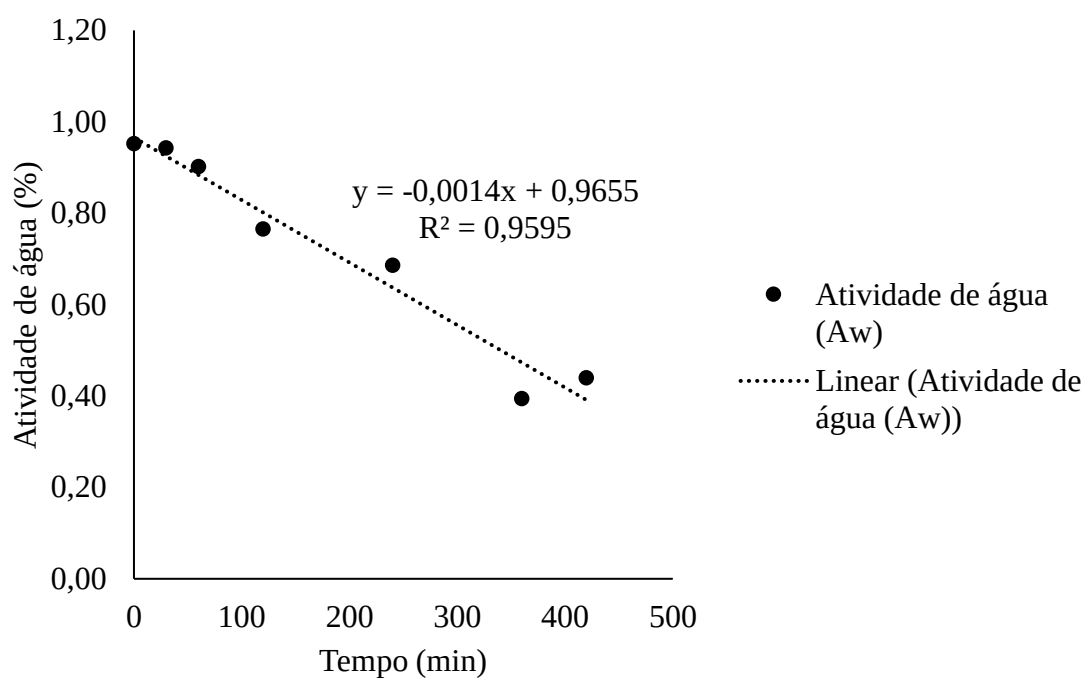


Figura XIA – Atividade de água da casca de guabiju submetida a secagem a 80 °C.

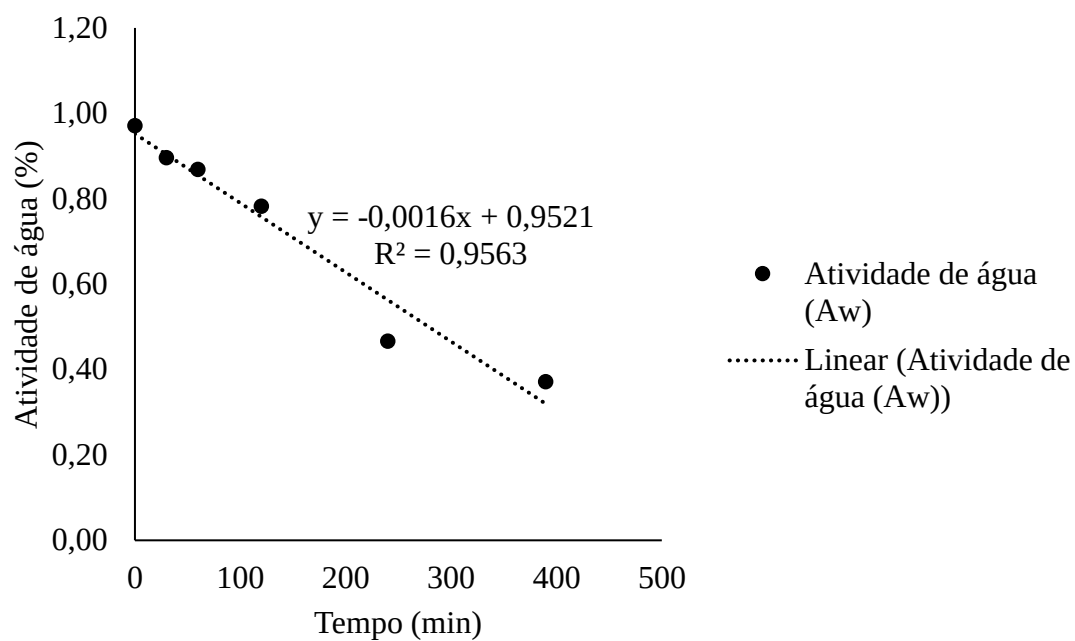


Figura XIIA – Atividade de água da casca de guabiju submetida a secagem a 100 °C.

