

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM CRUZ ALTA
BACHAREL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

LUIZ HENRIQUE HAN

**DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE CASCA DE MORANGA
CABOTIÁ *IN NATURA* E DESIDRATADA**

**CRUZ ALTA
2019**

LUIZ HENRIQUE HAN

**DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE CASCA DE MORANGA
CABOTIÁ *IN NATURA* E DESIDRATADA**

Trabalho de conclusão do curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Orientadora: Prof.^a Dra. Kelly de Moraes

CRUZ ALTA

2019

LUIZ HENRIQUE HAN

**DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE CASCA DE MORANGA
CABOTIÁ *IN NATURA* E DESIDRATADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof.^a Dra. Kelly de Moraes

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Dra. Kelly de Moraes
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof.^a Dra. Bruna Klein de Moraes
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof.^a Dra. Jussara Navarini
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

CRUZ ALTA

2019

*Dedico a meu pai, que lá do
céu vê meus feitos e está feliz.
Dedico a minha mãe o ser a
qual devo todos os meus
méritos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por toda força, animo e coragem que me ofereceu para ter alcançado minha meta e proporcionar esta fase muito especial da minha vida. Aos meus pais por todas as palavras de carinho e amor, por estarem sempre presentes em minha vida e dispostos a tudo para me ajudar. Ao meu companheiro por todo companheirismo e carinho, por me dar apoio, incentivo e não me desamparar nesta caminhada, pela assistência nos trabalhos e por não medir esforços em me auxiliar.

Agradeço a todos os professores que durante esses anos passaram de forma única todo conhecimento necessário para obtenção deste título, em especial a orientadora professora Dra. Kelly de Moraes pela dedicação e paciência na elaboração deste projeto.

Aos meus colegas, que ajudaram de forma direta e indiretamente, me ajudando quando eu cansava e me ajudavam a erguer.

A UERGS por ceder a bolsa de iniciação científica, a qual também contribuiu para o auxílio da pesquisa.

Amigos, família e mestres a vocês eu deixo uma palavra gigante de agradecimento. Hoje sou uma pessoa realizada e feliz porque sem dúvida vocês foram meu suporte durante esta caminhada.

RESUMO

A abóbora cabotiá ou moranga cabotiá é rica em carotenóides, que além de promover a sua cor, são responsáveis pela atividade antioxidante deste vegetal. Tanto a polpa quanto a casca possuem propriedades antioxidantes. Antioxidantes são compostos químicos que permitem o organismo combater eficientemente o excesso de radicais livres, e conseqüentemente prevenir o aparecimento de doenças como o câncer e patologias coronarianas. Esse presente trabalho visa avaliar alguns compostos bioativos da casca da abóbora cabotiá nas formas *in natura*, desidrata em secador convectivo, micro-ondas, forno convencional e airfryer, bem como avaliar diferentes condições de extração dos compostos bioativos. Assim, através de planejamento experimental empregando metodologia de superfície de resposta com experimento fatorial 3², tendo como variáveis independentes: tempo de extração e proporção casca : reagente de extração, sendo estudado os reagentes de extração: água, acetona e álcool etílico 70%. Também será determinado a composição centesimal da mesma. A melhor condição de extração, em água, da casca da moranga *in natura* e desidratada em secador convectivo foi em 20 min e relação casca:solvente (S:L) 1:9, obteve-se da casca da moranga *in natura* e desidratada em secador convectivo, respectivamente, 18 mg_{ácido gálico}/L e 15,5 mg_{ácido gálico}/L, nessas condições. Já para a amostra desidratada na airfryer a melhor condição de extração se deu em 20 min e relação sólido:líquido de 1:4,8, atingindo valores de aproximadamente 18,3 mg_{ácido gálico}/L. As concentrações de compostos fenólicos para extração com acetona foram muito semelhantes. Esses valores resultaram em aproximadamente 20 mg_{composto fenólico}/100g_{amostra base seca} para a casca da moranga *in natura*, e 18,5 mg_{composto fenólico}/100g_{amostra base seca} para casca desidratada em secador convectivo, ambos extratos em meio aquoso. Na verificação da indicação do melhor tratamento de desidratação a atividade antioxidante específica das amostras, a maior atividade antioxidante foi encontrada na amostra *in natura* (469,53 uM_{DPPHseq}/g_{extrato fenólico}·min), sendo que a diminuição da atividade foi de 5% para a amostra do secador convectivo e 16,3% da airfryer, demonstrando um potencial para a utilização destes desidratadores. A casca da moranga apresenta uma quantidade expressiva de compostos fenólicos e alto valor nutricional e necessita de mais estudos relacionados ao seu potencial antioxidante, pois esta apresenta inúmeras propriedades funcionais e seu consumo regular associado a uma dieta regular trará benefícios a saúde humana.

Palavras-chaves: Antioxidantes. Extração de compostos. Métodos de desidratação. Planejamento experimental.

ABSTRACT

The cabotiá pumpkin or squash cabotiá is rich in carotenoids, which in addition to promoting their color, are responsible for the antioxidant activity of this vegetable. Both pulp and bark have antioxidant properties. Antioxidants are chemical compounds that allow the body to efficiently combat excess free radicals, and consequently prevent the onset of diseases such as cancer and coronary pathologies. This work aims to evaluate some bioactive compounds of cabotiá peel in the in nature forms, dehydrates in convective drier, microwave, conventional oven and airfryer, as well as evaluate different extraction conditions of the bioactive compounds. Thus, through experimental design employing response surface methodology with factorial experiment 3^2 , having as independent variables: extraction time and bark ratio: extraction reagent, being studied the extraction reagents: water, acetone and ethyl alcohol 70%. It will also be determined the centesimal composition of the same. The best condition for the extraction of fresh and dried squash shells in a convective dryer was 20 minutes and the husk: solvent ratio (S:L) 1:9 was obtained from fresh and dehydrated convective dryer, respectively, 18 mg_{Gallic}/L and 15,5 mg_{Gallic}/L, under these conditions. For the sample dehydrated in the airfryer, the best extraction condition occurred in 20 min and a solid: liquid ratio of 1:4,8, reaching values of approximately 18,3 mg_{Gallic}/L. The concentrations of phenolic compounds for extraction with acetone were very similar. These values resulted in approximately 20 mg_{phenolic compound}/100_{dry basis sample} for the in nature squash bark, and 18,5 mg_{phenolic compound}/100_{dry base sample} for dehydrated bark in convective dryer, both extracts in aqueous medium. The highest antioxidant activity was found in the in nature sample (469,53 $\mu\text{M}_{\text{DPPHsec}}/\text{g}_{\text{extrato phenolic.min}}$), and the decrease in activity was 5% for the convective dryer and 16,3% of the airfryer, demonstrating a potential for the use of these dehydrators. The hull of squash presents an expressive amount of phenolic compounds and high nutritional value and needs more studies related to its antioxidant potential, since it presents innumerable functional properties and its regular consumption associated with a regular diet will bring benefits to human health.

Key words: Antioxidants. Compound extraction. Methods of dehydration. Experimental planning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Análise de pareto das extrações da casca de moranga utilizando água como solvente.	28
FIGURA 2: Análise de pareto das extrações da casca de moranga utilizando acetona como solvente	31
FIGURA 3: Análise de pareto das extrações da casca de moranga utilizando álcool como solvente.	34
FIGURA 4: Superfícies de respostas utilizando água como solvente na amostra <i>in natura</i> e nas diferentes condições de desidratação.	42
FIGURA 5: Superfícies de respostas utilizando acetona como solvente na amostra <i>in natura</i> e nas diferentes condições de desidratação.	46
FIGURA 6: Superfícies de respostas utilizando álcool como solvente na amostra <i>in natura</i> e nas diferentes condições de desidratação.	49
FIGURA 7: Média e desvio padrão da atividade antioxidante específica (AAE), em extrato aquoso, para os diferentes tratamentos de desidratação.....	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Níveis codificados e valores reais para experimento fatorial 3^2	23
TABELA 2: Composição da casca da moranga.	27
TABELA 3: Modelos quadráticos obtidos através dos dados experimentais.....	37
TABELA 4: Análise de variância (ANOVA) para os modelos estatísticos de extração dos compostos fenólicos nos diferentes solventes e diferentes métodos de desidratação.....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	MORANGA	15
2.2	COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	15
2.2.1	Carotenóides	Erro! Indicador não definido.
2.3	EXTRAÇÃO DE ANTIOXIDANTES NATURAIS	17
2.4	MÉTODOS ANALÍTICOS	18
2.4.1	Método para Fenólicos Totais	18
2.4.2	Método DPPH	19
2.5	SECAGEM DE ALIMENTOS	19
2.5.1	Secador convencional	20
2.5.2	Micro-ondas convencional	20
2.5.3	Forno convencional	21
2.5.4	AirFryer®	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA	22
3.2	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	22
3.2.1	Umidade	22
3.2.2	Extrato etéreo	22
3.2.3	Proteína bruta	22
3.2.4	Fibra bruta	22
3.2.5	Fração cinzas ou resíduo mineral fixo	23
3.2.6	Carboidratos – fração glicídica	23
3.3	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DOS EXTRATOS..	23
3.4	DESIDRATAÇÃO DA CASCA	24
3.5	DETERMINAÇÃO COMPOSTOS BIOATIVOS	24
3.5.1	Determinação dos compostos fenólicos	24
3.5.2	Determinação da atividade antioxidante específica	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	COMPOSIÇÃO DA CASCA <i>IN NATURA</i>	27
4.2	OTIMIZAÇÃO ESTATÍSTICA DA EXTRAÇÃO	27
4.3	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	52

5	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56
	APÊNDICE A.....	61

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a preocupação da população com a saúde, vem aumentando, principalmente no que diz respeito à ingestão de alimentos mais saudáveis com ação benéfica ao organismo. Pesquisas científicas têm abordado de forma significativa a relação estabelecida entre dieta e saúde. Pesquisadores, cada vez mais, estão centrando-se no papel que os nutrientes desempenham na manutenção da saúde, especificamente na redução de doenças crônicas não-transmissíveis e degenerativas, oriundas, em sua maioria, da produção excessiva de radicais livres durante os processos metabólicos (MELO et al., 2006).

A fome e o desperdício de alimentos também são duas grandes preocupações mundiais, muitas fontes não convencionais de elementos essenciais à saúde humana disponíveis na natureza são frequentemente descartadas em virtude da falta de conhecimento das suas características nutricionais. O aproveitamento dessas partes, como cascas e sementes, possibilita que haja um complemento alimentar muitas vezes de alto valor proteico, energético e de baixo custo para as populações menos favorecidas.

À medida que aumentam as preocupações com a melhoria da qualidade do meio ambiente, em virtude de um consumo consciente, as organizações de maneira crescente, voltam suas atenções para os potenciais impactos de suas atividades, produtos e serviços. Em detrimento a estas contingências, o gerenciamento de resíduos surgiu como alternativa viável a elaboração de uma nova educação alimentar, capaz de otimizar os demais processos na indústria alimentícia. Os subprodutos gerados compõem-se essencialmente de partes habitualmente desprezadas de frutos e hortaliças, contemplados como destaque dentre as diretrizes de promoção de alimentação saudável, em razão de seus valores nutricionais e seus teores de compostos quimio-preventivos, relativos à atividade antioxidante. Assim é constituído o conceito de uma nutrição otimizada, que busca maximizar as funções fisiológicas de cada indivíduo para garantir tanto suas melhores condições de bem-estar e saúde como minimizar o risco de doenças ao longo de sua vida.

Em complemento a esta perspectiva, um dos principais benefícios de uma maior ingestão de frutos e hortaliças está diretamente relacionado à absorção de vitaminas (vitamina C, vitamina A, vitamina B6, tiamina e niacina), minerais e fibras alimentares. Estes alimentos oferecem também efeito protetor através dos seus

constituintes bioativos, incluindo os carotenóides, glutathiona, vitamina C, vitamina E e flavonoides. (SILVA, 2012). Conjuntamente a estes preceitos, Carvalho *et al.* (2006), ressalta que estudos epidemiológicos conduzidos em animais mostraram que a composição química natural desses alimentos são capazes de prevenir o câncer e patologias coronarianas diretamente ou via interações complexas com os processos metabólicos e moleculares do corpo.

Por conseguinte, “o conceito de alimento se ampliou e além de fornecer componentes importantes para desempenhar funções básicas do organismo, se tornou aliado da prevenção de doenças crônico-degenerativas e importante coadjuvante em tratamentos médicos” (SALGADO, 2005 apud BARROS, 2011, p.19); benefícios estes alcançados por meio de uma reeducação alimentar, primordialmente na inserção em quantidades significativas de partes habitualmente desprezadas de produtos hortifrutigranjeiros (correspondente a 65-70% do peso total), como talos, folhas, cascas e sementes.

Nesse sentido, pode-se vislumbrar a importância da análise proposta em vista que a utilização dos resíduos de abóbora é importante para converter um material vegetal de baixo custo e abundante em produtos de alto valor substancial, o que pode trazer benefícios para os consumidores e para a indústria de alimentos.

As abóboras são provenientes da América do Sul e pertencem à família das cucurbitáceas, sendo classificadas em variedades de *Cucurbita máxima*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita moschata* e *Cucurbita mixta*, de acordo com sua textura e a forma de suas hastes (SHI *et al.* 2013).

Hortaliças como a abóbora cabotiá ou japonesa (híbrido resultante do cruzamento entre *Cucurbita moschata* e *C. máxima*), comumente chamada de moranga, são potenciais fontes de estudo com ênfase nos teores de substâncias bioativas (hidrofílicas e lipofílicas) e também no reaproveitamento de partes habitualmente desperdiçadas, como suas cascas, em alusão aos seus demais componentes químicos naturais, relevantes à saúde humana.

A abóbora é um legume saudável e funcional, pois é rico em compostos fenólicos, flavonoides, vitaminas (incluindo β -caroteno, vitamina A, tiamina, riboflavina, vitamina B6, vitamina C, vitamina E e vitamina K), aminoácidos, carboidratos e sais minerais (potássio, fósforo, magnésio, ferro e selênio), possuindo

baixo conteúdo energético (cerca de 17 Kcal/100g) (RAKCEJEVA et al., 2011; TAMER et al., 2010). Além disso, a abóbora é rica em pectina, um tipo de fibra dietética (FISSORE et al., 2009), fibrina (QUANHONG et al., 2005), apresentando teores relativamente baixos em sólidos totais (ARÉVALO-PINEDO; MURR, 2006), contendo ainda numerosos fito-componentes, que podem ser categorizados em alcalóides, ácido palmítico, ácido oleico e ácido linoléico (ADAMS et al. 2001).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar alguns compostos bioativos da casca da abóbora cabotiá *Cucurbita maxima L.* nas formas *in natura*, desidrata em secador convectivo, micro-ondas, forno convencional e airfryer, bem como avaliar diferentes condições de extração dos compostos bioativos através de planejamento experimental empregando metodologia de superfície de resposta com experimento fatorial 3^2 , tendo como variáveis independentes: tempo de extração e proporção casca : reagente de extração, sendo estudado os solventes de extração: água, acetona e álcool etílico 70%. Também foi determinada a composição centesimal da casca da moranga.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MORANGA

A abóbora ou moranga Cabotiá é um híbrido desenvolvido no Japão resultante do cruzamento entre *Curcubita maxima* e *Curcubita moschata*. Caracteriza-se por ser um fruto mais precoce e produtivo devido a facilidade de adaptação ao solo e clima brasileiro. Possui elevada importância socioeconômica em diferentes regiões do país, devido a uma série de características positivas, tais como rusticidade, precocidade, uniformidade, qualidade organoléptica e prolongada conservação pós-colheita, quando comparada com cultivares locais de polinização aberta (AMARO et al., 2014). Para os consumidores, a abóbora Cabotiá apresenta frutos atraentes e saborosos, em geral com coloração de casca escura, formato arredondado, levemente achatado e polpa alaranjada. Em geral são consideradas ricas fontes de fibras, retinol, provitamina A, também fornece vitaminas do complexo B, vitamina C, ácido fólico, niacina, cálcio, potássio, ferro e fósforo sendo ainda, rica em β -caroteno (NASCIMENTO et al., 2011).

Os frutos podem ser comercializados e consumidos na forma imatura ou madura. Com a polpa dos frutos imaturos são preparados pratos salgados e os frutos maduros são utilizados tanto na elaboração dos pratos salgados, quanto em doces caseiros ou industrializados (SILVA, 2013). A polpa também pode ser usada na alimentação animal. Sob a forma desidratada, a abóbora pode ser conservada por mais tempo e utilizada em várias preparações culinárias (BORGES et al., 2008).

