UFRRJ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA MISTA PRÉ-COZIDA DE ARROZ E CASCA DE UVA

Isabela Pereira Reis

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA MISTA PRÉ-COZIDA DE ARROZ E CASCA DE UVA

Isabela Pereira Reis

Sob a Orientação do Professor

Dr. José Luís Ramirez Ascheri

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ

Fevereiro de 2018.

R375o

Reis, Isabela Pereira, 1991-
Obtenção e Caracterização da Farinha Mista Pré cozida de Arroz e Casca de Uva / Isabela Pereira Reis. - 2018.
120 f.: il.

Orientador: José Luís Ramirez Ascheri.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2018.

1. Arroz. 2. Casca de Uva. 3. Tecnologia de Extrusão. 4. Tecnologia de Alimentos. I. Ramirez Ascheri, José Luís, 1955-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ISABELA PEREIRA REIS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração em Tecnologia de Alimentos.

Dissertação aprovada em 26 de fevereiro de 2018.

José Luís Ramirez Ascheri (D.S.c) Embrapa Agroindústria de Alimentos

(Orientador)

Otniel Freitas Silva (D.S.c) Embrapa Agroindústria de Alimentos

(Membro)

Maria Rosa Figueiredo Nascimento (D.S.c) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

(Membro)

DEDICATÓRIA

"Agradeço todas as dificuldades que enfrentei;
Não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.
As facilidades nos impedem de caminhar.
Mesmo as críticas nos auxiliam muito."

(Chico Xavier)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por se fazer presente em todos os momentos firmes ou incertos da minha jornada, transmitindo-me segurança necessária para chegar até aqui. Agradeço também à minha Santa Mãe de Fátima, por ser meu amparo e exemplo de bondade.

Ao meu esposo e amor da minha vida, Jorge, agradeço por sempre confiar em mim e por ser meu porto seguro. Agradeço por compreender meus momentos de cansaço, falta de paciência e confiança. Saiba que título algum me faz mais feliz do que ser sua companheira de vida.

Aos meus pais, Sonia e Jorge Luiz, e a minha família mais que amada, Luiz, Ligia, Maria Elena e Lycia, agradeço pela paciência nos momentos de luta e cansaço e pelo seu amor incondicional! Obrigada por terem me apoiado e acreditado na minha capacidade, me dando forças para mais uma conquista. Tenham a certeza de que o meu agradecimento é pequeno diante da grandeza do que fizeram por mim.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por ser minha segunda casa há tantos anos. Agradeço também aos meus professores pela dedicação, sabedoria e compromisso em transmitir seu conhecimento e, em especial, à querida professora Cristiane Hess, que no primeiro dia de aula como estudante de Engenharia de Alimentos, me mostrou que o caminho da pesquisa e educação é árduo, mas que nos dá esperança de um país melhor.

Agradeço a Embrapa Agroindústria de Alimentos – CTAA por ceder as instalações para a execução do projeto de dissertação. Agradeço também aos amigos que fiz, e, em especial Jhony, Cristiane, Kênia, José Arturo, Laís, Arturo, Nátali, Francisco, Adriana, Mariana e Davy.

Agradeço ao Prof. Dr. José Luís Ascheri pela orientação e conhecimento transmitido a cada dia. Agradeço também a Dra. Renata Tonon por ter concedido o bagaço de uva para a execução do projeto.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa e financiamento do projeto.

Agradeço aos meus amigos, por cada momento compartilhado, nas dificuldades e nos momentos de felicidade. Agradeço especialmente a Juliana, Thaís, Kamila, Isabelle, Adriano, Michelle, Kelly, Marcela, Isis, Raphaela e Nubia.

E a todos que contribuíram para o meu sucesso e marcaram minha vida, deixo meu eterno agradecimento!

RESUMO

REIS, Isabela Pereira. **Obtenção e caracterização da farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva.** 2018. 120p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil tem apresentado expressivos avanços, principalmente com relação em produtividade, rentabilidade da produção e qualidade dos grãos. No entanto, o seu benefício ainda provoca algumas perdas que se refletem em grãos quebrados, fazendo diminuir o seu valor comercial. Um dos produtos que podem ser obtidos dos grãos quebrados é a farinha de arroz, podendo ser utilizada na obtenção de outros produtos alimentícios, devido às suas características tecnológicas e nutricionais, tais como: não interferir no sabor da maioria dos alimentos, aproveitamento tecnológico e ter características não alergênicas. O bagaço de uva apresenta em sua composição alto teor de polifenóis com atividade antioxidante, principalmente em sua casca, caracterizando-o como um produto que pode ser aproveitado de maneira mais lucrativa pela indústria como, por exemplo, na formulação de alimentos para humanos, por ser obtido com baixo custo e em grande quantidade. O aproveitamento desses resíduos agroindustriais pode aumentar a disponibilidade de fibra alimentar para a população e reduzir o impacto ambiental. Nesse sentido, este projeto tem como objetivo obter e caracterizar uma farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva e sua potencial aplicação em produtos alimentícios. Com a finalidade de uma melhor correlação dos parâmetros de extrusão na elaboração da farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva, foi utilizado um DCCR, sendo consideradas três variáveis (proporção de casca de uva na mistura (%), temperatura (°C) e umidade de processamento (%)). As respostas do processo apresentaram resultados variando de 11,13 – 35,74 g. 100 g^{-1} para IAA; 7,68 – 15,91 g. 100 g^{-1} para ISA; 171,06 - 445,54 $kg.m^{-3}$ para DA; 3,504 - 8,317 para IER; 2,808 – 7,374 para IEV, sendo o tratamento 13 com as características mais adequadas para elaboração de um produto instantâneo. Mesmo com o processo de extrusão, as farinhas pré-cozidas ainda apresentaram cerca de 26% de sua capacidade antioxidante, de acordo com o método ABTS, e cerca de 11%, de acordo com o método ORAC. Pode-se concluir que o processo de obtenção de produtos alimentícios a partir de farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva, é capaz de aumentar o valor agregado do produto, bem como incentivar o consumo racional de coprodutos agroindustriais na alimentação humana.

Palavras-chave: Arroz, farinha pré-cozida, casca de uva, extrusão, alimento instantâneo.

ABSTRACT

REIS, Isabela Pereira. **Preparation and characterization of the pre-cooked mixed of rice and grape peel flour**. 2018. 120p. Dissertation (Master in Science and Technology of Food). Institute of Technology, Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

The production of rice (*Oryza sativa* L.) in Brazil has presented significant advances, mainly in terms of productivity, yield and grain quality. However, its benefit still causes some losses that are reflected in broken grains, thus decreasing its commercial value. One of the products that can be obtained from broken grains is rice flour, which can be used to obtain other food products, due to their technological and nutritional characteristics, such as: not interfering with the taste of most foods, technological use and having non-allergenic characteristics. The grape marc presents high content of polyphenols with antioxidant activity, mainly in their husk, characterizing it as a product that can be used in a more profitable way by the industry, for example, in the formulation of food for humans, for be obtained at low cost and in large quantity. The use of these agroindustrial residues can increase the availability of dietary fiber to the population and reduce the environmental impact. In this sense, this project aims to obtain and characterize a pre-cooked mixed rice and grape peel flour and its potential application in food products. In order to better correlate the extrusion parameters in the preparation of pre-cooked mixed rice and grape rind flour, a DCCR was used, considering three variables (proportion of grape rind in the mixture (%), temperature C) and processing humidity (%)). The process responses showed results ranging from 11.13 - 35.74 g. 100 g^{-1} for IAA; 7.68 - 15.91 g. 100 g^{-1} for ISA; 171.06 - 445.54 $kg.m^{-3}$ for DA; 3.504 – 8.317 for IER; 2.808 – 7.374 for IEV, the treatment 13 being the most suitable for the preparation of an instant product. Even with the extrusion process, pre-cooked flours still presented about 26% of their antioxidant capacity, according to the ABTS method, and about 11%, according to the ORAC method. It can be concluded that the process of obtaining food products from pre-cooked mixed rice and grape rind flour is capable of increasing the value added of the product, as well as encouraging the rational consumption of agroindustrial co-products in human food.

Keywords: Rice, pre-cooked flour, grape peel, extrusion, instant food.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 REVISÃO DA LITERATURA 3

2.1 Arroz 3
2.2 Farinha de Arroz 10
2.3 Bagaço de uva 12
2.4 Extrusão Termoplástica 17
3 OBJETIVOS 21
3.1 Objetivo Geral 21
3.2 Objetivos Específicos 21

4 MATERIAIS E MÉTODOS 22

4.1 Local de execução 22
4.2 Materiais 22
4.3 Produção das farinhas mistas cruas 22
4.4 Produção da farinha da farinha mista arroz e casca de uva pré-cozida 23
4.4.1 Taxa de fluxo mássico 26
4.4.2Energia mecânica específica 26
4.5 Caracterizações físicas, químicas e tecnológicas dos produtos extrudados 27
4.5.1Distribuição granulométrica 27
4.5.2Composição centesimal 27
4.5.3Índice de absorção e solubilidade em água 28
4.5.4Propriedades de expansão e densidade aparente 29
4.5.5Propriedades de pasta dos extrudados 30
4.5.6Propriedades mecânicas dos extrudados 31
4.5.7Determinação da cor 33
4.6 Determinação da capacidade antioxidante e compostos fenólicos da farinha de casca de uva e produtos extrudados 34
4.6.1Preparo dos extratos 35
4.6.2Método ABTS (2,2’- azino-bis (3-etilbenzotiazolina) 6-ácido sulfônico) 36
4.6.3Método ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*) 36
4.7 Determinação de compostos fenólicos totais 36
4.8 Determinação de antocianinas totais 37
4.8.1Delineamento experimental 37
4.9 Análise microbiológica 37

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 38

5.1 Distribuição granulométrica 38
5.2 Composição centesimal 38
5.3 Índices de absorção e solubilidade em água 41
5.4 Índices de expansão e densidade aparente 44
5.5 Propriedades de pasta 46
5.6 Propriedades mecânicas 49
5.7 Energia mecânica específica 51
5.8 Propriedades de cor 54
5.9 Capacidade antioxidante e compostos fenólicos 56
5.10 Análise microbiológica 59

8 CONCLUSÃO 61

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 63
ANEXOS 72

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.), por ser uma cultura que se adapta às diferentes condições de solo e clima, é um cereal cultivado e consumido no mundo inteiro. Aproximadamente 90% de todo o arroz do mundo é cultivado e consumido na Ásia. A América Latina ocupa o segundo lugar em produção e o terceiro em consumo desse cereal (FAS, 2017). O Brasil se destaca como o nono maior produtor mundial de arroz, e o maior produtor de fora do continente asiático. O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz no Brasil e na safra de 2014/15 concentrou 2/3 da produção nacional (CONAB, 2016).

Na impossibilidade do consumo do trigo, geralmente se utiliza a farinha de arroz por ser uma das opções melhores aceitas para a elaboração de produtos para celíacos. Além de não ser alergênica, a farinha de arroz é um produto versátil, tem sabor suave, baixos níveis de sódio e alta proporção de amido facilmente digerível (OLIVEIRA et al., 2014). O arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibra, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido.

A extrusão termoplástica tem sido uma boa opção para o aproveitamento de grãos quebrados do arroz, por ser uma técnica que, além de aumentar a variedade de alimentos processados, apresenta vantagens quando comparada a outros sistemas tradicionais de processamento de alimentos, como versatilidade, custo relativamente baixo, alta produtividade e produtos de alta qualidade, além de representar um processo tecnologicamente limpo. O amido, ao ser pré-cozido, sofre transformações químicas que causam intumescimento e ruptura dos grânulos, provocando modificações das estruturas cristalinas que em consequência aumentam a solubilidade e a viscosidade em água fria (SOLÓRZANO, 2013), ampliando-se o potencial na produção de alimentos instantâneos. Algumas variações nas condições de extrusão podem ser utilizadas, as quais permitem a produção de extrudados com várias características, como proporcionar alto nível de absorção de água, indicado na elaboração de mingaus e sopas, ou altos graus de solubilidade permitindo o seu uso em bebidas.

Coprodutos de indústrias processadoras de alimentos são fontes de compostos de considerável valor, como fibras dietéticas, antioxidantes, ácidos graxos essenciais, antimicrobianos e minerais, que podem ser utilizados na elaboração e no desenvolvimento de novos produtos, em virtude de suas propriedades funcionais, nutricionais e tecnológicas. Não

por acaso, há um aumento de demanda pela conversão de resíduos de agroindustriais em produtos de alto valor nutricional e funcional, como, por exemplo, a utilização de bagaço de uva. Além da possibilidade de desenvolver novos ingredientes ou produtos acabados com a transformação destes coprodutos, e de ser obtido com baixo custo e em grande quantidade, outro fator que justifica o seu aproveitamento é a redução do impacto ambiental, causado pela sua geração e deposição (FERREIRA, 2012). O bagaço de uva é caracterizado pelo elevado conteúdo fenólico, devido possuir baixa extração durante a vinificação, pois, mesmo após o contato com a fermentação do vinho, o bagaço de uva continua com elevado conteúdo de compostos fenólicos, com potencial capacidade antioxidante (YILDIRIM et al., 2005).

As farinhas pré-cozidas por extrusão a base de arroz são boas fontes energéticas, porém pobres em fibra alimentar, que é a parte remanescente da porção comestível, ou de carboidratos análogos que são resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A presença de fibra em produtos extrudados a base de arroz pode abreviar o tempo de trânsito intestinal do produto, aumentar a velocidade de absorção intestinal da glicose, diminuir os níveis de colesterol sanguíneo e reduzir o conteúdo de calorias ingeridas (ASCHERI et al., 2006). Acredita-se que o bagaço de uva (subproduto da viticultura) possa fornecer além de fibra alimentar, sais minerais e proteínas remanescentes do agente biológico utilizado para a fermentação do suco de uva, sendo a casca a fração da uva com maior concentração de antocianinas e ácidos fenólicos (PINELO et al., 2006).

A principal preocupação durante o processo de extrusão de farinhas mistas de arroz e casca de uva envolve a combinação dos parâmetros de extrusão e da proporção adequada de casca utilizado para não prejudicar as propriedades físico-químicas das farinhas pré-cozida, ou mesmo fornecer propriedades funcionais aplicáveis à indústria de alimentos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi obter e caracterizar a farinha pré-cozida de arroz e casca de uva e avaliar seu potencial uso em produtos alimentícios.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Arroz

O arroz (*Oriza sativa* L.) é um dos mais antigos cereais cultivados e um dos mais importantes do mundo, sendo alimento básico para cerca de metade da população mundial. Devido ser uma cultura que se adapta às diferentes condições de solo e clima, é um dos mais importantes grãos em termos de valor econômico, perdendo somente para o trigo. Aproximadamente 90% de todo o arroz do mundo é cultivado e consumido na Ásia. Em algumas partes do mundo, especialmente na Ásia, é base da alimentação de sua população (FAO, 2015).

Segundo os dados divulgados pelo *Foreign Agricultural Service* (FAS) do *United States Department of Agriculture* (USDA), foi previsto o consumo, na safra 2016/17, no total de 2.522,15 milhões de toneladas de grãos no mundo.

No Brasil, o arroz, na sua forma beneficiada, participou com 481,23 milhões de toneladas, ou 18,86% do quantitativo. Entre os produtos destinados à alimentação humana, é o segundo em importância, ficando atrás apenas do trigo (CONAB, 2016).

No panorama nacional, observa-se o crescimento apresentado pela orizicultura nos últimos anos. Entre as safras 1990/91 e 2014/15, a produção expandiu-se 24,36%, em decorrência ao aumento de produtividade do setor. O grande impulsionador do crescimento do arroz no Brasil foi o estado do RS, que aumentou em 11,21% sua produção entre as safras 1990/91 e 2014/15, de acordo com a **Figura 1**. Atualmente, o RS sozinho é responsável por volta de 2/3 de toda a produção do grão no Brasil (CONAB, 2016). O mercado brasileiro de arroz é ainda pouco diversificado, e prioriza o consumo de arroz branco polido, parboilizado e integral (**Figura 2**).

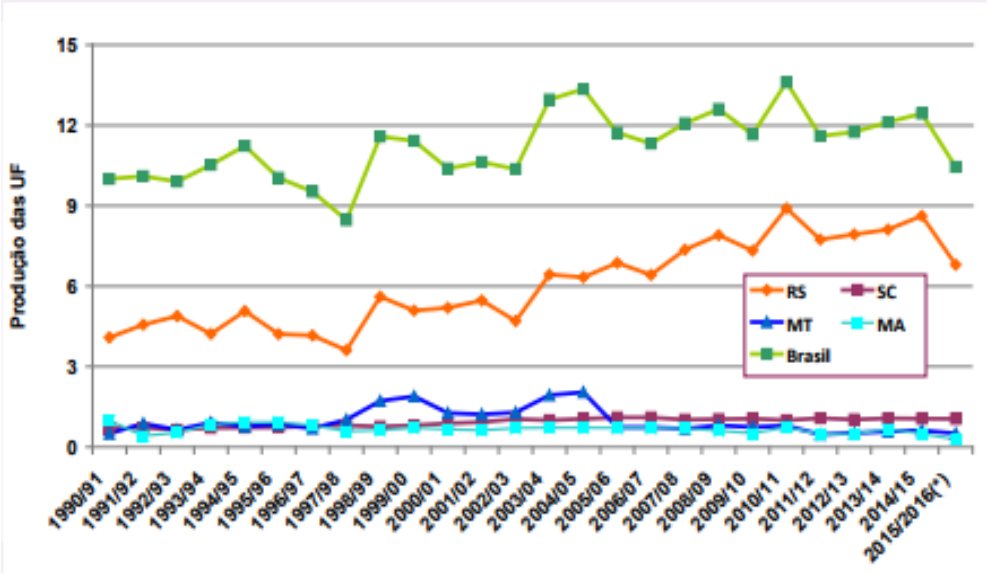


Figura 1. Principais estados produtores e Brasil, em milhões de toneladas.
Fonte: Levantamento de safras CONAB– estimativa (2016)

Figura 2 - Arroz branco (a), parboilizado (b) e integral (c).
Fonte: EPAGRI (2012).

Apenas uma pequena quantidade de arroz é consumida como ingrediente em produtos processados, sendo seu maior consumo na forma de grão. Nos países em desenvolvimento, onde o arroz é um dos principais alimentos da dieta, ele é responsável por fornecer, em média, 715 kcal *per capita* por dia, 27% dos carboidratos, 20% das proteínas e 3% dos lipídios da alimentação. No Brasil, o consumo *per capita* é de 52,5 quilogramas por habitante por ano, portanto, devido à importância do arroz na dieta de grande parte da população, sua qualidade nutricional afeta diretamente a saúde humana (SILVA et al., 2010). A **Figura 3** ilustra as diversas possibilidades de se utilizar o grão de arroz. Patil & Khan (2011) relatam um novo uso potencial do arroz, o arroz integral germinado (GBR), e que a ingestão de GBR em vez de arroz branco melhora a hiperglicemia, aumenta o sistema imunológico, reduz a pressão arterial, inibe o desenvolvimento de células cancerosas e auxilia o tratamento de transtornos de ansiedade. O processo de germinação pode ser usado como

modificação enzimática do amido que afeta as propriedades de colagem da farinha GBR. O GBR melhoraria a qualidade do pão quando substituído pela farinha de trigo, sendo assim, o GBR tem potencial para se tornar um arroz inovador, preservando todos os nutrientes no grão de arroz para consumo humano, a fim de criar o maior valor do arroz.

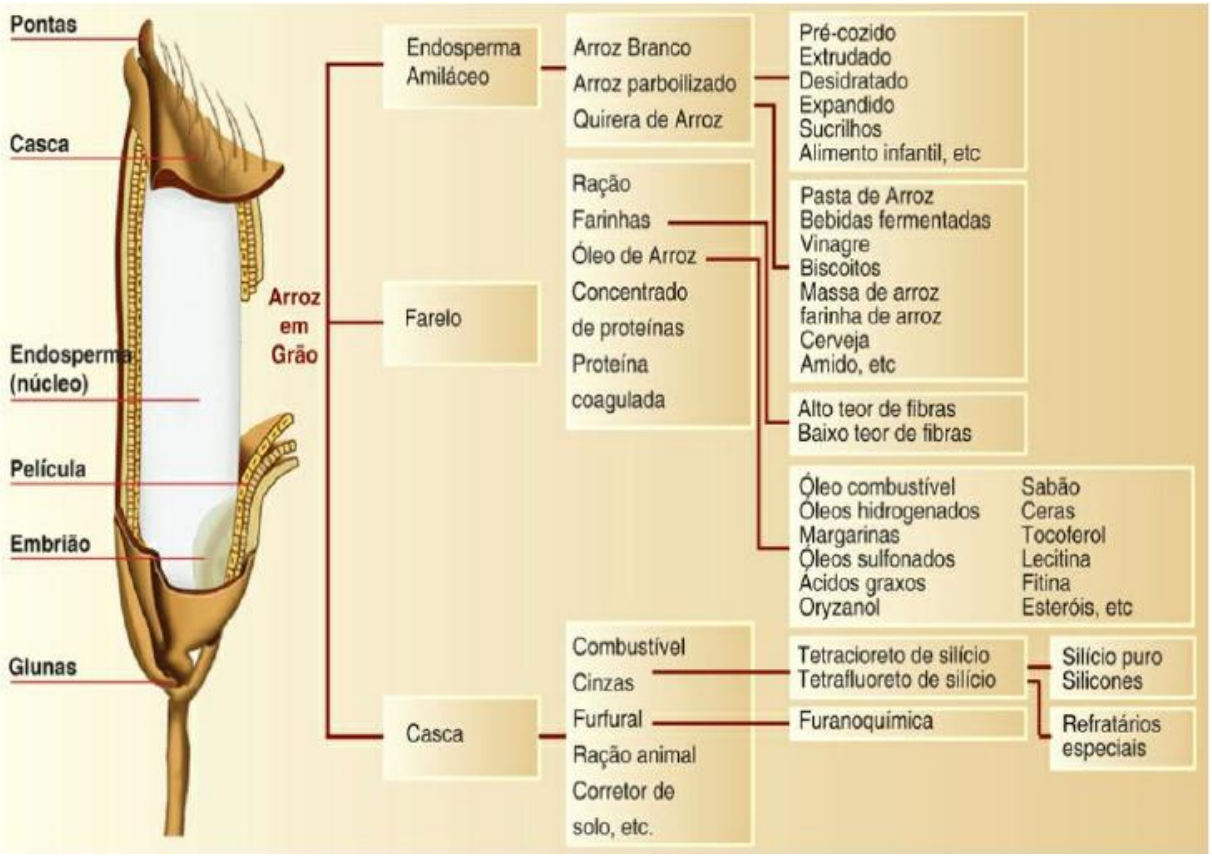


Figura 3 - Produtos e subprodutos do grão de arroz.
Fonte: Almanaque do Arroz (2011).

A composição do grão de arroz depende do cultivar, fatores ambientais e processamento. O grão polido contém, em média, 6,73% de proteínas, 0,89% de lipídios e 0,48% de cinzas (USP, 2008). As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibra, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (WALTER; MARCHEZAN, AVILA, 2008).

O arroz constitui-se em fonte de energia, fornecendo também proteínas, lipídios, vitaminas e minerais, e se destaca nutricionalmente por possuir a fração prolamina com composição amino-acídica diferente do trigo e do centeio, a expressiva quantidade de calorias

que fornece aliada ao baixo índice glicêmico, sendo responsável pela lenta absorção dos carboidratos, e maior sensação de saciedade (HEISLER et al., 2008). Apresentam maior digestibilidade, maior valor biológico que outros cereais e elevada eficiência protéica, apesar de sua deficiência em lisina.

O arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas (**Quadro 1**). Entretanto, dentre os componentes do arroz, as proteínas têm sido consideradas de grande valor, pois são hipoalergênicas, particularmente saudáveis para o consumo humano e altamente nutritivas em relação aos outros cereais. O conteúdo de lisina é de 3 a 4%, aproximadamente 50% maior que o do trigo, por exemplo (JU; HETTIARACHCHY; RATH, 2001). O amido é formado basicamente por dois tipos de macromoléculas, a amilose e a amilopectina, e apresenta-se na forma de grânulos, com formas bastante distintas. O amido total presente em farinhas de arroz se divide em disponível e resistente, sendo que o amido resistente é representado pela fração não digerida no intestino delgado de indivíduos saudáveis, sendo fermentado no intestino grosso e suas propriedades são similares às da fibra alimentar. Possui efeito prebiótico e atua no metabolismo lipídico, reduzindo o colesterol e o risco de colite ulcerativa e câncer de cólon (HELBIG et al., 2007).

A maior concentração de lipídios ocorre no gérmen (1/3 do conteúdo total) e na camada de aleurona. Dessa forma, a concentração de lipídios é maior no arroz integral, sendo reduzida com o polimento, geralmente observando-se concentrações inferiores a 1% no arroz tipo 2 e na farinha de arroz (**Quadro 1**). Os principais ácidos graxos no arroz são os ácidos palmítico (16:0), oléico (18:1) e linoléico (18:2), correspondendo a aproximadamente 95% dos ácidos graxos presentes nos lipídios totais (TAIRA & ITANI, 1988). Portanto, o arroz contém proporção significativa de ácidos graxos insaturados, que possuem papel importante em vários processos fisiológicos e que, por não serem sintetizados pelo organismo humano, devem ser supridos pela alimentação.

A concentração de minerais difere nas frações do grão. No arroz integral e polido, destacam-se fósforo, potássio e magnésio (**Quadro 1**). O conteúdo mineral é grandemente influenciado pelas condições de cultivo, incluindo fertilização e condições do solo, e pelo processamento. De forma geral, os minerais apresentam-se em maior concentração nas camadas externas do grão.

Quadro 1. Composição centesimal de arroz integral, arroz tipo 2 e farinha de arroz comercial.

Composição centesimal ($g.100g^{-1}$)	**Arroz integral**	**Arroz Tipo 2**	**Farinha de arroz**
Umidade (%)	12,2	13,2	12,7
Energia (kcal)	360,0	358,0	363,0
Proteína (g)	7,3	7,2	1,3
Lipídio (g)	1,9	0,3	0,3
Carboidrato (g)	77,5	78,9	85,5
Fibra (g)	4,8	1,7	0,6
Cinzas (g)	1,2	0,4	0,2
Cálcio (mg)	8,0	5,0	1,0
Magnésio (mg)	110,0	29,0	4,0
Sódio (mg)	5,0	0	0
Potássio (mg)	173,0	57,0	13,0
Fósforo (mg)	251,0	82,0	36,0
Ferro (mg)	0,9	0,6	31,4

Fonte: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA) - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (UNICAMP, 2004).

O grão de arroz (**Figura 4**) é composto por aproximadamente 20% de casca, 70% de endosperma e 10% de farelo e germe. O integral, obtido após a retirada da casca, contém um alto teor de nutrientes (fibra alimentar, minerais e lipídios), porém possui baixa aceitabilidade devido à sua suscetibilidade à oxidação lipídica e tempo prolongado de cozimento, bem como aroma e sabor diferenciados. Já o arroz polido, como o próprio nome diz, passa por um processo de polimento através do atrito, que remove as camadas mais externas juntamente com seus nutrientes, sendo o mais consumido no Brasil (SCUSSEL et al., 2008).