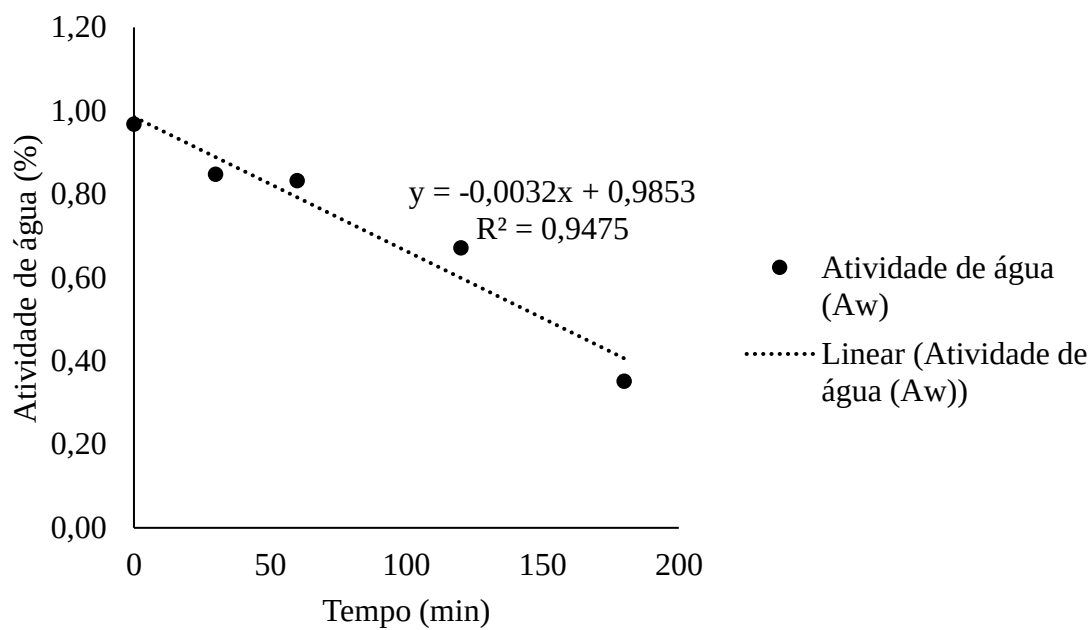


Figura XIII A – Atividade de água da polpa de guabiju submetida a secagem a 40 °C.

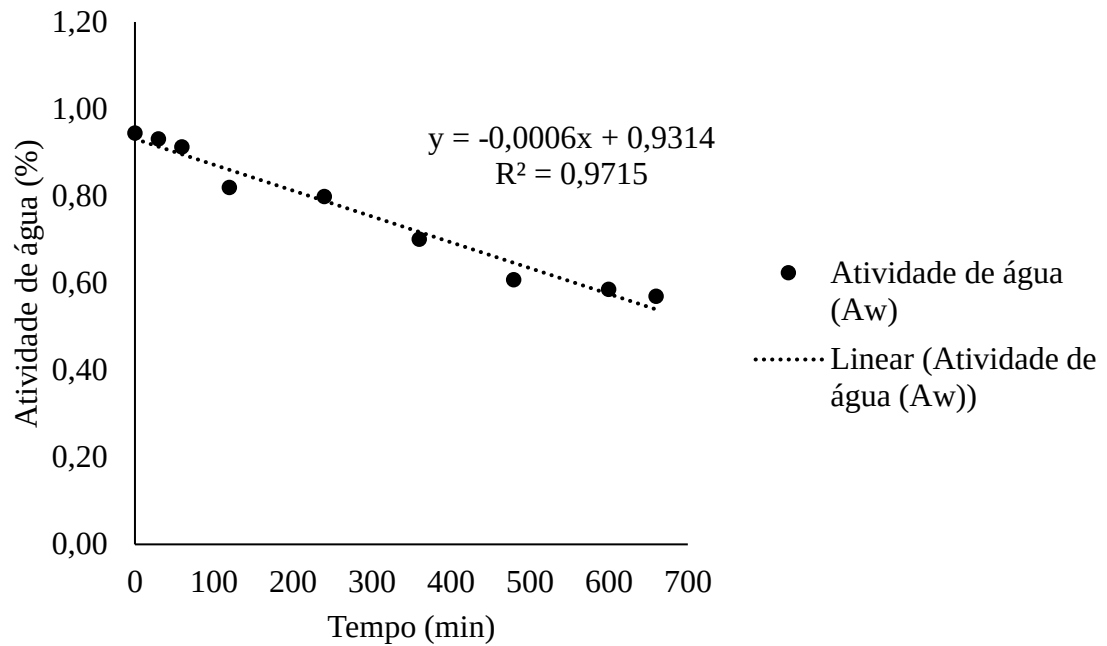


Figura XIVA – Atividade de água da polpa de guabiju submetida a secagem a 60 °C.