2.2 COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os compostos fenólicos possuem um vasto espectro de atividade bioquímica como a capacidade antioxidante, antimutagênica e anticarcinogênica (MARINOVA et al., 2005). Sua capacidade antioxidante depende amplamente da estrutura química de suas substâncias, por isso há destaque para os flavonoides, taninos, calconas, cumarinas e ácidos fenólicos (MORALES-GONZÁLEZ, 2013). Geralmente são pouco absorvidos, facilmente metabolizados e rapidamente eliminados. A maioria dos compostos fenólicos está presente nos alimentos como éster, glicosídeo ou polímero que não podem ser absorvidos na sua forma original, precisam ser hidrolizados pelas enzimas intestinais e/ou pela microflora do cólon (CARRATÚ; SANZINI, 2005).

Segundo Almeida (2006), os antioxidantes são substâncias que possuem a propriedade química de doar elétrons, o que os tornam capazes de estabilizar as moléculas de radicais livres. Uma ampla definição de antioxidante é qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada a do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação deste substrato de maneira eficaz (SIES; STAHL, 1995).

Para Bianchi e Antunes (1999), os alimentos, principalmente as frutas, verduras e legumes, contêm agentes antioxidantes, tais como as vitaminas C, E e A, a clorofilina, os flavonoides, carotenoides, curcumina e outros que são capazes de restringir a propagação das reações em cadeia e as lesões induzidas pelos radicais livres.

O conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante são, em parte, dependentes da variedade de cores e do conteúdo de água dos vegetais. Os valores mais altos para atividade antioxidante foram encontrados em vegetais com coloração roxa intensa (repolho-roxo, cebola roxa, etc) e os valores mais baixos foram encontrados em vegetais com grande quantidade de água, como batata e pepino (STRATIL et al, 2006).

Os compostos fenólicos são os antioxidantes mais abundantes na alimentação. A sua ingestão é, em média, 10 vezes maior que a da vitamina C e 100 vezes maior do que a de vitamina E ou carotenóides. Entre os compostos fenólicos, a quercetina e a miricetina são os mais potentes varredores de radicais livres, seguidos pelo campferol. A catequina parece ser a menos eficiente (CURIN; ANDRIANTSITOMAIMA, 2005).

A capacidade antioxidante dos compostos fenólicos pode ser influenciada por vários fatores, quais sejam: genética, época de plantio, características de produção, condições de armazenamento, comercialização e processo (PANDJAITAN et al, 2005; CHU et al, 2002;). O escurecimento de vegetais é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos pelas polifenóis oxidases (PPO). O produto final da oxidação é a quinona, que ou se polimeriza, formando um pigmento escuro insolúvel, denominado melanina, ou reage não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando também melaninas. A oxidação pode ser evitada com controle do pH, que pode variar de acordo com cada vegetal. Para melhor preservação dos compostos fenólicos, os vegetais devem ser mantidos em

atmosfera controlada e sem luminosidade. Tanto a utilização de baixas temperaturas para armazenamento, como a utilização de tratamento térmico podem preservar os compostos fenólicos, entretanto esses métodos podem variar de vegetal para vegetal (LUPETTI et al, 2005).

Os compostos fenólicos possuem diversas funções, como propriedades sensoriais (cor, aroma, sabor e adstringência), estrutura, polinização, resistência a pestes e predadores, processos germinativos das sementes após colheita e crescimento e também desenvolvimento e reprodução (BARBERÁN; ESPÍN, 2001).

2.3 EXTRAÇÃO DE ANTIOXIDANTES NATURAIS

Para a identificação e isolamento de compostos bioativos em fontes naturais (como frutas, sementes e especiarias) é necessária a realização da extração com solventes de polaridades diferentes. Pesquisas enfocam essas extrações com o objetivo de comparar seus resultados e encontrar a melhor alternativa para sua aplicação em alimentos. Algumas etapas preliminares devem ser realizadas para facilitar o processo de extração e conservar os compostos antioxidantes, que são sensíveis à ação da luz, oxigênio e calor (ANDREO & KORGE, 2006).

Os vegetais normalmente são desidratados, liofilizados ou congelados, e ainda peneirados ou moídos antes do processo de extração. Assim, os substratos atingem maior superfície de contato com o solvente de extração e as enzimas lipoxigenase tornam-se inativas. Tais enzimas, naturalmente presentes em vegetais, são responsáveis pela rancidez oxidativa enzimática. A extração com solventes orgânicos é frequentemente utilizada para o isolamento dos compostos bioativos. O rendimento da extração e a determinação da atividade antioxidante dos extratos dependem do tipo de solvente, devido às diferenças nos potenciais antioxidantes e à polaridade dos compostos (ANDREO & KORGE, 2006).

Não existe nenhum sistema de extração com solventes que seja satisfatório para o isolamento de todos ou de classe específica de antioxidantes naturais, devido a diversos fatores. A natureza química desses compostos nos alimentos varia do simples ao altamente polarizado, há grande variedade de compostos bioativos nos vegetais (como os ácidos fenólicos, antocianinas e taninos) e diferentes quantidades presentes, além da possibilidade de interação dos compostos antioxidantes com

carboidratos, proteínas e outros componentes dos alimentos. Alguns desses complexos, assim como alguns fenólicos com alto peso molecular, são altamente insolúveis em água. Entretanto, os extratos sempre contêm mistura de substâncias fenólicas de diferentes classes que são solubilizadas no solvente do sistema escolhido. Estágios adicionais podem ser necessários para purificar o isolado e remover substâncias fenólicas e não-fenólicas indesejáveis (ANDREO; KORGE, 2006).

Etanol e água são os solventes mais empregados para a extração de antioxidantes por razões de higiene e de abundância, respectivamente. Estudos comparativos para a seleção do solvente ótimo são necessários, pois a atividade dessas substâncias depende dos compostos polifenólicos, uma vez que a atividade antioxidante máxima é exigida para cada substrato. Solventes com menor polaridade, como o acetato de etil, normalmente extraem compostos com maior atividade antioxidante que a mistura com etanol ou metanol, ou apenas metanol. Já extratos de etanol e metanol apresentaram alta atividade inibidora da peroxidação. A água extrai com eficiência os compostos fenólicos com atividade antioxidante devido à sua polaridade (MOURE et al., 2001).

O tempo de extração também afeta consideravelmente a recuperação dos polifenóis. O período de extração deve variar entre 1 minuto a 24 horas. No entanto, longos períodos de extração aumentam a possibilidade de oxidação dos fenólicos exigindo que agentes redutores sejam adicionados ao solvente do sistema (SHAIDI; NACZK, 1995). Em estudo realizado com resíduos de frutas vermelhas, os extratos foram preparados com etanol, metanol e água e tempos de extração de 1, 12 e 24 horas. Comparando-se os resultados, o conteúdo de polifenóis diminuiu no extrato aquoso com maior tempo de extração, enquanto nos extratos metanólicos e etanólicos houve acréscimo no conteúdo de fenóis com o aumento do tempo (LAPORNIK et al., 2005).

2.4 MÉTODOS ANALÍTICOS

2.4.1 Método para Fenólicos Totais

O ensaio com reagente Folin-Ciocalteu tem sido utilizado por muitos anos pela indústria agrícola e alimentícia para a determinação do conteúdo de fenólicos em

produtos naturais (PRIOR et al., 2005). O reagente Folin-Ciocalteu consiste na mistura de fosfomolibdato, fosfotungstato e outros reagentes. Na reação com compostos fenólicos, ele produz coloração azul devido à espécie complexada de molibdênio e absorbe a 765 nm (EVERETTE et al., 2010).

2.4.2 Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)

O método DPPH é baseado na transferência de elétrons de um antioxidante ou uma espécie radical para a molécula de DPPH de cor púrpura que é reduzido a difenil-picril-hidrazina de coloração amarela, com conseqüente redução da absorbância dessa molécula podendo então ser monitorado por espectrofotometria a um comprimento de onda de 517 nm para a determinação de capacidade antioxidante (ROESLER et al., 2007).

2.5 SECAGEM DE ALIMENTOS

A secagem é definida, geralmente, como a remoção de líquido de um material por evaporação. Na operação de secagem, o material úmido entra em contato com o ar insaturado e se obtém como resultado, a diminuição do conteúdo de umidade deste material e a umidificação do ar. Logo, os dois estágios que definem o processo total de secagem com o ar aquecido são: o aquecimento do material e a evaporação de umidade deste (STRUMILLO; KUDRA, 1986; PERRY; CHILTON, 1980).

A grande maioria dos alimentos sofre deterioração com muita facilidade e, diante desse problema, surgiram algumas técnicas de conservação dos alimentos, dentre as quais a secagem é uma das mais utilizadas. As vantagens que esta técnica apresenta são várias, entre as quais podemos citar a melhor conservação do produto e a redução do seu peso, com a conseqüente redução do custo de transporte e de armazenamento em relação aos produtos enlatados e congelados (CORNEJO, 2003).

Com a secagem, ao diminuirmos a quantidade de água, estaremos não só reduzindo o peso, mas também criando condições desfavoráveis para o crescimento microbiano no produto. Alguns produtos, quando submetidos à secagem, conservam bastante intactas suas características físicas e nutritivas e retornam ao aspecto natural ou sofrem poucas alterações quando reconstituídos em água. Assim, este processo

representa uma forma viável de conservação de alimentos para consumo humano (CORNEJO, 2003).

2.5.1 Secador convencional

O equipamento mais simples utilizado na tecnologia de secagem é o de bandejas funcionando no sistema de bateladas, no entanto sistemas contínuos de secagem são empregados quando os volumes processados são grandes. Este processo permite a obtenção de produtos de alta qualidade e que mantém mais facilmente suas características, pois a temperatura durante o processo se mantém em torno de 30 a 60°C, em um tempo que varia de 6 a 8 horas (FIB, 2013).

Já na desidratação por circulação de ar quente, o ar quente circula em contato com o material úmido provocando a retirada da água. O tipo de equipamento pode ser contínuo ou por batelada, e a secagem se dá por convecção, sendo a água eliminada por evaporação, sob condição atmosférica. São quatro (4) os fatores importantes para seu sucesso: propriedades físicas do alimento (especialmente tamanho da partícula), a distribuição do produto no secador, propriedades físicas do ar (temperatura, umidade e velocidade) e desenho do equipamento para permitir a troca de calor eficiente. O ciclo de secagem dura em torno de 3 a 5 horas com temperatura de 60 a 100°C (FIB, 2013).

2.5.2 Micro-ondas convencional

Micro-ondas é uma fonte ímpar de energia porque ela cria calor dentro dos materiais processados. Esta propriedade resulta em tempos de processamento mais curtos, maior rendimento do produto final e usualmente em uma qualidade superior que a encontrada com técnicas convencionais de processamento (DECAREAU).

Berteli e Marsaioli (2005), relataram que o tempo de secagem de macarrão curto seco mediante a combinação de ar quente e micro-ondas foi treze (13) vezes menor quando comparado com o processo convencional de secagem. Foi também testado recentemente por Silva e Marsaioli (2004), o uso de energia de micro-ondas combinada com ar quente na secagem de amêndoas de castanha do Brasil, e os tempos de secagens obtidos foram bem menores, em relação ao tempo gasto na

secagem convencional, tendo-se conseguido manter a preservação do produto final por até seis meses.

2.5.3 Forno convencional

O forno elétrico é utilizado para assar alimentos a temperaturas entre 150-300 °C, resultando na formação de cor e textura aceitáveis (MCGEE, 2014). Neste processo, o cozimento ocorre através da transferência de calor do ar quente do forno para o alimento (PETISCA et al., 2013). Um condutor metálico é percorrido por uma corrente elétrica e se aquece, conduzindo calor ao alimento o qual é assado lentamente ocorrendo desidratação e formação de crosta (FIORE et al., 2013; MCGEE, 2014).

2.5.4 AirFryer®

A fritura em panela elétrica airfryer é um processamento que surgiu como estratégia para produzir alimentos fritos de modo saudável, ou seja, sem a utilização de óleo, e tem atraído muita atenção nos últimos anos (TIAN et al., 2016). A Airfryer usa ar quente em combinação com circulação de ar de alta velocidade (Rapid Air) e um grill superior a fim de preparar uma variedade de pratos de maneira mais saudável, rápida e fácil (PHILIPS). Os alimentos são aquecidos de todos os lados de uma vez só e não há necessidade de adicionar óleo à maioria deles.

Neste processo, a fritura ocorre por contato direto entre o produto e a emulsão externa de gotículas de óleo no ar aquecido, que está em movimento constante na câmara de fritura, promovendo contato homogêneo entre o alimento e a emulsão (TIAN et al., 2017). Desta forma, o produto é gradualmente desidratado, ocorrendo a formação de crosta típica de alimento frito e o produto final apresenta teor de óleo 80% menor em relação a fritura tradicional (HEREDIA, et al., 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

A matéria-prima foi adquirida no comércio local de Cruz Alta – RS de um mesmo fornecedor. A abóbora cabotiá foi higienizada com detergente neutro e água corrente, e posteriormente sanitizada em hipoclorito de sódio (200mg/L) por 5 minutos. Após a mesma foi descascada com facas afiadas, e suas cascas foram destinadas à determinação centesimal, desidratação e extração dos compostos.

3.2 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL IN NATURA

3.2.1 Umidade

As cascas foram previamente trituradas em liquidificador e a umidade foi determinada segundo a técnica gravimétrica, com emprego de calor em estufa ventilada à temperatura de 65°C, até obtenção de peso constante, segundo a AOAC (2005).

3.2.2 Extrato etéreo

A determinação foi realizada por extração com solvente orgânico (éter etílico) em aparelho extrator do tipo Soxhlet, segundo método da AOAC (2005).

3.2.3 Proteína bruta

Realizada por meio do teor de nitrogênio por destilação em aparelho de Microkjedahl (semimicro), usando o fator 6,25, procedendo-se o cálculo do teor de proteína bruta, conforme procedimento da AOAC (2005).

3.2.4 Fibra bruta

A determinação foi feita por hidrólise ácida, pelo método gravimétrico, segundo o método descrito por Van de Kamer e Van Ginkel (1952).

3.2.5 Fração cinzas ou resíduo mineral fixo

Foi determinada gravimetricamente, avaliando a perda de peso do material submetido ao aquecimento em mufla a 550-660 °C segundo AOAC (2005).

3.2.6 Carboidratos – fração glicídica

A fração glicídica foi calculada pela diferença segundo a equação: % carboidratos = 100 - (% umidade + % extrato etéreo + % proteína bruta + % fibra bruta + % fração cinzas), considerando a matéria integral.

3.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DOS EXTRATOS

A fim de verificar a melhor condição de extração dos compostos bioativos foi aplicada a metodologia de análise de superfície de resposta com experimento fatorial 3² completo. Dois diferentes fatores independentes (X) foram avaliados (tempo de extração – T; e relação casca : reagente de extração – C:R) em três níveis equidistantes (-1, 0 e +1). As variáveis dependentes (Y) avaliadas serão compostos fenólicos totais e atividade antioxidante específica. Os fatores e seus níveis estão representados na Tabela 1. Para cada experimento foram utilizadas 3g de casca em base seca. Os dados dos experimentos foram avaliados usando Statística 12.0 para Windows (StatSoft Inc., USA).

TABELA 1: Níveis codificados e valores reais para experimento fatorial 3².

Experimento	C:R		T	
	Codificado	Real	codificado	Real (min)
1	-1	1:9	-1	20
2	-1	1:9	0	20
3	-1	1:9	+1	20
4	0	1:6	-1	40
5(C)	0	1:6	0	40
6	0	1:6	+1	40
7	+1	1:3	-1	60
8	+1	1:3	0	60
9	+1	1:3	+1	60
10(C)	0	1:6	0	40
11(C)	0	1:6	0	40

As respostas experimentais consideradas foram ajustadas, através da análise de regressão não linear, para obter um modelo teórico estatístico de cada resposta, conforme apresentado na Equação (Eq.) 1.

$$Y_i = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i X_i + \sum_{j=1}^n b_j X_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} X_{ii} + \sum_{j=1}^n b_{jj} X_{jj} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n b_{ij} X_{ii} X_{jj} \quad \text{Eq.1}$$

Em que Y_i representa a variável resposta, b_0 , b_i , b_j , b_{ii} , b_{jj} , b_{ij} , representam os coeficientes da regressão, e X_i , X_j , representam as variáveis estudadas.

Nos dados de melhor condição de extração foi determinada a atividade antioxidante das amostras e as mesmas foram comparada estatisticamente através de ANOVA e teste de diferença de médias.

3.4 DESIDRATAÇÃO DA CASCA

As cascas picadas em tamanhos de aproximadamente 4cm² foram desidratadas da seguinte forma:

- secador convectivo de bandejas, perfurada, a 60°C até umidade de aproximadamente 10 e 15%.
- Forno convencional 80°C até umidade próximas de 10 e 15%.
- AirFryer® a 80°C até umidade próximas de 10 e 15%.
- Micro-ondas com potência a 80% até umidade próximas de 10 e 15%.