As características determinantes da qualidade do grão de arroz refletem-se diretamente no valor do produto no mercado e no grau de aceitação pelo consumidor. O termo “qualidade de grãos” depende da finalidade de consumo do produto, do grupo étnico envolvido, do tipo de processamento utilizado, entre outros fatores. Dessa forma, a definição de um arroz como sendo de boa ou má qualidade é grandemente influenciada pelas preferências e/ou necessidades do consumidor e, quando essas preferências diferem, o mesmo produto pode ser julgado como bom e adequado por um grupo e totalmente inadequado por outro (VIEIRA et al., 1999).

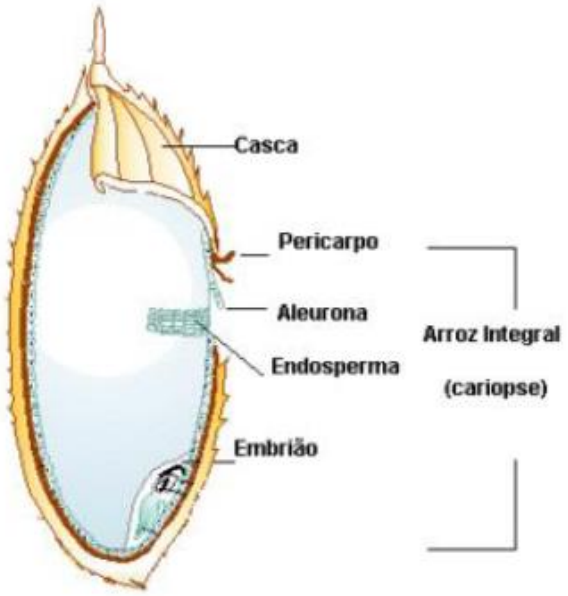
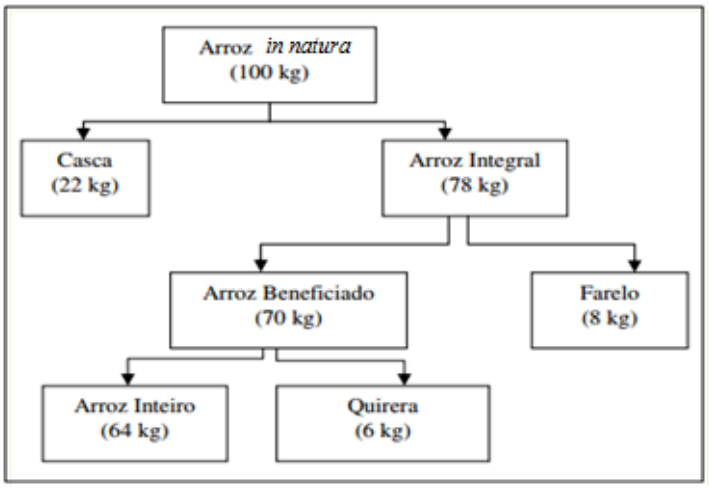


Figura 4. Estrutura do grão de arroz
Fonte: Galera (2006).

As etapas de beneficiamento do arroz geram percentuais de subprodutos que variam, e segundo Velasquez e Santos (2012), no beneficiamento do arroz branco polido, gera-se cerca de 5 a 10% de farelo e em média 14% de grãos quebrados (**Quadro 2**). Esses coprodutos apresentam baixo valor de mercado, além da pouca aceitação. Apenas uma pequena parcela deles é transformada em produtos de maior valor agregado, como farinha de arroz e seus derivados (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2006).

Quadro 2. Quantidades aproximadas de grãos inteiros e coprodutos obtidos a partir do beneficiamento do arroz em casca.



Fonte: Velasquez e Santos (2012).

A quebra dos grãos de arroz durante o processo de beneficiamento é causada por fissuras originadas durante a colheita mecânica ou regiões de menor resistência dos grãos, que quando são submetidas a diferentes gradientes de umidade durante a secagem, causam a ruptura dos mesmos. Neste contexto, o uso de temperaturas elevadas para acelerar o processo é o fator de maior influência. Sabe-se que o manejo inadequado da lavoura e fatores climáticos também contribuem para o desenvolvimento das mesmas, ocasionando assim a quebra dos grãos inteiros, redução da qualidade física e do preço do produto (SILVA et al., 2008).

Na indústria de beneficiamento, a partir do processo de seleção dos grãos de arroz, um dos subprodutos gerados são os grãos quebrados, que podem ser transformados em farinha e ter preços competitivos. Segundo Ormenese e Chang (2002), os subprodutos de arroz derivados de seu beneficiamento gera de 8 a 12 kg de arroz quebrado para cada 100 kg de arroz processado. São matérias-primas interessantes para a produção de massas, e existem variedades com ampla faixa de teor de amilose, o pequeno tamanho dos grânulos de amido apresenta textura extremamente suave com o cozimento e sabor brando (POLANCO et al., 1995) e contém baixos níveis de sódio, comparado principalmente com o milho (35 mg.100 g^{-1}) e cevada (12 mg.100 g^{-1}) e alta proporção de amido facilmente digerível (MAGALHÃES, 2010).

No processo de fabricação, a matéria-prima utilizada na farinha de arroz passa por um processo de seleção eletrônica de grãos e colunas de ar, entre outros equipamentos, onde a enzima lipase é inativada, aumentando a vida útil do produto e proporcionando um prazo de validade de, no mínimo, um ano para as farinhas de arroz (CEREALLE, 2014).

Os grãos quebrados têm sido utilizados nos últimos anos como matéria-prima para elaboração de farinha de arroz, e, a partir desta, são elaborados vários alimentos, entre os quais os desenvolvidos por meio do processo de extrusão, como constituinte principal ou ingrediente em formulações na elaboração de novos produtos, prontos, semi-prontos, entre outros para o consumo humano e animal (SILVA et al., 2008). Assim, podem ser obtidos vários novos produtos ou ingredientes a partir dos grãos quebrados e da farinha de arroz como: farinhas pré-cozidas (BECKER, 2010), farinhas torradas (TAVARES et al., 2012), farinhas modificadas por enzimas e farinhas lácteas (FERREIRA, 2012), farinhas mistas pré-cozidas e macarrão (MOURA, 2011), salgadinhos extrudados (SOARES JUNIOR et al., 2011; MOURA, 2011), extratos hidrossolúveis (CARVALHO et al., 2011) e filmes biodegradáveis para embalagem de alimentos (SOUZA; SOARES JUNIOR; YAMASHITA,

2013), sobremesas instantâneas (GUIMARAES, 2012), bolos (SOUZA et al., 2013), biscoitos, pães, entre outros.

2.2 Farinha de Arroz

A farinha de arroz pode ser obtida através da moagem dos grãos polidos inteiros ou dos quebrados obtidos do processo de beneficiamento industrial do arroz. A moagem consiste no cisalhamento dos grãos em rolos raiados, para lhes reduzir a granulometrias menores do que 250 μm. Através do peneiramento há remoção de partículas com granulometrias maiores, garantindo um produto dentro dos padrões tecnológicos, com redução e/ou eliminações de sujidades ou focos de contaminação microscópica. A farinha de arroz deve ter diâmetro inferior a 195 μm para apresentar boas propriedades para panificação (ELIAS e FRANCO, 2006).

O principal carboidrato presente no arroz é o amido que, apesar de ter uma produção e utilização comercial menor que de outros cereais, como milho e trigo, tem algumas propriedades desejáveis como sabor suave, cor branca e boa digestibilidade. Além disso, seu pequeno tamanho de grânulo (aproximadamente 4 mm, a depender da variedade) faz com que seja vantajosa sua utilização como um agente melhorador de textura em uma variedade de alimentos, como molhos e pudins. É hipoalergênico, pois não contém proteínas específicas que causam reações alérgicas, tendo assim aplicações em fórmulas para lactantes. Além disso, o amido de arroz tem teor relativamente elevado de amilose, ideal em situações desejadas de baixo índice glicêmico, o que é desejável em produtos destinados para consumidores com diabetes ou obesas (JANG et al., 2016).

Existem três tipos básicos de farinhas de arroz, com as seguintes características (ARGUS, 2010):

(1) Farinha de arroz comum ou crua – É a farinha obtida pela moagem pura e simples de grãos recém-beneficiados;
(2) Farinha de arroz estabilizada – É a farinha obtida a partir de grãos recém-beneficiados, que passam por um processo térmico, onde é feita a estabilização enzimática da mesma;
(3) Farinha de arroz pré-cozida – É a farinha produzida a partir de grãos recém beneficiados que sofrem o pré-cozimento por meio de extrusão ou tratamento infravermelho. Esta farinha é utilizada como espessante e melhorador de aparência

e textura de muitos alimentos, por exemplo, molhos, sopas enlatadas, recheio de tortas etc.

O desenvolvimento de farinhas que tenham melhores propriedades funcionais para poderem ser aplicadas em produtos e formulações, ou que possam ser moldadas para alimentos de conveniência, ou para fins especiais tem sido objetivo de estudo de diversos pesquisadores (ARAÚJO; ARAÚJO, 2011). Desta forma, podem ser obtidos vários novos produtos ou ingredientes a partir dos grãos quebrados e da farinha de arroz, como farinhas pré-cozidas (GUIMARÃES; CALIARI; SOARES JÚNIOR, 2014) e farinhas torradas (TAVARES et al., 2012).

Uma aplicação potencial para as farinhas de arroz pré-cozidas é a produção de alimentos pré-cozidos e instantâneos, muito divulgados nos últimos tempos. Os alimentos instantâneos em pó têm a característica de serem facilmente miscíveis em água. A maioria dos alimentos instantâneos necessita de calor para atingir a textura desejada. Alguns exemplos são o leite em pó (integral e desnatado), alimentos destinados à alimentação infantil, os cafés solúveis, as bebidas instantâneas, as sopas desidratadas instantâneas e as sobremesas, dentre elas, as misturas prontas para pudim, *flans*, entre outras. A viabilidade da utilização dos amidos modificados por extrusão nestas formulações tem despertado o interesse de pesquisadores, com o intuito de estudar a produção de alimentos com matérias-primas menos valorizadas e que forneçam características tecnológicas desejáveis (VISSOTO et al., 2006).

Em um estudo realizado por Augusto-Ruiz et al. (2003), foi realizada uma comparação entre farinhas pré-cozidas de arroz branco polido e arroz integral, e verificaram que a viscosidade da farinha de arroz branco apresentou uma temperatura de pasta quente em torno de sete vezes maior do que a farinha de arroz integral, indicando que em produtos que são servidos quentes, como sopas instantâneas, a farinha de arroz polido apresenta uma capacidade espessante muito maior.

Pode-se verificar que a farinha de arroz é um ingrediente promissor na elaboração de produtos, levando-se em consideração que no Brasil esse ingrediente não possui uma linha de produtos bem definida, apesar de todos os benefícios socioeconômicos e nutricionais que pode proporcionar.

2.3 Bagaço de uva

Segundo a Embrapa Uva e Vinho, a vitivinicultura brasileira tem avançado tanto nos produtos elaborados como na produção de uvas para consumo in natura. A produção de vinhos no Brasil se concentra na região Sul, o Estado produziu 251.000.000 litros de vinho em 2014, sendo que o consumo de vinhos no Brasil é de cerca de 2 litros per capita/ano. Estima-se que do total de uva produzida, aproximadamente 20% é representado pelo peso do bagaço (casca e semente) resultante do processamento do vinho, o que torna este setor uma potencial fonte geradora de resíduos, principalmente porque apenas uma pequena quantidade desse material é reaproveitada, sem qualquer pré-tratamento (RUBERTO, et al, 2007). Entre os diversos resíduos sólidos gerados, estão o engaço, as sementes e o bagaço, sendo este último o mais representativo. O bagaço é constituído pelas partes sólidas da uva (casca e semente) e por uma pequena parte do mosto ou conjunto mosto/vinho que as embebe. A **Figura 5** ilustra as partes que compõem a uva.

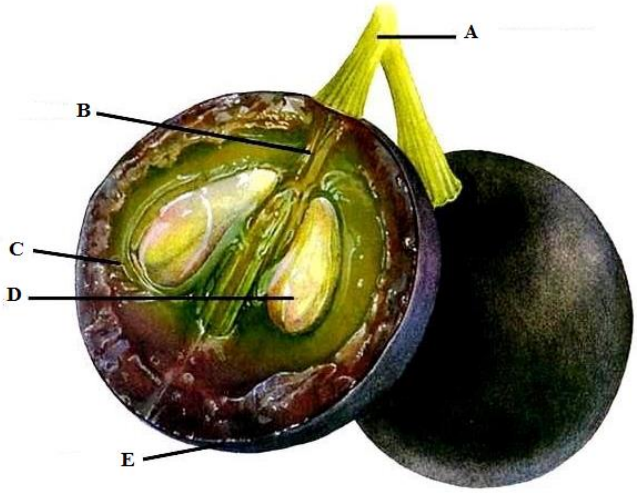


Figura 5. Partes da uva: engaço (A), pendúnculo (B), polpa (C), semente (D) e casca (E).
Fonte: Urbina Vinos (2015).

Como o bagaço é resultante da etapa de esmagamento ou prensagem das uvas, a sua composição química varia de acordo com a variedade e tipo de uva, regiões onde foram produzidas, safra e a intensidade da prensagem sofrida no processo industrial. A **Figura 6** apresenta o fluxograma simplificado do processo de elaboração de vinhos, onde é possível visualizar a etapa do processamento que gera o resíduo da vinificação em tinto ou em branco, ou seja, o bagaço.

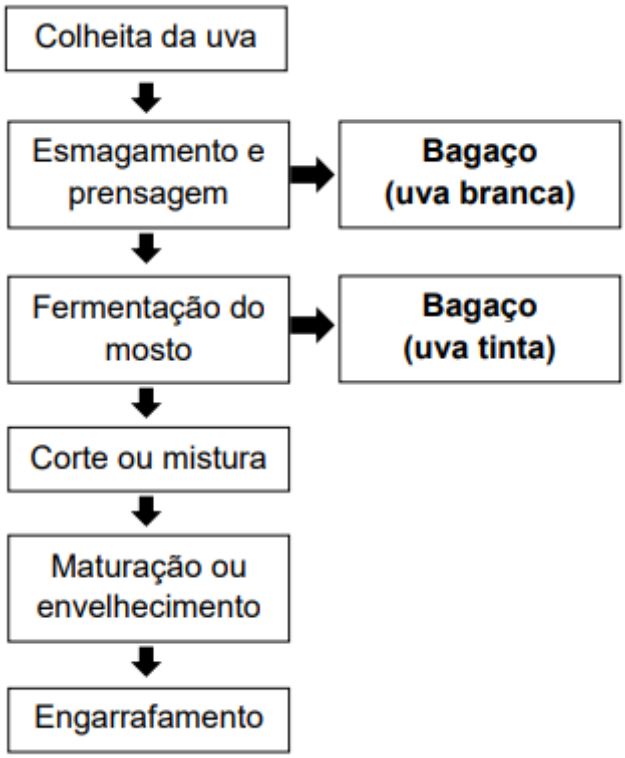


Figura 6. Fluxograma simplificado do processo de elaboração de vinhos.
Fonte: Adaptado de Campos (2005).

Resíduos de frutas, como as sementes de uva, são ricos em antioxidantes. Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas utilizando subprodutos ou casca e sementes de frutas e hortaliças na obtenção de pós, farinhas ou concentrados de fibras dietéticas antioxidantes (ALTAN et al., 2009).

Nota-se, portanto, uma necessidade premente não só de impulsionar o uso integral das frutas e vegetais, minimizando assim os resíduos gerados, bem como de agregar valor a estes subprodutos, possibilitando a criação de novas fontes de alimentos (SUN-WATERHOUSE et al., 2011).

No Brasil, a maior parte do bagaço de uva gerado na produção de vinhos, próximo de 59,4 milhões de quilos, considerando 18 kg de bagaço/100 litros de vinho, é tratado como resíduo com baixo valor, sendo utilizado, por exemplo, para a ração animal (ROCKENBACK et al., 2008).

O bagaço da uva (**Figura 7**), subproduto da elaboração de vinho e suco de uva, consiste das cascas, sementes e, eventualmente, algumas ráquis prensadas, e representa cerca de 20% do peso seu original (RUBERTO et al., 2007). Estes subprodutos podem conter uma quantidade considerável de compostos fenólicos, que irá depender da variedade e do tipo de uva (tinta ou branca), da parte do tecido (casca, sementes ou ráquis), das condições do

processo de fixação de nitrogênio, da safra, e da região onde as uvas foram produzidas (MAKRIS et al., 2007).

O bagaço de uva é caracterizado pelo elevado conteúdo fenólico, devido possuir baixa extração durante a vinificação, pois, mesmo após o contato com a fermentação do vinho, o bagaço de uva continua com elevado conteúdo de fenóis, com potencial capacidade antioxidante (YILDIRIM et al., 2005).

Figura 7. Bagaço de uva seco.
Fonte: Autor (2017)

A casca da uva representa cerca de 5 a 10% da baga de uva, em base seca, e o seu conteúdo de fenólicos pode variar de 285 a 550 mg de fenóis/kg de casca, dependendo da variedade e do tipo de pré-tratamento. De acordo com o **Quadro 3**, pode-se observar que as antocianinas predominam no bagaço e casca da uva.

Quadro 3. Conteúdo geral dos principais fenólicos ocorrendo em diferentes frações da uva.

Compostos ($mg.g^{-1}$)	Bagaço de uva	Casca	Semente	Ráquis
Ácidos fenólicos	0,03 -8,31	0,17 – 8,23	0,10 – 0,11	0 – 0,04
Flavan-3-óis totais	0,34 – 4,25	0,12 – 3,38	3,53 – 6,15	0,22 – 0,89
Antocianinas totais	11,47 – 29,82	11,47 – 29,82	-	-
Flavanóis totais	0,03 – 0,63	0,48 – 0,63	0,02 – 0,05	0 – 0,22

Fonte: adaptado de Pinelo et al. (2006).

As etapas do processamento para a obtenção de fibras dietéticas antioxidantes, como a desidratação, podem afetar suas propriedades físico-químicas e a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos (GARAU et al., 2007).

Larrauri et al. (1997) estudaram o efeito da temperatura de secagem no teor de polifenóis e na capacidade antioxidante de cascas de bagaço de uva, subproduto da elaboração de vinho tinto. Observaram que não houve perdas significativas nas características avaliadas na temperatura de 60ºC, em relação à amostra de referência liofilizada. No entanto, nas temperaturas de 100 e 140ºC houve redução significativa nos polifenóis extraíveis totais, de 18,6 e 32,6%, respectivamente, e taninos condensados de 11,1 e 16,6%, respectivamente, em relação à amostra liofilizada. Em relação à capacidade antioxidante, a redução foi de 28 e 50%, respectivamente.

Em pesquisa realizada por Altan et al. (2009), os autores investigaram o efeito da temperatura, da velocidade da rosca e do nível de bagaço no conteúdo de β–glucana, fenólicos totais e capacidade antioxidante de extrudados desenvolvidos à base de cevada e bagaço de tomate e cevada e bagaço de uva. O processo de extrusão reduziu o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante dos dois produtos extrudados. O conteúdo de fenólicos totais do extrudado à base de cevada e bagaço de uva foi dependente somente do nível de bagaço, enquanto a capacidade antioxidante foi dependente da temperatura e da interação temperatura e nível de bagaço.

Em estudo realizado por Silva et al. (2008), em que os parâmetros de processamento de farinhas pré-cozidas por extrusão elaboradas com arroz e café torrado foram, em média: umidade 16%; temperatura da última zona de aquecimento 170ºC e percentual de pó de café na mistura 17%, observou-se que a quantidade de carboidratos no pó de café aumentou com a extrusão. Observa-se, no entanto, que apesar dos elevados teores de carboidratos, houve uma ligeira redução nos teores dos carboidratos das farinhas extrudadas. Esse fato pode ser

atribuído à redução da quantidade de farinha de arroz utilizada na mistura com café, bem como, a participação de determinados carboidratos nas reações de Maillard ou caramelização, que contribuem para a formação das características sensoriais de cor, aroma e sabor dos alimentos à base de amido ou carboidratos. O adequado tratamento térmico favorece o aumento do valor nutricional de produtos alimentícios devido à desnaturação de proteínas, além de melhorar as características sensoriais como sabor, cor, textura e aparência, inativar enzimas, fatores antinutricionais e micro-organismos. Observa-se também que a mistura pré-cozida da farinha de arroz com o pó de café apresentou um ligeiro aumento nos teores da maioria dos aminoácidos, o que contribuiu para elevar os teores de aminoácidos totais. Apesar de se tratar de um produto elaborado em condições de processamento que envolve alta temperatura e pressão, e sabendo-se que alguns aminoácidos são altamente reativos, principalmente a lisina, sugere-se que houve efeito complementar mútuo entre o pó de café e a farinha de arroz após o pré-cozimento, contribuindo, assim, para a melhoria do valor nutricional de ambas as farinhas pré-cozidas.

O bagaço de uva contém de 65-80% de fibra alimentar total (LLOBERA; CANELLAS, 2007), sendo que a casca é a fração com maiores quantidades deste componente (50-60%) (DENG; PENNER; ZHAO, 2011). Geralmente, as fibras alimentares de frutas apresentam melhor valor nutritivo que aquelas derivadas de cereais, porque estão associadas às quantidades significantes de compostos bioativos, como polifenóis e carotenoides (MILDNER-SZKUDLARZ et al., 2011).

A variedade Alicante Bouschet (**Figura 8**) é resultante do cruzamento entre as castas Petit Bouschet e a Grenache. É uma variedade “tintureira” (com polpa vermelha), apresentando bagos redondos de cor negra e cachos grandes. Em Portugal ganhou notoriedade pela produção de vinhos de muito boa qualidade, nomeadamente no Alentejo, onde o *terroir* local (invernos frios e verões quentes e secos, solos profundos e não muito pobres, com disponibilidade de água ao longo de todo o ciclo) lhe transmite as condições necessárias para o seu desenvolvimento pleno. Esta variedade produz vinhos de cor densa, aromas ligeiramente vegetais, grande concentração de taninos, bom equilíbrio de acidez e enorme capacidade de envelhecimento (ANGELOTTI et al., 2017).

Figura 8. Variedade Alicante Bouschet.
Fonte: Clube dos Vinhos Portugueses (2014).

2.4 Extrusão Termoplástica

Na literatura, "extrusão" (do latim *extrudere*) define-se como a ação de empurrar. Na área de engenharia, descreve uma operação de forçar um material para fora por uma abertura estreita. A extrusão termoplástica de alimentos é definida como um processo termomecânico pelo qual, materiais amiláceos e/ou proteáceos são plastificados com água e cozidos em um tubo, pela combinação de câmbios de pressão, transferência de calor e massa e cisalhamento mecânico (BERK, 2009).

O cozimento por extrusão é um processo contínuo de um único estágio que combina forças de cisalhamento, altas pressões e altas temperaturas em curto tempo (BERK, 2009). O material alimentício é plastificado com água a fim de alcançar fluidez e ser cozido continuamente enquanto atravessa o canhão cilíndrico (BERRIOS et al., 2013). Todo o material granular perde sua estrutura nativa e organizada, e forma-se uma massa visco-elástica contínua (SOLÓRZANO, 2013). Estas transições de ordem e desordem estrutural resultam em modificações no tamanho, forma e reatividade dos biopolímeros. Assim, simultaneamente o amido é gelatinizado/degradado, com formação de complexos entre lipídeos e amilose, e os corpos proteicos são degradados/desnaturalizados, com material fibroso associado através de ligações intra e intermoleculares, o que repercute nas propriedades físico-químicas do extrudado (DE MESA-STONESTREET, 2012).

A extrusão termoplástica tem sido uma boa opção para o aproveitamento de grãos quebrados do arroz, por ser uma técnica que, além de aumentar a variedade de alimentos processados, apresenta vantagens quando comparada a outros sistemas tradicionais de

processamento de alimentos, como versatilidade, custo relativamente baixo, alta produtividade e produtos de alta qualidade, além de representar um processo tecnologicamente limpo. O amido, ao ser pré-cozido, sofre transformações químicas que causam intumescimento e ruptura dos grânulos, provocando modificações das estruturas cristalinas que em consequência aumentam a solubilidade e a viscosidade em água fria (SOLÓRZANO, 2013), ampliando-se o potencial na produção de alimentos instantâneos. Podem ser utilizadas variações nas condições de operação de extrusão as quais permitem a produção de extrudados com várias características, como proporcionar alto nível de absorção de água, indicado na elaboração de mingaus e sopas, ou altos graus de solubilidade permitindo o seu uso em bebidas, por exemplo.

O extrusor normalmente é dividido em pré-condicionador, parafuso e orifício de saída. O pré-condicionador é uma câmara atmosférica pressurizada onde o material cru entra e é aquecido e hidratado pelo contato com o vapor de água. No parafuso ocorrem as transformações moleculares, e o calor é gerado pela rotação do parafuso e pela transferência de calor das camisas do canhão. A transformação em uma massa viscosa e plástica é resultado da hidratação, desnaturação e movimento, podendo processar mais de 125 toneladas de alimento por hora. Nos extrusores de parafuso simples considera-se existirem várias seções, associadas a diferentes tarefas. A zona de alimentação é aquela onde é recolhida a matéria-prima. Nesta zona, o parafuso deve permitir um enchimento rápido; por isso, a fita helicoidal do parafuso tem habitualmente maior profundidade. Na zona de compressão ou de transição, a profundidade do parafuso diminui, iniciando-se a compressão e o processamento propriamente dito; os materiais começam a sofrer cozedura e ocorrem alterações estruturais. Na última seção, o cisalhamento é intenso, a pressão aumenta muitíssimo e há uma elevada acumulação de calor em resultado da dissipação da energia mecânica, ocorrendo tudo isto à medida que o movimento do parafuso encaminha o produto para o orifício de descarga. A **Figura 9** exemplifica um modelo de extrusor de rosca única com a passagem da matéria-prima.

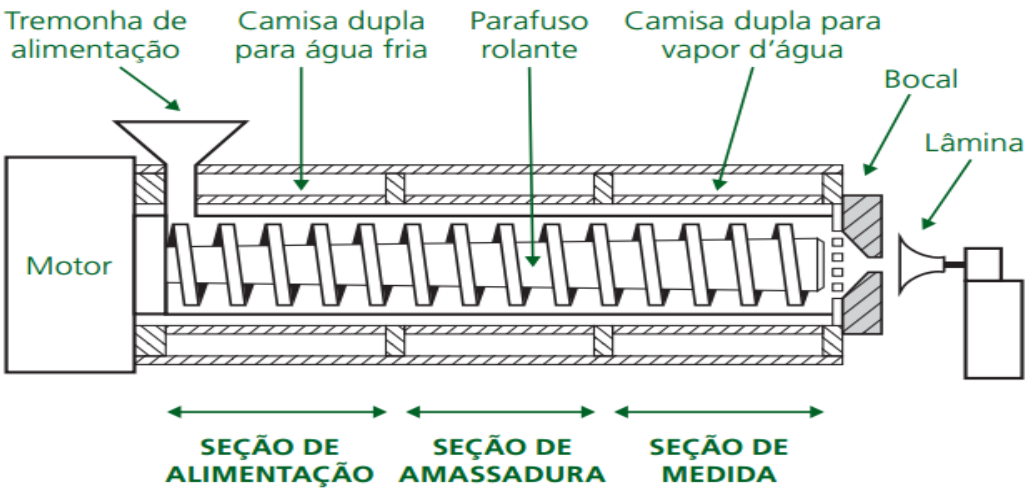


Figura 9. Esquema de um extrusor de rosca única
Fonte: Oliveira e Andrade (2012).