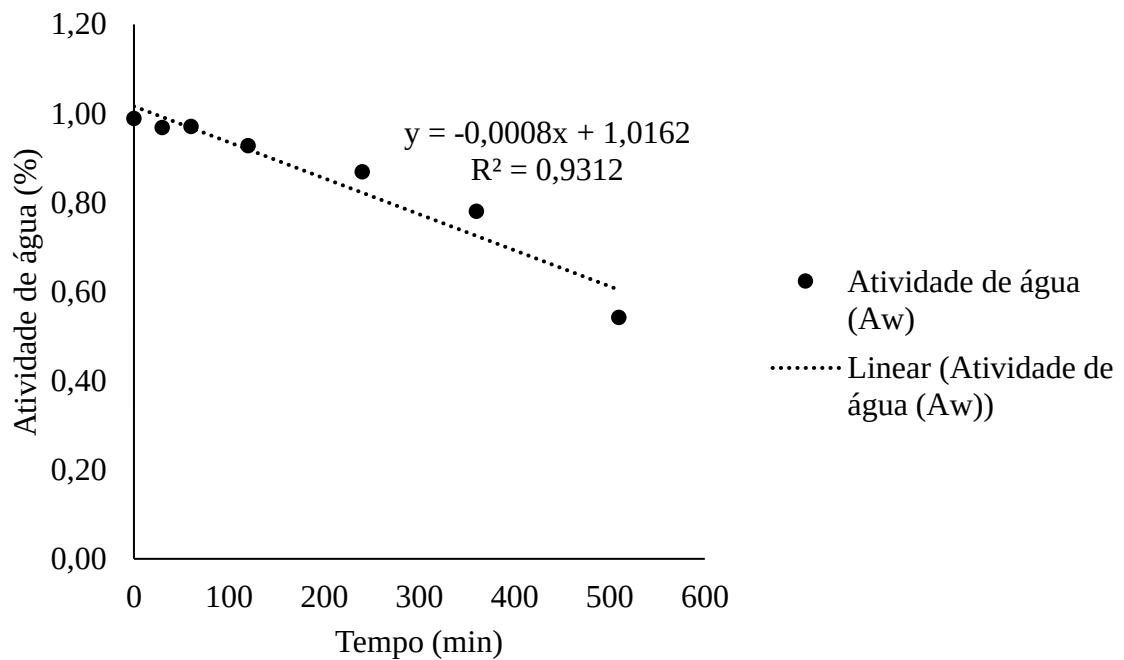


Figura XVA – Atividade de água da polpa de guabiju submetida a secagem a 80 °C.

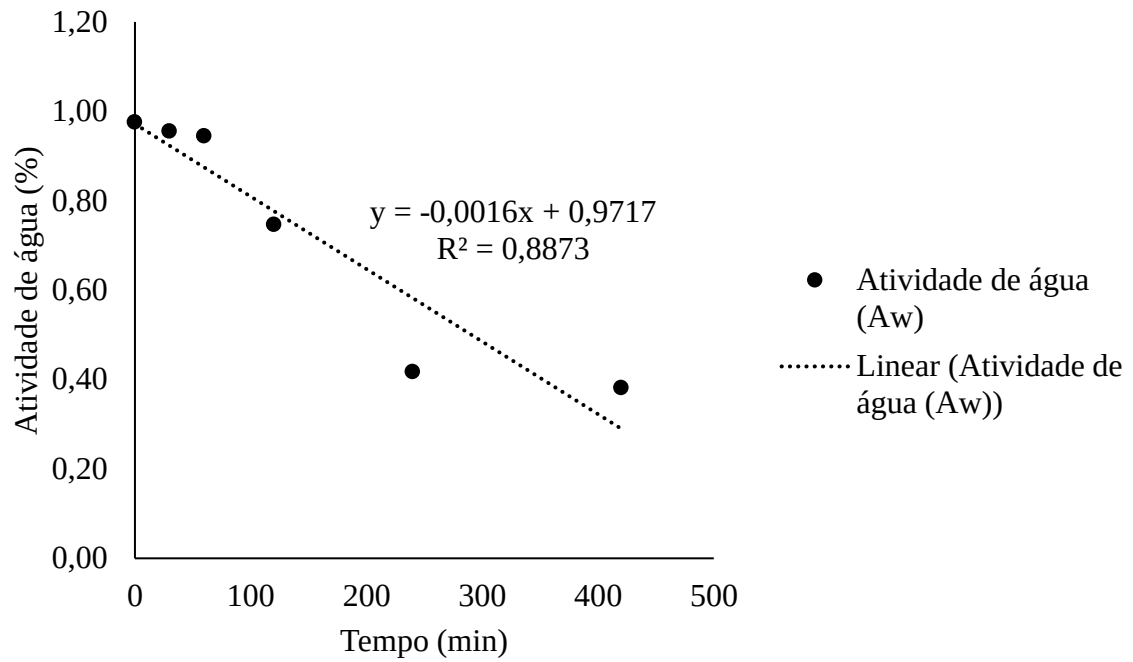


Figura XVIA – Atividade de água da polpa de guabiju submetida a secagem a 100 °C.