3.5 DETERMINAÇÃO COMPOSTOS BIOATIVOS

3.5.1 Determinação dos compostos fenólicos

A determinação dos fenólicos totais seguiu a metodologia descrita por Swain & Hills (1959), onde foram utilizadas 3g de amostra em base seca para cada experimento. Do filtrado final de cada extrato, toma-se 0,5mL em tubo de ensaio e adiciona-se 8mL de água destilada e 0,5mL do reagente Folin Ciocalteau. A solução foi homogeneizada e, após 3 min, acrescentou-se 1mL de solução saturada de Na₂CO₃. Decorrida 1 hora de repouso, foram realizadas as leituras das absorbâncias em espectrofotômetro a 720 nm. Foi utilizado como padrão o ácido gálico marca

Sigma, nas concentrações de 5, 10, 20, 40, 60 e 80 mg/L para construir uma curva de calibração. A partir da equação da reta obtida na curva do gráfico do padrão ácido gálico, realizou-se o cálculo do teor de fenólicos totais, expresso em mg de ácido gálico/100 g de amostra seca. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.5.2 Determinação da atividade antioxidante específica

A determinação da atividade antioxidante dos extratos, presentes na casca da moranga, foi realizada pelo método de captura de radicais DPPH. Este método tem por base a redução do radical DPPH, que ao fixar um H (removido do antioxidante em estudo), leva a uma diminuição da absorbância.

A atividade antioxidante específica (AAE) foi determinada através da capacidade de sequestrar radicais livres, representados pelo DPPH, segundo metodologias descritas por Foh et al. (2010) e Véga-Galvez et al. (2011), com modificações. Foram misturadas 2 mL de extrato (condição de melhor extração), com 2 mL de 0,15 mM DPPH em etanol 95%. A mistura foi agitada vigorosamente e deixada em repouso, no escuro, por 30 min. A absorbância_{30 min} da solução resultante foi lida em 517nm. As análises foram realizadas em triplicata.

A atividade antioxidante específica foi expressa como a quantidade do radical livre DPPH sequestrado por mg de composto fenólico extraído em 30 min, segundo a Eq. 2.

$$AAE = \frac{1 - \left(\frac{(Abs_{DPPH_{reação}} - Abs_{amostra_{branco}})}{(Abs_{DPPH_{branco}})} \right) \times Ci}{mg \text{ composto fenólico} \cdot tempo} \quad Eq.2$$

ONDE:

Abs_{DPPH_{branco}} é o valor de absorbância de 2 mL etanol 95% misturados com 2 mL solução DPPH 0,15mM;

Abs_{DPPH_{reação}} é o valor de absorbância de 2 mL solução do extrato fenólico misturadas com 2 mL solução DPPH 0,15 mM;

Abs_{amostra_{branco}} é o valor de absorbância de 2 mL solução de extrato fenólico misturados com 2 mL etanol 95%;

Ci é concentração inicial de DPPH em 2 mL ($3,04 \times 10^{-7}$ mols/2mL)

Composto fenólico é a quantidade conhecida em no volume do extrato (mg);

T é o tempo (min) em que a amostra foi deixada em repouso, no caso 30 min.

Os resultados foram expressos em $\mu\text{M}_{\text{DPPHseq}}/\text{g}_{\text{ext.fenólico}}\cdot\text{min}$. As análises foram realizadas em triplicata. O extrato fenólico está representado pela quantidade em gramas de ácido gálico extraído.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPOSIÇÃO DA CASCA *IN NATURA*

Os resultados obtidos para a composição centesimal da casca da moranga cabotiá são mostrados na Tabela 2, onde pode ser observado em base seca um elevado teor de fibras e proteínas se comparado com a moranga inteira, segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2011), que é de 19,13 g/100g e 14,78g/100g, respectivamente, em base seca, demonstrando um alto valor nutricional do resíduo (casca).

TABELA 2: Composição da casca da moranga.

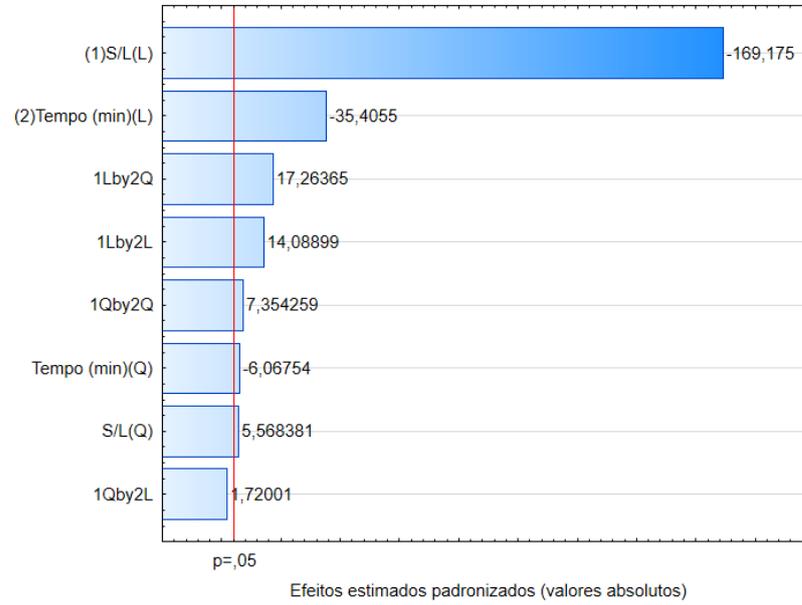
	Base úmida (g/100g)	Base seca (g/100g)
Umidade	78,91±0,06	-
Cinzas	1,47±0,29	6,97±1,37
Carboidratos	9,34±0,71	44,28±3,36
Fibras	5,7±0,38	27,02±1,80
Proteínas	3,94±0,42	18,68±1,99
Lipídeos	0,64±0,08	3,03±0,38

4.2 OTIMIZAÇÃO ESTATÍSTICA DA EXTRAÇÃO

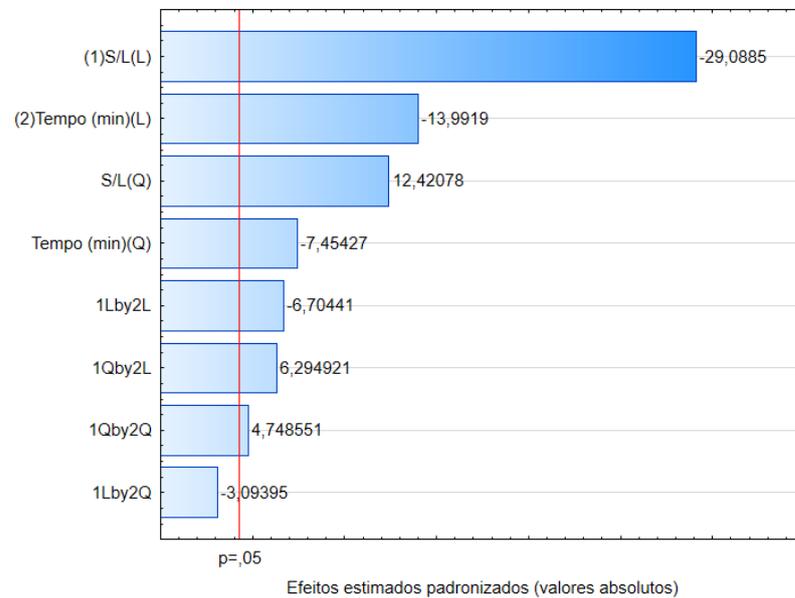
Os resultados das extrações obtidas nos experimentos estão expressos no APÊNDICE A (Tabela A1).

A análise de pareto foi utilizada para verificar a significância ($p \leq 0,05$) dos efeitos principais da relação sólido:líquido (casca:solvente) e tempo de extração, e suas interações, no conteúdo de compostos fenólicos. A Figura 1 apresenta os paretos para a extração dos compostos fenólicos, utilizando água como solvente das amostras *in natura* (Figura 1 (a)), desidratada em secador convectivo (Figura 1 (b)), desidratada na AirFryer (Figura 1 (c)), desidratada em forno convencional (Figura 1 (d)) e desidratada em micro-ondas (Figura 1 (e)).

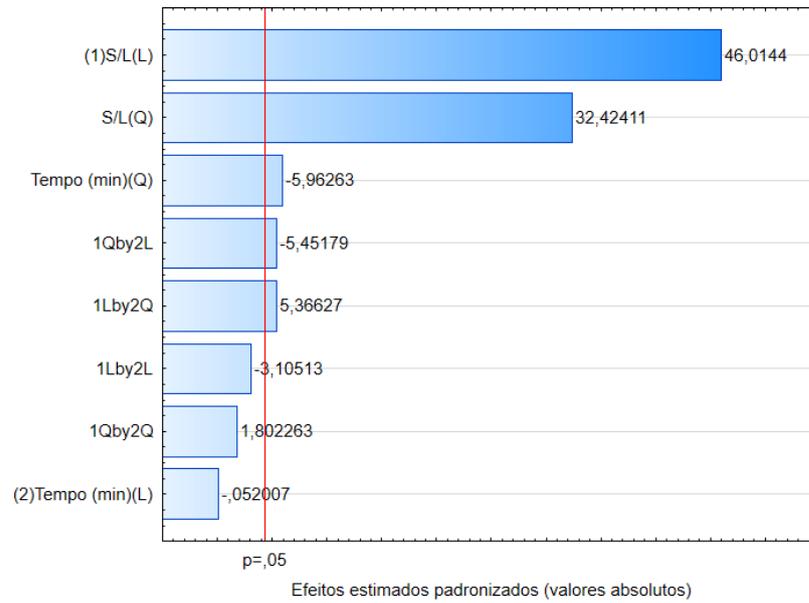
FIGURA 1: Análise de pareto das extrações da casca de moranga utilizando água como solvente.



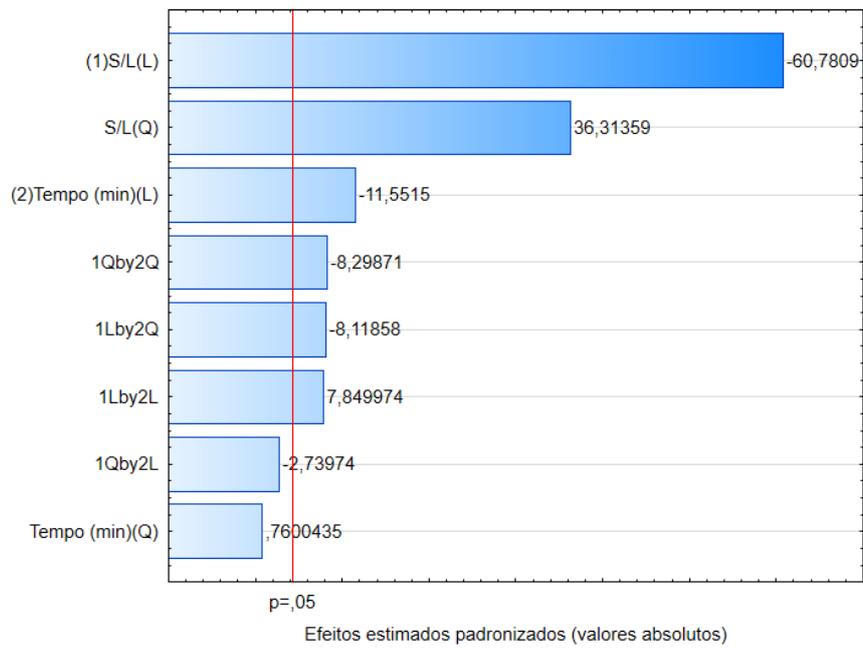
(a) *In natura*



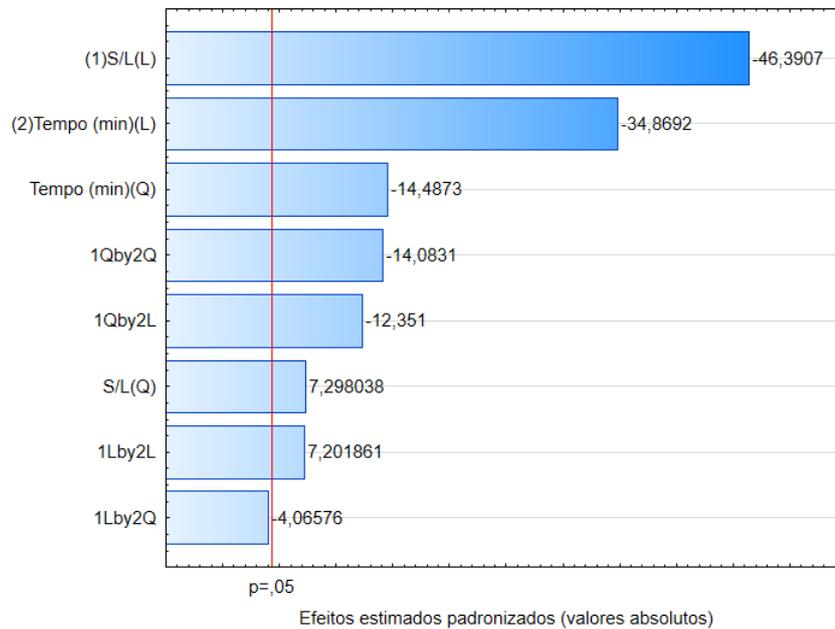
(b) Desidratada em secador convectivo



(c) Desidratada na AirFryer



(d) Desidratada em forno convencional



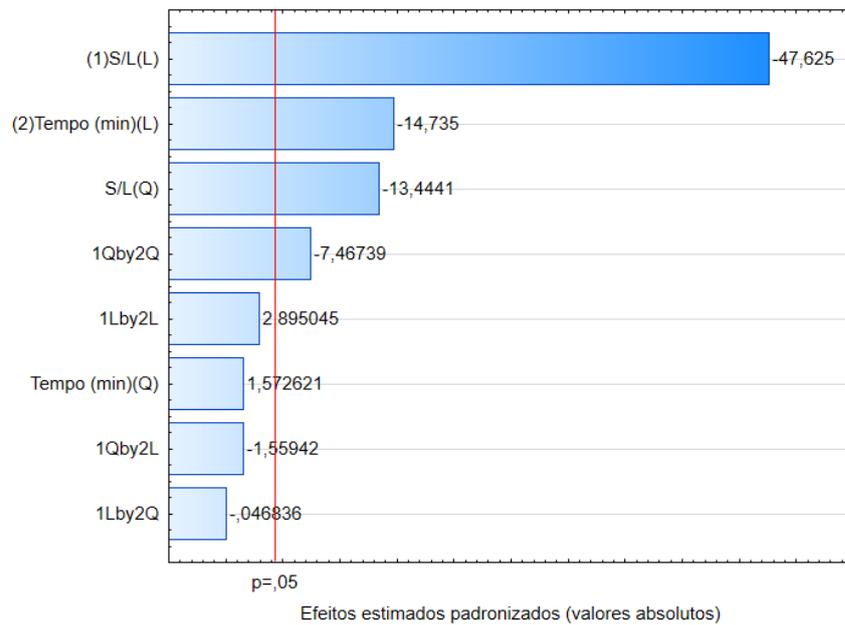
(e) Desidratada em micro-ondas

Fonte: Autor, 2019.

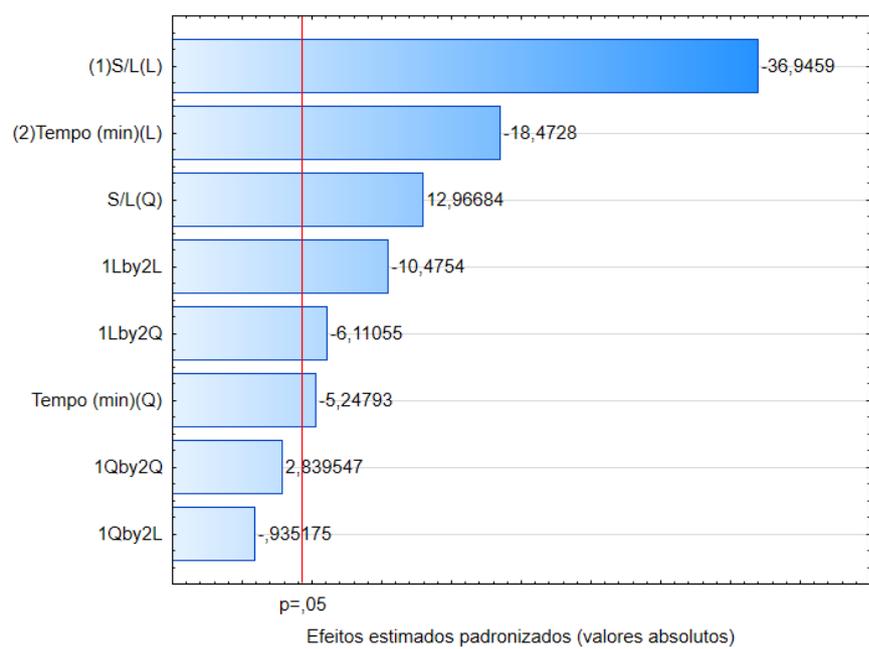
Observando a Figura 1, o efeito da relação sólido:líquido (S:L) linear foi o mais significativamente ($p \leq 0,05$) pronunciado para a extração com água. Variando a relação S:L de -1 (1:9) para +1 (1:3) a quantidade de compostos fenólicos diminui, com exceção da amostra desidratada na airfryer, que aumenta com o aumento da concentração de casca em relação ao solvente. O tempo linear, variando de -1 (20 min) a +1 (60min) influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) de forma negativa no aumento da extração dos compostos fenólicos para a amostra *in natura* (Figura 1 (a)), desidratada no secador (Figura 1 (b)) e desidratada no micro-ondas (Figura 1 (e)), ou seja, o efeito foi negativo.