A extrusão é um processo que pode combinar várias operações unitárias incluindo, mistura e condicionamento, transporte, homogeneização, cozimento, remoção de umidade, desgaseificação, estabilização enzimática, texturização, encapsulação, pasteurização, esterilização e formatação.

Há inúmeras vantagens com a utilização do processo de extrusão, pois permite a utilização de diversos tipos de matérias-primas e condições de operação e matriz, permite o desenvolvimento de novos produtos, agregando valor; com baixo custo de produção devido à alta produtividade; é um processo contínuo com alto desempenho e totalmente automatizado; e por ser considerado um processo de alta temperatura em tempo rápido, preserva os componentes sensíveis às altas temperaturas, aumenta a digestibilidade de proteínas e amidos, além de poder inativar fatores antinutricionais, enzimas e micro-organismos; não produzem efluentes, reduzindo custos e evitando a poluição ambiental (HUBER, 2001).

As características do produto extrudado são dependentes da composição química, propriedades reológicas, estado físico da matéria-prima, bem como do tipo de extrusor e condições de operação. Os componentes dos alimentos são muito importantes para a qualidade tecnológica dos produtos extrudados. As proteínas são importantes para a elasticidade, retenção de gás e estrutura celular, adesividade, extensibilidade, absorção de água, ligação e mesmo expansão. Os amidos são importantes principalmente para adesão, coesão e expansão. Os lipídios são críticos para densidade volumétrica e expansão. A fibra é usada para controle da densidade e da textura em adição ao seu especial valor funcional (SHUKLA, 1998).

A modificação do amido por processos genéticos aumenta a disposição de amilose ou amilopectina nos cereais e as principais características decorrentes da modificação genética após aumentar teor de amilose, e a maior temperatura de cozimento, alta estabilidade ao tratamento térmico, alta retrogradação, baixa absorção de óleo e alta capacidade de formação de filme. Dentre as possibilidades de modificação do amido por processos fisicos, está o pré-cozimento por processo de extrusão e processos onde os amidos granulares intumescem em água fria e possuem vantagens de serem instantâneos, como melhor palatabilidade e brilho.

O cozimento por extrusão aumenta significativamente a digestibilidade do amido quando comparado com os amidos não extrudados, devido a ruptura da estrutura fisica do grânulo de amido e o cozimento, sendo caracterizado pelo aumento da viscosidade a frio (HAGENIMANA; DING; FANG, 2006).

Relativamente às técnicas de confeção ou de processamento convencionais, a extrusão-cozedura distingue-se pela capacidade de desenvolver produtos diferentes em termos de paladar e de textura, incluindo propriedades de expansão e poder crocante, para além do aumento da digestibilidade dos alimentos e biodisponibilidade de nutrientes (BRENNAN et al., 2011).

As farinhas pré-cozidas possuem modificação em sua estrutura amilácea de maneira que promove capacidade de melhoria na absorção e solubilidade da água, ou seja, as mudanças causam o cozimento do amido e o aspecto de utilizar amido modificado pré-gelatinizado pode facilitar no processamento de produtos como bolo, pães, biscoitos e de confeitaria, além disso este tipo de farinha é um recurso extra para desenvolvimento tecnológico que proporciona redução de perdas industriais com utilização de coprodutos que anteriormente eram subutilizados, e com o processo de extrusão e consequente produção de farinha pré-cozida, podem ser aproveitados (BASTOS, 2012).

Quando dispersos em água, as farinhas extrudadas absorvem o líquido rapidamente, formando uma pasta a temperatura ambiente, sem necessidade de aquecimento (SEBIO, 2003). O aumento de solubilidade do material é a base para a elaboração de alimentos instantâneos, como é o caso das bebidas, por exemplo. Sendo assim, após a cocção por extrusão, as farinhas de alguns cereais são comercializadas como farinhas pré-cozidas.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Obter e caracterizar as farinhas mistas de arroz com casca de uva pré-cozidas por extrusão e avaliar a sua potencial aplicação em produtos alimentícios.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar os parâmetros de processamento de extrusão para a elaboração de uma farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva;
- Determinar as características físico-químicas das farinhas extrudadas;
- Determinar características tecnológicas das farinhas extrudadas, como índices de absorção, solubilidade em água e índices de expansão, propriedades mecânicas e de pasta;
- Avaliar o efeito da extrusão sobre o teor de compostos fenólicos totais e da capacidade antioxidante da farinha de casca de uva e das farinhas extrudadas;
- Avaliar as farinhas microbiologicamente;
- Avaliar o potencial uso das farinhas mistas pré-cozida de arroz e casca de uva na formulação de produtos alimentícios.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de execução

Os experimentos de extrusão e análises físicas foram realizados na Planta Piloto de Extrusão Termoplástica e nos laboratórios de Propriedades Físicas, as análises químicas nos laboratórios de Físico-Química e as análises microbiológicas nos laboratórios de Microbiologia de Alimentos, localizadas na Embrapa Agroindústria de Alimentos (Rio de Janeiro, RJ).

4.2 Materiais

O arroz foi fornecido na forma de grãos (tipo 2 agulhinha), obtido pelo comércio local (marca Palmares, lote 086172U, Palmares do Sul/RS).

O bagaço de uva desidratado foi fornecido pela Embrapa Semi árido (Petrolina, PE), da variedade Alicante Bouschet, lote 08/12/2016, proveniente da produção de vinho tinto, fornecido pela vinícola Santa Maria, do grupo ViniBrasil (Lagoa Grande, PE).

4.3 Produção das farinhas mistas cruas

O bagaço (resíduo) foi submetido à secagem em estufa à temperatura de 45ºC por 168 horas (7 dias) na Embrapa Semi árido. Após o resfriamento, o bagaço foi encaminhado para a Embrapa Agroindústria de Alimentos (RJ). Na unidade, o bagaço passou por etapas de seleção, tendo as partes engaço e sementes separadas (as sementes foram destinadas a outros projetos na unidade), sendo utilizadas somente as cascas das uvas.

As cascas foram então moídas em moinho de discos (Perten Laboratory Mill 3600, USA) com abertura zero, obtendo-se a farinha de casca de uva, a qual foi peneirada em classificador vibratório ROTAP RX2910 (WS Tyler, St. Albans, WW, USA) com um conjunto de peneiras de 5, 9, 12, 16, 24 *mesh* e uma base por 10 minutos e em velocidade máxima para padronização do tamanho das partículas (para seu uso na extrusão).

O arroz foi analisado microbiológica e fisicamente, moído em moinho de discos, obtendo-se farinha de arroz.

As farinhas de casca de uva e de arroz foram então estocadas, separadamente, à temperatura ambiente e sob abrigo de luz, e posteriormente embaladas à vácuo.

4.4 Produção da farinha da farinha mista arroz e casca de uva pré-cozida

Antes do processo de extrusão propriamente dito, as farinhas mistas ainda cruas, segundo as proporções estabelecidas (arroz/casca de uva, **Tabelas 1 e 2**), foram submetidas a um processo de acondicionamento de umidade, segundo descrito no desenho experimental.

Utilizou-se o Teorema de Tales para definir os pontos axiais que compõem o Delineamento, descritas na **Tabela 2**. O Teorema de Tales consiste em uma interseção entre duas retas paralelas e transversais que formam segmentos proporcionais. Foram fixadas três percentagens de casca de uva na farinha mista (10, 15 e 20%), três temperaturas na terceira zona do extrusor (120, 130 e 140 ºC) e três umidades a acondicionar o material (15, 17 e 19%).

Com a finalidade de uma melhor correlação dos parâmetros de extrusão na elaboração da farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva, foi utilizado um delineamento do tipo composto central rotacional (DCCR), sendo consideradas três variáveis (percentagem de casca de uva/farinha de arroz na mistura, temperatura (°C) e umidade de processamento (%)) para a elaboração de uma farinha mista pré-cozida.

O processamento dos dados e a análise estatística foram realizados com auxílio do programa computacional *Statistica*, versão 7.0 (STATSOFT INC., 2004), com as variáveis independentes codificadas. Foram elaborados diagramas de Pareto e gráficos de superfície de resposta por meio do modelo matemático proposto nos níveis reais das variáveis, mantendo-se a resposta em função do eixo z, com eixos x e y representando as variáveis independentes, ao mesmo tempo em que as demais variáveis foram mantidas constantes no ponto central (correspondente ao nível codificado 0). Os níveis de cada variável independente foram fixados de acordo com os ensaios preliminares e dados relacionados à literatura. O valor codificado (± 1 e 0) e o valor das variáveis independentes com matriz de projeto são dados nas **Tabelas 1 e 2**. Um modelo polinomial de segunda ordem foi empregado para o *design* de três fatores, que é dado como

$$Y = \beta_{o} + \sum_{i=1}^{3} \beta_{o} X_i + \sum_{j=1}^{3} \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i-1}^{2} \sum_{j-1}^{3} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon$$

onde Y é a resposta prevista, β_0 o coeficiente constante, β_i o coeficiente linear, representam, β_{ii} os coeficientes quadráticos, β_{ij} os coeficientes de interação e X_i, X_j os valores codificados das variáveis do processo e ε o erro residual (DIAMANTE et al., 2012). No estudo atual β_1, β_2 e β_3 são os coeficientes de nível de farinha de casca de uva, temperatura na terceira zona do extrusor e conteúdo de umidade, respectivamente.

Tabela 1. Pontos axiais que compõem o delineamento experimental.

Variável Independente	**Níveis de Variação**				
	Axiais (-α)	**Codificado**			**Axiais (+α)**
	-1,682	-1	0	1	1,682
x* (real)	6,6	10	15	20	26,4
y* * (real)	113,2	120	130	140	146,8
z* (real)**	13,6	15	17	19	20,4

*x= casca; **y=temperatura; ***z= umidade.

Tabela 2. Delineamento completo do desenho experimental para a obtenção da farinha extrudada mista de arroz e casca de uva.

Tratamento	**Casca (%)***	**Temperatura (ºC)**	**Umidade (%)**
1	10	120	15
2	10	120	19
3	10	140	15
4	10	140	19
5	20	120	15
6	20	120	19
7	20	140	15
8	20	140	19
9	6,6	130	17
10	23,4	130	17
11	15	113,2	17
12	15	146,8	17
13	15	130	13,6
14	15	130	20,4
15 (C)**	15	130	17
16 (C)**	15	130	17
17 (C)**	15	130	17
18 (C)**	15	130	17
19 (C)**	15	130	17

*A diferença em percentagem corresponde à farinha de arroz (ex. 10:90); **(C) correspondente a ponto central.

A adequação do modelo polinomial foi avaliada comparando-se a proporção da variação explicada (R^2) e pelo método de seleção para frente (*forward selection*) até que o

valor das somas dos quadrados do erro (SSE) não varie ou até completar os coeficientes do modelo proposto.

Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata. As amostras da farinha de arroz, farinha de casca de uva e farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade e mantidas em câmara fria a 10ºC até a realização das análises.

A umidificação foi realizada borrifando-se água ~~destilada~~ sobre a farinha mista dos tratamentos correspondentes, permanecendo esta mistura *overnight* sob refrigeração (4ºC) em embalagens de polietileno de baixa densidade. A quantidade de água a ser dispersa sobre as farinhas, em mL, foi determinada conforme a **Equação 1** (MARCÍLIO et al., 2003), segundo estabelecido no desenho experimental quanto à variação da umidade de processamento.

$$Volume = \left\lfloor \left(\frac{100-A}{100-B}\right) - 1 \right\rfloor \times C \qquad \text{(Equação 1)}$$

Onde A é o teor de umidade inicial da amostra ($g.100g^{-1}$); B é o teor de umidade desejado da amostra ($g.100g^{-1}$) e C é a massa da amostra (g).

Após o acondicionamento da umidade, as amostras foram retiradas da câmara fria e mantidas à temperatura ambiente até o início do processo de extrusão.

Foi utilizada um extrusor de parafuso único marca *Brabender*, modelo DS20, acoplado ao torque DSE330 (Duisburg, Alemanha), com taxa compressão de 3:1. A rotação do parafuso foi constante a 150 rpm. A abertura da matriz circular foi de 3 mm de diâmetro, temperaturas constantes na primeira e segunda zona de aquecimento do extrusor de 50ºC e 90ºC, respectivamente. A temperatura na terceira zona variou segundo descrito no desenho experimental.

Os extrudados cilíndricos foram coletados ao longo do processo de extrusão, o que levou cerca de 10 minutos para cada tratamento, interrompendo o fluxo de produto extrudado a cada 50 a 60 cm de comprimento. Após 5 a 10 min de repouso ao ambiente, foi realizada a amostragem dos extrudados cilíndricos para serem analisados quanto às propriedades de expansão e propriedades mecânicas. O material extrudado remanescente foi secado em forno com circulação de ar a 60°C, por 4 h. Ao término da secagem, o material foi triturado manualmente e estocado em embalagens de plástico de alta densidade a 7°C, para as análises posteriores.

4.4.1 Taxa de fluxo mássico

No processo de extrusão foi coletado em sacolas plásticas, previamente taradas, uma quantidade de massa extrudada à saída da matriz durante um período de 30 s. A massa coletada foi registrada com balança semi-analítica SB12001 (Mettler, Toledo, Suíça). Foram coletadas em duplicada, sendo a primeira amostra no início da extrusão de determinado tratamento, e a segunda, no término, ambas após um período mínimo de variação do torque e pressão.

O cálculo da taxa de fluxo mássico (Q), em $kg.min^{-1}$, foi realizado com a **Equação 2**.

$$Q = \frac{m}{t} \qquad \text{(Equação 2)}$$

Onde m é a massa coletada, em kg; e t é o tempo de coleta, em h.

A partir do cálculo de taxa de fluxo mássico, foi possível calcular a energia mecânica específica, uma variável dependente de extrusão.

4.4.2 Energia mecânica específica

O torque, a pressão na placa frontal e a temperatura da massa fundida foram registrados pelo *software* que acompanha o extrusor, após um período mínimo de variação do torque e pressão.

A energia mecânica específica (EME), em $kJ.kg^{-1}$, foi calculada de acordo com Fang et al. (2013), através da **Equação 3**.

$$EME = \frac{T \times W \times n}{Q} \qquad \text{(Equação 3)}$$

Onde T é o torque, em N.m; W é a velocidade angular, em $rad.s^{-1}$; n é o número de parafusos, igual a 1 e Q é o fluxo mássico, em $kg.min^{-1}$.

4.5 Caracterizações físicas, químicas e tecnológicas dos produtos extrudados

4.5.1 Distribuição granulométrica

Foi realizada a distribuição granulométrica de acordo com AOAC (2010), por segregação de 100 g de farinha extrudada, retido no topo de peneiras padronizadas de aço inox (Newark, USA) após 10 min de peneiramento em ROTAP RX2910 (WS Tyler, St. Albans, WW, USA). Sete aberturas de peneiras foram selecionadas (1,68; 1,4; 1,18; 1; 0,71; 0,3 e 0,106 mm) e um fundo, a fim de obter uma distribuição normal de partículas. As frações retidas no topo de cada peneira foram pesadas em balança semi-analítica GT4100 (Ohaus, Precision Advanced). O cálculo de partículas retidas (R_n), em $g.100g^{-1}$, foi realizado de acordo com a **Equação 4**.

$$R_n = m_r - m_p \qquad \text{(Equação 4)}$$

Onde n indica a abertura de peneira, em mm; m_r é a massa da peneira n com produto retido e m_p é a massa da peneira n vazia.

4.5.2 Composição centesimal

As análises de umidade, lipídios e cinzas foram baseadas nos métodos descritos pela AOAC (2010). A análise de umidade foi baseada no método gravimétrico, com retirada da água disponível da amostra, em estufa de esterilização (Logen, LS 1.2, São Paulo, Brasil) a 105ºC, até a obtenção de peso constante. Para determinação do teor de proteína, foi utilizada a metodologia padronizada por Kjeldhal, que se baseia na determinação do teor de nitrogênio total da amostra, que é convertido em proteína bruta por um fator de conversão, no caso do arroz, 5,95. O teor de cinzas foi mensurado através de gravimetria, onde a amostra foi pesada após incineração em mufla a 550ºC, por aproximadamente 6 horas. O método de determinação de lipídios foi baseado no arraste das gorduras polares e apolares da amostra, pela utilização de clorofórmio e metanol que foram evaporados, após o arraste, em estufa de esterilização.

Os carboidratos totais foram obtidos por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos de umidade, proteínas, lipídios e cinzas (IAL, 2008). Os resultados da composição centesimal foram expressos em $g.100g^{-1}$.

O teor de fibra bruta total da farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva foram determinados de acordo com o método enzimático-gravimétrico (AOAC, 2010), utilizando o kit enzimático da marca Sigma. Esse método está fundamentado na porção não hidrolisada do alimento que resiste à digestão enzimática sequencial com α-amilase, protease e amiloglicosidase.

4.5.3 Índice de absorção e solubilidade em água

O extrudados secos foram moídos e, em seguida, peneirados, de acordo ao item 4.3, utilizando aberturas de peneiras de 0,212 mm, 0,106 mm e um fundo. A fração retida no topo da peneira 0,106 mm foi utilizada para a determinação do índice de absorção em água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) e viscosidade de pasta (BECKER, 2010).

IAA e ISA foram determinados conforme metodologia de Anderson et al (1969), adaptada quanto à forma de agitação. Em um tubo de centrífuga previamente tarado foram colocados 1,0 g da farinha mista e 10 mL de água destilada a 28ºC. Os tubos foram deixados em repouso durante 30 minutos, com agitação de 1 minuto a cada 10 minutos, sob agitador tipo *vortex* (Genie 2 Scientific Industries, Bohemia, NY, USA). Estes foram então centrifugados a 9000 rpm durante 15 minutos, em centrífuga Universal 320R (Hettich, Tuttingen, Alemanha). Verteu-se cuidadosamente o líquido sobrenadante em placa de Petri previamente tarada que foi levada para estufa com circulação de ar (WTB, Binder, Tuttlinger, Alemanha) a 105°C durante 4 h, para a medição de sólidos solúveis totais. Após, o material foi resfriado em dessecador e pesado em balança analítica. Foi pesado o gel remanescente juntamente com o tubo. O IAA foi calculado através da **Equação 5**, enquanto o ISA foi calculado através da **Equação 6**, modificadas por Dogan e Karwe (2003). Os resultados são expressos em g de gel. (g de matéria seca)$^{-1}$ e porcentagem, respectivamente.

$$IAA = \frac{PRC}{(PA - PRE)} \qquad \text{(Equação 5)}$$

$$ISA = \frac{PRE}{PA} \times 100 \qquad \text{(Equação 6)}$$

Onde PRC é o peso do resíduo da centrifugação, em g; PA é o peso da amostra, em g, e PRE é o peso do resíduo da evaporação, em g.

4.5.4 Propriedades de expansão e densidade aparente

A expansão da massa fundida está relacionada ao grau de porosidade do produto extrudado, o qual afeta as propriedades mecânicas e de transporte, tais como a taxa de cisalhamento e a difusão de aromas (WLODARCZYK-STASIAK e JAMROZ, 2009).

No extrudado, foram determinados o índice de expansão radial (IER), índice de expansão longitudinal (IEL) e índice de expansão volumétrica (IEV), com o auxílio de um paquímetro digital, nos *snacks* de cada tratamento.

Para a determinação do IER (**Equação 7**), foram medidos os diâmetros ao início, meio e final de cada extrudado, para depois ter a média do diâmetro (D).

O IEL e o IEV foram calculadas através das **Equações 8 e 9**, respetivamente.

$$IER = \left(\frac{D}{D_0}\right)^2 \qquad \text{(Equação 7)}$$

$$IEL = \left(\frac{\rho_d}{\rho_e}\right) \times \left(\frac{1}{IER}\right) \times \left(\frac{1 - M_d}{1 - M_e}\right) \qquad \text{(Equação 8)}$$

$$IEV = IER \times IEL \qquad \text{(Equação 9)}$$

Onde *IEL* é índice de expansão longitudinal; ρ_d é a densidade do produto fundido dentro do extrusor antes da saída pela matriz, considerada como 1400 kg.m^{-3} (densidade do amido); ρ_e é a densidade do produto extrudado; *IER* é o índice de expansão radial; M_d é a umidade da massa em base úmida do produto fundido dentro do extrusor; M_e é a umidade em base úmida do produto extrudado; *IEV* é o índice de expansão volumétrica, segundo descrito por Alvarez-Martinez; Kondury e Harper (1988).

A densidade aparente (DA), em kg.m^{-3}, foi calculada de acordo com Fan et al. (1996), de acordo com a **Equação 10**:

$$DA = \frac{4M}{\pi \times D^2 \times L} \qquad \text{(Equação 10)}$$

Onde M é a massa, em g, de um comprimento L, em m, de um extrudado de diâmetro D, em m.

A análise foi realizada com quinze replicatas de cada tratamento.

4.5.5 Propriedades de pasta dos extrudados

A análise viscoamilográfica foi realizada no Laboratório de Análises Físicas (Planta IV) da Embrapa Agroindústria de Alimentos, conforme metodologia preconizada por *American Association Of Cereal Chemists* (AACC, 2000).

As propriedades de pasta (perfil viscoamilográfico) das amostras das farinhas extrudadas de casca de uva e arroz foram determinadas em *Rapid Visco Analyser* (RVA) (RVA4, Newport Scientific, Warriewood, NSW, Austrália), com perfil de análise "*extrusion 1 no-alcohol*".

Esta análise foi realizada em duplicata e utilizou-se uma suspensão de amostra moída (3 g em 25 mL) corrigida para 14% de umidade, de tal modo que a massa final foi de 28± 0,01 g. Inicialmente o sistema foi mantido a 25ºC, durante 2 minutos, e o aquecimento em seguida atingiu 95ºC aos 7 minutos, onde permaneceu durante 3 minutos. Logo após, iniciou-se o resfriamento até a temperatura de 25ºC novamente, totalizando 20 minutos de análise.

Os picos de viscosidade (V), em cP, e o tempo correspondente (t), em min, foram registrados por um computador utilizando o *software* Thermocline (Newport Scientific, Warriewood, NSW, Austrália), de acordo com a **Figura 9**. Foram analisados os parâmetros de viscosidade inicial (ou viscosidade a frio), viscosidade máxima, quebra de viscosidade (ou *breakdown*), tendência à retrogradação (*setback*) e a viscosidade final no ciclo de resfriamento.

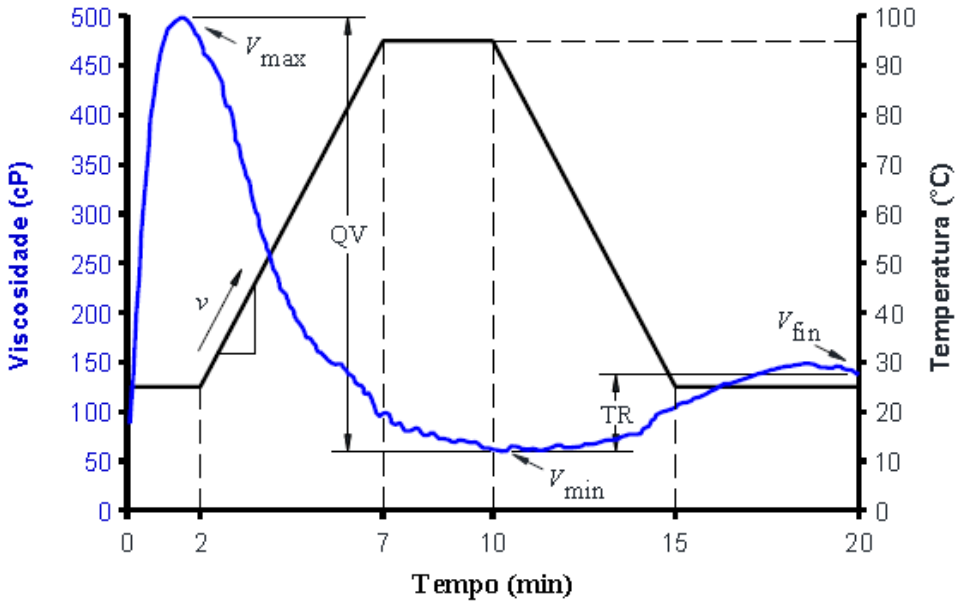


Figura 9. Curva de viscosidade de pasta de uma farinha extrudada, com agitação constante e perfil de temperatura de aquecimento-resfriamento. V_{max}, viscosidade máxima; V_{min}, viscosidade mínima; V_{fin}, viscosidade final; QV, quebra de viscosidade; TR, tendência à retrogradação.
Fonte: Solórzano (2013).

A quebra de viscosidade (QV), ou *breakdown*, e a tendência à retrogradação (TR), ou *setback*, foram calculadas com as **Equações 11 e 12.**

$$QV = V_{max} - V_{min} \quad \text{(Equação 11)}$$

$$TR = V_{fin} - V_{min} \quad \text{(Equação 12)}$$

4.5.6 Propriedades mecânicas dos extrudados

As amostras utilizadas na determinação dos índices de expansão foram secas em forno com circulação de ar (WTB Binder, Tuttlinger, Alemanha) a 60°C até atingir uma umidade remanescente inferior a 4% (aproximadamente 4 h). Seguidamente os *snacks* foram resfriados em dessecador até temperatura ambiente.

As propriedades mecânicas dos extrudados foram medidas usando o teste de punctura com um analisador de textura TA-XT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra) equipado com uma carga de 50 kg, na qual foi acoplada uma sonda cilíndrica de aço inox de 2 mm de diâmetro. A sonda desceu a 5 $mm.s^{-1}$, quando atingiu uma força de contato de 0,196 N sob a amostra, então a perfuração se iniciou a 1 $mm.s^{-1}$ até 50% do diâmetro do extrudado

(D/2). A sonda passou a ascender a 10 mm.s^{-1}, até uma altura de 20 mm. Um total de 15 perfurações foi realizado por cada tipo de extrudado. Os picos de forças de compressão (F) em N, e o tempo correspondente (t) em min (**Figura 10**) foram registrados pelo *software* Exponent versão 4.0.13.0 (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra).