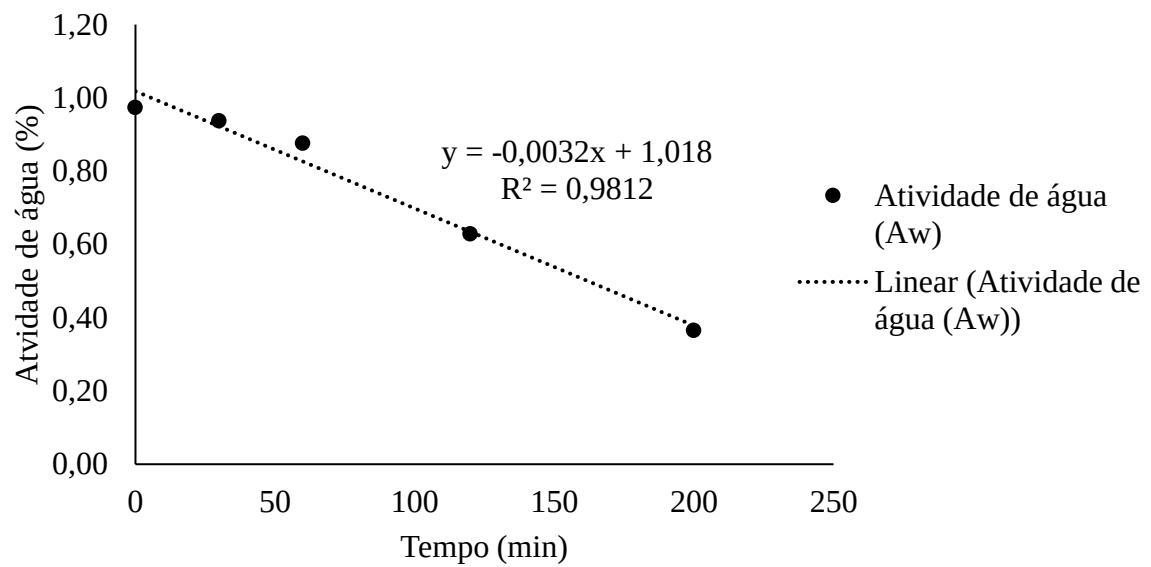


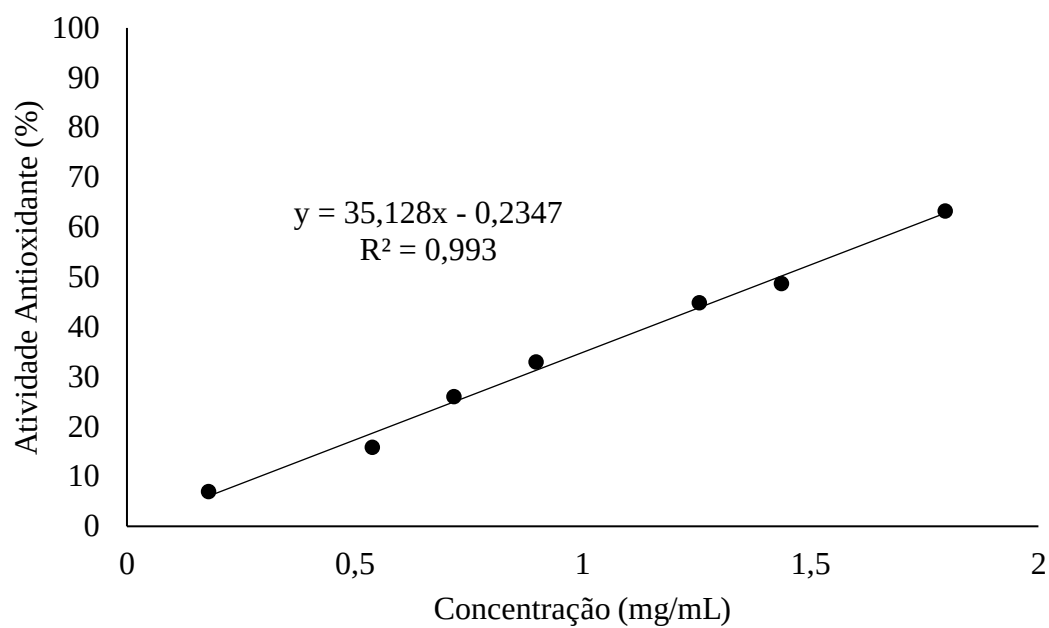
Figura XVIII A – Atividade antioxidante da casca de guabiju *in natura* (descongelada).

Figura XVIII A – Atividade antioxidante da casca de guabiju submetida a secagem 40 °C.