A Figura 2 apresenta os paretos para a extração dos compostos fenólicos, utilizando acetona como solvente, das amostras *in natura* (Figura 2 (a)), desidratada em secador convectivo (Figura 2 (b)), desidratada na AirFryer (Figura 2 (c)), desidratada em forno convencional (Figura 2 (d)) e desidratada em micro-ondas (Figura 2 (e)).

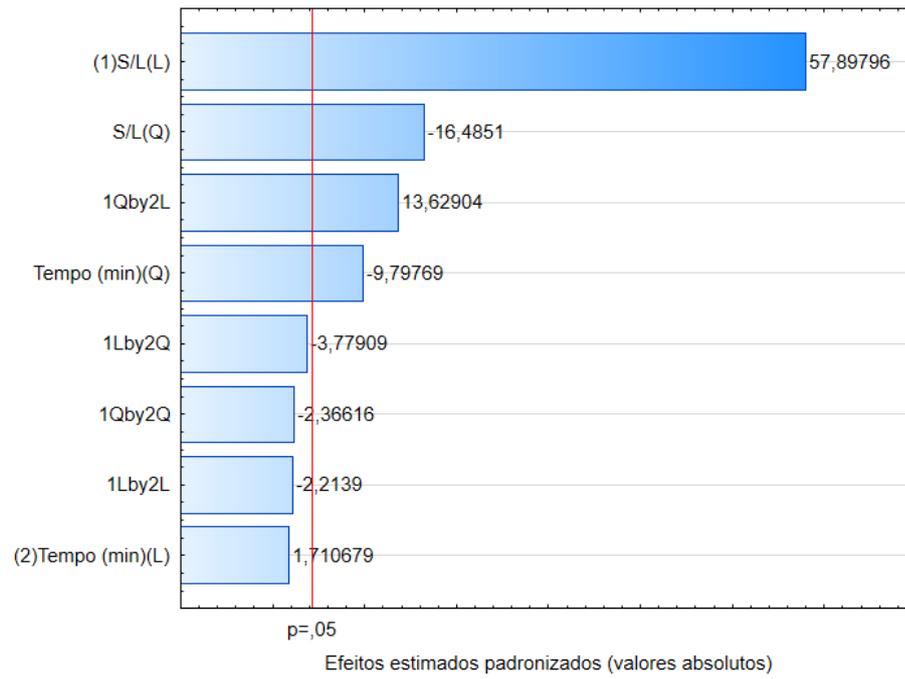
FIGURA 2: Análise de pareto das extrações da casca de moranga utilizando acetona como solvente



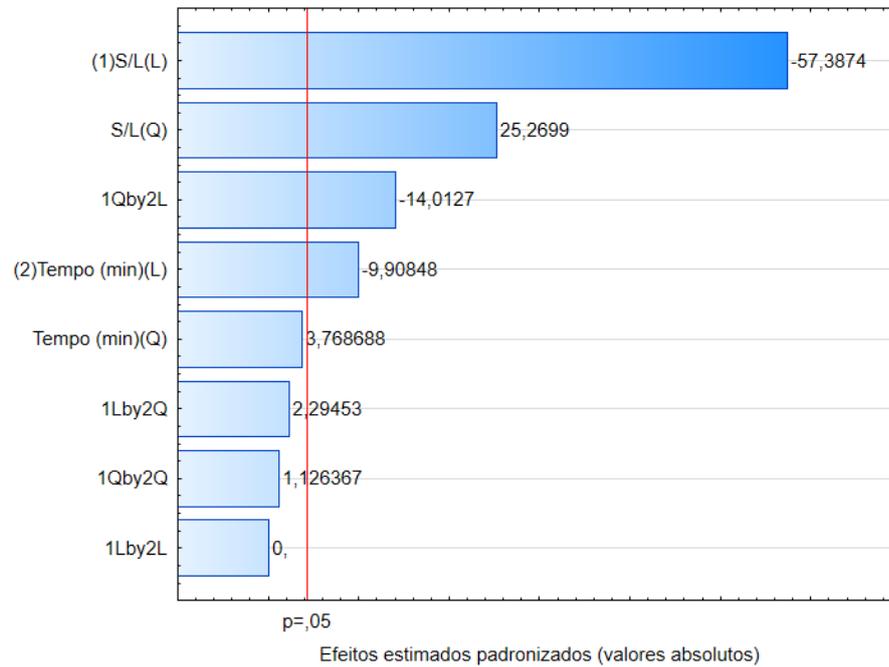
(a) *In natura*



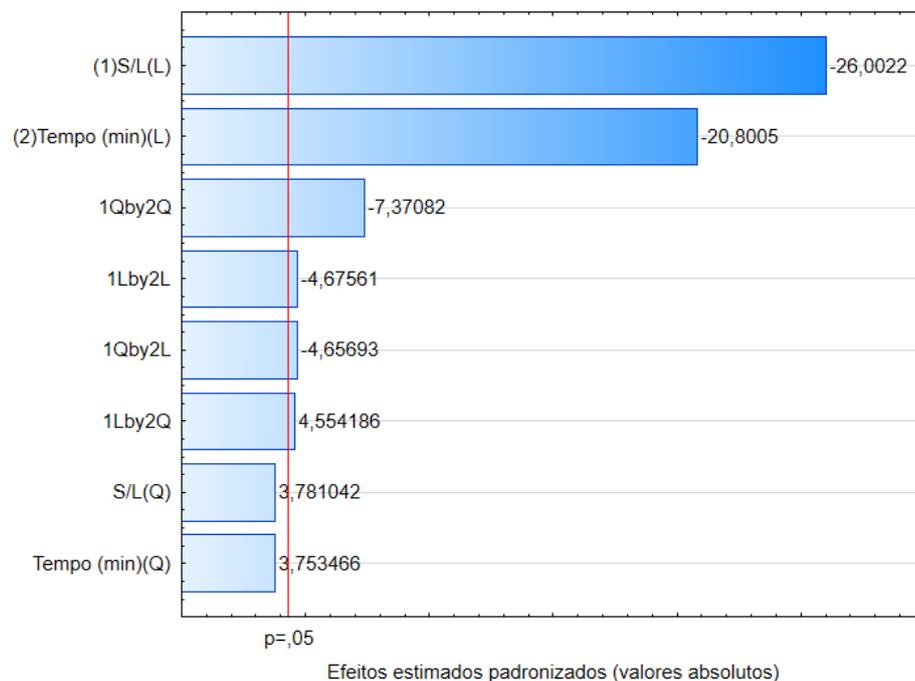
(b) Desidratada em secador convectivo



(c) Desidratada na AirFryer



(d) Desidratada em forno convencional



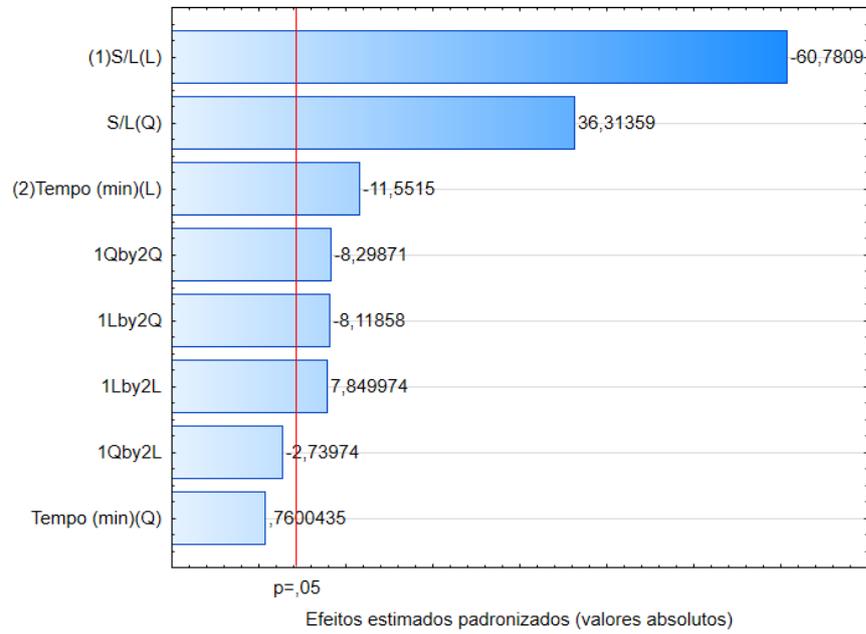
(e) Desidratada em micro-ondas

Fonte: Autor, 2019.

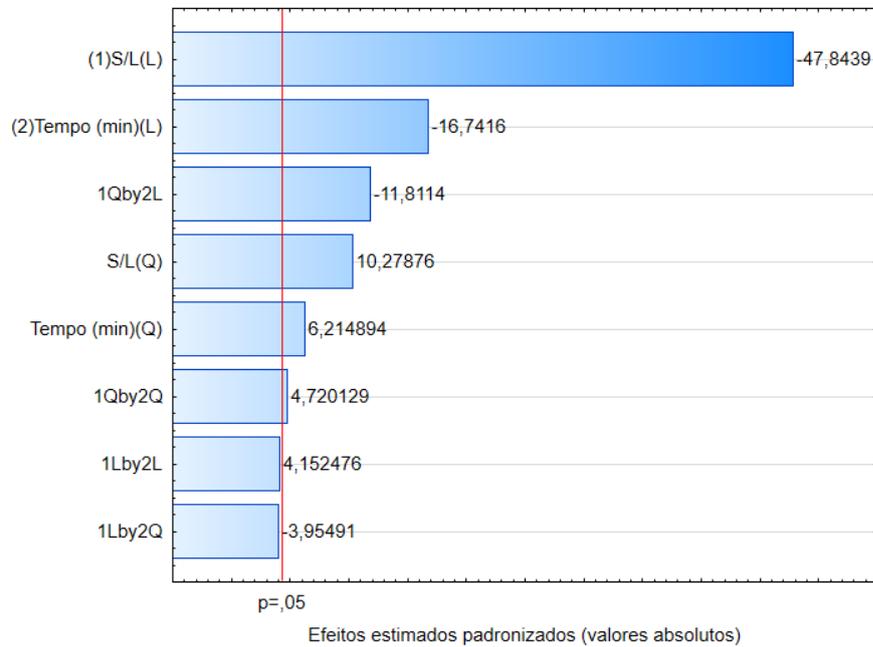
Observando a Figura 2, novamente o efeito da relação sólido:líquido (S:L) linear foi significativamente ($p \leq 0,05$) o mais pronunciado para a extração com acetona. Variando a relação S:L de -1 (1:9) para +1 (1:3) a quantidade de compostos fenólicos diminui, com exceção da amostra desidratada na airfryer, que aumenta com o aumento da concentração de casca em relação ao solvente. Assim como na extração com água, a extração com acetona teve o mesmo efeito em relação ao tempo. O tempo linear, variando de -1 (20 min) a +1 (60min) influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) de forma negativa no aumento da extração dos compostos fenólicos para a amostra *in natura* (Figura 2 (a)), desidratada no secador (Figura 2 (b)) e desidratada no micro-ondas (Figura 2 (e)), ou seja, aumentando o tempo não há aumento na extração dos compostos fenólicos.

A Figura 3 apresenta os paretos para a extração dos compostos fenólicos, utilizando álcool como solvente, das amostras *in natura* (Figura 3 (a)), desidratada em secador convectivo (Figura 3 (b)), desidratada na AirFryer (Figura 3 (c)), desidratada em forno convencional (Figura 3 (d)) e desidratada em micro-ondas (Figura 3 (e)).

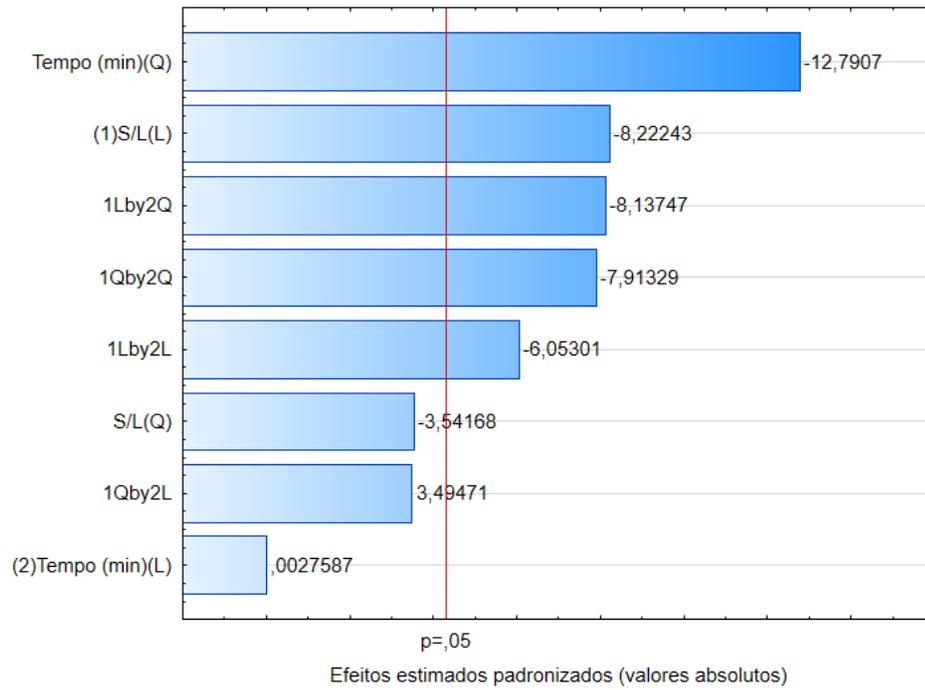
FIGURA 3: Análise de pareto das extrações da casca de moranga utilizando álcool como solvente.



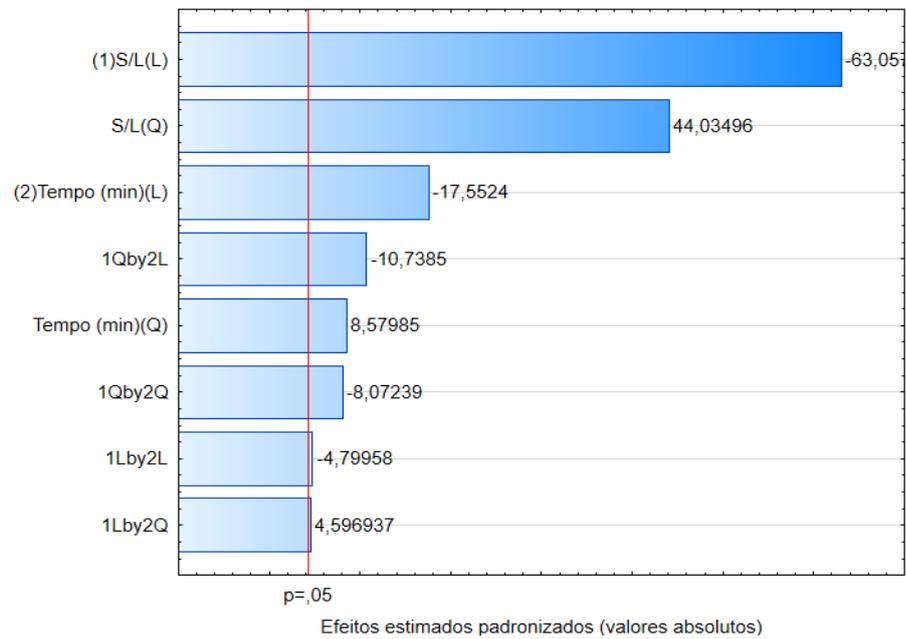
(a) *In natura*



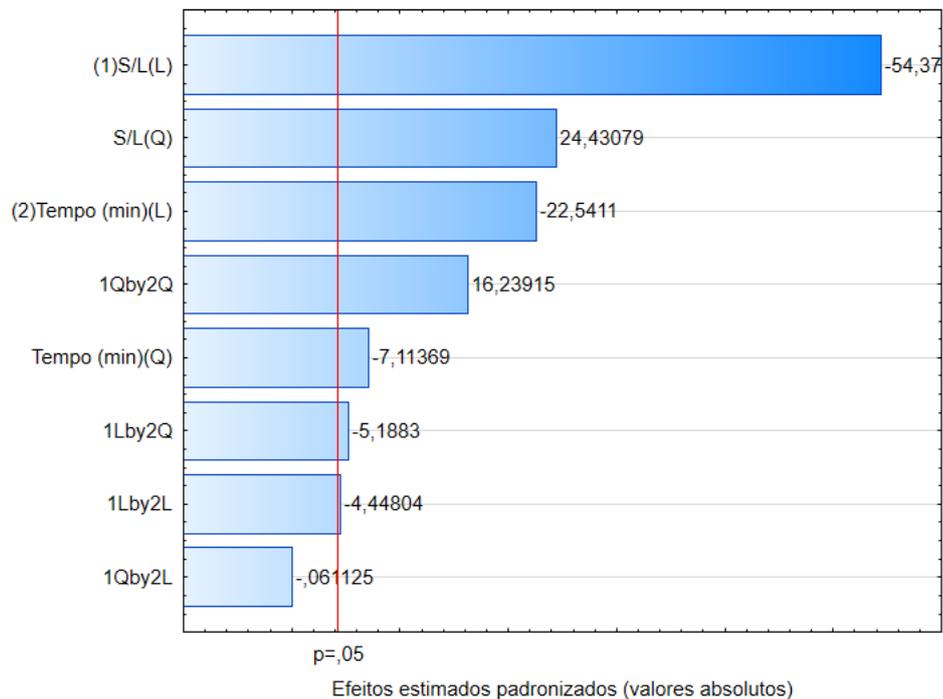
(b) Desidratada em secador convectivo



(c) Desidratada na AirFryer



(d) Desidratada em forno convencional



(e) Desidratada em micro-ondas

Fonte: Autor, 2019.