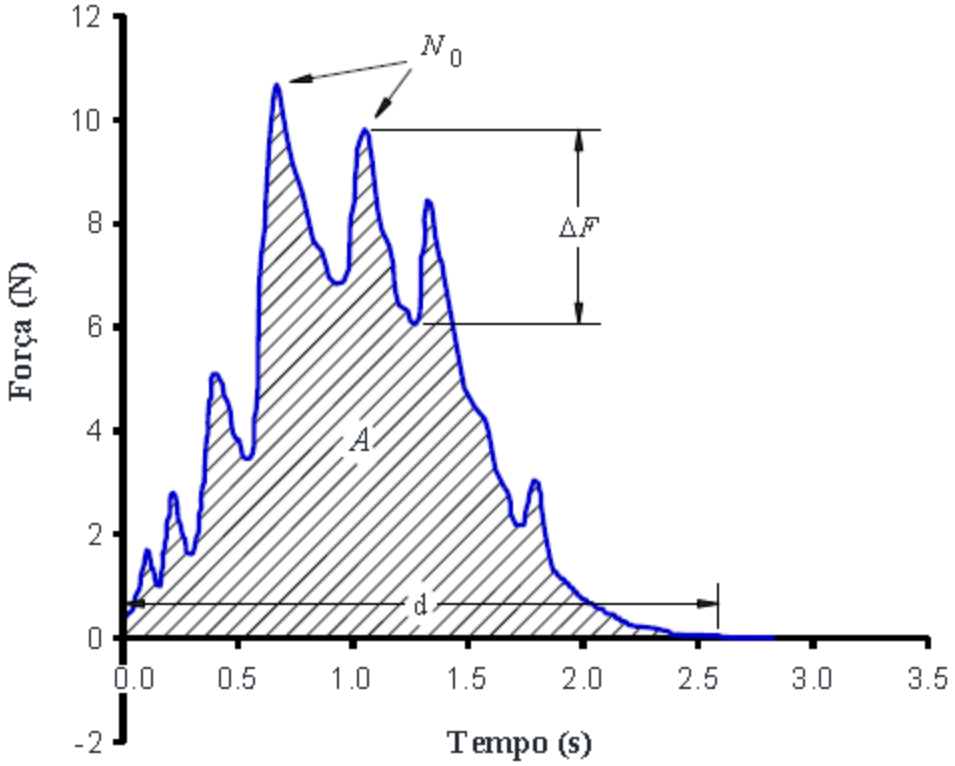


Figura 10. Curva de forças de compressão de um extrudado. N_0, número total de picos; d, distância de compressão do produto (mm); ΔF, força de queda aplicada por pico (N); A, área sob a curva e forças que provocou a deformação (mm^2).
Fonte: Solórzano (2013).

A frequência de rupturas estruturais (N_{rs}), em mm^{-1}, foi calculada com a **Equação 13** (BOUVIER et al., 1997).

$$N_{rs} = \frac{N_0}{d} \qquad \text{(Equação 13)}$$

Onde N_0 é o número total de picos e d é a distância de compressão do produto, em mm.

A média da força específica de rupturas estruturais (F_{rs}), em N, foi calculada com a **Equação 14** (BOUVIER et al., 1997).

$$F_{rs} = \sum \frac{\Delta F}{N_0} \qquad \text{(Equação 14)}$$

Onde ΔF é a força de queda aplicada, gerada por cada pico, em N.

A médias das forças de compressão (F_c), em N, foi calculada com a **Equação 15** (BOUVIER et al., 1997).

$$F_c = \frac{A}{d} \qquad \text{(Equação 15)}$$

O trabalho de crocância (W_c), em N.mm, foi calculado com a **Equação 16** (BOUVIER et al., 1997), onde A corresponde à área sob a curva de forças de compressão que provocou a deformação, em mm^2.

$$W_c = \frac{A}{N_{rs}} \qquad \text{(Equação 16)}$$

A análise instrumental de textura foi realizada com o objetivo de avaliar o parâmetro de "dureza" dos extrudados, por meio da determinação da força máxima de cisalhamento (N).

4.5.7 Determinação da cor

Após preparo da amostra, foram efetuadas medidas de cor instrumental das farinhas extrudadas e de casca de uva no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita (Planta V), utilizando o colorímetro Konica Minolta CR 400 (Osaka, Japão), usando sistema L*, a*, b* CIE (*Commission Internationale de L'Eclairage*), no qual L* se determina a luminosidade, isto é, o quanto a amostra é clara ou escura, a*, a intensidade cromática do verde ao vermelho, e b* que exprime a intensidade do azul ao amarelo (TORREZAN; EIROA; PFENNING, 2000). A placa de cor marrom foi utilizada como padrão para a calibração (100%) e as medições foram feitas contra o padrão preto (0%). Para calcular o ângulo Hue (°Hue), que define a tonalidade de cor, utilizou-se a **Equação 17**, em que combina-se os valores de a* e b*. Valores de °Hue próximos a 180° representam inflorescências mais verdes, aqueles próximos a 90° são mais amarelos, e quando tendem a 0°, vermelhos. As medições foram realizadas cerca de 10 vezes em pontos distintos da amostragem de farinha.

$$°Hue = \tan^{-1}\frac{b^*}{a^*} \qquad \text{(Equação 17)}$$

4.6 Determinação da capacidade antioxidante e compostos fenólicos da farinha de casca de uva e produtos extrudados

Antioxidantes podem ser definidos como compostos, naturais ou sintéticos, que apresentam elevada estabilidade oxidativa e que têm propriedade de diminuir ou inibir significativamente o processo oxidativo em sistemas tanto *in vitro* como *in vivo* de outras substâncias como proteínas, ácidos nucleicos e lipídeos (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2003).

A determinação da capacidade antioxidante dos alimentos, além de predizer o potencial antioxidante do alimento antes de ser ingerido, é importante para avaliar a proteção contra a oxidação e a deterioração do alimento, reações que podem levar à diminuição da sua qualidade e do seu valor nutricional.

Foram descritos numerosos métodos de mensuração da capacidade antioxidante de substâncias e alimentos, mas todos eles têm em comum a presença de um agente oxidante, um substrato adequado e uma estratégia de medida do ponto final. Os métodos que determinam a capacidade antioxidante de alimentos são classificados em dois grupos: o primeiro se baseia na captura de radicais livres; o segundo, na determinação da oxidação de uma molécula alvo (LIMA, 2008).

Com a diversidade de tipos de radicais livres e suas diferentes formas de atuação nos organismos vivos, há dificuldade e falta de consenso sobre a existência de um método simples e universal que permita avaliar a capacidade antioxidante de forma precisa e quantitativa nos diferentes sistemas de interesse. Diante disto, a busca por novos métodos através da variedade de sistemas geradores de radicais livres é uma vertente na busca por testes mais rápidos e eficientes, proporcionando atualmente uma variedade de métodos para avaliar a capacidade de antioxidantes naturais (DAVID et al., 2010).

A capacidade antioxidante pode ser expressa por meio de vários parâmetros, incluindo a remoção de um radical peroxil (ORAC - *Oxygen Radical Absorbance Capacity*) e a capacidade de remoção de radical orgânico (ABTS - 2,20-azino-bis (ácido 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfônico), por exemplo (SANCHEZ-MORENO; LARRAURI; SAURA-CALIXTO, 1998).

A quantificação de compostos fenólicos totais (FT) é realizada por meio de uma variedade de métodos; todavia o ensaio de Folin-Ciocalteau é o procedimento de reação rápida mais amplamente usado para a quantificação de FT em plantas. O teste de FT consiste na mistura dos ácidos fosfomolibídico e fosfotungstico, na qual o molibdênio se encontra no

estado de oxidação (VI) (cor amarela no complexo $Na_2MoO_4.2H_2O$); porém, em presença de certos agentes redutores, como os compostos fenólicos, formam-se os chamados complexos molibdênio-tungstênio azuis [$(PMoW_{11}O_4)^{-4}$], nos quais a média do estado de oxidação dos metais está entre 5 (V) e 6 (VI) e cuja coloração permite a determinação da concentração das substâncias redutoras que, não necessariamente, precisam ter natureza fenólica.

Os compostos fenólicos são geralmente determinados utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu; no entanto, ele interage com outras substâncias redutoras não fenólicas e, assim, sobrestima o teor de polifenóis (GEORGÉ et al., 2011), tais como o ácido ascórbico, que se comportam como agentes de redução.

4.6.1 Preparo dos extratos

Para a determinação da capacidade antioxidante foi elaborado um extrato utilizado para as análises por ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina) 6-ácido sulfônico) e por ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*).

Para a farinha da casca de uva foi pesado 0,1 g, e, para as farinhas mistas extrudadas 0,5 g, em triplicata, em tubos de centrífuga. Foram adicionados nos tubos 10 mL de metanol 50%, em seguida homogeneizados sob agitador tipo *vortex* (Genie 2 Scientific Industries, Bohemia, NY, USA) e deixados em repouso por 60 minutos em temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Os tubos foram então centrifugados em centrífuga Universal 320R (Hettich, Tuttingen, Alemanha) a 2000 rpm por 15 minutos e o conteúdo sobrenadante foi transferido para balões volumétricos âmbar de 25 mL. Foram adicionados 10 mL de acetona 70% aos resíduos da primeira extração, homogeneizados e deixados em repouso por 60 minutos em temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Os tubos foram centrifugados novamente (às mesmas condições) e o conteúdo sobrenadante foi recolhido e junto ao sobrenadante da primeira centrifugação. O volume dos balões foi completo com água destilada.

Os extratos foram então transferidos para *ependorffs*, congelados a -10ºC e mantidos ao abrigo da luz para serem utilizados para as análises de capacidade antioxidante (podendo ser utilizados até um prazo máximo de 30 dias).

4.6.2 Método ABTS (2,2'- azino-bis (3-etilbenzotiazolina) 6-ácido sulfônico)

A capacidade antioxidante equivalente ao Trolox foi estimada de acordo com procedimento proposto por Re et al. (1999), com algumas modificações. O radical ABTS•+ foi preparado a partir da reação de 7 mM de solução aquosa de ABTS com 140 mM de persulfato de potássio, deixando a mistura à temperatura ambiente por 16 horas, na ausência de luz. Em seguida, a solução de ABTS foi diluída com etanol para obter uma absorbância de 0,70 ± 0,05 a 734 nm. Alíquotas de 30 µL das amostras foram adicionadas a 3 mL da solução diluída de ABTS, e as absorbâncias da mistura foram registradas ao final de seis minutos. A capacidade antioxidante foi calculada utilizando-se curva padrão de Trolox (100 a 2000 µM) e suas respectivas porcentagens de inibição, e os resultados do ensaio foram expressos em µmol de Trolox equivalente por grama de peso fresco (µmol TE.g^{-1} PF).

4.6.3 Método ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*)

A capacidade de absorção de radicais de oxigênio foi analisada conforme proposto por Dávalos, Gómez-Cordovés e Bartolomé (2005). Em microplacas, alíquotas de 25 µL dos extratos foram misturadas a 150 µL da solução de fluoresceína (40 nM) e incubadas a 37ºC por 30 minutos, antes da adição de 25 µL da solução de AAPH (153 nM). Todos os reagentes foram preparados em tampão fosfato (75 mM, pH 7,1). A intensidade da fluorescência (excitação a 485 nm e emissão a 525 nm) foi monitorada a cada minuto, durante 60 minutos, no leitor de microplacas Sinergy Mx (BioTeK, Winooski, EUA). A curva padrão foi preparada com solução de Trolox (6,25 a 100 mM), e os resultados foram expressos em µmol equivalente de Trolox por grama de peso fresco (µmol Trolox.g^{-1} PF).

4.7 Determinação de compostos fenólicos totais

A quantificação dos fenólicos totais dos extratos e produtos foram realizados conforme preconizado por Georgé et al. (2005). A leitura foi realizada a 720 nm, após a redução do reagente pelos compostos fenólicos. Os resultados foram expressos em mg de catequina por 100 g de farinha de casca de uva e no produto extrudado, a fim de avaliar o efeito da extrusão sobre o teor de compostos fenólicos totais.

4.8 Determinação de antocianinas totais

A metodologia utilizada na determinação de antocianinas totais dos extratos foi de diferença de pH, de acordo com Lee et al. (2005). Foram elaboradas duas soluções tampão, uma de cloreto de potássio/ácido clorídrico de pH 1,0 (0,025 M), outra de acetato de sódio/ácido clorídrico de pH 4,5 (0,4 M). As amostras foram diluídas nessas soluções tampão, e a concentração da amostra em pH 1,0 apresentou leitura entre 0,2 e 1,4 AU, pois é o intervalo de linearidade do espectrofotômetro. Foram feitas leituras a 520 nm e 700 nm, tanto no tampão de pH 1,0 quanto de pH 4,5. A leitura a 700 nm foi realizada para descontar a turbidez da amostra. O valor da absorbância final foi feito a partir da **Equação 18**.

$$A = (A_{520nm} - A_{700nm})pH\ 1{,}0 - (A_{520nm} - A_{700nm})pH\ 4{,}5 \quad \text{(Equação 18)}$$

A concentração total das antocianinas monoméricas foi expressa em cianidina-3-glucosídeo, segundo a **Equação 19**.

$$AM = A \times PM \times FD \times \frac{100}{(\varepsilon - 1)} \quad \text{(Equação 19)}$$

Onde AM corresponde as antocianinas monoméricas, em mg.100g^{-1}; A corresponde à absorbância; PM é o peso molecular; FD é o fator de diluição e ε corresponde à absortividade molar.

A determinação foi realizada na amostra de farinha de casca de uva e nas farinhas extrudadas, a fim de avaliar o efeito da extrusão sobre o teor de antocianinas totais.

4.8.1 Delineamento experimental

Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) utilizando o programa *Statistica*, versão 7.0 (2004) (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

4.9 Análise microbiológica

A análise microbiológica da farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva obedeceu aos padrões recomendados pela Resolução nº 12, da ANVISA/MS, de 2001 (BRASIL, 2001). Foram realizadas contagens de *Bacillus cereus*, coliformes totais, coliformes termotolerantes,

bolores e leveduras, *Staphylococcus* coagulase positiva, como também a pesquisa de presença/ausência de *Salmonella sp*, de acordo com as técnicas descritas pela *American Public Health Association* (APHA, 2001), sendo as análises realizadas nos laboratórios de Microbiologia de Alimentos, localizados na Embrapa Agroindústria de Alimentos (Rio de Janeiro, RJ).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Distribuição granulométrica

O tamanho das partículas tem sido apontado como um fator importante na expansão, já que as partículas pequenas são mais rapidamente fundidas e a massa resultante, de viscosidade baixa, não é transportada apropriadamente (CARVALHO e ASCHERI, 1999). Devido a isto, foi feita a distribuição das farinhas de arroz e casca de uva, ainda cruas, para padronizar a granulometria para o processo de extrusão, a fim de que se tenha um extrudado com expansão e propriedades tecnológicas adequadas a um produto pré-cozido.

A distribuição do tamanho de partículas das farinhas de arroz e casca de uva concentrou-se, em sua maioria, na peneira de abertura entre 9-20 *mesh*, como pode ser visto na **Tabela 3**.

Tabela 3. Distribuição granulométrica para as farinhas de arroz e de casca de uva, em porcentagem, de acordo com a abertura de peneira (*mesh*).

Farinha crua	>9	entre 9-20	entre 20-28	entre 28-35	<35
Arroz (%)	0	61,56	37	0,55	0,89
Casca de uva (%)	3,62	85,32	10,43	0,23	0,4

5.2 Composição centesimal

A **Tabela 4** descreve os resultados de composição centesimal das diferentes farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva.

Tabela 4. Resultados de composição centesimal para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tratamento	Casca (%)	T (°C)	U (%)	Umidade	Cinzas	Proteínas	Lipídeos	Carboidratos	Fibras
1	**10**	**120**	**15**	6,78	1,14	1,21	1,98	88,89	-
2	**10**	**120**	**19**	6,14	1,21	1,23	1,82	89,60	-
3	**10**	**140**	**15**	6,56	1,26	1,22	1,92	89,04	-
4	**10**	**140**	**19**	5,41	1,20	1,25	2,14	90,00	-
5	**20**	**120**	**15**	5,95	1,90	1,30	2,50	88,35	-
6	**20**	**120**	**19**	6,24	1,86	1,34	2,59	87,97	-
7	**20**	**140**	**15**	6,70	1,83	1,27	1,52	88,68	-
8	**20**	**140**	**19**	6,12	1,77	1,33	1,90	88,88	-
9	**6,6**	**130**	**17**	6,80	0,94	1,22	1,43	89,61	-
10	**23,4**	**130**	**17**	6,57	2,00	1,31	2,55	87,57	-
11	**15**	**113,2**	**17**	6,10	1,37	1,26	1,96	89,31	-
12	**15**	**146,8**	**17**	6,25	1,39	1,28	1,99	89,09	-
13	**15**	**130**	**13,6**	6,86	1,33	1,27	1,75	88,79	20,45
14	**15**	**130**	**20,4**	6,38	1,40	1,28	1,66	89,28	20,32
15	**15**	**130**	**17**	7,01	1,65	1,28	1,74	88,32	19,46
16	**15**	**130**	**17**	6,32	1,69	1,25	1,98	88,76	-
17	**15**	**130**	**17**	5,87	1,60	1,27	1,99	89,27	-
18	**15**	**130**	**17**	6,39	1,71	1,28	2,13	88,49	-
19	**15**	**130**	**17**	6,54	1,62	1,27	1,86	88,71	-

Resultados de composição centesimal expressos em $g.100g^{-1}$.

O teor de umidade das farinhas extrudadas foi entre 5,41 e 7,01 $g.100\ g^{-1}$ de amostra em base seca, o que reflete o ideal para uma farinha de arroz, que deve ter, no máximo, 13 $g.10g^{-1}$ de umidade (BRASIL, 2003) . O teor de proteína variou de 1,21 a 1,34 $g.100\ g^{-1}$ de amostra seca, sendo valores encontrados abaixo dos relatados por Llobera e Cañellas (2007) e Sayago-Ayerdi et al. (2009), que também pesquisaram sobre a composição centesimal de resíduos da vitivinicultura. O teor de proteína da uva depende da cultivar e suas proteínas estão presentes principalmente na polpa de uva. Na vinificação e no estágio de pressão, dependendo da intensidade, pode levar a uma diminuição do conteúdo de proteínas solúveis no bagaço. No final do processo de fermentação, muitas proteínas precipitam com os taninos, principalmente na elaboração do vinho tinto (JACKSON, 2008). O conteúdo lipídico variou de 1,43 a 2,59 $g.100\ g^{-1}$. Este componente é principalmente associado às sementes e, como a farinha é da casca de uva e pode haver algum remanescente de semente, apresentou um valor mais próximo da fração da casca. O conteúdo lipídico da fração da casca da uva deste estudo é próximo aos valores encontrados por Romero et al. (2016), que foi de 1,07 $g.100\ g^{-1}$.

Os carboidratos são os componentes que são encontrados em maior porcentagem na farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva. Embora o teor de proteínas e lipídios seja próximo de 2,5 e 1,5%, respectivamente, esta farinha não pode ser considerada como fonte de proteína, mas como fonte de energia. Ao comparar com o **Quadro 1** (página 7), as composições centesimais da farinha de arroz e farinha extrudada de arroz e casca de uva diferem-se principalmente no conteúdo de umidade, em que as farinhas extrudadas apresentaram menor conteúdo, atribuído ao processo de extrusão e posterior secagem; cinzas, em que as farinhas extrudadas apresentaram maior conteúdo por serem mistas com farinha de casca de uva; e lipídios, devido a farinha de casca de uva apresentar pequenas frações de sementes de uva, devido a separação das partes do bagaço de uva ser manual.

A **Tabela 4** evidencia os resultados dos teores de fibras para os tratamentos que correspondem aos melhores resultados da solubilidade e absorção em água e índices de expansão, que refletem as melhores características funcionais tecnológicas das farinhas pré-cozidas. A farinha de arroz é considerada um alimento com baixo teor de fibras com um teor de 0,76 g.100g^{-1} (AUGUSTO-RUIZ et al., 2003), porém, ao misturar-se com farinha de casca de uva, mesmo sofrendo processo de extrusão, houve um aumento no conteúdo de fibras para 20,59 g.100 g^{-1}, como pode ser observado no tratamento 13. A composição química da farinha de casca de uva é alta em fibras brutas, cerca de 58 g.100g^{-1} (FERREIRA, 2012). De acordo com a RDC 54/2012, esta farinha pode ser considerada uma fonte de fibras, uma vez que possui um conteúdo superior ao estabelecido pela Legislação, de 3 g.100 g^{-1} (BRASIL, 2012). Resultados semelhantes (51,1% a 56,3%) foram relatados por Deng et al. (2011). Segundo a RDC nº 360/2003, o valor diário de referência (VDR) para fibras é de 25 a 30 g/dia, com base numa dieta de 2.000 calorias (BRASIL, 2003). A inserção de farinha de casca de uva, desta forma, é capaz de agregar valor nutricional e funcional a produtos alimentícios.

A Tabela 5 mostra as variáveis de regressão para a composição centesimal.

Tabela 5. Resultados da análise de regressão para composição centesimal, calculados sob os níveis codificados.

Resposta	Modelo										R^2
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_{11}	β_{22}	β_{33}	β_{12}	β_{13}	β_{23}	
Umidade	6,436			-0,211							0,6412
Cinzas	1,614	0,317				-0,063	-0,069				0,9361
Proteínas	1,269	0,035		0,012							0,8448
Lipídeos	1,934	0,186						-0,241			0,7091
Carboidratos	88,711	-0,518									0,8576

β_i: coeficientes de regressão; R^2: coeficiente de determinação.

Os resultados indicaram que o modelo polinomial de segunda ordem não teve uma boa correlação para as respostas umidade (R^2=0,6412), lipídeos (R^2=0,7091), proteínas (R^2= 0,8448) e carboidratos (R^2= 0,8576), não sendo válido para propósitos preditivos ($p<0,05$). Os resultados da análise de regressão revelaram que a temperatura na terceira zona do extrusor (x_2) e a umidade (x_3) tiveram efeito quadrático significativo sob o conteúdo de cinzas nas farinhas, relacionando-se com a proporção de farinha de casca de uva (**Anexo A**). Mesmo sem uma boa correlação, pode-se analisar que a variável x_1 (% casca) interferiu na maioria das respostas de composição centesimal das farinhas, como pode ser analisado em cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos, refletindo assim que com a inserção de fibras, como a casca de uva, em produtos alimentícios, os níveis de macronutrientes apresentam melhores resultados. Para a resposta de proteínas, houve ainda uma relação linear entre proporção de farinha de casca de uva e temperatura na terceira zona do extrusor.

5.3 Índices de absorção e solubilidade em água

As propriedades de hidratação desempenham um papel importante nas interações proteína-água e carboidrato-água. As principais propriedades funcionais tecnológicas dos amidos extrudados, quando dispersos em excesso de água, são a absorção de água e a solubilidade em água. O índice de absorção de água (IAA) é uma medida do grau de modificação do amido, desnaturação das proteínas e a formação de complexos macromoleculares (DOGAN e KARWE, 2003). O índice de solubilidade em água (ISA) reflete a quantidade de polissacarídeos solúveis liberados das estruturas granulares em excesso de água (AL-RABADI et al., 2011).

Como é conhecido, o amido nativo quase não absorve água à temperatura ambiente e sua contribuição para a viscosidade é praticamente zero. Entretanto, o amido extrudado absorve água rapidamente, formando uma pasta à temperatura ambiente, sem qualquer aquecimento. O grau de conversão do amido durante o processo de extrusão foi estudado mediante a técnica dos índices de absorção e solubilidade em água. A absorção de moléculas de água se inicia pela fixação das mesmas nas zonas polares dos polímeros, até atingir seu inchamento. As propriedades de inchamento abrangem um aumento das ligações de hidrogênio entre moléculas de água e grupos hidroxila dos polímeros. No amido, esta propriedade é principalmente o resultado da estrutura molecular da amilopectina, com a

amilose atuando como um diluente (SRICHUWONG et al., 2005). A fibra tem um menor potencial de inchamento devido à sua maior insolubilidade (BEMILLER e HUBER, 2008).

Durante o processo de extrusão, as proteínas são afetadas tanto pelo efeito do calor quanto pelo cisalhamento mecânico. O calor provoca a desnaturação e agregação de proteínas, enquanto o cisalhamento mecânico causa a dissociação/despolimerização (FANG et al., 2013). Estas transformações podem diminuir a superfície da molécula de proteína e a disponibilidade de grupos polares para fixar água. Em proteínas de estrutura muito compacta ocorre dissociação e clivagem de moléculas, sendo possível que ligações peptídicas e cadeias laterais polares anteriormente inativas, atinjam a superfície proteica, melhorando as propriedades de hidratação (SOLÓRZANO, 2013).

Os resultados do IAA E ISA são apresentados na **Tabela 6**.

Tabela 6. Resultados de IAA e ISA para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tratamento	Casca (%)	T (° C)	U (%)	IAA	ISA
1	**10**	**120**	**15**	18,94	13,55
2	**10**	**120**	**19**	10,49	9,51
3	**10**	**140**	**15**	19,50	13,78
4	**10**	**140**	**19**	17,27	7,68
5	**20**	**120**	**15**	11,13	15,16
6	**20**	**120**	**19**	11,15	10,64
7	**20**	**140**	**15**	19,12	11,80
8	**20**	**140**	**19**	18,05	10,15
9	**6,6**	**130**	**17**	19,56	13,62
10	**23,4**	**130**	**17**	18,44	11,76
11	**15**	**113,2**	**17**	11,45	11,24
12	**15**	**146,8**	**17**	34,03	11,55
13	**15**	**130**	**13,6**	35,76	15,91
14	**15**	**130**	**20,4**	33,25	9,64
15	**15**	**130**	**17**	11,86	11,98
16	**15**	**130**	**17**	11,62	12,09
17	**15**	**130**	**17**	11,84	11,83
18	**15**	**130**	**17**	12,13	10,77
19	**15**	**130**	**17**	11,48	11,69

IAA: índice de absorção em água (g. 100 g^{-1}); ISA: índice de solubilidade em água (g. 100 g^{-1}).

A farinha extrudada de tratamento 13 (15% de casca de uva, 130°C e 13,6% umidade) revelou o maior IAA, refletindo que uma menor umidade aumenta a absorção de água do produto, e também com a transformação de fibras insolúveis a fibras solúveis. O tratamento 14 (15% de casca de uva, 130°C e 20,4% umidade) revelou um dos menores ISA, refletindo que a solubilidade em água diminui com o aumento de umidade no processo. O tratamento em que a concentração de casca de uva foi maior (tratamento 10) teve seu IAA muito inferior ao tratamento 13, 18,44 g.100 g^{-1}, refletindo que a maior concentração de fibras acarreta em uma menor absorção de água no produto.

Os tratamentos 1, 3, 4, 7, 8, 9 e 10 produziram farinhas extrudadas com valores de IAA intermediários (18,94, 19,50, 17,27, 19,12, 18,05, 19,56 e 18,44 g.100 g^{-1}, respectivamente), quando comparados ao tratamento 13 (35,76 g. 100 g^{-1}). Este fato poderia estar relacionado pelas características intrínsecas do amido, tais como o grau de polímeros ramificados.

Baixos valores de IAA refletem o restrito acesso da água aos amidos extrudados, atribuída a uma estrutura compacta. Por outro lado, a solubilidade pode ser relacionada ao menor peso molecular dos componentes do amido, que podem ser separadas muito facilmente uns dos outros devido à limitada interação entre eles.

Os valores de ISA e IAA podem ser utilizados para estimar a adequabilidade do uso de produtos amiláceos extrudados em suspensões ou soluções. As aplicações em meios com quantidade limitada de água são baseadas nessas suas propriedades funcionais e envolvem frequentemente a capacidade de ligação de hidrogênio.