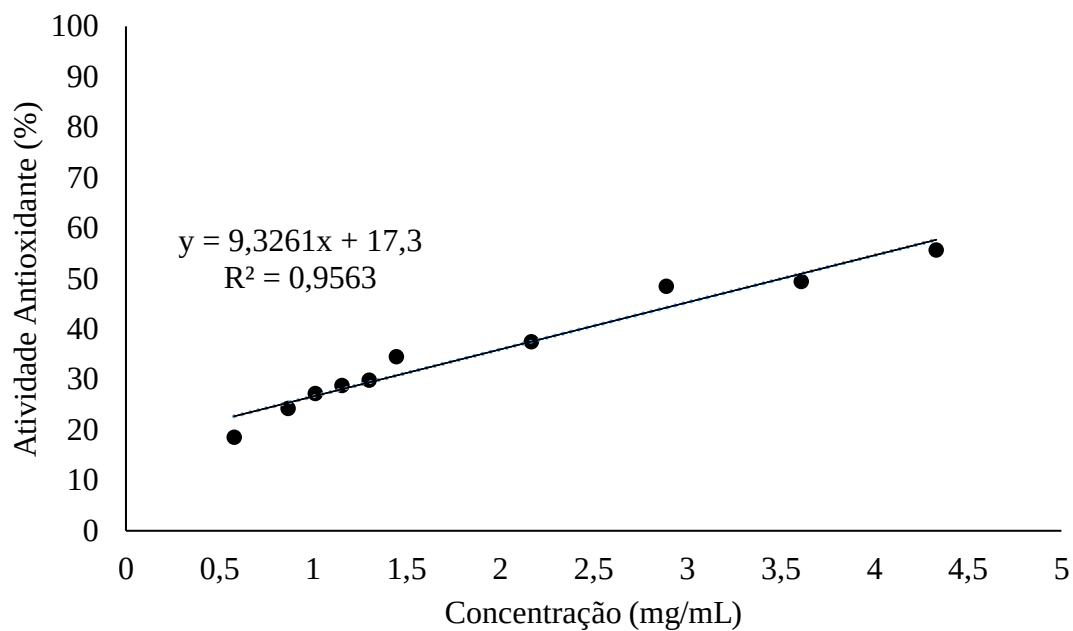


Figura XIXA – Atividade antioxidante da casca de guabiju submetida a secagem 60 °C.

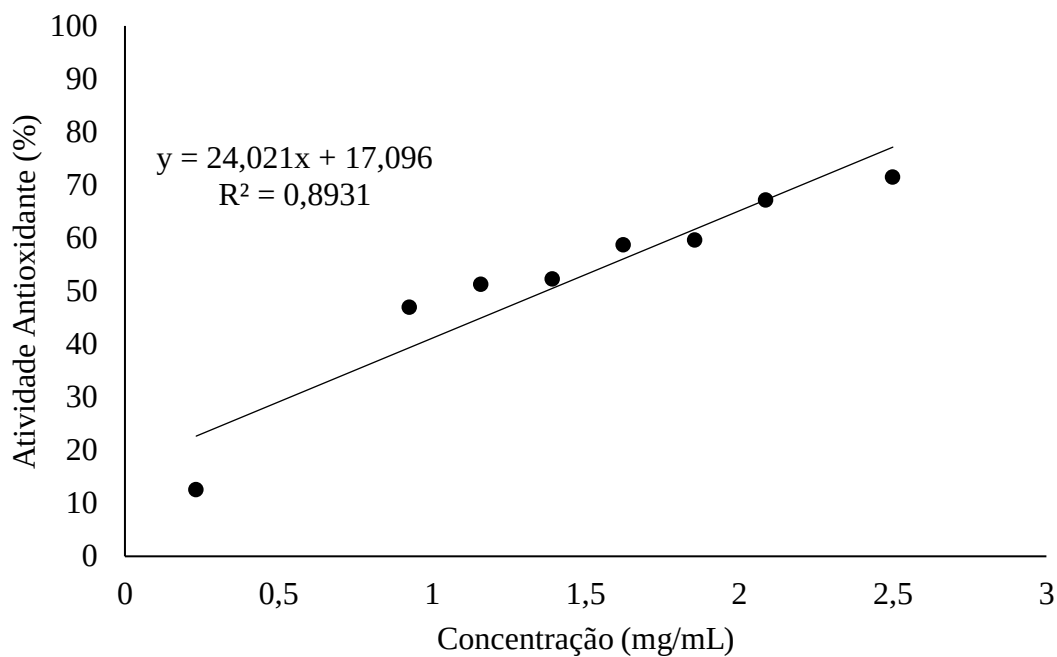


Figura XXA – Atividade antioxidante da casca de guabiju submetida a secagem 80 °C.