Observando a Figura 3, novamente o efeito da relação sólido:líquido (S:L) linear foi significativamente ($p \leq 0,05$) o mais pronunciado para a extração com álcool. Variando a relação S:L de -1 (1:9) para +1(1:3) a quantidade de compostos fenólicos diminui, com exceção da amostra desidratada na airfryer, que o significativo ($p \leq 0,05$) maior efeito foi no tempo quadrático, aumentando o tempo de -1 (20min) para 0 (40 min) não há aumento na extração.

Os resultados obtidos para as respostas avaliadas (Tabela A1), foram ajustados por uma análise de regressão múltipla para modelos quadráticos (Equação 1), considerando apenas os efeitos significativos ($p \leq 0,05$), conforme apresentado nas Equações de 3 à 17 na Tabela 3.

TABELA 3: Modelos quadráticos obtidos através dos dados experimentais.

Solvente/amostra	Modelo matemático gerado	Equação
Água/in natura	$Y(\text{mgác.gálico/L})=16,10-1,287*X_1-0,213*X_1^2-0,314*X_2-0,048*X_2^2+0,153X_1*X_2-0,325*X_1*X_2^2+0,201*X_1^2*X_2^2$	(3)
Água/secador	$Y(\text{mgác.gálico/L})=12,67-1,107*X_1-0,999*X_1^2-0,168*X_1+0,051*X_2^2-0,271*X_1*X_2+0,217*X_1*y^2-0,441*X_1^2*X_2+0,504*X_1^2*X_2^2$	(4)
Água/Airfryer	$Y(\text{mgác.gálico/L})=18,04+0,899*X_1-0,882X_1^2+0,146*X_2^2-0,191* X_1*X_2^2 X_1*X_2^2+0,063* X_1^2*X_2$	(5)
Água/forno convencional	$Y(\text{mgác.gálico/L})=12,27-1,341*X_1-0,878*X_1^2-0,214*X_2+0,178*X_1*X_2+0,319*X_1*X_2^2-0,180*X_1^2*X_2^2$	(6)
Água/micro-ondas	$Y(\text{mgác.gálico/L})=9,54-0,380*X_1+0,141*X_1^2-0,428*X_2+0,426*X_2^2+0,072*X_1*X_2+0,214*X_1^2*X_2-0,355*X_1^2*X_2^2$	(7)
Acetona/in natura	$Y(\text{mgác.gálico/L})=15,80-0,823*X_1+0,548*X_1^2-0,254*X_2-0,176*X_1^2*X_2^2$	(8)
Acetona/secador	$Y(\text{mgác.gálico/L})=15,18-1,557*x-0,750*X_1^2-0,631*X_2+0,244*X_2^2-0,438*X_1*X_2+0,442*X_1*X_2^2$	(9)
Acetona/Airfryer	$Y(\text{mgác.gálico/L})=17,92+0,718*X_1+0,339*X_1^2+0,207*X_2^2-0,098*X_1^2*X_2$	(10)
Acetona/forno convencional	$Y(\text{mgác.gálico/L})=12,38-0,827*X_1-0,614*X_1^2-0,428*X_2+0,428*X_1^2*X_2$	(11)
Acetona/micro-ondas	$Y(\text{mgác.gálico/L})=9,96-0,357*X_1-0,501*X_2-0,104*X_1*X_2-0,176*X_1*X_2^2+0,180*X_1^2*X_2-0,177*X_1^2*X_2^2$	(12)
Álcool/in natura	$Y(\text{mgác.gálico/L})=14,28-0,803*X_1+0,095*X_1^2-0,267*X_2+0,034*X_2^2+0,146*X_1*X_2^2-0,407*X_1^2*X_2^2$	(13)
Álcool/secador	$Y(\text{mgác.gálico/L})=13,87-0,787*X_1-0,430*X_1^2-0,550*X_2-0,323*X_2^2+0,412*X_1^2*X_2+0,239*X_1^2*X_2^2$	(14)
Álcool/Airfryer	$Y(\text{mgác.gálico/L})=16,31-0,254*x+0,360*X_2^2-0,095*X_1*X_2+0,222*X_1*X_2^2-0,0318*X_1^2*X_2^2$	(15)
Álcool/forno convencional	$Y(\text{mgác.gálico/L})=11,833-0,982*X_1-0,934*X_1^2-0,568*X_2+0,049*X_2^2-0,102*X_1*X_2-0,169*X_1*X_2^2+0,395*X_1^2*X_2-0,432*X_1^2*X_2^2$	(16)
Álcool/micro-ondas	$Y(\text{mgác.gálico/L})=9,814-0,775*X_1-0,909*X_1^2-0,283*X_2-0,276*X_2^2-0,068*X_1*X_2+0,138*X_1*X_2^2+0,628*x^2*X_2^2$	(17)

Onde Y_i é a resposta concentração de compostos fenólicos (em valor real), X_1 e X_2 são as variáveis relação S:L e tempo (codificadas), respectivamente.

Os resultados da análise de variância dos efeitos e interações entre os fatores S:L e tempo e a validade do modelo proposto para a variável resposta concentração de compostos fenólicos extraídos, nos diferentes solventes e diferentes condições de desidratação, estão dispostos na Tabela 4.

TABELA 4: Análise de variância (ANOVA) para os modelos estatísticos de extração dos compostos fenólicos nos diferentes solventes e diferentes métodos de desidratação.

Solvente água: <i>in natura</i>						
Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R²
X1- S:L (L+Q)	13,598	2	6,799	14325,53	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,612	2	0,306	645,18	0,001	
X1 * X2	0,261	3	0,087	183,54	0,005	
Falta de ajuste	0,001	1	0,001	2,96	0,227	
Erro Puro	<0,001	2	<0,001			
Total	14,474	10				
Solvente água: secador convectivo						
Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R²
X1- S:L (L+Q)	6,575	2	3,287	500,207	0,002	0,99
X2- Tempo (L+Q)	1,651	2	0,825	125,669	0,007	
X1 * X2	0,704	3	0,234	35,707	0,027	
Falta de ajuste	0,062	1	0,062	9,572	0,090	
Erro Puro	0,013	2	0,006			
Total	9,007	10				
Solvente água: airfryer						
Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R²
X1- S:L (L+Q)	5,551	2	2,775	1643,049	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,054	1	0,054	32,343	0,029	
X1 * X2	0,098	2	0,049	29,259	0,033	
Falta de ajuste	0,021	3	0,007	4,298	0,194	
Erro Puro	0,003	2	0,001			
Total	5,696	10				

Solvente água: forno convencional

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	10,476	2	5,238	2532,02	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,276	1	0,276	133,43	0,007	
X1 * X2	0,410	3	0,136	66,06	0,014	
Falta de ajuste	0,016	2	0,008	4,04	0,198	
Erro Puro	0,004	2	0,002			
Total	11,073	10				

Solvente água: micro-ondas

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	0,888	2	0,444	1102,67	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,574	2	0,287	712,87	0,001	
X1 * X2	0,162	3	0,054	134,24	0,007	
Falta de ajuste	0,006	1	0,006	16,53	0,055	
Erro Puro	<0,001	2	<0,001			
Total	1,673	10				

Solvente acetona: *in natura*

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	4,386	2	2,193	1223,51	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,389	1	0,389	217,12	0,004	
X1 * X2	0,095	1	0,095	53,50	0,018	
Falta de ajuste	0,023	4	0,005	3,32	0,244	
Erro Puro	0,003	2	0,001			
Total	5,084	10				

Solvente acetona: secador convectivo

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	10,984	2	5,492	784,28	0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	2,541	2	1,270	181,44	0,005	
X1 * X2	1,029	2	0,514	73,53	0,013	
Falta de ajuste	0,062	2	0,031	4,46	0,182	
Erro Puro	0,014	2	0,007			
Total	14,48603	10				

Solvente acetona: airfryer

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	3,391	2	1,695	1834,31	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,108	1	0,108	117,56	0,008	
X1 * X2	0,171	1	0,171	185,75	0,005	
Falta de ajuste	0,025	4	0,006	6,92	0,130	
Erro Puro	0,001	2	<0,001			
Total	3,832	10				

Solvente acetona: forno convencional

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	5,144	2	2,572	2059,49	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,122	1	0,122	98,17	0,010	
X1 * X2	0,245	1	0,245	196,35	0,005	
Falta de ajuste	0,030	4	0,007	6,10	0,145	
Erro Puro	0,002	2	0,001			
Total	5,544	10				

Solvente acetona: micro-ondas

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	1,356	1	1,356	676,11	0,001	0,97
X2- Tempo (L+Q)	0,868	1	0,868	432,66	0,002	
X1 * X2	0,187	4	0,046	23,37	0,041	
Falta de ajuste	0,068	2	0,034	17,18	0,055	
Erro Puro	0,004	2	0,002			
Total	2,485	10				

Solvente álcool: in natura

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	3,059	2	1,529	2359,55	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,559	2	0,279	431,81	0,002	
X1 * X2	0,133	2	0,066	102,78	0,009	
Falta de ajuste	0,004	2	0,002	3,81	0,207	
Erro Puro	0,001	2	<0,001			
Total	3,7125	10				

Solvente álcool: secador convectivo

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	3,900	2	1,950	919,47	0,001	0,98
X2- Tempo (L+Q)	0,522	2	0,261	123,27	0,008	
X1 * X2	0,268	2	0,134	63,27	0,015	
Falta de ajuste	0,053	2	0,026	12,60	0,073	
Erro Puro	0,004	2	0,002			
Total	4,977	10				

Solvente álcool:airfryer

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	0,067	1	0,067	67,60	0,014	0,96
X2- Tempo (L+Q)	0,185	1	0,185	185,34	0,005	
X1 * X2	0,187	3	0,062	62,59	0,015	
Falta de ajuste	0,024	3	0,008	8,25	0,110	
Erro Puro	0,0022	2	0,001			
Total	0,596	10				

Solvente álcool: forno convencional

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R ²
X1- S:L (L+Q)	10,706	2	5,350	2957,68	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,690	2	0,345	190,85	0,005	
X1 * X2	0,406	4	0,101	56,16	0,017	
Falta de ajuste	0,003	2	0,001			
Erro Puro	12,232	10				
Total						

Solvente álcool: micro-ondas

Fatores	SQ	GL	MQ	F	p*	R ²
X1- S:L (L+Q)	3,365	2	1,682	1776,59	<0,001	0,99
X2- Tempo (L+Q)	0,529	2	0,264	279,35	0,003	
X1 * X2	0,294	3	0,098	103,47	0,009	
Falta de ajuste	<0,001	1	<0,001	0,004	0,956	
Erro Puro	0,001	2	<0,001			
Total	4,453	10				

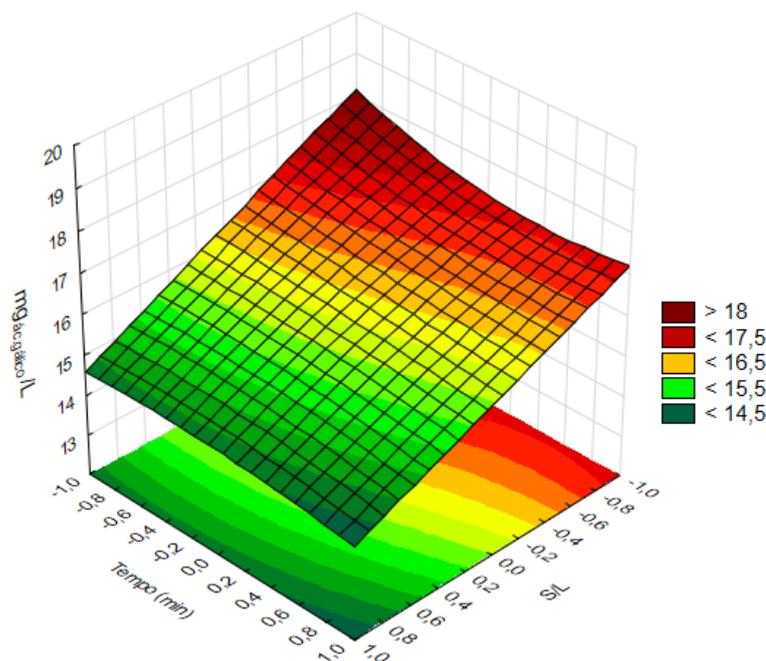
SQ: soma quadrática; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; Fc: F calculado; p* significância Teste de Fisher F a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), onde, para todos os experimentos acima foi Ftabelado=8,48.

A validade dos modelos propostos foi verificada através de análise de variância (Tabela 4). Constatou-se que todos os modelos obtidos para os diferentes solventes e desidratação foram estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$), apresentando

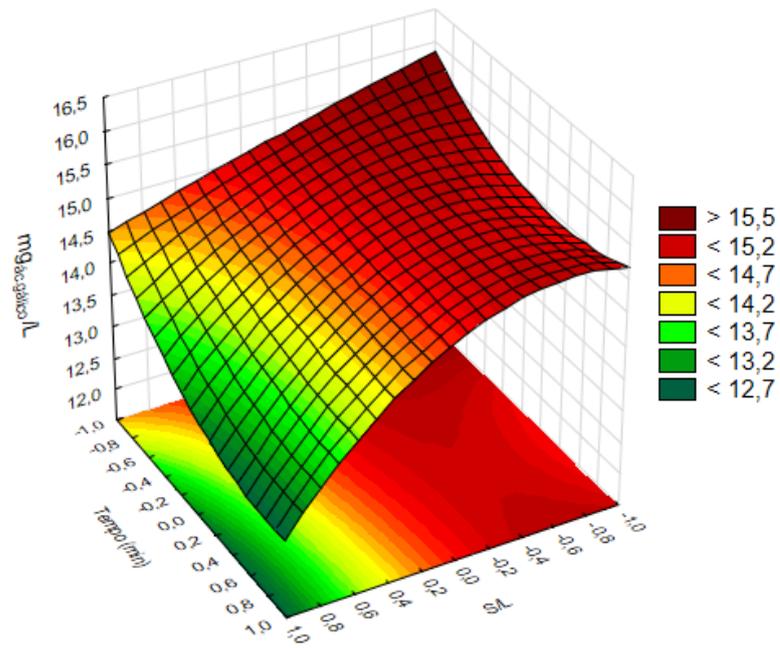
coeficientes de determinação (R^2) foram superiores a 0,96. Através do teste “F” de Fisher, verifica-se que todos os modelos construídos, apresentaram, a 95% de confiança, F_c superior ao F_t . Um modelo teórico pode ser considerado preditivo quando apresenta um valor $F_{\text{calculado}}$ superior a pelo menos 3-5 vezes o valor de F_{tabelado} (KHURY & CORNELL, 1996). Estes valores definem um ajuste satisfatório do modelo aos dados experimentais, o que ocorreu para todos os experimentos.

Sendo os modelos obtidos preditivos, para a resposta de interesse, pôde-se construir as superfícies de resposta visando a otimização da extração dos compostos fenólicos. A Figura 4 apresenta a otimização de extração dos compostos para a solvente água em: *in natura* (Figura 4 (a)); desidratada em secador convectivo (Figura 4 (b)); desidratada em airfryer (Figura 4 (c)); desidratada em forno convencional (Figura 4 (d)); desidratada em micro-ondas (Figura 4 (e)).