Os resultados de farinhas extrudadas com alto IAA indicam o uso potencial na formulação de bebidas instantâneas, devido à sua solubilidade à frio. Por sua vez, farinhas extrudadas com valores intermediários de IAA, podem ser sugeridas na produção de cereais matinais integrais, devido à sua capacidade de permanecer menos solúvel após após verter líquido, e devido à presença de fibras e antioxidantes, melhorar-se-ia a qualidade nutricional do produto.

As variáveis de regressão de IAA e ISA (**Tabela 7**) indicaram que o modelo polinomial de segunda ordem não teve uma boa correlação para as respostas ($R^2 < 0,90$), não sendo válido para propósitos preditivos ($p<0,05$). Na grande maioria das áreas, admite-se um valor crítico de p menor ou igual a 0,05, ou seja, assume-se como margem de segurança 5% de chances de erro, ou olhando por outro ângulo, 95% de chances de estar certo.

Tabela 7. Resultados da análise de regressão para propriedades de hidratação (índices de absorção e solubilidade em água), calculados sob os níveis codificados.

Resposta	Modelo										R^2
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_{11}	β_{22}	β_{33}	β_{12}	β_{13}	β_{23}	
IAA	13,758		4,409				5,540				0,5848
ISA	11,704			-1,967							0,8417

β_i: coeficientes de regressão; R^2: coeficiente de determinação; IAA: índice de absorção em água; ISA: índice de solubilidade em água.

5.4 Índices de expansão e densidade aparente

A expansão do produto depende, principalmente, da composição do material e das condições de processamento. É um parâmetro dependente da intensidade de vaporização de água e das propriedades de fluxo do amido fundido. Segundo Launay e Lisch (1983), a água não é um fator limitante, sendo as propriedades reológicas do material fundido as variáveis principais, uma vez que as expansões, longitudinal e radial, são dependentes da viscosidade e da elasticidade do material fundido, respectivamente. Usualmente, a expansão é expressa pela relação entre a área da seção transversal do extrudado e a área da matriz, ou pela relação entre os diâmetros do produto extrudado e da matriz. Foi observado que nos produtos extrudados expandidos, o ar ocupa de 85 a 92% do volume total, exceto para as amostras extrudadas à baixa temperatura. Desta forma, são obtidos extrudados com valores de densidade no intervalo de 0,04 a 0,38 $g.cm^{-3}$. O grau máximo de expansão pode ser previsto com base no conteúdo de amido. Em amidos puros, a expansão pode chegar a 500%, seguido pelos grãos integrais 400% e sementes oleaginosas com 200-300%. O conteúdo de amido nesses materiais é de 100, 65-78 e 0-10%, respectivamente. De acordo com algumas referências, o limite máximo de amido em um produto, para que ocorrra expansão, é de 60 a 70%. O aumento no nível de amido danificado nos ingredientes crus conduz a produtos com poros, textura macia, maior solubilidade e caráter pegajoso quando ingerido.

A **Tabela 8** mostra os resultados de DA, IER, IEL e IEV para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tabela 8. Resultados de DA, IER, IEL e IEV para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tratamento	Casca (%)	T (° C)	U (%)	DA	IER	IEL	IEV
1	**10**	**120**	**15**	212,46	7,602	0,778	5,914
2	**10**	**120**	**19**	400,01	4,681	0,668	3,128
3	**10**	**140**	**15**	206,76	7,429	0,817	6,061
4	**10**	**140**	**19**	403,20	4,583	0,679	3,109
5	**20**	**120**	**15**	233,06	6,154	0,876	5,390
6	**20**	**120**	**19**	425,73	3,758	0,783	2,942
7	**20**	**140**	**15**	226,99	6,053	0,917	5,553
8	**20**	**140**	**19**	374,75	3,606	0,929	3,353
9	**6,6**	**130**	**17**	242,97	6,252	0,824	5,149
10	**23,4**	**130**	**17**	347,02	4,158	0,879	3,641
11	**15**	**113,2**	**17**	339,25	5,197	0,712	3,698
12	**15**	**146,8**	**17**	270,33	5,219	0,894	4,660
13	**15**	**130**	**13,6**	171,06	8,137	0,907	7,374
14	**15**	**130**	**20,4**	445,54	3,504	0,802	2,808
15	**15**	**130**	**17**	292,75	5,447	0,790	4,308
16	**15**	**130**	**17**	246,64	5,946	0,865	5,123
17	**15**	**130**	**17**	266,76	5,160	0,919	4,742
18	**15**	**130**	**17**	303,90	5,129	0,804	4,128
19	**15**	**130**	**17**	286,02	5,300	0,831	4,392

DA: densidade aparente ($kg.m^{-3}$); IER: índice de expansão radial; IEL: índice de expansão longitudinal; IEV: índice de expansão volumétrico.

De acordo com a **Tabela 8**, os valores calculados de DA variaram entre 171,06 (tratamento 13) e 445,54 (tratamento 14) $kg.m^{-3}$. Em produtos expandidos, é desejável que as densidades sejam baixas, que foram alcançadas em combinações de baixa umidade de extrusão. No tratamento 14, em que há a interação de nível mais alto de umidade de extrusão, contribuiu para um aumento da densidade do extrudado. O IER calculado dos extrudados variou entre 3,504 (tratamento 14) e 8,317 (tratamento 13), enquanto o IEL variou entre 0,668 (tratamento 2) a 0,929 (tratamento 8), sendo estatisticamente afetados pelas variáveis de extrusão umidade e proporção de farinha de casca de uva, respectivamente.

A análise de regressão de DA (densidade aparente), IER (índice de expansão radial), IEL (índice de expansão longitudinal) e IEV (índice de expansão volumétrico) estão expressos na **Tabela 9**.

Tabela 9. Resultados da análise de regressão para a densidade aparente e propriedades de expansão, calculados sob os níveis codificados.

Resposta	Modelo										R^2
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_{11}	β_{22}	β_{33}	β_{12}	β_{13}	β_{23}	
DA	299,747	15,603		86,845							0,9001
IER	5,310	-0,604		-1,348			0,178				0,9737
IEL	0,825	0,048	0,040	-0,037							0,6431
IEV	4,499	-0,257		-1,323							0,9023

β_i: coeficientes de regressão; R^2: coeficiente de determinação; DA: densidade aparente; IER: índice de expansão radial; IEL: índice de expansão longitudinal; IEV: índice de expansão volumétrico.

Os resultados indicaram que os modelos polinomiais, com exceção do IEL (R^2 = 0,6431), correlacionaram-se bem com os dados experimentais (R^2 > 0,90) e foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$). A DA incrementou-se linearmente com a proporção de farinha de casca de uva e umidade, já o IER foi reduzido com o aumento de inserção de farinha de casca de uva e umidade, também relacionando-se linearmente. O IEV também foi reduzido com a inserção de farinha de casca de uva e com o aumento de umidade na extrusão. Os diagramas de Pareto e as superfícies de resposta, apresentados no **Anexo B**, ilustram melhor estes fatos.

5.5 Propriedades de pasta

As amostras foram mantidas 2 min a 25°C, aquecidas a 95°C, mantidas a 95°C por 3 min e resfriadas a 25°C, sob agitação a 160 rpm. Foram analisados os parâmetros de viscosidade inicial (ou viscosidade a frio), viscosidade máxima a frio, quebra de viscosidade (ou *breakdown*), tendência à retrogradação (*setback*) e a viscosidade final no ciclo de resfriamento.

O grânulo de amido natural tem sua capacidade limitada de absorver água fria. Esta capacidade é controlada pela estrutura cristalina do grânulo que, por sua vez, depende do grau de associação e arranjo molecular dos componentes do amido. O aquecimento de uma suspensão aquosa de amido provoca a quebra de ligações de hidrogênio, que mantém o arranjo molecular dentro do grânulo de amido. Os grupos hidroxilas das unidades de glicose, que participavam das áreas cristalinas, são hidratados e os grânulos de amido incham. Fundamentalmente, a gelatinização do amido, em vários meios, é atribuída à afinidade química dos componentes do amido, particularmente os grupos hidroxilas, pelo solvente. Após a faixa de gelatinização, as ligações de hidrogênio continuam a serem rompidas, os

grânulos continuam a inchar, e a amilose começa a ser lixiviada do grânulo. Como consequência direta do intumescimento, ocorre um aumento na solubilidade do amido, claridade e viscosidade da pasta. O intumescimento dos grânulos continua até que estes sejam rompidos, e a estrutura granular deixe de existir. Com o rompimento dos grânulos, a viscosidade decresce abruptamente.

O processo de recristalização das cadeias de amido chama-se retrogradação. Este processo é irreversível e costuma-se atribuí-lo principalmente à compactação das cadeias de amilose, em que, durante a gelatinização, muitas moléculas de amilose saem do interior do grânulo e ficam suspensas no meio e, com o resfriamento, essas moléculas se desenrolam e interagem entre si formando ligações de hidrogênio, e então ocorre a saída da água que havia entre as moléculas, que então ficam compactadas. A retrogradação é responsável pelo encolhimento, sinérese e endurecimento de géis de amido conservados por determinado período, principalmente à temperatura de refrigeração. Estes efeitos são mais evidenciados quando o gel é congelado e descongelado várias vezes. Em alimentos como pães, molhos e pudins, a ocorrência da retrogradação é indesejável e deve ser evitada, porém é desejável em formação de filmes insolúveis, por exemplo.

A **Tabela 10** mostra os resultados para propriedades de pasta.

Tabela 10. Resultados de propriedades de pasta para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tratamento	Casca (%)	T (°C)	U (%)	$V_{máx}$ a frio	*Breakdown*	*Setback*	$V_{máx}$ a quente
1	**10**	**120**	**15**	325,0	170,0	348,0	312,0
2	**10**	**120**	**19**	185,5	70,6	381,0	95,5
3	**10**	**140**	**15**	651,0	489,5	300,0	609,0
4	**10**	**140**	**19**	398,0	93,5	472,5	419,0
5	**20**	**120**	**15**	336,0	259	130,0	339,0
6	**20**	**120**	**19**	409,0	320,5	216,5	439,5
7	**20**	**140**	**15**	396,5	284,5	169,5	396,5
8	**20**	**140**	**19**	401,5	310,0	212,5	460,0
9	**6,6**	**130**	**17**	662,0	551,5	330,0	672,0
10	**23,4**	**130**	**17**	308,5	277,0	160,5	341,5
11	**15**	**113,2**	**17**	490,5	388,5	287,5	510,0
12	**15**	**146,8**	**17**	346,0	309,0	222,0	397,0
13	**15**	**130**	**13,6**	326,0	268,0	154,5	324,0
14	**15**	**130**	**20,4**	522,5	404,0	344,5	565,0
15	**15**	**130**	**17**	478,5	383,5	245,0	488,5
16	**15**	**130**	**17**	409,5	330,0	236,5	418,5
17	**15**	**130**	**17**	480,5	336,5	230,5	492,0
18	**15**	**130**	**17**	462,5	356,0	256,5	516,5
19	**15**	**130**	**17**	491,5	353,5	238,5	505,5

$V_{máx}$ a frio: viscosidade máxima a frio (cP); *Breakdown*: quebra de viscosidade (cP); *Setback*: tendência à retrogradação (cP); $V_{máx}$ a quente: viscosidade máxima a quente (cP).

De acordo com a **Tabela 10**, a $V_{máx}$ a frio variou de 308,5 (tratamento 10) a 522,5 (tratamento 14) cP, podendo verificar que foi menor com o incremento de farinha de casca de uva (23,4%) e maior quando o conteúdo de umidade aumentou (20,4%). A quebra de viscosidade variou de 70,6 (tratamento 2) a 551,5 (tratamento 9) cP, enquanto a tendência a retrogradação variou de 130,0 (tratamento 5) a 472,5 (tratamento 4) cP. A $V_{máx}$ a quente variou de 95,5 (tratamento 2) a 672,0 (tratamento 9) cP. O aumento da temperatura da camisa do extrusor provoca um aumento na temperatura do produto na mesma ordem, principalmente por condução, o que acarreta no decréscimo de viscosidade, sem mudanças importantes no tempo de residência. Consequentemente, o aumento na temperatura da camisa tende a produzir um produto mais transformado, mas em uma extensão limitada, pelo fato da diminuição da viscosidade causar o decréscimo na geração de calor (ASCHERI e CARVALHO, 2014). Este comportamento foi confirmado no processamento de farinha de arroz e casca de uva no extrusor de rosca única, observando-se a diminuição da viscosidade intrínseca do produto com o aumento da temperatura da camisa (de 120 a 140°C).

Nas farinhas extrudadas, observa-se uma considerável redução dos valores de viscosidade em todo o perfil (**Anexo C**). No início da determinação da viscosidade de pasta observa-se certa capacidade de absorção de água que eleva a viscosidade de pasta, sendo característica de amido processado por extrusão termoplástica e que sofreu assim, cisalhamento. A mistura com maior teor de umidade, 20,4% (tratamento 14), apresentou um pico de viscosidade acentuado na fase de aumento de temperatura, o que pode indicar a presença de amido com certa integridade molecular capaz de inchar com o aumento de temperatura, típico do amido cru. No caso de farinha com maior teor de fibras, por exemplo, 17% (tratamento 10), observou-se a menor viscosidade de pasta a 25°C, o que indica maior rompimento dos grânulos de amido pelo maior cisalhamento.

Foi observado também que a retrogradação das pastas de amido extrudadas variou em função do teor de umidade de processamento da farinha de arroz e casca de uva. Em condições de baixa umidade da mistura, ocorre o cisalhamento em função do maior teor de sólidos no interior do extrusor, o que leva a maior EME por aumento de viscosidade (**Tabela 14**).

As variáveis de regressão para as propriedades de viscosidade (**Tabela 11**) indicaram que o modelo polinomial de segunda ordem não teve uma boa correlação para as respostas (R^2< 0,90), não sendo válido para propósitos preditivos ($p<0,05$).

Tabela 11. Resultados da análise de regressão para propriedades de viscosidade, calculados sob os níveis codificados.

Resposta	Modelo										R^2
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_{11}	β_{22}	β_{33}	β_{12}	β_{13}	β_{23}	
$V_{máx}$ frio	466,570										0,4769
Breakdown	356,451										0,3914
Setback	240,300	-77,475		47,9276							0,8689
$V_{máx}$ quente	487,433										0,4447

β_i: coeficientes de regressão; R^2: coeficiente de determinação; $V_{máx}$ a frio: viscosidade máxima a frio; *Breakdown*: quebra de viscosidade; *Setback*: tendência à retrogradação; $V_{máx}$ a quente: viscosidade máxima a quente.

5.6 Propriedades mecânicas

Um produto extrudado expandido é um material poroso, onde os espaços vazios são denominados células de ar. A distribuição do tamanho das células, sua organização e espessura da parede celular determinam as propriedades mecânicas e sensoriais do extrudado.

A força de ruptura das células de ar é uma medida da resistência da parede celular e tem sido bem estabelecido correlacionar com o IER, indicando que o aumento no tamanho dos poros, juntamente com uma diminuição da espessura da parede celular, resulta em extrudados de estrutura fraca (BOUVIER, 1997; DOGAN e KARWE, 2003).

A análise instrumental de textura foi realizada com o objetivo de avaliar o parâmetro de "dureza" dos extrudados, por meio da determinação da força máxima de cisalhamento (N).

A **Tabela 12** mostra os resultados para os parâmetros de textura.

Tabela 12. Resultados de parâmetros de textura para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tratamento	Casca (%)	T (°C)	U (%)	Nrs	Frs	F	Wc
1	**10**	**120**	**15**	10,16	1,01	1,87	0,20
2	**10**	**120**	**19**	8,30	2,72	5,11	0,61
3	**10**	**140**	**15**	11,87	0,90	1,99	0,17
4	**10**	**140**	**19**	7,55	2,63	4,21	0,54
5	**20**	**120**	**15**	12,41	0,89	2,64	0,22
6	**20**	**120**	**19**	8,42	2,14	4,11	0,46
7	**20**	**140**	**15**	12,39	0,81	2,37	0,20
8	**20**	**140**	**19**	9,30	1,51	3,24	0,34
9	**6,6**	**130**	**17**	9,26	1,55	2,68	0,30
10	**23,4**	**130**	**17**	12,32	1,63	5,83	0,47
11	**15**	**113,2**	**17**	5,20	2,30	2,76	0,48
12	**15**	**146,8**	**17**	9,72	1,65	3,40	0,37
13	**15**	**130**	**13,6**	9,68	0,55	1,38	0,14
14	**15**	**130**	**20,4**	9,52	2,45	4,90	0,50
15	**15**	**130**	**17**	8,99	1,40	2,56	0,30
16	**15**	**130**	**17**	9,01	1,37	2,68	0,28
17	**15**	**130**	**17**	9,47	1,49	2,91	0,31
18	**15**	**130**	**17**	9,24	1,47	2,80	0,30
19	**15**	**130**	**17**	8,12	1,47	2,74	0,31

Nrs: frequência de rupturas estruturais (mm^{-1}); Frs: força específica de ruptura (N); F: força de compressão (N); Wc: trabalho de crocância (N.mm).

De acordo com a **Tabela 12**, os valores calculados de Nrs variaram entre 5,20 (tratamento 11) a 12,41 (tratamento 5) mm^{-1}. O Frs calculado dos extrudados variou entre 0,55 (tratamento 13) a 2,72 (tratamento 2) N, enquanto F variou de 1,38 (tratamento 13) a 5,83 (tratamento 10) N. Wc calculado variou entre 0,14 (tratamento 13) a 0,61 (tratamento 2) N.mm.

A análise de regressão das propriedades de textura de *snacks* de farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva (**Tabela 13**) indicaram que o modelo polinomial de segunda

ordem correlacionou-se bem apenas com os dados experimentais de Frs (R^2 > 0,90). Os demais dados (Nrs, F e Wc) não tiveram boa correlação, não sendo válidos para propósitos preditivos ($p<0,05$). Frs relacionou-se linearmente com a proporção de farinha de casca de uva, temperatura de extrusão e umidade com a proporção de farinha de casca de uva, e de forma quadrática com a temperatura e a umidade e proporção de farinha de casca de uva. O diagrama de Pareto e as superfícies de resposta, apresentados no **Anexo D**, ilustram melhor estes fatos.

Tabela 13. Resultados da análise de regressão para os parâmetros de textura, calculados sob os níveis codificados.

Resposta	Modelo										R^2
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_{11}	β_{22}	β_{33}	β_{12}	β_{13}	β_{23}	
Nrs	8,937										0,7033
Frs	1,462	-0,131	-0,147	0,630		0,158			-0,188		0,9333
F	2,846			1,005	0,447						0,6791
Wc	0,302			0,130							0,8842

β_i: coeficientes de regressão; R^2: coeficiente de determinação; Nrs: frequência de rupturas estruturais; Frs: força específica de ruptura; F: força de compressão; Wc: trabalho de crocância.

5.7 Energia mecânica específica

A energia mecânica específica é um bom parâmetro de caracterização das condições empregadas no processamento de termoplásticos (REDL et al., 2003). Qualquer alteração nas variáveis que controlam o sistema durante o processamento interferirá nos valores finais de torque e de energia mecânica (DOGAN e KARWE, 2003).

A **Tabela 14** mostra os resultados de torque, fluxo mássico e energia mecânica específica para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tabela 14. Resultados de torque, fluxo mássico e energia mecânica específica para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tratamento	Casca (%)	T (°C)	U (%)	Torque	Fluxo mássico	EME
1	**10**	**120**	**15**	72,0	0,00240	673,726
2	**10**	**120**	**19**	65,5	0,00218	541,902
3	**10**	**140**	**15**	78,0	0,00260	710,050
4	**10**	**140**	**19**	73,5	0,00245	549,500
5	**20**	**120**	**15**	75,5	0,00252	609,486
6	**20**	**120**	**19**	60,0	0,00200	557,561
7	**20**	**140**	**15**	74,5	0,00248	605,565
8	**20**	**140**	**19**	56,5	0,00188	602,479
9	**6,6**	**130**	**17**	58,5	0,00195	725,378
10	**23,4**	**130**	**17**	63,0	0,00210	545,409
11	**15**	**113,2**	**17**	75,0	0,00250	641,631
12	**15**	**146,8**	**17**	76,5	0,00255	728,939
13	**15**	**130**	**13,6**	80,0	0,00267	673,699
14	**15**	**130**	**20,4**	51,0	0,00170	533,030
15	**15**	**130**	**17**	76,5	0,00255	514,769
16	**15**	**130**	**17**	70,0	0,00233	569,184
17	**15**	**130**	**17**	61,0	0,00203	544,457
18	**15**	**130**	**17**	76,5	0,00255	510,768
19	**15**	**130**	**17**	59,0	0,00197	507,608

Torque (N.m); Fluxo mássico ($kg.s^{-1}$); EME: energia mecânica específica ($kJ.kg^{-1}$).

De acordo com a **Tabela 14**, o tratamento 12 revelou o maior valor de EME (728,939 $kJ.kg^{-1}$), em que envolve a maior temperatura de extrusão, 146,8°C, seguido de tratamentos em que há menores proporção de farinha de casca de uva (fonte de fibra). De um modo geral, os resultados de energia mecânica acompanharam as variações observadas nos valores de torque registrados para os sistemas. Este comportamento já era esperado, visto que o processamento do amido com baixos níveis de plastificante é dificultado e necessita de maior energia para ser realizado, como pode ser observado no tratamento 13 (13,6% umidade), que resultou no maior valor de torque (80 N.m). A presença de água favorece o processo de gelatinização e influencia no cisalhamento interno do sistema, reduzindo consideravelmente os valores de torque desenvolvidos (WANG et al., 2010).

Valores de EME revelam tanto o grau de conversão do amido quanto as transformações de proteínas e fibras (MORARU e KOKINI, 2003).

Durante o cozimento por extrusão, o material de alimentação é aquecido pela geração de calor por fricção devido às forças de cisalhamento que os parafusos exercem. O aumento da temperatura é diretamente proporcional à quantidade de trabalho realizado e, geralmente, deve ser superior à temperatura de fusão/transição vítrea dos polímeros. Polímeros cristalinos

sofrem certa quantidade de fusão enquanto os polímeros amorfos sofrem transição vítrea. À medida que acontece a fusão, o peso molecular dos polímeros diminui, a viscosidade é reduzida e a resistência ao trabalho mecânico diminui (PADMANABHAN, 2008).

As transformações proteicas que podem ocorrer incluem desnaturação, associação e coagulação, envolvendo tanto a redução quanto a oxidação, sendo que a entrada de energia necessária é dependente da estrutura secundária de suas subunidades e/ou estruturas terciárias. A entrada de energia necessária para a conversão do amido é geralmente uma função do tamanho, forma e arranjo estrutural das regiões semicristalinas nos grânulos de amido (CARVALHO et al., 2010), sendo assim, o tipo de amido influi significativamente na EME.

Os polissacarídeos lineares, como a amilose e as fibras, existem em forma helicoidal, enquanto que alguns homoglicanos lineares, como a celulose, tem estruturas planas em forma de fita. A relativa facilidade com que estes polímeros são mais hábeis em se aproximar e formar cadeias moleculares com um baixo grau de irregularidade permite o estabelecimento de zonas cristalinas. Esta é a razão desses polímeros terem uma grande força, grande resistência à tração e alta insolubilidade (BEMILLER e HUBER, 2008), que contribuem na geração de calor por atrito, especialmente sob baixa atividade de água, aumentando tanto o torque quanto a entrada de energia.

É possível relacionar as diferenças encontradas nos valores de EME nos extrudados de arroz e casca de uva com base em sua formulação (**Tabela 14**). Os tratamentos que apresentam maiores proporções de farinha de casca de uva podem ter contribuído para o ganho de viscosidade na placa frontal do extrusor. Por outro lado, a desnaturação das proteínas durante a extrusão conduz à abertura de estruturas compactas, resultando talvez na formação de complexos. Estas complexações podem contribuir tanto ao aumento da insolubilidade quanto ao incremento do peso molecular dos compostos.

A análise de regressão para fluxo mássico, torque e energia mecânica específica da farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva (**Tabela 15**) indicaram que o modelo polinomial de segunda ordem não se correlacionou bem com os dados experimentais ($R^2 < 0,90$), não sendo válidos para propósitos preditivos ($p<0,05$).

Tabela 15. Resultados da análise de regressão para fluxo mássico, torque e energia mecânica específica, calculados sob os níveis codificados.

Resposta	Modelo										R^2
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_{11}	β_{22}	β_{33}	β_{12}	β_{13}	β_{23}	
Fluxo mássico	0,002										0,4627
Torque	68,516			-0,683							0,7234
EME	547,011	-29,491		-42,760		43,672					0,6937

β_i: coeficientes de regressão; R^2: coeficiente de determinação; EME: energia mecânica específica.

5.8 Propriedades de cor

A coordenada L* representa luminosidade e varia de 0 a 100, onde valores elevados representam cores claras e a coordenada de cromaticidade a* refere-se às cores de verde (-60) a vermelho (+60) e b* refere-se às cores de azul (-60) a amarelo (+60). De acordo com a **Tabela 16**, os valores calculados de L* variaram entre 55,93 (tratamento 10) a 69,00 (tratamento 9), sendo assim, a luminosidade pode ter sido influenciada pela proporção de farinha de casca de uva nas formulações. O a* variou entre 6,81 (tratamento 12) a 37,22 (tratamento 5), enquanto b* variou entre 6,00 (tratamento 9) a 10,00 (tratamentos 6 e 10); logo a intensidade cromática pode ter sido influenciada tanto pela proporção de farinha de casca de uva, quanto pela temperatura de extrusão. A tonalidade de cor, °Hue, variou entre 13,14° (tratamento 11) a 50,73° (tratamento 12).

Tabela 16. Resultados de propriedades de cor para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tratamento	Casca (%)	T (°C)	U (%)	L*	a*	b*	°Hue
1	**10**	**120**	**15**	66,33	10,88	6,33	30,20
2	**10**	**120**	**19**	63,33	7,83	7,00	41,80
3	**10**	**140**	**15**	66,33	22,58	7,00	17,23
4	**10**	**140**	**19**	64,33	12,20	7,00	29,85
5	**20**	**120**	**15**	56,33	37,33	9,00	13,56
6	**20**	**120**	**19**	56,67	20,58	10,00	25,92
7	**20**	**140**	**15**	57,67	17,76	9,00	26,87
8	**20**	**140**	**19**	55,67	23,83	9,00	20,69
9	**6,6**	**130**	**17**	69,00	8,94	6,00	33,88
10	**23,4**	**130**	**17**	55,33	18,57	10,00	28,31
11	**15**	**113,2**	**17**	61,33	34,27	8,00	13,14
12	**15**	**146,8**	**17**	59,00	6,81	8,33	50,73
13	**15**	**130**	**13,6**	59,00	8,22	8,00	44,23
14	**15**	**130**	**20,4**	61,33	12,92	8,00	31,76
15	**15**	**130**	**17**	60,33	22,85	8,00	17,15
16	**15**	**130**	**17**	60,67	22,87	8,00	19,28
17	**15**	**130**	**17**	62,00	25,79	8,00	17,24
18	**15**	**130**	**17**	61,00	22,94	8,00	19,23
19	**15**	**130**	**17**	60,33	23,07	8,00	19,45

L*: luminosidade; a*: intensidade cromática do verde ao vermelho; b*: intensidade cromática do azul ao amarelo; °Hue: ângulo Hue – tonalidade da cor.

As farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva apresentaram, em sua maioria, coloração característica da casca da uva, com valores de L * próximo ao meio da escala e, de acordo com o ângulo de Hue, a coloração se aproxima do croma vermelho. A coloração escura de um ingrediente, em alguns casos, limita seu uso em produtos alimentares (SELANI et al., 2016). Lobo e Velasque (2016) relataram que a inclusão de ingredientes de cor escura em produtos alimentares tem sido associada pelos consumidores como ingredientes integrais e, portanto, mais saudáveis.

A análise de regressão das propriedades cor para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva (**Tabela 17**) indicaram que o modelo polinomial de segunda ordem correlacionou-se bem apenas com os dados experimentais de L* e b* ($R^2 > 0,90$). Os demais dados (a* e °Hue) não tiveram boa correlação, não sendo válidos para propósitos preditivos ($p<0,05$). L* relacionou-se linearmente com a proporção de farinha de casca de uva, tendo seu valor diminuído com o incremento da farinha do resíduo, enquanto b* teve incremento com o aumento de umidade, relacionando-se linearmente, e de forma quadrática entre proporção de

farinha de casca de uva e temperatura de extrusão e umidade. Os diagramas de Pareto e as superfícies de resposta, apresentados no **Anexo E**, ilustram melhor estes fatos.

Tabela 17. Resultados da análise de regressão para as propriedades de cor, calculados sob os níveis codificados.

Resposta	Modelo										R^2
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_{11}	β_{22}	β_{33}	β_{12}	β_{13}	β_{23}	
L*	60,867	-4,173									0,9476
a*	2688,248				1168,523		1477,176				0,4884
b*	8,035	1,200		0,122				-0,208	-0,208		0,9862
°Hue	1,568						0,0005				0,6364

β_i: coeficientes de regressão; R^2: coeficiente de determinação; L*: luminosidade; a*: intensidade cromática do verde ao vermelho; b*: intensidade cromática do azul ao amarelo; °Hue: ângulo Hue – tonalidade da cor.

5.9 Capacidade antioxidante e compostos fenólicos

A capacidade antioxidante das farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva e para a farinha de casca de uva foi expressa por meio dos parâmetros, incluindo a remoção de um radical peroxil (ORAC - *Oxygen Radical Absorbance Capacity*) e a capacidade de remoção de radical orgânico (ABTS -2,20-azino-bis (ácido 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfônico).

No ensaio do sequestro do radical do ABTS, primeiramente ocorre a produção do $ABTS^{+}$● pela reação deste com perssulfato de potássio, no qual possui coloração verde. Quando há mistura deste radical com o antioxidante, o radical é reduzido a ABTS com consequente diminuição da absorbância a 734 nm (GUEDES et al., 2013), sendo que a extensão da redução depende da duração da reação, da atividade antioxidante intrínseca e concentração na amostra (GUEDES et al., 2013).

A **Tabela 18** mostra os resultados de capacidade antioxidante pelos métodos ORAC e ABTS para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva.

Tabela 18. Resultados de capacidade antioxidante pelos métodos ORAC e ABTS para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva, segundo o desenho experimental.

Tratamento	Casca (%)	T (°C)	U (%)	ORAC	ABTS
1	**10**	**120**	**15**	15,540	4,495
2	**10**	**120**	**19**	22,542	1,665
3	**10**	**140**	**15**	15,402	7,832
4	**10**	**140**	**19**	9,815	4,585
5	**20**	**120**	**15**	26,421	6,909
6	**20**	**120**	**19**	36,425	9,220
7	**20**	**140**	**15**	32,490	11,772
8	**20**	**140**	**19**	30,083	12,151
9	**6,6**	**130**	**17**	9,313	0,942
10	**23,4**	**130**	**17**	37,696	11,341
11	**15**	**113,2**	**17**	22,783	4,747
12	**15**	**146,8**	**17**	23,440	4,730
13	**15**	**130**	**13,6**	30,375	6,154
14	**15**	**130**	**20,4**	17,808	6,570
15	**15**	**130**	**17**	33,671	9,153
16	**15**	**130**	**17**	36,996	10,572
17	**15**	**130**	**17**	32,571	9,876
18	**15**	**130**	**17**	32,738	11,127
19	**15**	**130**	**17**	33,277	9,267
Farinha de casca de uva				310,046	43,794

ORAC: *Oxygen Radical Absorbance Capacity* (μmol Trolox. g^{-1}); ABTS: 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina) 6-ácido sulfônico) (μmol Trolox. g^{-1}).

Segundo a **Tabela 18**, é possível verificar que, de acordo com o método ORAC, a capacidade antioxidante variou entre 9,313 (tratamento 9) a 36,996 (tratamento 16 - ponto central) μmol Trolox. g^{-1}, enquanto pelo método ABTS, a capacidade antioxidante variou entre 0,942 (tratamento 9) a 11,772 (tratamento 7) μmol Trolox. g^{-1}. Para fins de comparação, foi realizada a determinação da capacidade antioxidante da farinha de casca de uva (crua), e, de acordo com o método ORAC, foi de 310,046 μmol Trolox. g^{-1}, e, pelo método ABTS, 43,794 μmol Trolox. g^{-1}, o que resultou que o produto mesmo processado por extrusão ainda manteve 11% de sua capacidade antioxidante, de acordo com o método ORAC, e 26%, de acordo com o método ABTS. Os tratamentos com maior proporção de farinha de casca de uva apresentaram os maiores valores de capacidade antioxidante.

Na determinação de compostos fenólicos totais, elaborou-se uma curva padrão de ácido gálico (**Anexo F**), com ajuste linear (R^2) de 0,4316 e a equação da reta conforme apresentada na **Equação 20**.

$$y = 0{,}0002\,x + 0{,}05507 \qquad \text{(Equação 20)}$$

A **Tabela 19** mostra os resultados de compostos fenólicos totais e antocianinas para as zonas de temperatura de extrusão e para a farinha de casca de uva. As médias das triplicatas do conteúdo de compostos fenólicos totais e antocianinas monoméricas, extraídos das amostras, estão expressas em equivalente de ácido gálico por 100 g de amostra e equivalente de malvidina-3-glicosídeo por 100 g de amostra, respectivamente. É possível verificar que houve um decréscimo dos valores com o aumento da temperatura. Quando os resultados são comparados aos da farinha de casca de uva ainda crua, é notório que o processo de extrusão afetou a concentração desses compostos, permanecendo nos produtos extrudados cerca de 16% (120°C), 15% (130°C) e 14% (140°C) de compostos fenólicos, e 5,9% (120°C), 5,3% (130°C) e 5% (140°C) de antocianinas.

Tabela 19. Média de resultados de concentração de compostos fenólicos e antocianinas para as zonas de temperatura de extrusão e para a farinha de casca de uva.

T (°C)	Compostos fenólicos totais	Antocianinas
120	284,45	102,23
130	267,04	91,95
140	249,12	86,9
Farinha de casca de uva	1772	1731

Compostos fenólicos totais (mg EAG. 100 g^{-1}); antocianinas (mg mal-3-glu. 100 g^{-1}).

A análise de regressão para capacidade antioxidante para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva (**Tabela 20**) indicaram que o modelo polinomial de segunda ordem não teve boa correlação com os dados experimentais ORAC e ABTS ($R^2 < 0,90$), não sendo válidos para propósitos preditivos ($p<0,05$).

Tabela 20. Resultados da análise de regressão para a capacidade antioxidante por ABTS e ORAC, calculados sob os níveis codificados.

Resposta	Modelo										R^2
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_{11}	β_{22}	β_{33}	β_{12}	β_{13}	β_{23}	
ABTS	9,528	2,853									0,7579
ORAC	36,728										0,6264

β_i: coeficientes de regressão; R^2: coeficiente de determinação; ORAC: *Oxygen Radical Absorbance Capacity*; ABTS: 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina) 6-ácido sulfônico).

O **Anexo I** mostra os resultados de Análise de Variância (ANOVA) para as respostas ORAC e ABTS. A ANOVA produz um valor chamado F (F-statistics ou F-ratio). O valor de F é a estatística de teste usado para determinar se o termo está associado com a resposta. Esse valor de F é similar ao valor de t pelo fato de comparar a quantidade de variância sistemática nos dados com a quantidade de variância não-sistemática.

Em outras palavras, o valor de F é a razão entre o modelo e seu erro. Para um modelo de regressão, por exemplo, quanto maior o F, melhor, pois significa que os quadrados médios do modelo são maiores que os quadrados médios residuais. Utiliza-se o valor de F para calcular o valor de p, que pode ser usado para a tomada de uma decisão sobre a significância estatística dos termos e do modelo. O valor de p é uma probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula. As probabilidades inferiores fornecem evidências mais fortes contra a hipótese nula. Quanto maior o F, mais significativo o valor de p para a ANOVA. O valor-p é uma probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula. As probabilidades inferiores fornecem evidências mais fortes contra a hipótese nula. De acordo com os resultados, o valor F foi de 25,96 e, correlacionando-o com os coeficientes de determinação (**Tabela 20**), e o valor-p sendo maior ao nível de significância, não é possível concluir que há uma associação estatisticamente significativa entre a variável de resposta e o termo. Confirma-se então que os resultados para ORAC e ABTS não demonstram segurança para concluir como os parâmetros de extrusão influenciam na capacidade antioxidante.

5.10 Análise microbiológica

A análise microbiológica da farinha de casca de uva e do produto extrudado obedeceu aos padrões recomendados pela Resolução nº 12, da ANVISA/MS, de 2001 (BRASIL, 2001). Foram realizadas contagens de *Bacillus cereus,* coliformes totais, coliformes termotolerantes, bolores e leveduras, *Staphylococcus* coagulase positiva, como também a pesquisa de presença/ausência de *Salmonella sp*, de acordo com as técnicas descritas pela *American Public Health Association* (APHA, 2001).

Os resultados obtidos das análises microbiológicas de acordo com o item 4.8.7 estão apresentados na **Tabela 21**. A avaliação microbiológica demonstrou que a farinha de casca de uva, assim como o produto extrudado, estavam dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução RDC n° 12, 2001 (BRASIL, 2001).

Tabela 21. Avaliação microbiológica da farinha de casca de uva (FCU) e farinhas extrudadas de arroz e casca de uva (FE).

Micro-organismo	FCU	FE	Resolução RDC n° 12/2001*
Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g)**	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	–
***Salmonella* sp (ausência em 25g)**	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes a 45°C (NMP/g)***	< 3	< 3	5×10^2

*RDC: resolução da diretoria colegiada; **UFC: unidade formadora de colônia; ***NMP: número mais provável.

O bagaço de uva, assim como outros resíduos agroindustriais, é fonte de celulose e pectina favoráveis ao crescimento microbiano (COELHO et al., 2001; BOTELLA et al., 2005). Portanto, é importante avaliar as condições microbiológicas do produto *in natura* e também do produto processado, a fim de conhecer sua capacidade de ser utilizado como ingrediente na formulação de diferentes produtos alimentícios.

7 CONCLUSÃO

O processamento da farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva sob as condições de processamento resultou em efeitos sobre as diversas variáveis dependentes do processo e nas propriedades físico-químicas. Os resultados indicaram que a temperatura na terceira zona do extrusor e a umidade tiveram efeito quadrático significativo sob o conteúdo de cinzas nas farinhas, relacionando-se com a proporção de farinha de casca de uva, que é também capaz de interferir nas respostas de proteínas, lipídeos e carboidratos, refletindo assim que com a inserção de fibras, como a casca de uva, em produtos alimentícios, os níveis de macronutrientes apresentam melhores resultados. Para a resposta de proteínas, houve ainda uma relação linear entre proporção de farinha de casca de uva e temperatura na terceira zona do extrusor. A farinha extrudada de tratamento com menor conteúdo de umidade revelou o maior IAA, refletindo que uma menor umidade aumenta a absorção de água do produto, e também com a transformação de fibras insolúveis a fibras solúveis. O tratamento de maior conteúdo de umidade revelou um dos menores ISA, refletindo que a solubilidade em água diminui com o aumento de umidade no processo. Os resultados de farinhas extrudadas com alto IAA indicam o uso potencial na formulação de bebidas instantâneas, devido à sua solubilidade à frio. Por sua vez, farinhas extrudadas com valores intermediários de IAA, podem ser sugeridas na produção de cereais matinais integrais. Para as propriedades de expansão, o IER foi reduzido com o aumento de inserção de farinha de casca de uva e umidade, também relacionando-se linearmente, e o IEV também foi reduzido com a inserção de farinha de casca de uva e com o aumento de umidade na extrusão. Quanto às propriedades da pasta, quanto maior a proporção de farinha de arroz, maiores são os valores de viscosidade final e tendência à retrogradação, e menores os valores de quebra. Nas farinhas extrudadas, observou-se uma considerável redução dos valores de viscosidade em todo o perfil. Foi observado também que a retrogradação das pastas de amido extrudadas variou em função do teor de umidade de processamento da farinha de arroz e casca de uva. A análise instrumental de textura foi realizada com o objetivo de avaliar o parâmetro de “dureza” dos extrudados, por meio da determinação da força máxima de cisalhamento (N). A força de ruptura das células de ar relacionou-se linearmente com a proporção de farinha de casca de uva, temperatura de extrusão e umidade com a proporção de farinha de casca de uva, e de forma quadrática com a temperatura e a umidade e proporção de farinha de casca de uva. As farinhas extrudadas apresentaram, em sua maioria, coloração característica da casca da uva, com valores de L *

próximo ao meio da escala e autores relataram que a inclusão de ingredientes de cor escura em produtos alimentares tem sido associada pelos consumidores como ingredientes integrais e, portanto, mais saudáveis. Para a análise de capacidade antioxidante, foram utilizados os métodos ORAC e ABTS. Para fins de comparação, foi realizada a determinação da capacidade antioxidante da farinha de casca de uva (crua), o que resultou que o produto mesmo processado por extrusão ainda manteve 11% de sua capacidade antioxidante, de acordo com o método ORAC, e 26%, de acordo com o método ABTS. Os tratamentos com maior proporção de farinha de casca de uva apresentaram os maiores valores de capacidade antioxidante. Para os resultados de compostos fenólicos totais e antocianinas, é possível verificar que houve um decréscimo dos valores com o aumento da temperatura. Quando os resultados são comparados aos da farinha de casca de uva ainda crua, é notório que o processo de extrusão afetou a concentração desses compostos. A análise microbiológica da farinha de casca de uva e do produto extrudado obedeceu aos padrões recomendados pela Resolução nº 12, da ANVISA/MS, de 2001 (BRASIL, 2001). A fração da casca foi incrementada com o objetivo de enriquecer a farinha de arroz, que, mesmo possuindo potencial energético, porém baixo aporte em fibras, fornece um aporte de fibras dietéticas antioxidantes. O uso de farinha extrudada para obtenção de certos produtos alimentares, é vantajoso, uma vez que o processo de extrusão conduz o pré-cozimento dos grânulos de amido, provocando a perda de ordem molecular e a completa degradação dos polímeros, com a formação de fragmentos altamente solúveis. Ficou evidente, após a interpretação dos resultados, que as variáveis do processo de extrusão podem afetar diretamente as características físico-químicas, propriedades mecânicas e de pasta e capacidade antioxidante do extrato obtido; sendo assim, estas variáveis devem ser estudadas mais a fundo para encontrar as melhores condições de se obter um extrato com as características tecnológicas exigidas para o produto a ser elaborado. Neste contexto, pode-se concluir que o processo de obtenção de produtos alimentícios a partir de farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva, é capaz de aumentar o valor agregado do produto, bem como incentivar o consumo racional de coprodutos agroindustriais na alimentação humana.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMANAQUE DO ARROZ. **Mundo do arroz**. 2011. Disponível em: <http://www.almanaquedoarroz.com.br/index.php/Mundo_do_Arroz#variedades>. Acesso em: 11 de nov. 2017.

AL-RABADI, G. J.; TORLEY, P. J.; WILLIAMS, B.A.; BRYDEN, W. L.; GIDLEY, M. J. Particle size of milled barley and sorghum and physico-chemical properties of grain following extrusion. **Journal of Food Engeneering**, v. 103, n. 4, p. 464-472, 2011.

ALTAN, A.; McCARTHY, L.; MASKAN, M. Effect of extrusion process on antioxidant activity, total phenolics and b-glucan content of extrudates developed from barley-fruit and vegetable by-products. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 1263-1271, 2009.

ALVAREZ-MARTINEZ, L.; KONDURY, K.; HARPER, J. A general model for expansion of extruded products. **Journal of Food Science**, v.53, n.2, p.609-615. 1988.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Compendium of methods for the microbiological of foods**. 4ª ed. Washington (DC): APHA; 2001.

ANDERSON, R. A. et al. Gelatinization of corn grift by roll and extrusion cook. **Cereal Science Today**, Saint Paul, v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.

ANGELOTTI, F., HAMADA, E., MAGALHÃES, E. E., GHINI, R., GARRIDO, L. D. R., JÚNIOR, P., & JOSÉ, M. Climate change and the occurrence of downy mildew in Brazilian grapevines. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52(6), 426-434, 2017.

APPROVED METHODS OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACC. 10th ed. **Methods** 44-15 A, 44- 40. The Association, St. Paul, MN, US: AACC (2000).

ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C. Coeliac disease. Following the diet and eating habits of participating individuals in the Federal District, Brazil. **Appetite**, London, v. 57, p. 105–109, 2011.

ARGUS Engeneering. **Farinha de arroz**. Pelotas, RS, 2010. Disponível em <http://www.argus.com.br/site/interna.php?pag=produtoseacao=mostra_itemelin_codigo=25eite_codigo=38>. Acesso em: 04 de outubro de 2016.

ASCHERI, D. P. R. et al. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciênc. Tecnol. Aliment**., Campinas, v. 26, n. 4, p. 897-905, 2006.

ASCHERI, J. L. R., CARVALHO, C. W. P. **Tecnologia de extrusão: uma ferramenta para o desenvolvimento de produtos** In: Tendências e Inovações em Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos.1 ed. São Paulo: Atheneu, v.1, p. 123-146, 2014.

ASSOCIATIONS OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Approved Methods of the American Association of Official Analytical Chemists**, 18th edition, 3th rev. Gaithersburg; USA, 2010.

AUGUSTO-RUIZ, W. et al. Caracterização da farinha pré-gelatinizada de arroz integral produzida a partir de grãos quebrados. **VETOR - Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, América do Sul, 2003.

BASTOS, G. M. **Resíduos da industrialização de batata: aplicação na produção de farinhas, snacks, farinhas pré-gelatinizadas e massa alimentícia fresca sem glúten**. 215 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

BECKER, F. S. **Caracterização de farinhas cruas e extrusadas obtidas a partir de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz**. 76 f. Dissertação - (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. **Carbohydrates**. In S. Damoran, K. L. Parkin, O. R. Fennema (Eds.), Fennema's food chemistry (4th ed., p. 75-130). CRC Press, Boca Raton, 2008.

BERK, Z. **Food process engeneering and technology** (p. 333-350). Academic Press, New York, 2009.

BERRIOS, J. J.; ASCHERI, J. L. R.; LOSSO, J. N. Extrusion processing of dry beans and pulses. In M. Siddiq, M. A. Uebersax (Eds.), **Dry beans and pulses**. (pp. 185–203). John Wiley; Sons, Iowa, 2013.

BOTELLA, C.; ORY, I. D.; WEBB, C.; CANTERO, D.; BLANDINO, A. Hydrolytic enzyme production byAspergillus awamorion grape pomace. **Biochemical Engineering Journal**, v.26, n.2, p.100-106. 2005

BOUVIER, J. M.; BONNEVILLE, R.; GOUILLEUX, A. Instrumental methods for the measurements of extrudate crispness, **Agrofood-Industry Hi-Tech**, January/February, 16–19, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC Nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, 2001. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003.** Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional, 2003. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 54**, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. 2012. Brasília, DF.

BRENNAN, C.; BRENNAN, M.; DERBYSHIRE, E.; TIWARI, B.K. Effects of extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods. **Trends in Food Science & Technology**, vol. 22, n. 10, p. 570-575, 2011.

CAMPOS, L. **Obtenção de extratos de bagaço de uva Cabernet Sauvignon (*Vitis vinífera*): Parâmetros de processo e modelagem matemática**. Florianópolis. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2005.

CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Effect of dry-milling on physicochemical characteristics of white corn extrudates. **Alimentaria**, v. 305, p. 115–119, 1999.

CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; ONWULATA, C. I.; PORDESIMO, L. O. Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: Effect of particle size on the extrusion of corn meal. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 1, p. 103-109, 2010.

CARVALHO, W. T. et al. **Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quirera de arroz e soja**. Pesquisa Agropecuária Tropical (Online), Goiânia, v. 41, n. 3, p. 421-429, 2011.

CEREALLE. **Processo de fabricação de farinha de arroz**. 2014. Disponível em: <http://www.cerealle.com.br/>. Acesso em: 06 de outubro de 2016.

CLUBE DOS VINHOS PORTUGUESES. **As Castas – Alfrocheiro, Alicante Bouschet, Aragonês, Baga e Borraçal**. Lisboa, Portugal, 2014. Disponível em :<https://www.clubevinhosportugueses.pt/vinhos/as-castas-alfrocheiro-alicante-bouschet-aragones-baga-e-borracal-2/>. Acesso em 14 de outubro de 2017.

COELHO, M. A. Z.; LEITE, S. G. F.; ROSA, M. D. F.; FURTADO, A. a. L. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde. **Boletim CEPPA**, v.19, n.01, p.33-42, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Perspectivas para a agropecuária** – v.1 – Brasília, 2016.

DAVALOS, A.; BARTOLOMÉ, B.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C. Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars. **Food Chem**; 93: 325-30, 2005.

DAVID, J. M. et al. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, 2010.

DE MESA-STONESTREET, N. J.; ALAVI, S.; GWIRTZ, J. Extrusion-enzyme liquefaction as a method for producing sorghum protein concentrates. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 2, p. 365–375, 2012.

DENG Q.; PENNER, M. H.; ZHAO, Y. Chemical composition of dietary fiber and polyphenols of five different varieties of wine grape pomace skins. **Food Res Int** 44(9): 2712-20, 2011.

DIAMANTE, L. M.; SAVAGE, G. P.; VANHANEN, L. Optimization of vacuum frying of gold kiwifruit slices: application of response surface methodology. **Int J Food Sci Technol**.;47:518–524, 2012.

DOGAN, H.; KARWE, M. V. Physicochemical properties of quinoa extrudates. **Food Science and Technology International**, 9(2), 101-114, 2003.

ELIAS, M. C.; FRANCO, D. F. **Pós-Colheita e Industrialização de Arroz.** In: Ariano Martins de Magalhães Júnior; Algenor da Silva Gomes; Alberto Baêta dos Santos. (Org.). Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, v. 1, p. 229-240, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA -EPAGRI. **Arroz**. 2012. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=936:tipos-especiais-de-arroz&catid=30:suinocultura&Itemid=47>. Acesso em: 11 de novembro de 2017.

FAN, J. T.; MITCHELL, J. R.; BLANSHARD, J. M. V. The effect of sugars on the extrusion of maize grits .1. The role of the glass transition in determining product density and shape. **International Journal of Food Science and Technology**, 31, 55- 65, 1996.

FANG, Y.; ZHANG, B.; WEI, Y.; LI, S. Effects of specific mechanical energy on soy protein aggregation during extrusion process studied by size exclusion chromatography coupled with multi-angle laser light scattering. **Journal of Food Engineering**, v. 115, n. 2, p. 220–225, 2013.

FERREIRA, S. M. **Modificação enzimática da farinha de grãos quebrados de arroz para produção de alimento sem glúten**. Dissertação – (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 169 f. 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2015-2024**. Disponível em: <http://www.fao.org/3/b-i4761o.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2016.

GALERA, J. S. **Substituição parcial da farinha de trigo por farinha de arroz (*Oryza sativa L.*) na produção de "sonho" – estudo modelo**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos) -Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GARAU, M. C. et al. Effect of fair-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of Orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1014-1024, 2007.

GEORGÉ, S., BRAT, P., ALTER, P., AMIOT, M. J. Rapid determination of poliphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1370-1373, 2005.

GEORGÉ, S.; TOURNIAIRE, F.; GAUTIER, H.; GOUPY, P.; ROCK, E.; CARISVEYRAT, C. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. **Food Chemistry**, v. 124, n. 4, p. 1603-1611, 2011.

GUEDES, A. C., AMARO, H. M., GIÃO, M. S., MALCATA, F. X. Optimization of ABTS radical cation assay specifically for determination of antioxidant capacity of intracellular extracts of microalgae and cyanobacteria. **Food Chemistry**, v. 138, n. 1, p. 638–643, 2013.

GUIMARÃES, F. I. T. **Farinha pré-gelatinizada de arroz na formulação de sobremesa instantânea**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás. 2012.

GUIMARÃES, F. I. T.; CALIARI, M.; SOARES JUNIOR, M. S. Instrumental Analysis of Texture, Color and Acceptance of Instant Dessert Formulated with Broken-rice Grains. **Food Science and Technology Research**, Basel, v. 20, n. 4, p. 785-792, 2014.

HAGENIMANA, A.; DING, X.; FANG, T. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. **Journal of Cereal Science**, London, v. 43, n. 1, p. 38–46, 2006.

HEISLER, G. E.R. et al. Viabilidade da substituição da farinha de trigo pela farinha de arroz na merenda escolar. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.3, p. 299-306, jul/set. 2008.

HELBIG, E. et al. Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido resistente em arroz. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 296-301, 2007.

HUBER, G. R. **Snack foods from cooking extruders**. In: LUSAS, E. W.; ROONEY, R. W. Snack foods processing. Boca Raton: CRC Press, p. 315-368, 2001.

INSTITUTO ADOLF LUTZ - IAL. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4.ed. São Paulo: IAL, 994p, 2008.

JACKSON, R. S. Chemical constituents of grapes and wine. In: JACKSON, R. S. **Wine Science Principles and applications**. 3. Ed. San Diego: Academic Press, p. 271-329, 2008.

JANG, E. H. et al. Correlation between physicochemical properties of japonica and indica rice starches. **Food Science and Technology**, v.66, p.530-537, 2016.

JU, Z. Y; HETTIARACHCHY, N. S.; RATH, N. Extraction, denaturation and hydrophobic properties of rice flour proteins. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 2, p. 229-232, mar. 2001.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45. P. 1390-1393, 1997.

LAUNAY, B.; LISCH, J. M. Twin-screw extrusion cooking of starches: flow behavior of starches pastes, expansion cooking properties of extrudates. **Journal Food Engennering**, Oxford, v. 2, p.259, 1983.

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. **J. AOAC Int**., v.88, n.5, p. 1269-1278, 2005.

LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante *in vitro* e in *vivo*, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (caryocar brasiliense, camb.)**. Tese (Doutorado em Bromatologia). Universidade de São Paulo. 2008.