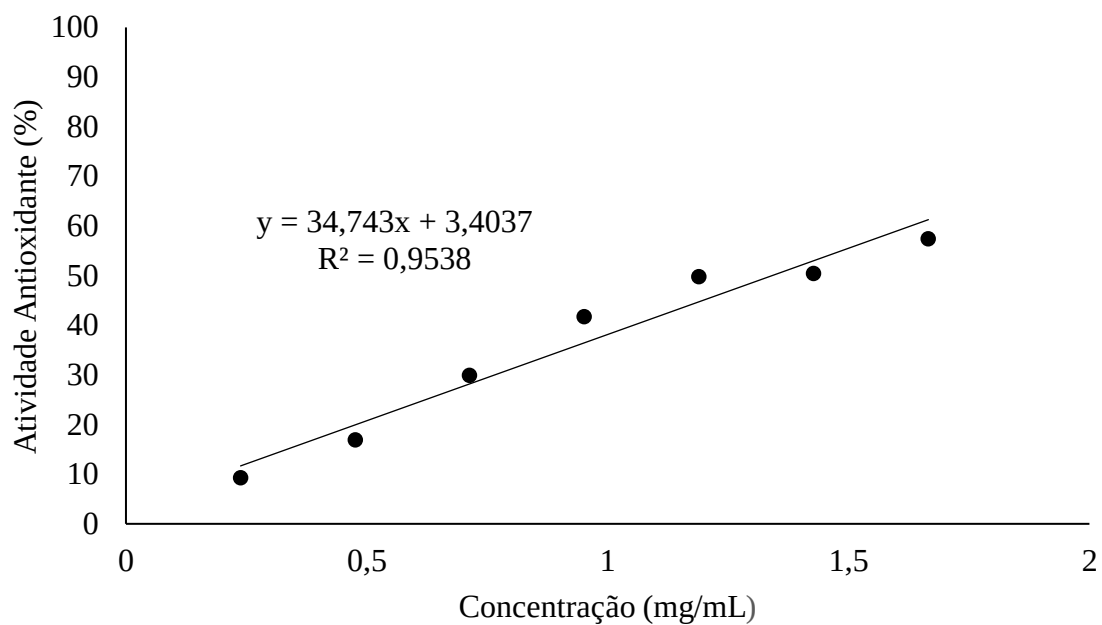


Figura XXIA – Atividade antioxidante da casca de guabiju submetida a secagem 100 °C.

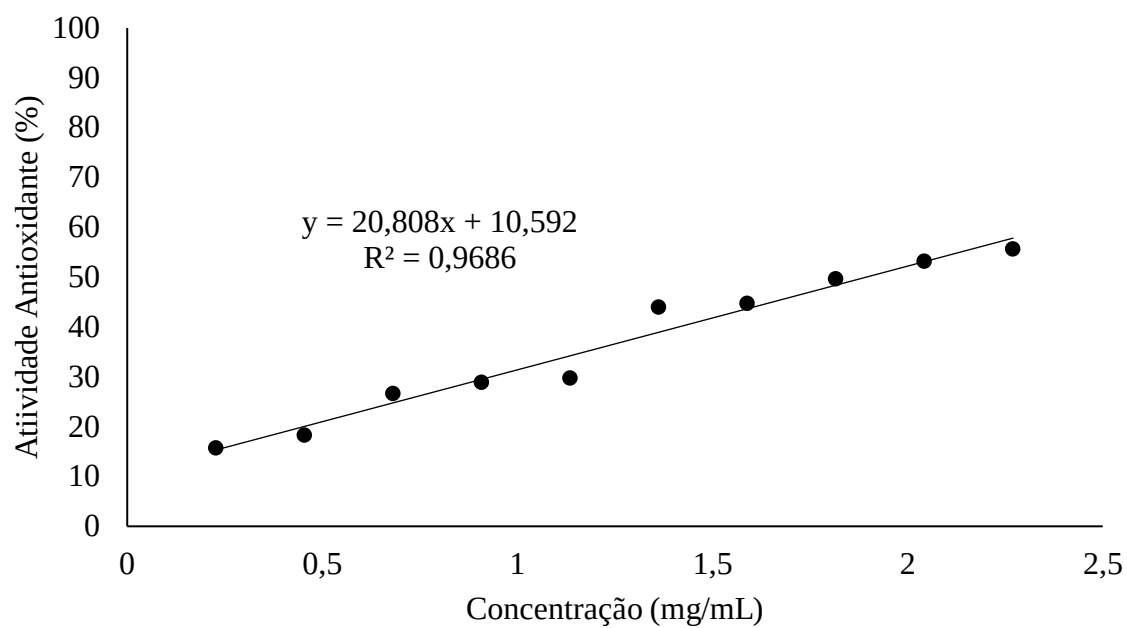
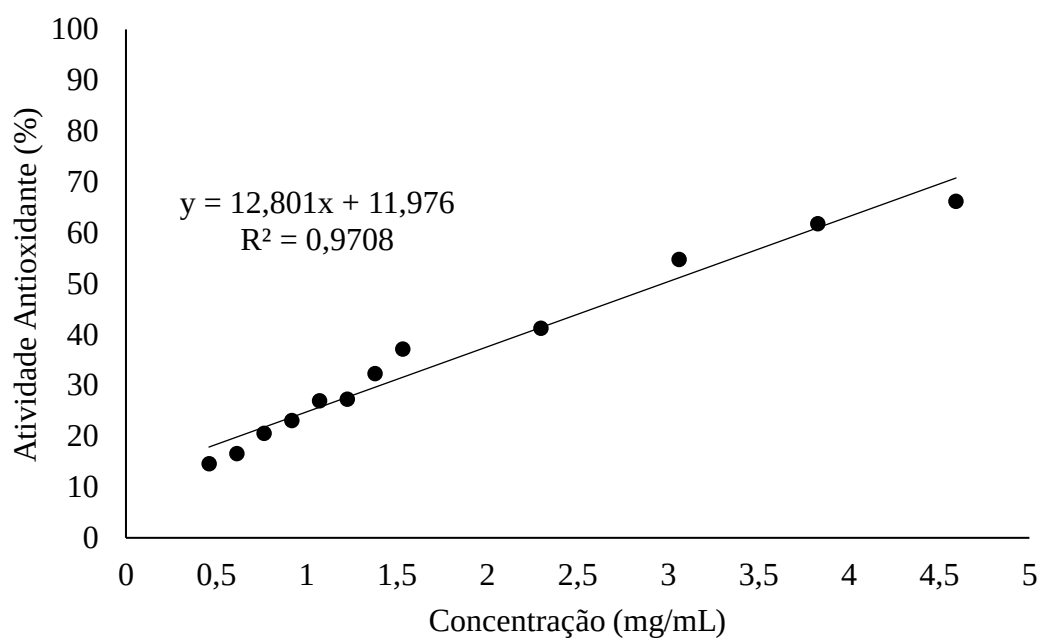
Figura XXIIA – Atividade antioxidante da polpa de guabiju *in natura* (descongelada).