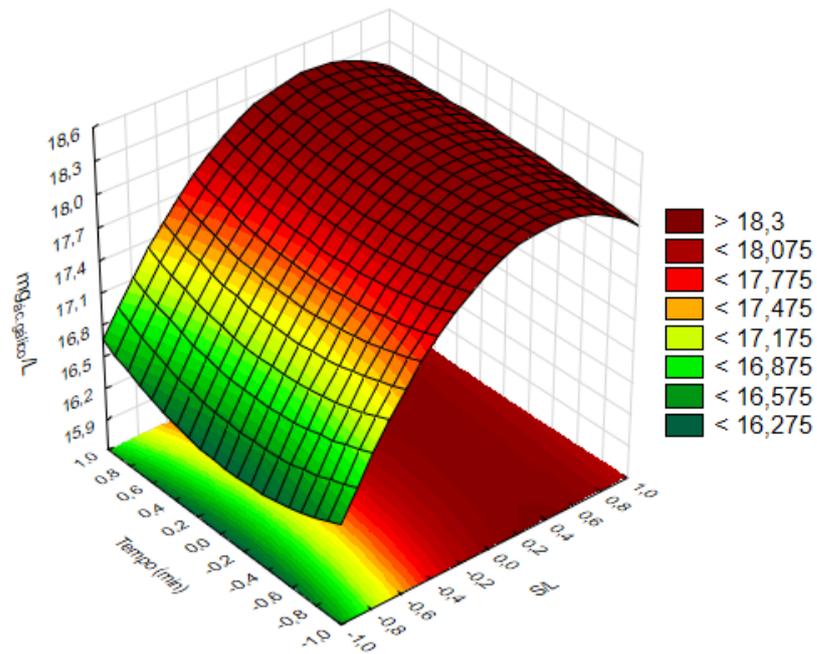
FIGURA 4: Superfícies de respostas utilizando água como solvente na amostra *in natura* e nas diferentes condições de desidratação.



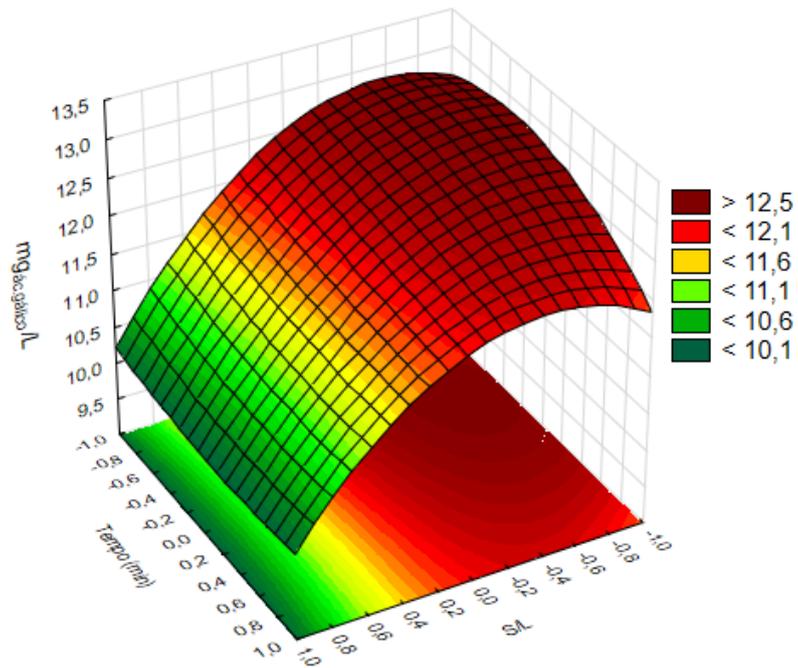
(a) *In natura*



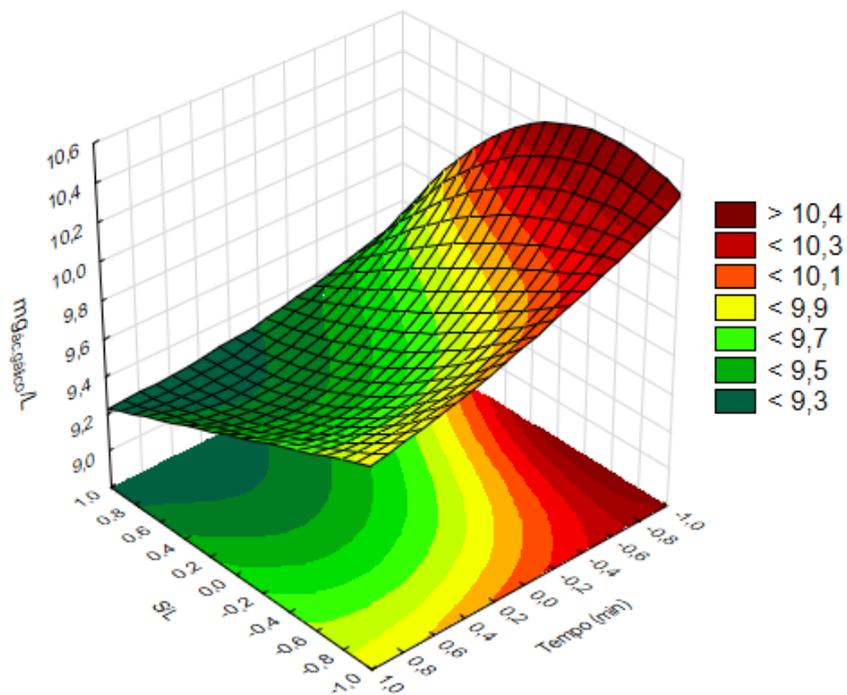
(b) Desidratada em secador convectivo



(c) Desidratada na AirFryer



(d) Desidratada em forno convencional



(e) Desidratada em micro-ondas

Fonte: Autor, 2019.

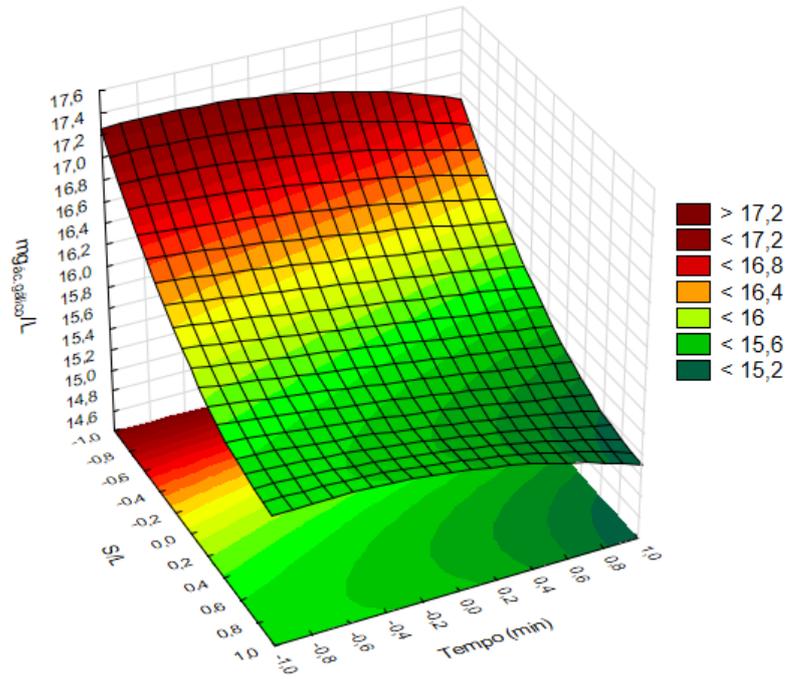
Observando a Figura 4 (a), (b), (d) e (e) para as amostras *in natura*, desidratada em secador convectivo, forno convencional e micro-ondas, respectivamente,

utilizando a água como solvente, a melhor condição de extração, para ambos experimentos, se deu no menor tempo (-1) 20 min e relação sólido:líquido (-1) 1:9. Os valores observados de compostos fenólicos nas condições ótimas foram de aproximadamente 18 mg_{ácido gálico}/L para a amostra *in natura*, 15,5 mg_{ácido gálico}/L para a desidratada em secador convectivo, 12,5 mg_{ácido gálico}/L para a amostra do forno convencional e 10,4 mg_{ácido gálico}/L para micro-ondas, indicando diferentes concentrações conforme o tipo de operação de desidratação. Já para a amostra desidratada na airfryer (Figura 4 (c)) a melhor condição de extração se deu no menor tempo (-1) 20 min e relação sólido:líquido (0,4) 1:4,8, atingindo valores de aproximadamente 18,3 mg_{ácido gálico}/L, superior a *in natura*, o que poderia ser justificada pelo tamanho de partícula, já que a *in natura* é processada em liquidificador obtendo-se uma pasta, tendo em vista não sendo possível passar por uma abertura padronizada de peneira e também pelo conteúdo de água ligada na amostra nas multicamadas.0

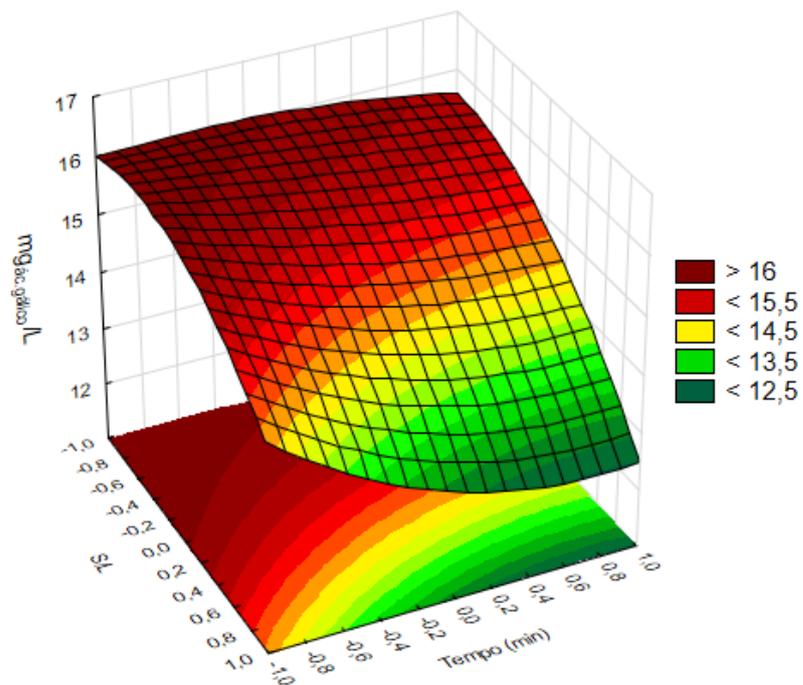
A Figura 5 apresenta a otimização de extração dos compostos para o solvente acetona em: *in natura* (Figura 5 (a)); desidratada em secador convectivo (Figura 5 (b)); desidratada em airfryer (Figura 5 (c)); desidratada em forno convencional (Figura 5 (d)); desidratada em micro-ondas (Figura 5 (e)).

Com base na Figura 5 (a) e (b) para as amostras *in natura* e desidratada em secador convectivo, utilizando a acetona como solvente, a melhor condição de extração, para ambos experimentos, se deu no menor tempo (-1) 20 min e relação sólido:líquido (-1) 1:9. Os valores observados de compostos fenólicos nas condições ótimas foram de aproximadamente 17,2 mg_{ácido gálico}/L para a amostra *in natura*, 16 mg_{ácido gálico}/L para a desidratada em secador convectivo. Para as amostras desidratadas na airfryer e micro-ondas a melhor região de trabalho se deu no menor tempo (-1) 20 min e maior relação sólido:líquido (+1) 1:3 (três partes de solvente para uma de casca), alcançando valores de aproximadamente 19,2 mg_{ácido gálico}/L (airfryer) e 10,5 mg_{ácido gálico}/L para micro-ondas. Novamente a extração da amostra desidratada na airfryer foi superior a *in natura* e a amostra do micro-ondas alcançou valores semelhantes ao utilizar água como solvente. Para o forno convencional, a melhor condição de extração foi observada na região de menor tempo (-1) 20 min e relação sólido:líquido (+0,4) 1:4,8.

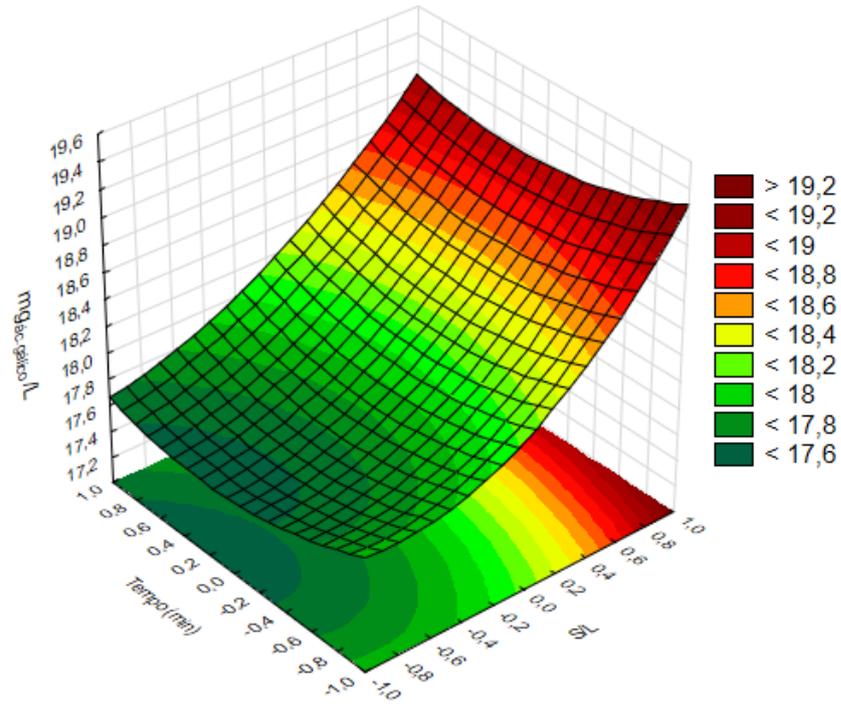
FIGURA 5: Superfícies de respostas utilizando acetona como solvente na amostra *in natura* e nas diferentes condições de desidratação.