LLOBERA, A.; CANELLAS, J. Dietary fiber content and antioxidant activity of Manto Negro red grape (*Vitis vinifera*): Pomace and stem. **Food Chemistry**, v. 101, p. 659–666, 2007.

LOBO, A. C. M.; VELASQUE, L. F. L. Review of the literature about the therapeutic effects of "açaí" and its importance in alimentation. **Biosaúde**, Londrina, v. 18, n. 2, 2016.

MAGALHÃES, K. T. et al. Comparative study of the biochemical changes and volatile compound format is during the production of novel whey based kefir beverages and traditional milk kefir. **Food Chemistry**, v.126, p. 249-253, 2010.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Recovery of antioxidant phenolics from White vinification solid by products employing water/etanol mixtures. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 2963-2967, 2007.

MARCÍLIO, R. et al. Fracionamento do grão de *Amaranthus cruentus* brasileiro por moagem e suas características composicionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 511-516, 2003.

MILDNER-SZKUDLARZ et al. 2011. Use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds in sourdough mixed rye bread. Int J Food Sci Technol 46(7):1485-93.

MORARU, C. I.; KOKINI, J. L. Nucleation and expansion during extrusion and microwave heating of cereal foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 2, n. 4, p. 147–165, 2003.

MOREIRA, A.V.B.; MANCINI-FILHO, J. Atividade antioxidante das especiarias mostarda, canela e erva-doce, em sistemas aquoso e lipídico (CN 136). **Nutrire**, São Paulo, v.25, p.45-60, 2003.

MOURA, C. M. A. **Qualidade de farinhas pré-gelatinizadas e macarrões formulados com arroz (*Oryza sativa* L.) e linhaça (*Linum usitatissimun* L.).** Dissertação – (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO)**. 1ª ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 42 p, 2004.

OLIVEIRA, C. A. O. et al. Farinha de arroz e derivados como alternativas para a cadeia produtiva do arroz. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 291-297, 2014.

OLIVEIRA, R. B. A.; ANDRADE, S. A. C. **Instalações Agroindustriais**. EDUFRPE, Recife, 2012.

ORMENESE, R. D. C. S. C.; CHANG, Y. K. **Massas alimentícias de arroz: uma revisão**. Boletim do CEPPA, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 175-190, 2002.

PADMANABHAN, B. Understanding the extruder processing zone: the heart of a twin screw extruder. **Plastics, Additives and Compounding**, v. 10, n. 2, p. 30–35, 2008.

PATIL, S.B. & KHAN, M.K. **Germinated brown rice as a value added rice product: A review**. J Food Sci Technol, 48: 661, 2011.

PINELO, M., ARNOUS, A.; MEYER, A. S. Upgranding of grape skins: significance of plant cell-wall structural components and extration techniques for phenol release. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, p. 579-590, 2006.

POLANCO, I. et al. Dieta y enfermidad celíaca. **Alimentaria**, v. 33, n. 264, p. 91-93, 1995.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M. RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, n.9–10, 5//, p.1231-1237. 1999.

REDL, A. et al. Heat and shear mediated polymerization of plasticized wheat gluten protein upon mixing. **Journal of Cereal Science**, 38(1), 105-114, 2003.

ROCKENBACH, I. I.; SILVA, G.L.; RODRIGUES, E.; KUKOSKI, E.M.; FETT, R. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (***Vitis vinifera***) variedades *Tannat* e *Ancelota*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, p.238-244, 2008.

ROMERO, P., FERNÁNDEZ, J. I., BOTÍA, P. Interannual climatic variability effects on yield, berry and wine quality indices in long-term deficit irrigated grapevines, determined by multivariate analysis. **Inter. J. Wine Res**. 8, 3–17, 2016.

RUBERTO, G. et al. Polyphenol constituents and antioxidant activity of grape pomace extracts from five sicilian red grape cultivars. **Food Chemistry**, v. 100, p. 203-210, 2007.

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficient of poly phenols. **J Sci Food Agric.;** 76:270-6, 1998.

SÁYAGO-AYERDI, S.; BRENES, A.; GOÑI, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. **LWT-Food Science and Technology**, v.42, n.5, p.971-976. 2009.

SELANI, M. M., et al. Effects of pineapple by product and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. **Meat Science**, Barking, v. 112, n. 1, p. 69-76, 2016.

SCUSSEL, V. M. et al. **Atualidades em micotoxinas e armazenagem qualitativa de grãos II.** 1 ed., Florianópolis: Editora ABMAG, 586 p, 2008.

SEBIO, L. **Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*)**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2003.

SHUKLA, T. P. Critical chemistry of extrusion processing of grains. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 43, n. 1, p. 43-44, 1998.

SILVA, E. M. et al. **Efeito da umidade e adição de feijão nas propriedades de pasta de extrusados a base de milho utilizados para a elaboração de sopas**. In: Simpósio Internacional de Extrusão de Alimentos, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, 5 p, 2010.

SILVA, M. A.; SANCHES, C.; AMANTE, E. R. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran**. Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 75, n. 4, p. 487-491, 2006.

SILVA, R. F. et al. Composição química de farinhas pré-cozidas por extrusão elaboradas com arroz e café torrado. **Rev Inst Adolfo Lutz**, 67(1): 52- 58, 2008.

SOARES JÚNIOR, M. S. et al. Bebidas saborizadas obtidas de extratos de quirera de arroz, arroz integral e de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 407-413, 2011.

SOLÓRZANO, J. W. **Obtenção e caracterização de farinha extrudada de diferentes genótipos de sorgo para o desenvolvimento de biscoitos doces**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013.

SOUZA, G. M.; SOARES JÚNIOR, M. S.; YAMASHITA, F. Active biodegradable films produced with blends of rice flour and poly (butylene adipate co-terephthalate): effect of potassium sorbate on film characteristics. **Materials Science & Engineering**. C, Biomimetic Materials, Sensors and Systems (Print), Lausanne, v. 33, n.6, p. 3153-3159, 2013.

SRICHUWONG, S.; SUNARTI, T. C.; MISHIMA, T.; ISONO, N.; HISAMATSU, M. Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 62, n. 1, p. 25–34, 2005.

STATISTICA *software*. V. 7.0. Tuksa, OK: Statsoft INC., 2004.

SUN-WATERHOUSE, D. et al. Effects of added fruit polyphenols and pectin on the properties of finished breads revealed by HPLC/LC-MS and size-exclusion HPLC. **Food Research International**, v. 44, n. 9, p. 3047-3056, 2011.

TAIRA, H.; ITANI, T. Lipid content and fatty acid composition of brown rice of cultivars of the United States**. Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, p.460-462, 1988.

TAVARES, J. S. et al. Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1102-1109, 2012.

TORREZAN, R.; EIROA, M. N. U.; PFENNING, L**. Identificação de microrganismos isolados em frutas, polpas e ambiente industrial**. Boletim CEPPA, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 27- 38, 2000.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. Foreign Agriculture Service (FAS). **Horticultural & Tropical Products Division**. Internacional MRL Database. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/>. Acesso em: 22 de setembro de 2017.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASIL FOODS (2008). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. V. 5.0. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acesso em: 28 de setembro de 2016.

URBINA VINOS. **Desarrollo de la Baya: Maduración de la Uva y Vendimia**. 2015. Disponível em: <http://urbinavinos.blogspot.com.br/2015/07/desarroyo-de-la-baya-maduracion-de-la.html>. Acesso em: 11 de novembro de 2017.

VELASQUEZ, M. D. P.; SANTOS, P. C. **Custo total do beneficiamento do arroz em uma cooperativa agrícola**. XIX Congresso Brasileiro de Custos – Bento Gonçalves, RS, Brasil, 12 a 14 de novembro de 2012.

VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANTANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 633 p, 1999.

VISSOTO, F. Z. et al. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciênc. Tecnol. Aliment**., Campinas, 26 (3), p. 666-671, jul./set. 2006.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WANG, J. et al. Rheological properties and phase transition of corn starches with different amylose/amylopectin ratios under shear stress. **Starke**, 62 (12), 667-675, 2010.

WŁODARCZYK-STASIAK, M.; JAMROZ, J. Specific surface area and porosity of starch extrudates determined from nitrogen adsorption data. **Journal of Food Engineering**, v. 93, n. 4, p. 379–385, 2009.

YILDIRIM, H. K. et al. Antioxidant activities of organic grape, pomace, juice, must, wine and their correlation with phenolic content. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 40, p. 133-142, 2005.

ANEXOS

Anexo A. Diagrama de Pareto (estimativa de efeito padronizado (valor absoluto)) e superfície de resposta das variáveis dependentes de extrusão e conteúdo de cinzas, de acordo com o delineamento experimental. 69

Anexo B. Diagrama de Pareto (estimativa de efeito padronizado (valor absoluto)) e superfície de resposta das variáveis dependentes de extrusão e índices de expansão e densidade aparente, de acordo com o delineamento experimental. 773

Anexo C. Curvas de viscosidade para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva (tratamentos 1 a 19). 79

Anexo D. Diagrama de Pareto (estimativa de efeito padronizado (valor absoluto)) e superfície de resposta das variáveis dependentes de extrusão e Frs, de acordo com o delineamento experimental. 98

Anexo E. Diagrama de Pareto (estimativa de efeito padronizado (valor absoluto)) e superfície de resposta das variáveis dependentes de extrusão e propriedades de cor, de acordo com o delineamento experimental. 102

Anexo F. Curva padrão de ácido gálico utilizada para quantificação dos compostos fenólicos totais. 105

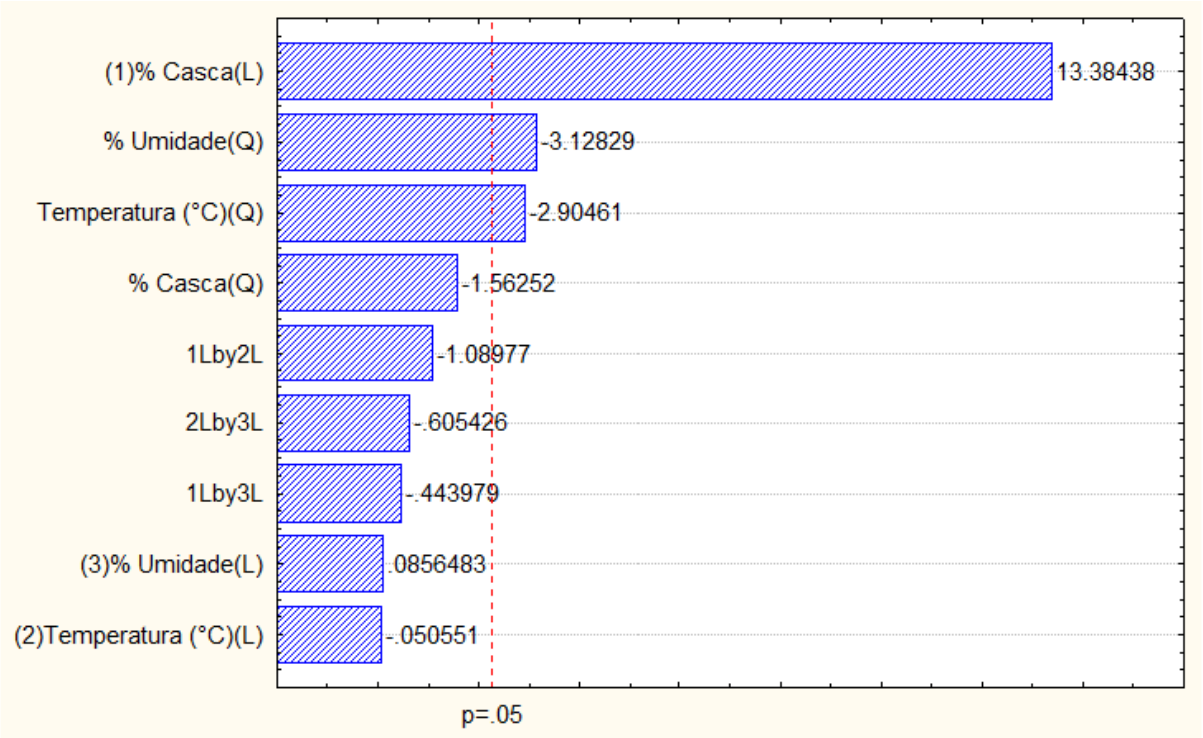
Anexo G. Etapas de seleção do bagaço de uva. 106

Anexo H. Extrudados de farinha de arroz e casca de uva secos a 60°C, segundo o delineamento experimental. 111

Anexo I. Resultados de Análise de Regressão para ORAC e ABTS 116

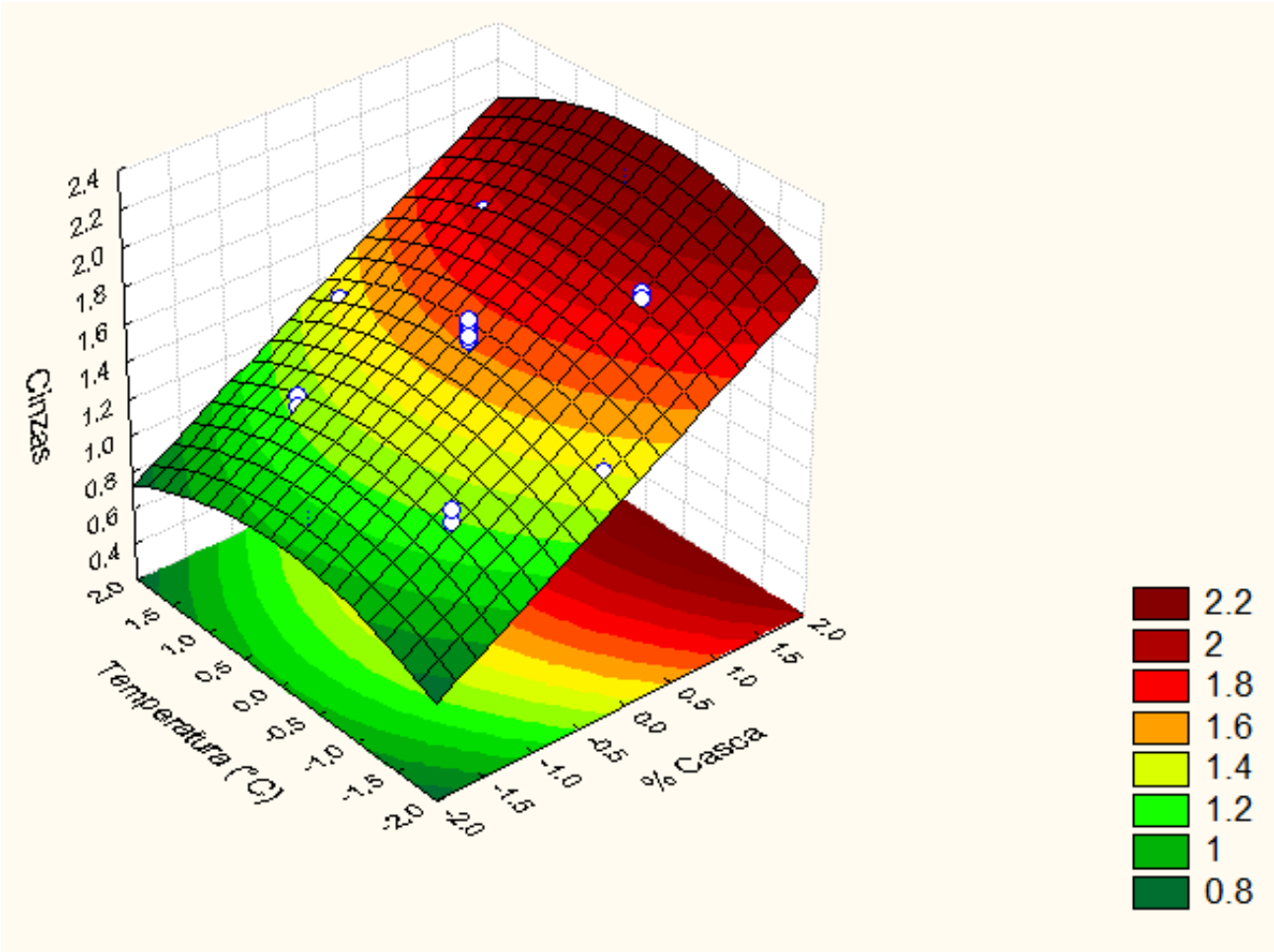
Anexo A. Diagrama de Pareto (estimativa de efeito padronizado (valor absoluto)) e superfície de resposta das variáveis dependentes de extrusão e conteúdo de cinzas, de acordo com o delineamento experimental.

Cinzas (g. 100 g^{-1})

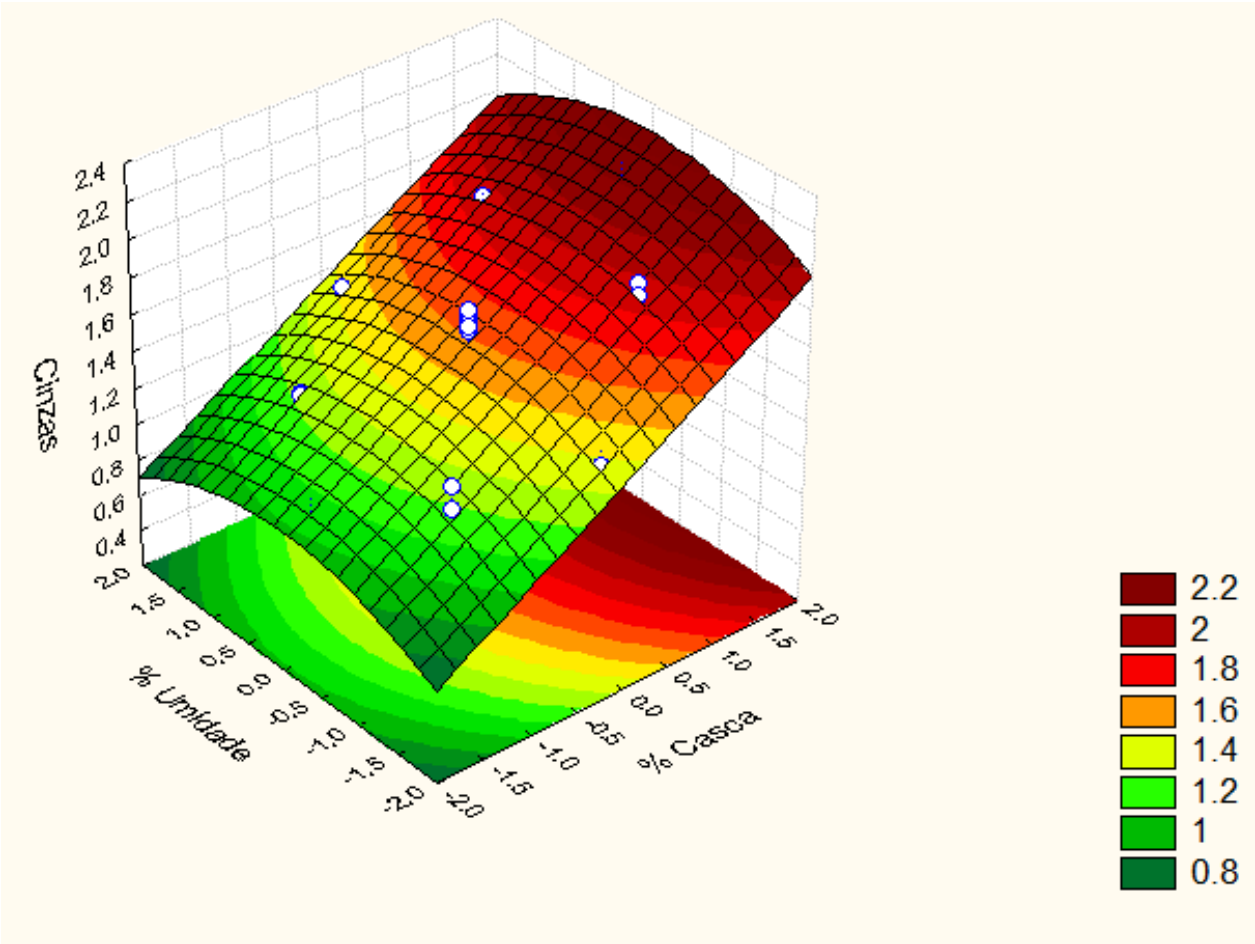


$$Y = 1{,}614 + 0{,}317x_1 - 0{,}063x_2^2 - 0{,}069x_3^2$$

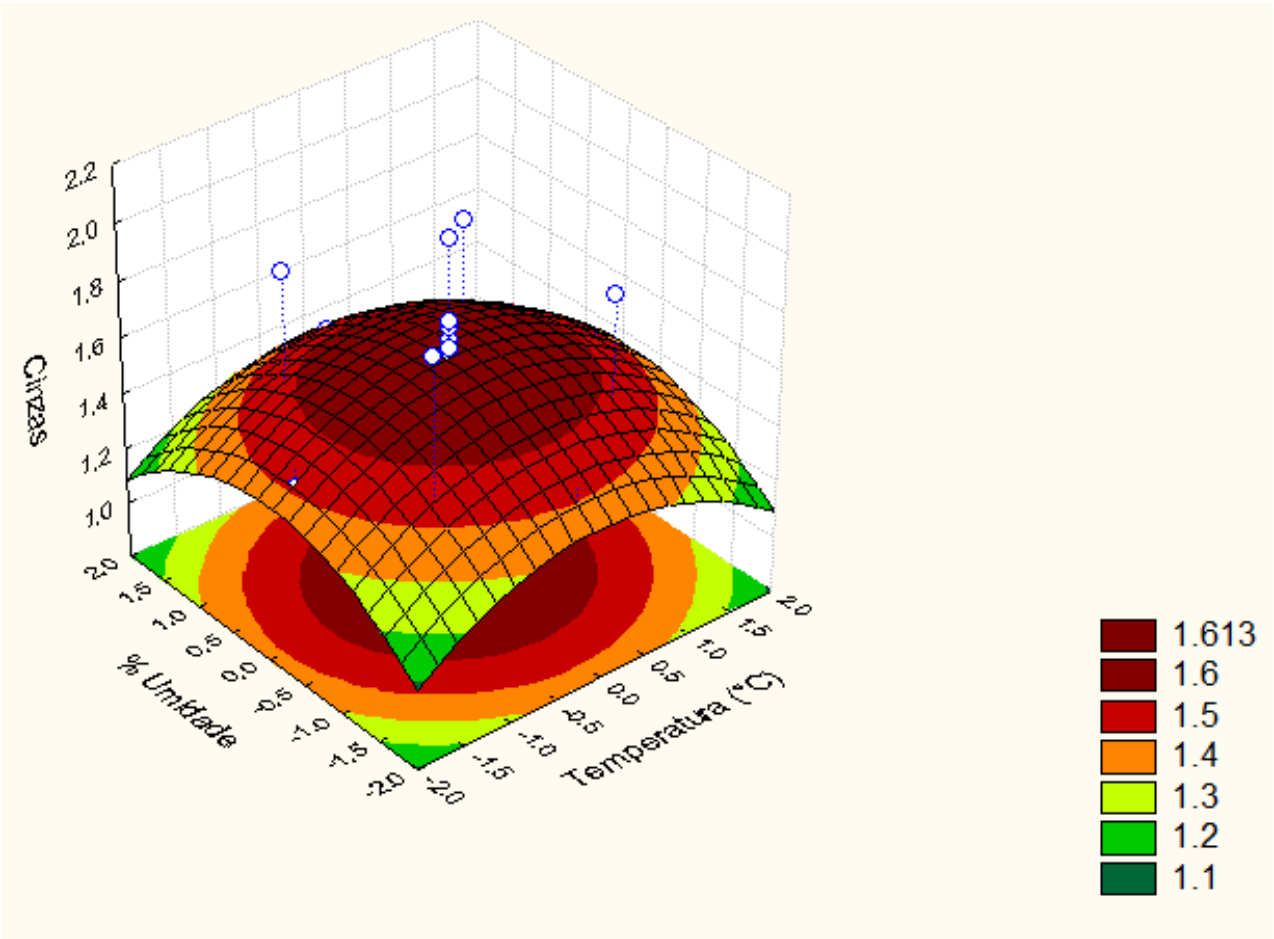
Cinzas (g. 100 g^{-1}) x Temperatura (°C) x Casca (%)



Cinzas (g. 100 g^{-1}) x Umidade (%) x Casca (%)

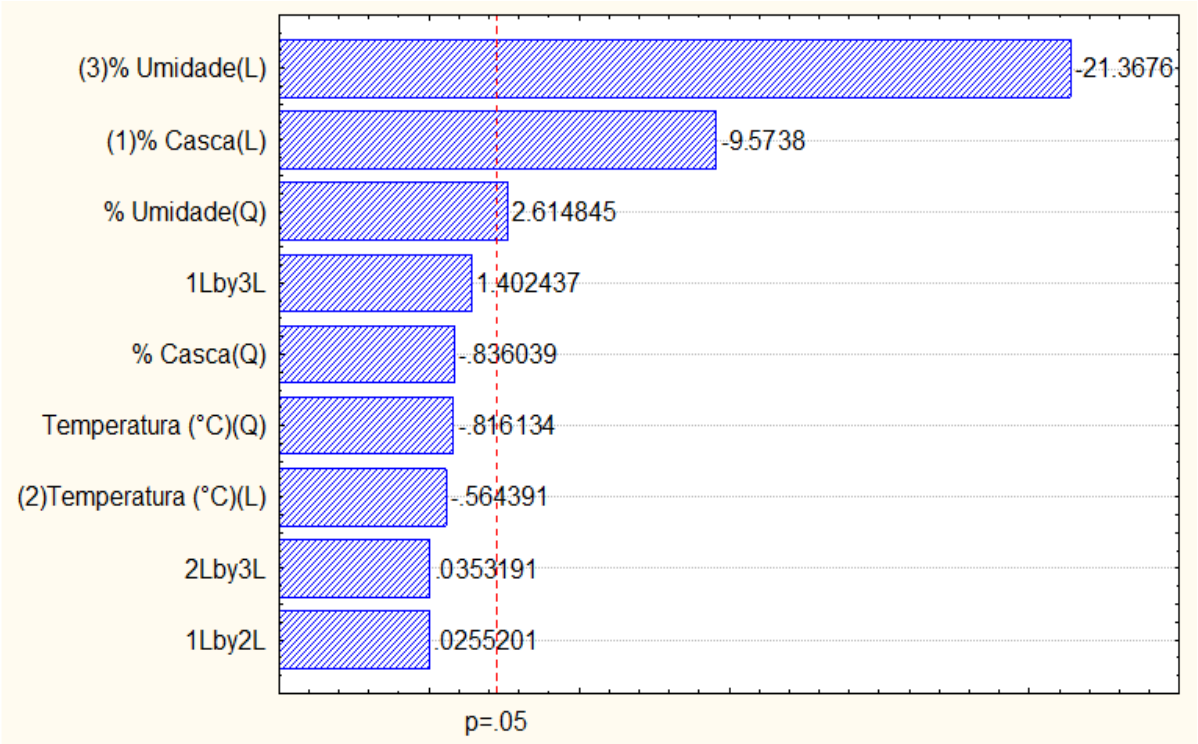


Cinzas (g. 100 g^{-1}) x Umidade (%) x Temperatura (°C)



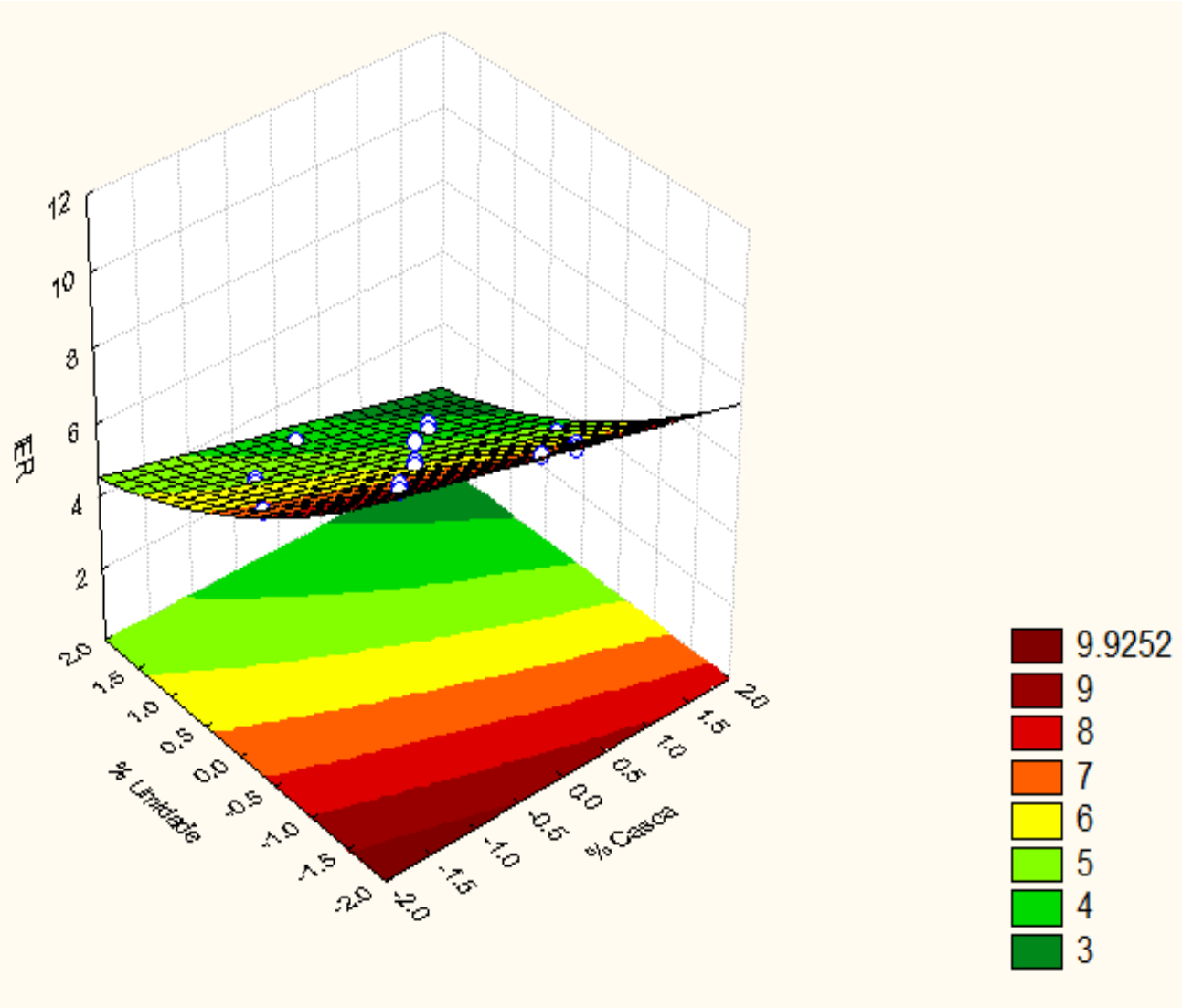
Anexo B. Diagrama de Pareto (estimativa de efeito padronizado (valor absoluto)) e superfície de resposta das variáveis dependentes de extrusão e índices de expansão e densidade aparente, de acordo com o delineamento experimental.