Figura XXIII A – Atividade antioxidante da polpa de guabiju submetida a secagem 40 °C.

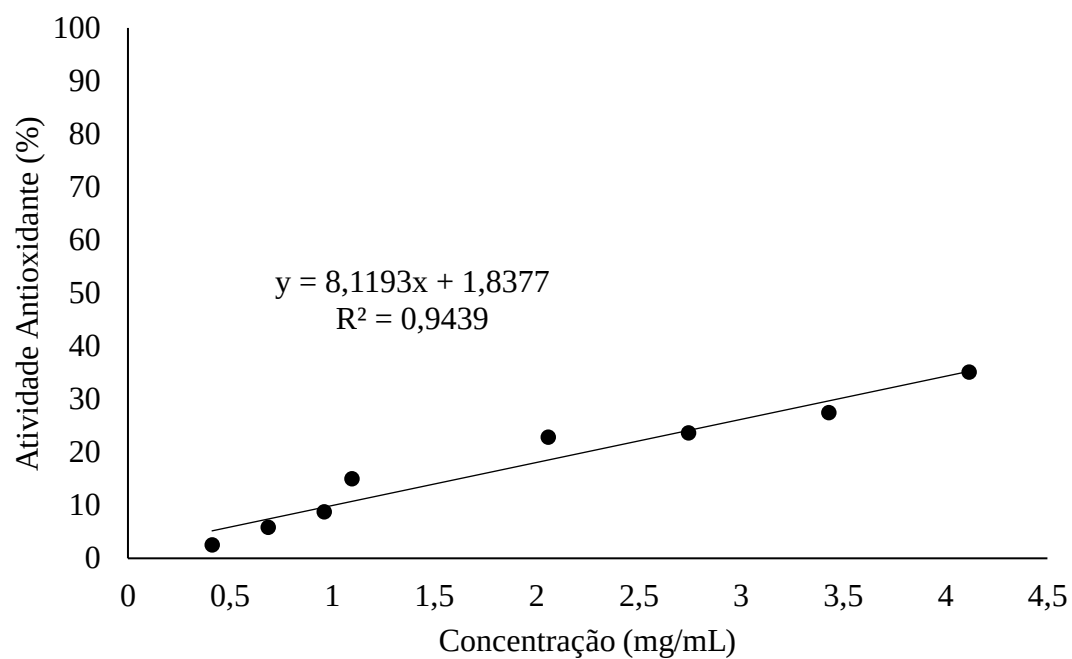


Figura XXIV A – Atividade antioxidante da polpa de guabiju submetida a secagem 60 °C.