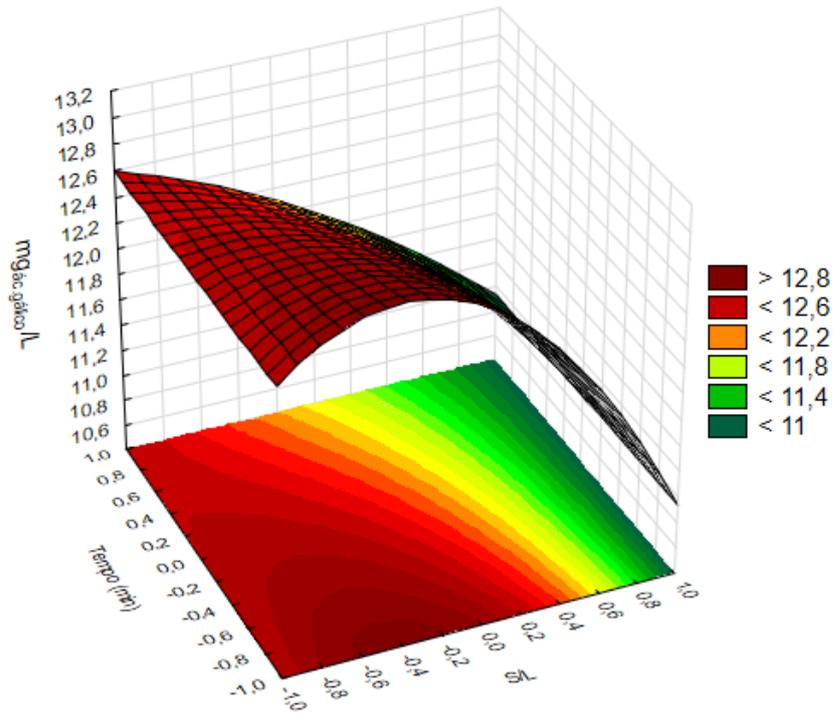
(a) *In natura*



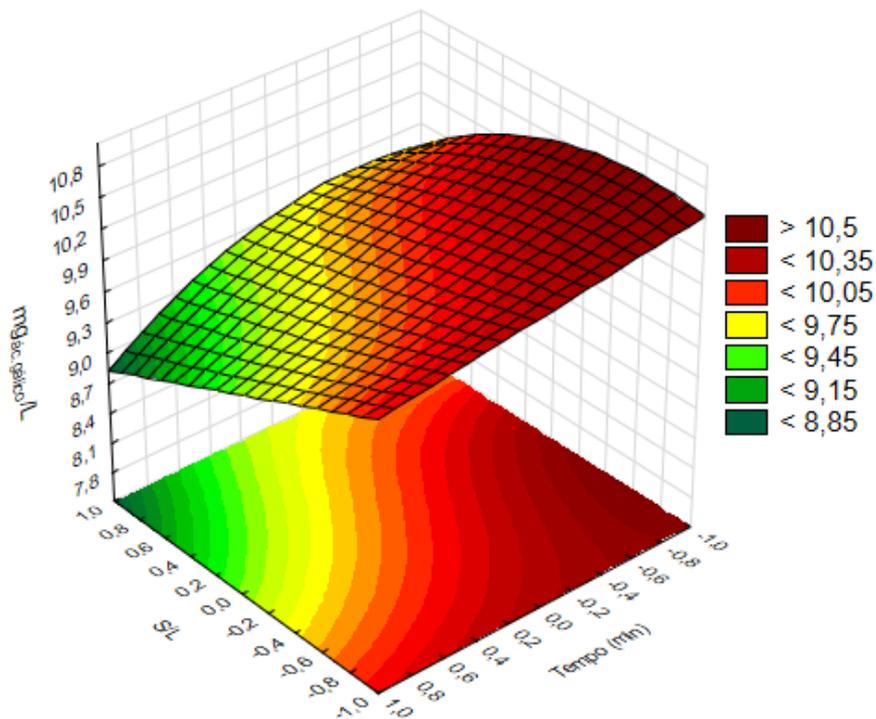
(b) Desidratada em secador convectivo



(c) Desidratada na AirFryer



(d) Desidratada em forno convencional



(e) Desidratada em micro-ondas

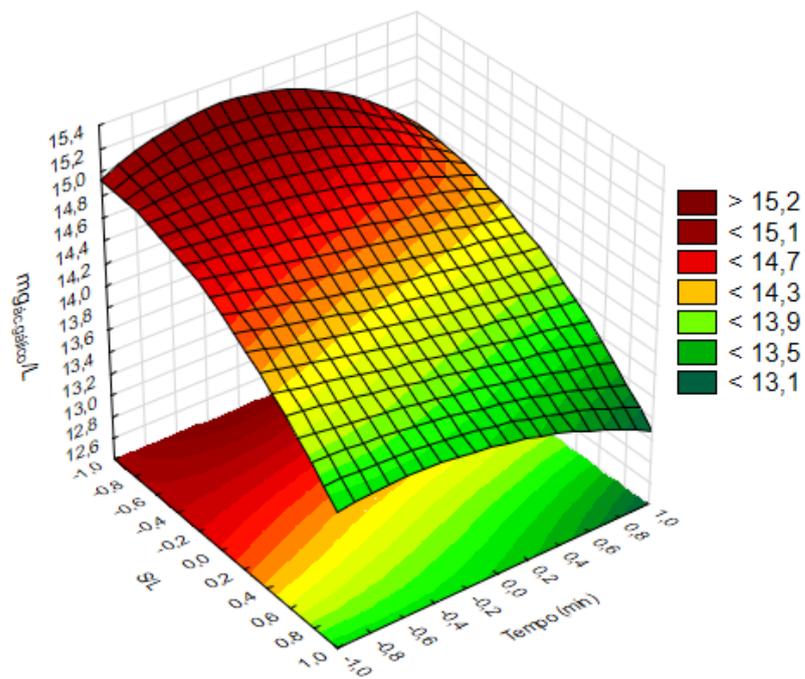
Fonte: Autor, 2019.

A Figura 6 apresenta a otimização de extração dos compostos para o solvente álcool em: *in natura* (Figura 6 (a)); desidratada em secador convectivo (Figura 6 (b)); desidratada em airfryer (Figura 6 (c)); desidratada em forno convencional (Figura 6 (d)); desidratada em micro-ondas (Figura 6 (e)).

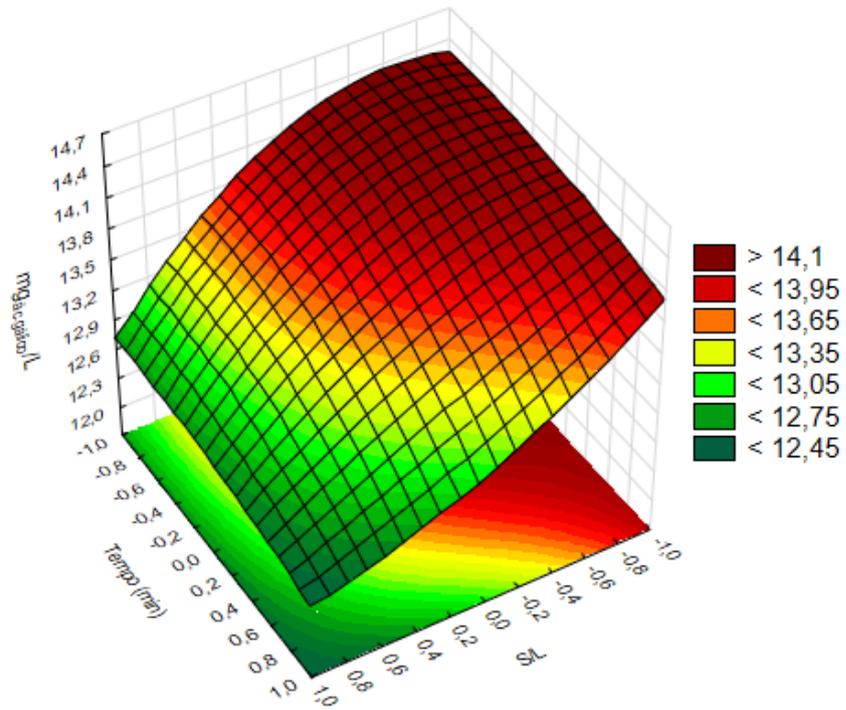
Observando a Figura 6 (a) para a amostra *in natura*, utilizando álcool como solvente, a melhor condição de extração foi no tempo (-0,4) 32 min e relação S/L(-1) 1:9, atingindo valores de aproximadamente 15,2 mg ácido gálico/L. Para o secador convectivo (Figura 6 (b)) a melhor condição foi no menor tempo (-1) 20 min e relação sólido:líquido (-1) 1:9 obtendo-se aproximadamente 14,1 mg ácido gálico/L. Para a amostra da airfryer (Figura 6 (c)) as melhores condições de extração, utilizando álcool como solvente, foram em ambas situações: tempo (-1) 20 min e relação sólido:líquido (+1) 1:3 e tempo (+1) 60 min e relação sólido:líquido (-1) 1:9. Em ambos os casos a concentração alcançada foi de aproximadamente 16,7 mg ácido gálico/L, entretanto se analisarmos em termos de custo é melhor menos tempo de extração com menos solvente utilizado (tempo -1 e S:L +1).

Avaliando a amostra do forno convencional (Figura 6(d)), a melhor condição de extração se deu no menor tempo (-1) 20 min e S:L (-0,4) 1:7,2, atingindo valores próximos a 12,5 mg_{ácido gálico}/L. Para a amostra desidratada em micro-ondas (Figura 6(e)) a melhor condição de extração se deu no menor tempo (-1) 20 min e S:L (-0,8) 1:8,4, atingindo valores próximos a 10 mg_{ácido gálico}/L. A extração utilizando álcool como solvente indicou ser menos eficiente que a água e acetona.

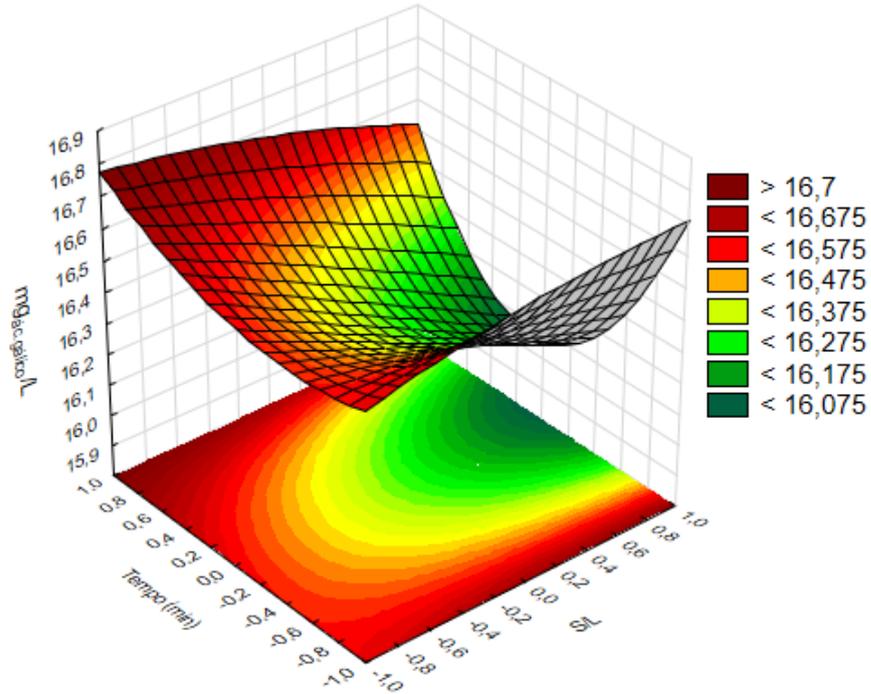
FIGURA 6: Superfícies de respostas utilizando álcool como solvente na amostra *in natura* e nas diferentes condições de desidratação.



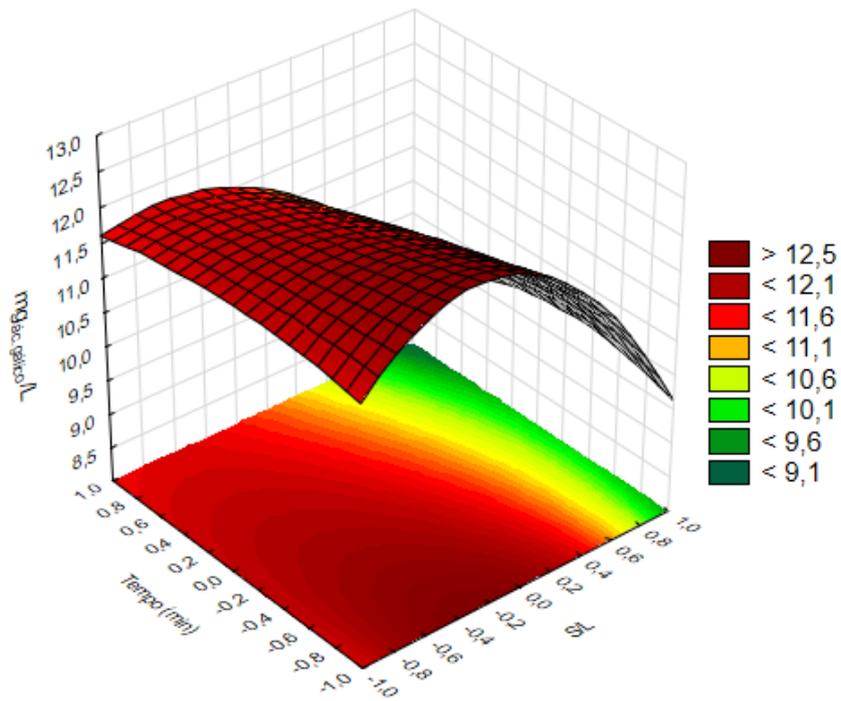
(a) *In natura*



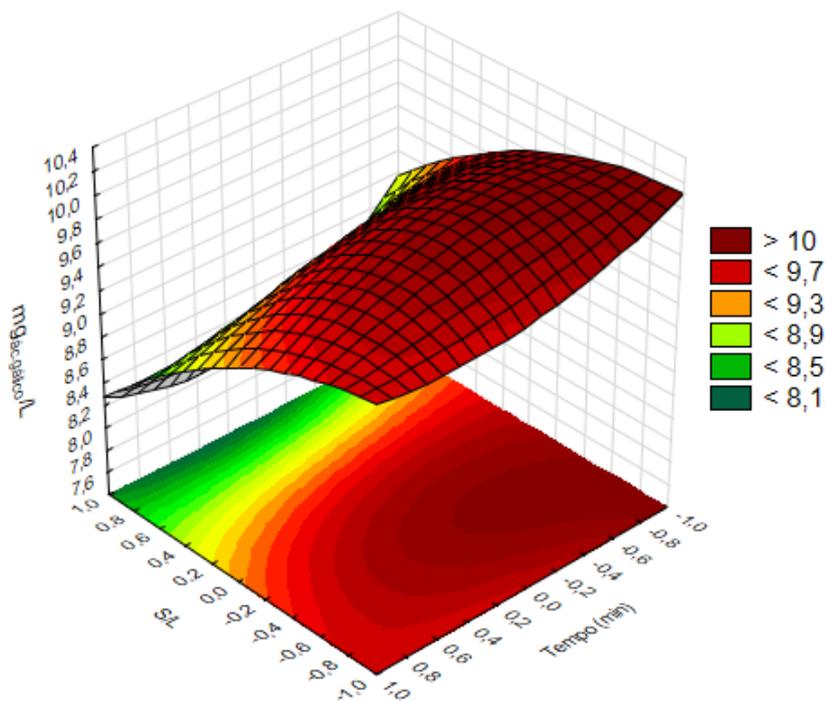
(b) Desidratada em secador convectivo



(c) Desidratada na AirFryer



(d) Desidratada em forno convencional



(e) Desidratada em micro-ondas

Fonte: Autor, 2019.

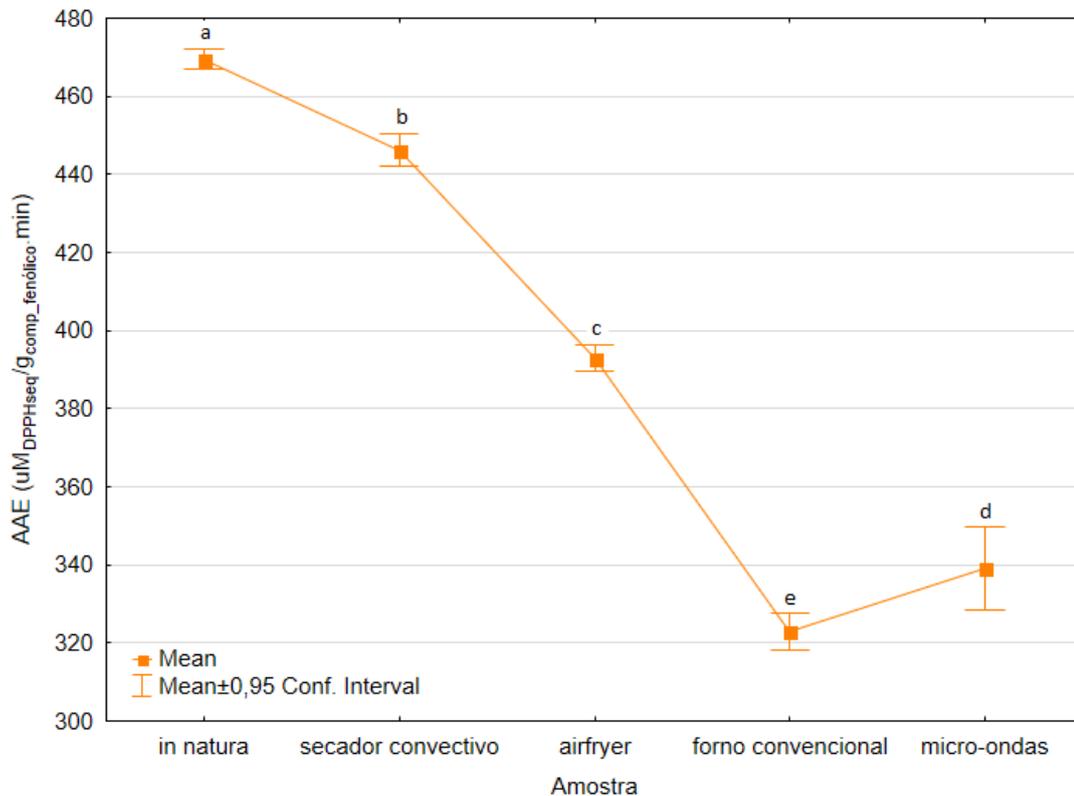
Transformando os dados obtidos na condição de extração de casca solvente 1:9 e tempo de 20 min, para as amostras in natura, obtivemos aproximadamente $20 \text{ mg}_{\text{composto fenólico}}/100 \text{ g}_{\text{amostra base seca}}$, $19,5 \text{ mg}_{\text{composto fenólico}}/100 \text{ g}_{\text{amostra base seca}}$ e $18 \text{ mg}_{\text{composto fenólico}}/100 \text{ g}_{\text{amostra base seca}}$, nos solventes água, acetona e álcool, respectivamente. Sousa et al. (2010), avaliando os compostos fenólicos totais de buriti em extrato aquoso e alcoólico, encontraram concentrações de aproximadamente $27,8 \text{ mg}/100 \text{ g}_{\text{buriti}}$ (extrato aquoso) e $15,4 \text{ mg}/100 \text{ g}_{\text{buriti}}$ (extrato alcoólico), mostrando que a solução aquosa também apresentou ter melhor poder extrator para compostos fenólicos.

Um estudo realizado por Barbosa (2015), no qual foram avaliados os compostos bioativos e capacidade antioxidante em abóboras-gila (*Cucurbita ficifolia*-Bouché), foi observado concentrações variando de 37,2 a 40 mg/100g de compostos fenólicos na casca. Valduga (2017) avaliando os compostos fenólicos de diversas variedades crioulas de Cucurbitaceae observou concentrações de compostos fenólicos variando de 16,8 a 65,5 mg/100g, dependendo da variedade, estando os resultados do presente estudo semelhantes aos da literatura. Este mesmo autor relatou elevada correlação entre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante.

4.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A metodologia com o radical DPPH baseia-se na transferência de elétrons de um composto antioxidante para um radical livre, o DPPH, que ocorre devido à redução desse radical, pela ação do antioxidante (BRAND-WILLIAMS et al., 1995), desta forma avaliando apenas o poder redutor do antioxidante. Para a avaliação da atividade antioxidante nos diferentes métodos de desidratação foi utilizada as amostras das melhores condições de extração utilizando a água como solvente. Foram utilizados 2mL de extrato na reação ajustados com exatamente a mesma quantidade de compostos fenólicos. A Figura 7 apresenta os resultados médios obtidos de atividade antioxidante específica (AAE) para as amostras *in natura*, desidratada em secador convectivo, airfryer, forno convencional e micro-ondas.

FIGURA 7: Média e desvio padrão da atividade antioxidante específica (AAE), em extrato aquoso, para os diferentes tratamentos de desidratação.



Média e erro padrão de 3 repetições. Letras minúsculas diferentes apresentam diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos diferentes métodos de desidratação, segundo teste Tukey a 95% de confiança.

Fonte: Autor, 2019.

Observando a Figura 7, pôde-se verificar que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras estudadas para a atividade antioxidante específica, segundo Teste de Tukey, mostrando que todos os tratamentos de desidratação aplicados nas amostras diferiram entre si. A maior atividade foi encontrada na amostra *in natura*, seguidos, respectivamente, da casca desidratada no secador convectivo, airfryer, micro-ondas e por fim forno convencional.

A casca da moranga desidratada em secador convectivo apresentou uma redução de 5% na AAE e a amostra desidratada na airfryer teve uma redução de 16,3% na AAE. O que demonstra que o secador convectivo leva um maior tempo de secagem, porém preserva as propriedades funcionais do produto. O secador do tipo airfryer pode ser uma boa alternativa para desidratação a nível doméstico se

comparado como forno convencional, pois as perdas são significativamente menores. A redução da AAE da casca desidratada em forno convencional foi de 31,2%.

5 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa foi otimizada a extração de compostos fenólicos da casca da moranga cabotiá utilizando diferentes solventes (água, acetona e álcool). As maiores quantidades de compostos fenólicos foram alcançadas utilizando água e acetona como solvente. Os modelos obtidos através dos dados experimentais foram preditivos podendo ser gerada as superfícies de resposta a fim de visualizar a melhor condição de extração para cada situação.

A melhor condição de extração, em água, da casca da moranga *in natura* e desidratada em secador convectivo foi em 20 min e relação casca:solvente (S:L) 1:9. Obteve-se da casca da moranga *in natura* e desidratada em secador convectivo, respectivamente, 18 mg_{ácido gálico}/L e 15,5 mg_{ácido gálico}/L, nessas condições. Já para a amostra desidratada na airfryer a melhor condição de extração se deu em 20 min e relação sólido:líquido de 1:4,8, atingindo valores de aproximadamente 18,3 mg_{ácido gálico}/L. As concentrações de compostos fenólicos para extração com acetona foram muito semelhantes. Esses valores resultaram em aproximadamente 20 mg_{composto fenólico}/100g_{amostra base seca} para a casca da moranga *in natura*, e 18,5 mg_{composto fenólico}/100g_{amostra base seca} para casca desidratada em secador convectivo, ambos extratos em meio aquoso.

Na verificação da indicação do melhor tratamento de desidratação a atividade antioxidante específica das amostras, avaliadas nos extratos aquosos, pode-se observar um decréscimo significativo ($p \leq 0,05$) nesta propriedade. A maior atividade antioxidante foi encontrada na amostra *in natura* (469,53 $\mu\text{M}_{\text{DPPHseq}}/\text{g}_{\text{extrato fenólico}} \cdot \text{min}$). A diminuição da atividade foi de 5% para a amostra do secador convectivo e 16,3% da airfryer, demonstrando um potencial para a utilização destes desidratadores.

A casca da moranga apresenta uma quantidade expressiva de compostos fenólicos e alto valor nutricional e necessita de mais estudos relacionados ao seu potencial antioxidante, pois esta apresenta inúmeras propriedades funcionais e seu consumo regular associado a uma dieta trará benefícios a saúde humana.

REFERENCIAS

ALMEIDA, J. M. D.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando β -caroteno/ácido linoleico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

AMARO, G. B. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo de abóbora híbrida do tipo japonesa**. Embrapa, Brasília, out., 2014.

ANDREA, D; JORGE, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **B.CEPPA**, v. 24, n. 2, p. 319-336, 2006.

ARÉVALO-PINEDO, A., MURR, F.E.X. Kinetics of vacuum drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*): Modeling with shrinkage. **Journal of Food Engineering**, v.7, n.4, p.562-567, 2006.

ARIMA, H.K.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoid composition and vitamin A value of commercial Brazilian squashes and pumpkins. **Journal of Micronutrient Analysis**, v. 4, p. 177-191, 1988.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis of association of official analytical chemists. 18 ed. Maryland, 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th. v. II., 2000.

BARBERÁN, T. F. A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 9, p. 853-876, 2001.

BARROS, Z.P. **Cascas de frutas tropicais como fonte de antioxidantes para enriquecimento de suco pronto**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2011, 84 p.: II. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-22112011-143150/en.php>>

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

BERTELI, M. N.; MARSAIOLI, Jr., A. Evaluation of short cut pasta air dehydration assisted by microwaves as compared to the conventional drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 68, n. 2, p. 175-183, 2005.

BORGES, S. V. et al. Secagem de fatias de abóboras (*Cucurbita moschata*, L.) por convecção natural e forçada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. n. 28, p. 245-251, 2008.

BRAND-WILLIAMS, W; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, v.28, n.1, p.25-30, 1995.

CAETANO et al. **Avaliação das características da casca da abóbora cabotiá minimamente processada**. Simpósio de Segurança Alimentar, 5, 2015, Bento Gonçalves. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/gerenciador/painel/trabalhosversaofinal/SAM178.pdf>>

CARRATÚ, B.; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetale. *Ann. Ist. Super. Sanità.*, v.41, n.1, p.7-16, 2005.

CARVALHO, P.G.B.; MACHADO, C.M.M.; MORETTI, C.L. *et al.* Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.

CHU, Y.F.; SUN, J.; WU, X.; LIU, R.H. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Vegetables. **Journal of Agriculture and Food Chemistry.**, v.50, n.23, p.6910-6916, Nov, 2002.

CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. **Secagem como Método de Conservação de Frutas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, dez. de 2003. 10 p.

CURIN, Y.; ANDRIANTSITOHAIMA, R. Polyphenols as potencial therapeutical agents against cardiovascular diseases. **Pharmacol. Rep.**, v.57, Suppl, p.97-107, Jun, 2005.

DECAREAU, R. V.; PETERSON, R. A. **Microwave processing and engineering**. Chichester: Ellis Horwood, 1986. 224 p.

EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q, M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. A thorough study of reactivity of various compound classes towards the Folin-Ciocalteu reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 14, p. 8139-8144, 2010.

_____, **“Dossiê Alimentos Desidratados: A desidratação”**, in *Food Ingredients Brasi – FIB*, nº 26, 2013, pp. 66-68. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/338.pdf>

FIORE, A.; DI, R.; CAVELLA, S.; VISCONTI, A.; KARNEILI, O.; BERNHARDT, S.; FOGLIANO, V. Chemical profile and sensory properties of different foods cooked by a new radiofrequency oven. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1–4, p. 515–520, 2013.

FISSORE, E.N., MATKOVIC, L., WIDER, E., ROJAS, A.M., GERSCHENSON, L.N. Rheological properties of pectin-enriched products isolated from butternut (*Cucubita moschata* Duch ex Poiret). **Food Science and Technology**, v.42, n.8,p. 1413-1421, 2009.

HEREDIA, A.; CASTELLÓ, M. L.; ARGÜELLES, A.; ANDRÉS, A. Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 57, n. 2, p. 755-760, 2014.

LAPORNIK, B.; PROSEK, M.; WONDRA, A. G. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. **Journal of Food Engineering**, v. 71, n. 2, p. 214-222, 2005.

LUPETTI, K.O.; CARVALHO, L.C.; MOURA, A.F.; FATIBELLO-FILHO, O. Image analysis in analytical chemistry: didactic and simple methodologies to understand and prevent the browning of vegetable tissues. **Química Nova**. São Paulo, v.28, n.3, p.548-554, maio/jun, 2005.

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F.; ATANASSOVA, M. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy**, v. 40, n. 3, p. 255-260, 2005.

MCGEE, H. Comida e Cozinha: Ciência e Cultura da Culinária. 2 ed. São Paulo, SP: WMF Martins Fontes, 2014. 922 p.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; LEAL, F. L. L.; CAETANO, A. C. S.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 639 - 644, 2006

MORAES, K; PINTO, L.A.A. Protein quality of dried enzymatic hydrolysate from anchovy produced in a spouted bed of inert particles. **International Journal Food Science and Technology**, v.50, n.3, p. 819-825, 2015.

MORALES-GONZÁLEZ, A. J. **Oxidative stress and chronic degenerative diseases – A role for antioxidants**. Mexico City: Intech, 2013. 122p.

MOURE, A. et al. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001.

NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V.; SILVA, P. P. **Produção de sementes híbridas de abóbora do tipo tetsukabuto**. Embrapa Hortaliças. Porto Alegre, 2011.

OLIVER, J.; PALOU, A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. Review. **Journal of Chromatography A**, v.881, p. 543-555, 2000.

PANDJAITAN, N.; HOWARD, L.R.; MORELOCK, T.; GIL, M.T. Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation. **J. Agric. Food Chem.**, v.53, n.22, p.8618-8623, Nov, 2005.

PERRY, R. H.; CHILTON, G. H. (1980). **Manual de Engenharia Química**. 5ª Ed. Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro.

PETISCA, C.; HENRIQUES, A. R.; PÉREZ-PALACIOS, T.; PINHO, O.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Study of hydroxymethylfurfural and furfural formation in cakes during baking in different ovens, using a validated multiple-stage extraction-based analytical method. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3349–3356, 2013.

PHILIPS, Manual do usuário Philips Walita. Disponível em: www.download.p4c.philips.com/files/r/ri9225_51/ri9225_51_dfu_brp.pdf

PRIOR R, WU X, SCHAICH K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 1 p. 4290-4302, 2005.

QUANHONG, L., CAILI, F., YUKUI, R., GUANGHUI, H., TONGYI, C. Effects of protein-bound polysaccharide isolated from pumpkin on insulin in diabetes rats. **Plant Food Human Nutrition**, v. 60, n.1, p. 13-16, 2005.

RAKCEJEVA, T., GALOBURDA, R., CUDE, L., STRAUTNIECE, E. Use of dried pumpkins in wheat bread production. **Procedia Food Science**, v.1, p.441-447, 2011.

ROCK, C.L. Carotenoids: biology and treatment. *Pharmacology Therapy*, v.6, n.3, p.185-197, 1997.

ROESLER, R.; CATHARINO, R. R.; MALTA, L. G.; EBERLIN, M. N.; PASTORE, G. Antioxidant activity of *Annona crassiflora*: Characterization of major components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 104 p. 1048-1054, 2007.

SANDERS, T.A.B. Dietary Fat – **Weighing up the Pros and Cons**. **Nutrition & Food Science**, v.5, p.9-13, 1994.

SHI, X.; WU, H.; SHI, J.; XUE, S. J.; WANG, D.; WANG, W.; CHENG, A.; GONG, Z.; CHEN, X.; WANG, C. Effect of modifier on the composition and antioxidant activity of carotenoid extracts from pumpkin (*Cucurbita maxima*) by supercritical CO₂. **Food Science and Technology**, v. 51, n. 2, p. 433-440, 2013.

SIES, H., STAHL, W. Vitamins E and C, β -carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, n. 6, p. 1315-1321, 1995.

SILVA, I. C. O. **Processamento da polpa de abóbora para fabricação de doce cristalizado**. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SILVA, J.S.; NASCIMENTO, M.R.F.; BORGES, S.V. *et al.* **Barras de cereais elaboradas com farinha de sementes de abóbora**. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2012, 118 p.: Il Disponível em:

<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/588/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Barras%20de%20cereais%20elaboradas%20com%20farinha%20de%20sementes%20de%20ab%C3%B3bora.pdf>

SILVA, F. A.; MARSAIOLI, A. Jr. Estudo comparativo da conservação de castanha-do Brasil (*Bertholletia excelsa*) seca por microondas e convencionalmente, **B.CEPPA**, Curitiba, PR, v. 22, n. 2, p. 387-404, jul./dez. 2004.

SOUSA, P.B., SILVA, E.D., MONÇÃO, E.C., SILVA, J. N., SILVA, M.J.M., SOUSA, M. M. Fenólicos totais, carotenoides e capacidade antioxidante de raspas de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) *in natura* comercializadas em Teresina- Piauí. Trabalho apresentado no Connepi 2010. Disponível em: <<http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNepi2010/paper/viewFile/1537/41>> Último acesso em: 29 de junho de 2019.

STRUMILLO, C. Z.; KUDRA, T. (1986). **Drying: Principles, Applications and Design.** In Hughes, R. **Topics in Chemical Engineering.** v.3, UK: Gordon and Breach Science Publisher.

SWAIN, T; HILLS,W.E. The quantitative analyses phenolic constituents. **Journal of the Science of Food Agriculture.** V.19, p.63-68, 1959.

TAMER, C.E., İNCEDAYI, B., PARSEKER, S.Y., YONAK, S., ÇOPUR, O..U. Evaluation of several quality criteria of low calorie pumpkin dessert. *Natulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, v.38, n;1, p.76-80, 2010.

TIAN, J.; CHEN, S.; SHI, J.; CHEN, J.; LIU, D.; CAI, Y.; OGAWA, Y.; YE, X. Microstructure and digestibility of potato strips produced by conventional frying and air-frying: An in vitro study. *Food Structure*, v. 14, p. 30–35, 2017.

TIAN, J.; CHEN, J.; LV, F.; CHEN, S.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, X. Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purplefleshed potatoes. *Food Chemistry*, v. 197, p. 1264–1270, 2016.

VALDUGA, E. **Caracterização morfológica e análise de compostos bioativos em acessos de variedades crioulas de Curcubitaceae.** Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017, 58f.

VAN DE KAMER, J.H.; VAN GINKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals. **Cereal Chemistry**, v. 19, n. 4, p. 239-251, 1952.

APÊNDICE A

Tabela A1: Resultados obtidos nos experimentos de extração dos compostos fenólicos.

S:L	tempo	água sec.	acetona sec.	álcool sec.	água air.	acetona air.	álcool air.	água in nat.	acetona in nat.	álcool in nat.	água forno	acetona forno	álcool forno	água micro	acetona micro	álcool micro
-1,00	-1,00	15,78	16,01	14,32	16,49	17,77	16,61	18,14	17,30	14,95	12,60	12,60	11,74	10,39	10,54	10,11
-1,00	0,00	15,11	15,90	14,32	16,23	17,64	16,74	17,18	17,18	15,18	12,74	12,60	11,88	10,11	10,39	9,68
-1,00	1,00	15,11	15,67	13,88	16,74	17,64	16,74	17,18	16,70	14,37	11,88	12,60	11,60	9,82	10,11	9,68
0,00	-1,00	15,22	16,01	14,10	18,29	17,90	16,61	16,35	16,23	14,60	12,74	12,74	12,45	10,39	10,54	9,82
0,00	0,00	14,99	15,22	13,88	18,03	17,90	16,23	16,11	15,76	14,26	12,17	12,45	11,88	9,54	9,82	9,82
0,00	1,00	14,88	14,66	13,00	18,03	18,42	16,74	15,76	15,65	14,03	12,17	11,88	11,32	9,54	9,54	9,25
1,00	-1,00	14,55	14,66	12,67	18,03	19,34	16,74	14,60	15,53	13,57	10,19	10,89	9,64	9,54	9,68	8,97
1,00	0,00	12,89	12,78	12,56	18,03	18,95	16,23	14,60	15,53	13,57	10,06	11,03	9,92	9,25	9,68	8,13
1,00	1,00	12,78	12,56	12,56	18,03	19,08	16,49	14,26	15,18	13,12	10,19	10,89	9,09	9,25	8,83	8,27
0,00	0,00	15,05	15,34	13,91	18,11	17,94	16,21	16,08	15,68	14,31	12,11	12,45	11,82	9,52	9,88	9,78
0,00	0,00	14,89	15,18	13,83	18,05	17,88	16,17	16,12	15,71	14,28	12,20	12,39	11,80	9,56	9,91	9,84