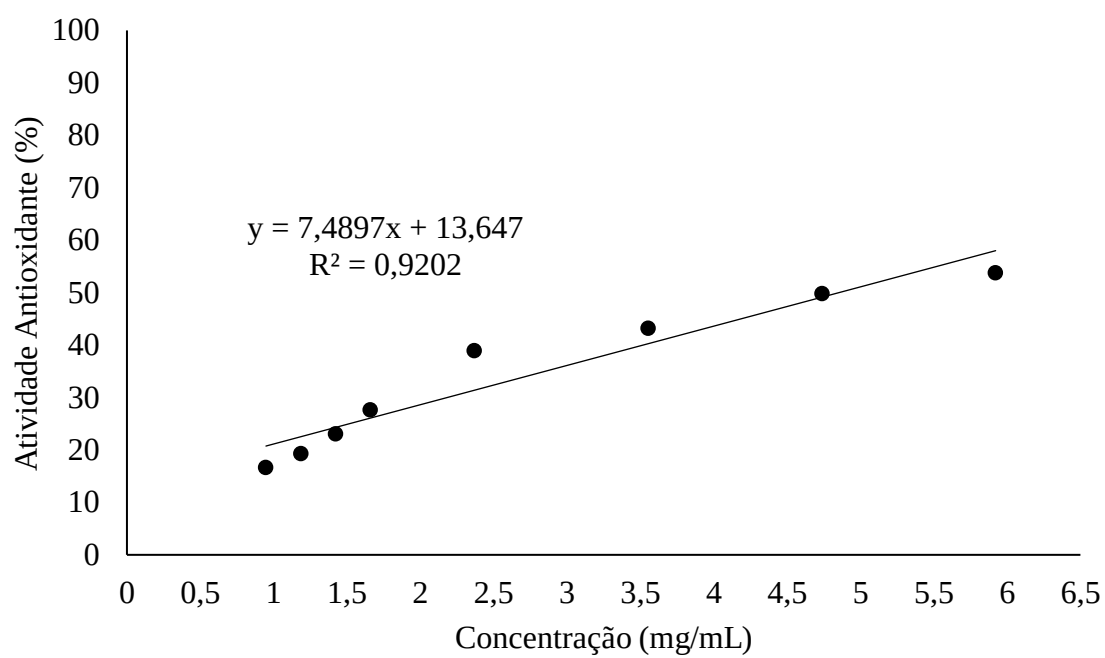


Figura XXVA – Atividade antioxidante da polpa de guabiju submetida a secagem 80 °C.

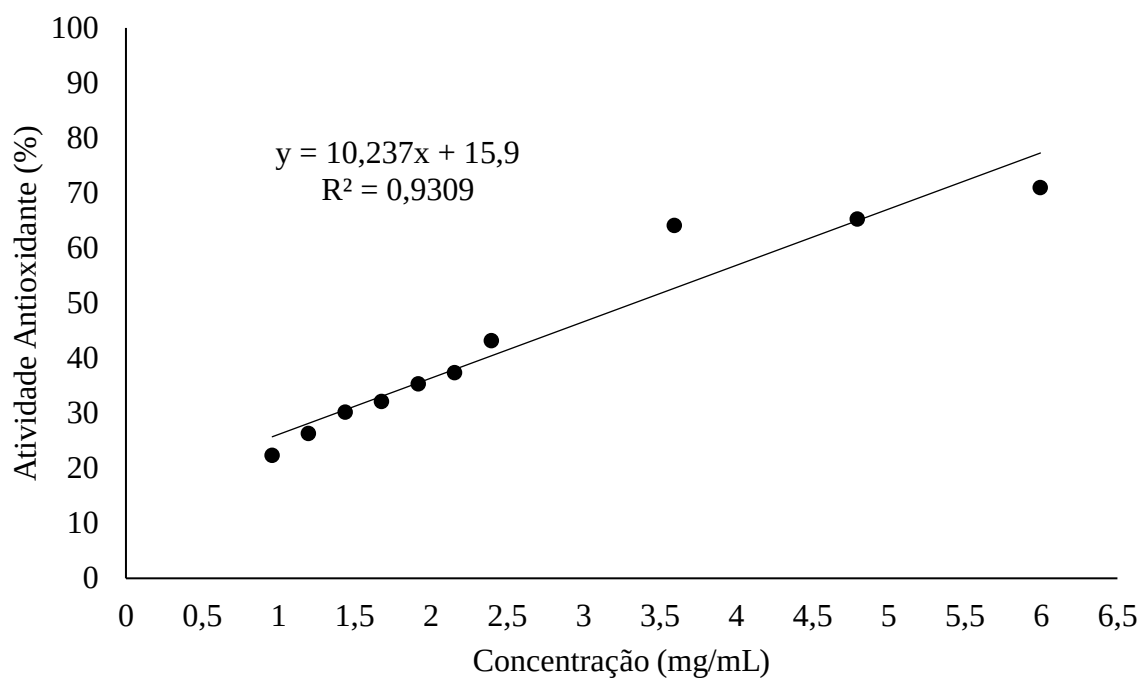


Figura XXVIA – Atividade antioxidante da polpa de guabiju submetida a secagem 100 °C.