IER

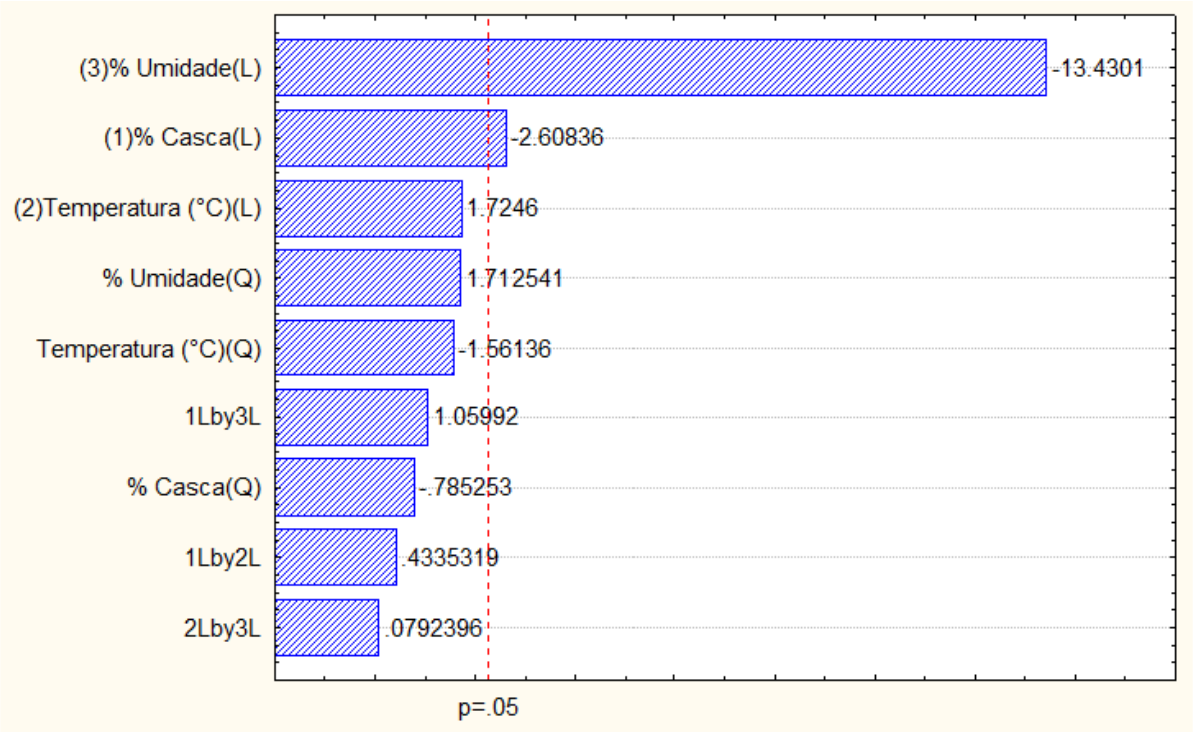


$$Y = 5{,}310 - 0{,}604x_1 - 1{,}348x_3$$

IER x Umidade (%) x Casca (%)

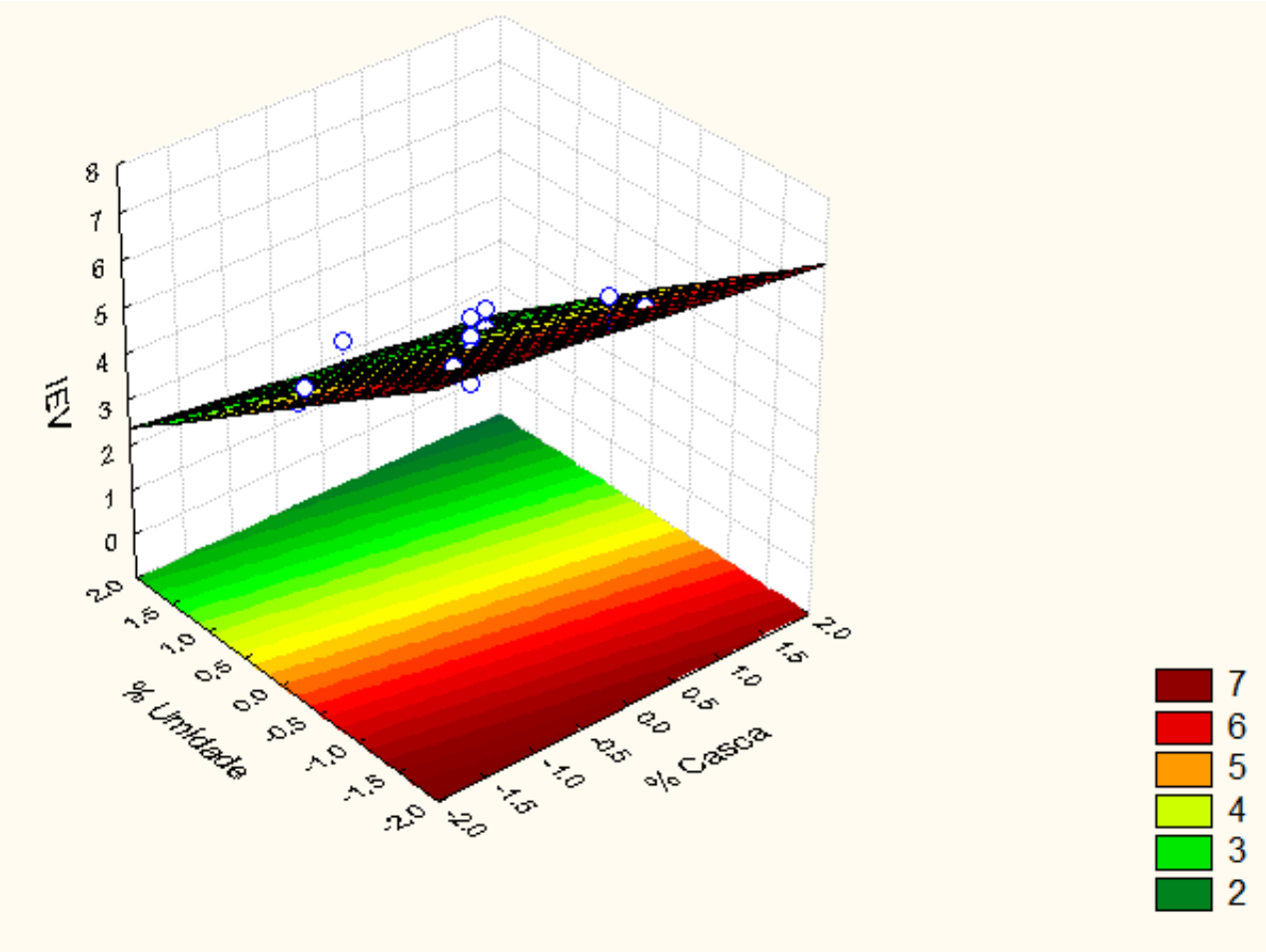


IEV

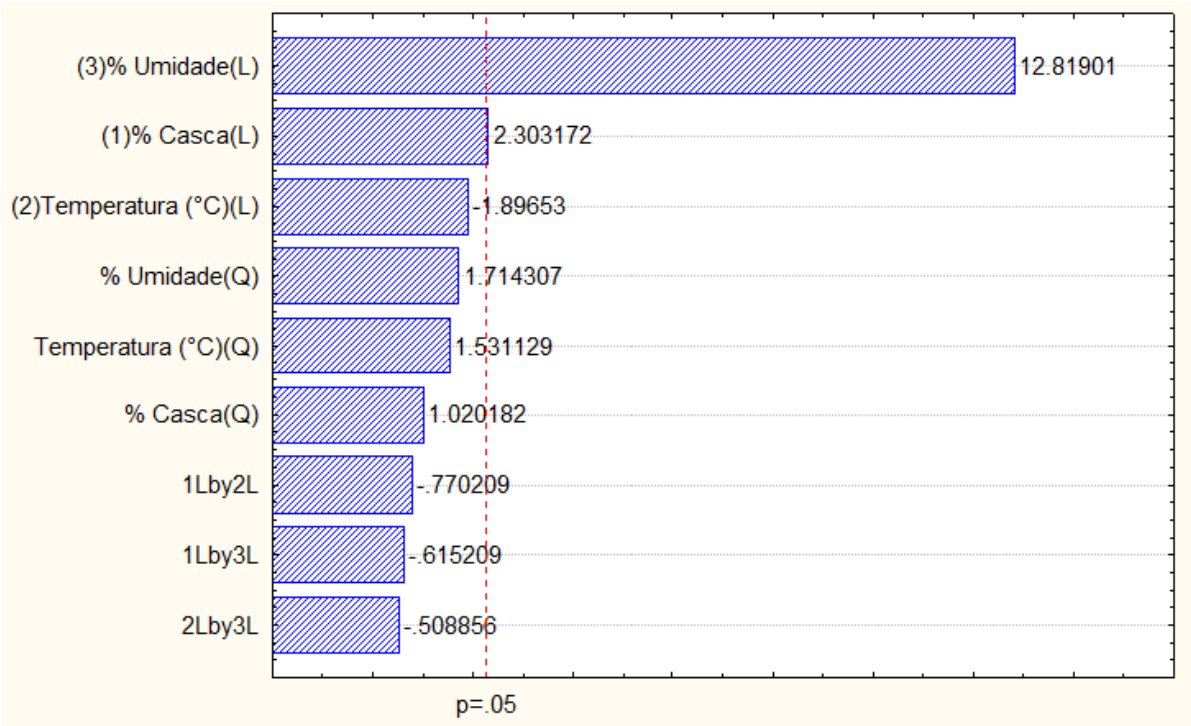


$$Y = 4{,}499 - 0{,}257x_1 - 1{,}323x_3$$

IEV x Umidade (%) x Casca (%)

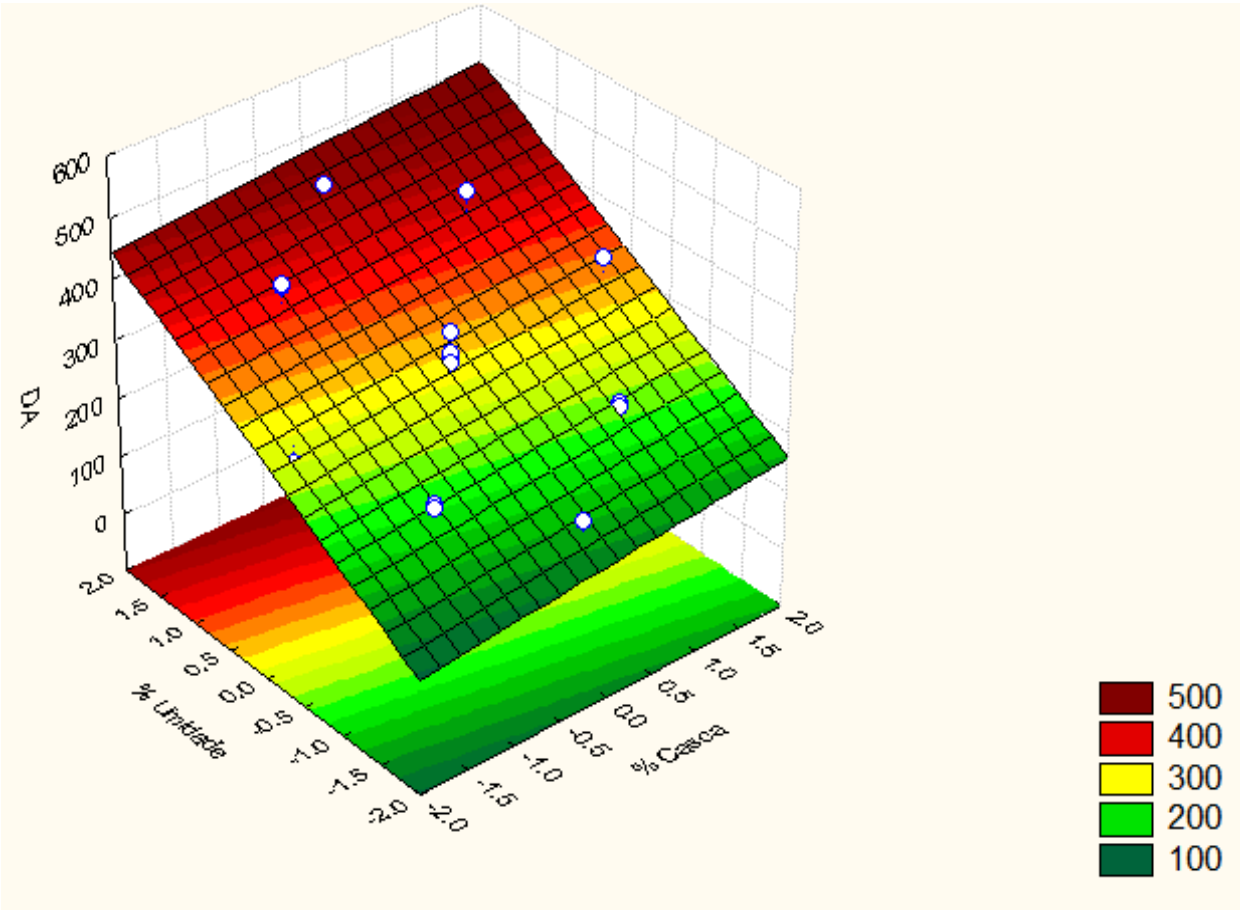


DA (kg.m^{-3})



$$Y = 299{,}747 + 15{,}603x_1 + 0{,}86{,}845x_3$$

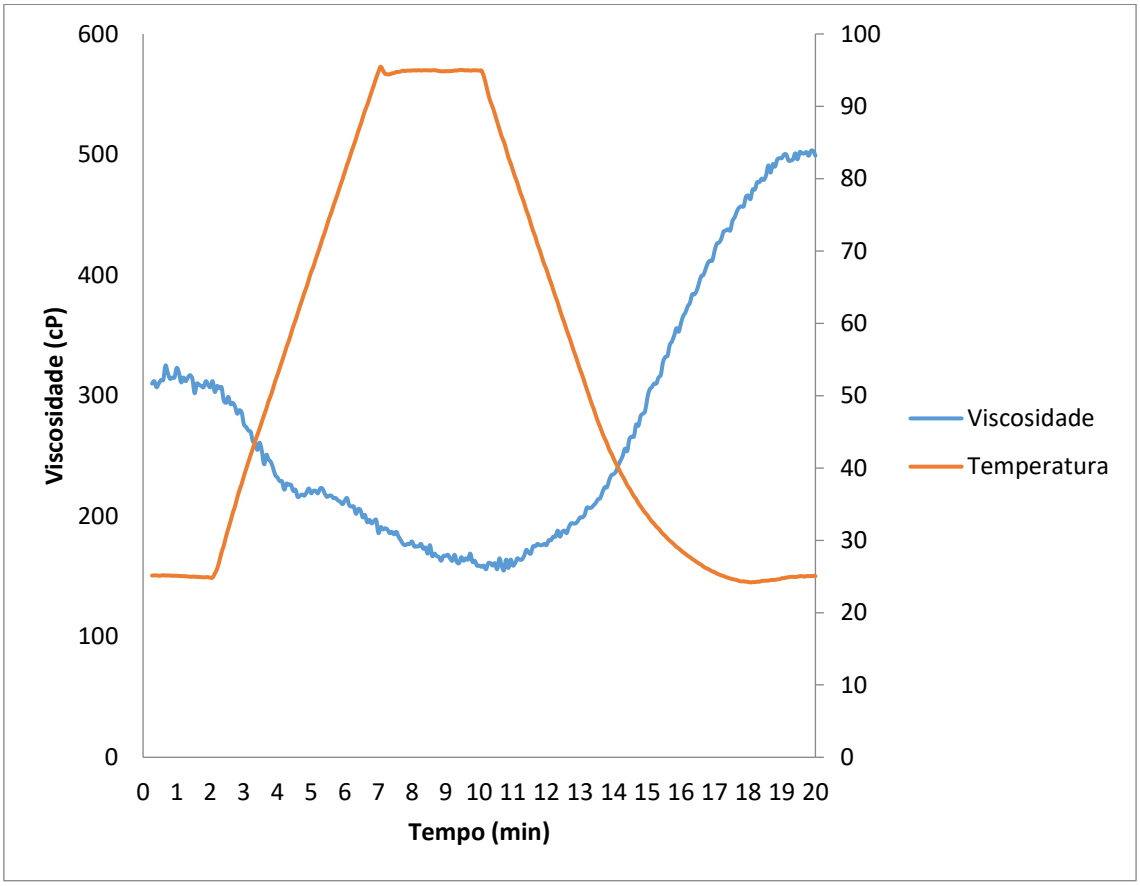
DA (kg.m^{-3}) x Umidade (%) x Casca (%)



Anexo C. Curvas de viscosidade para as farinhas mistas pré-cozidas de arroz e casca de uva (tratamentos 1 a 19).

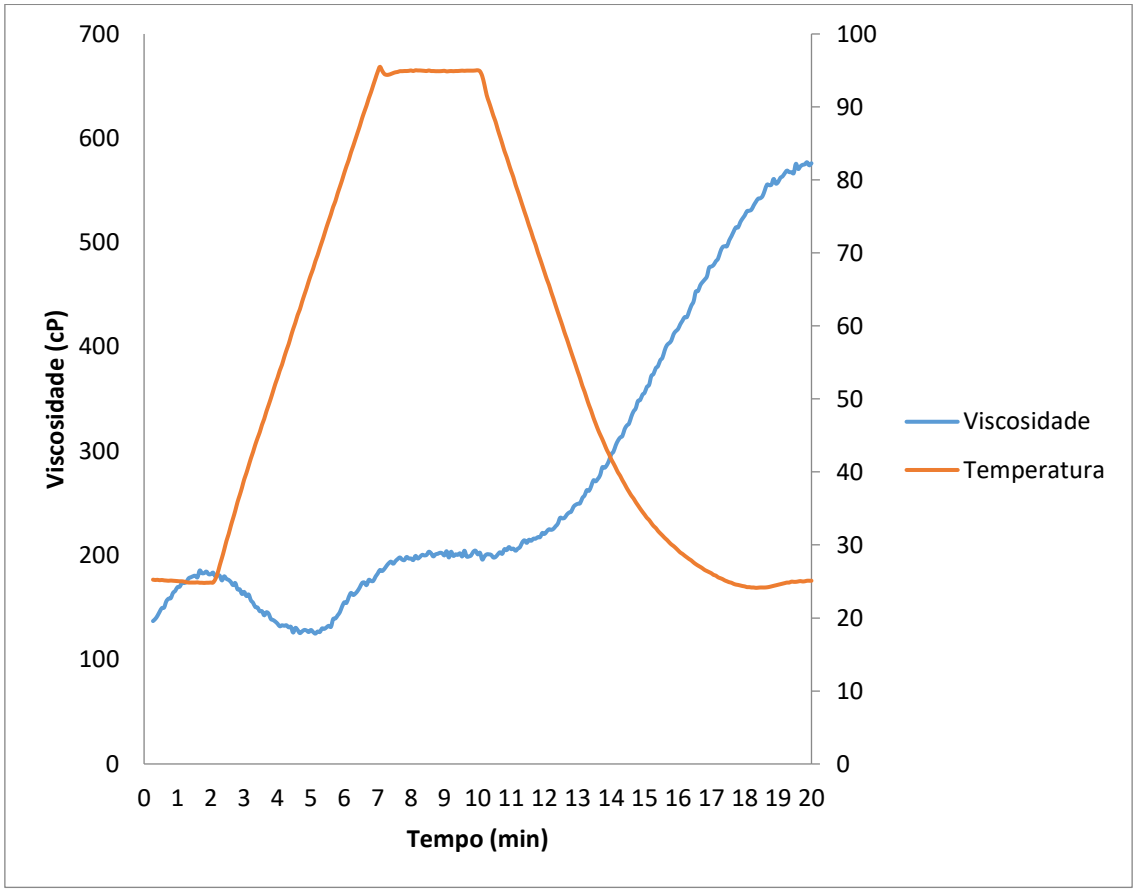
Tratamento 1

10% casca de uva; 120°C; 15% umidade.



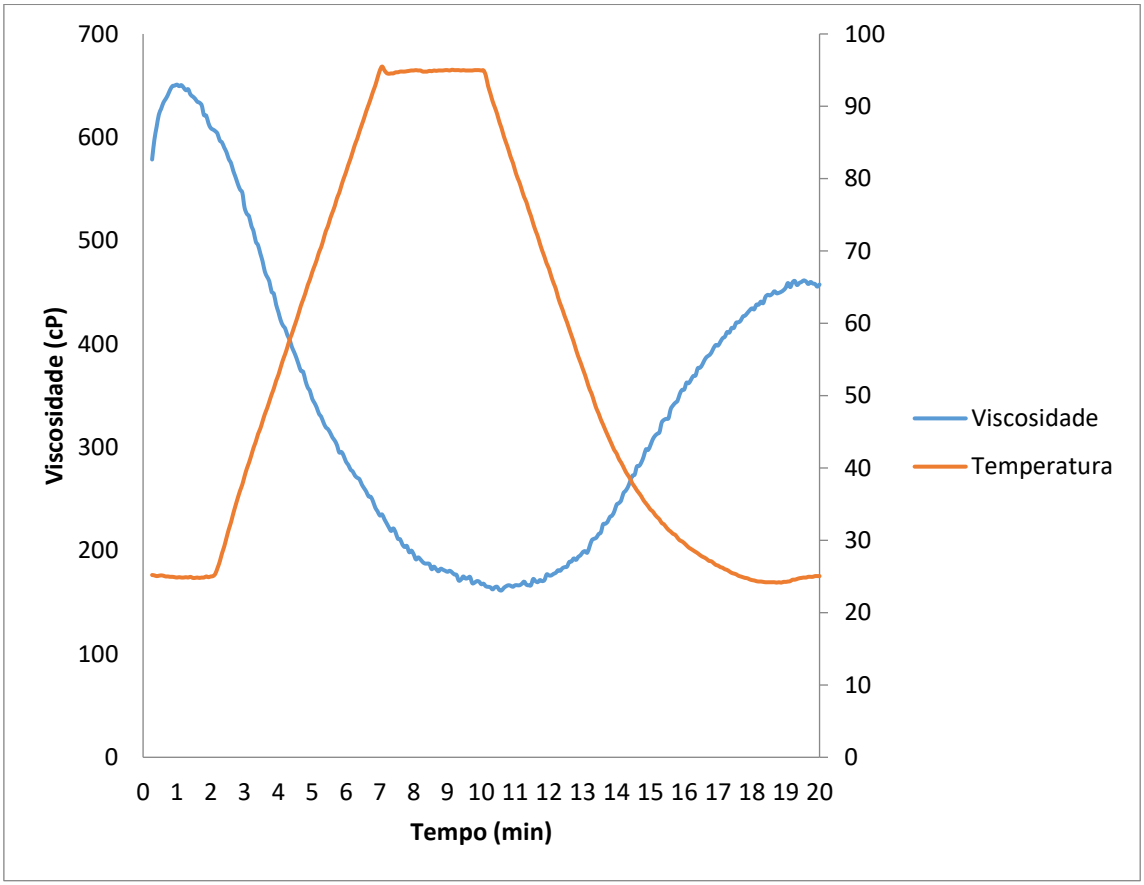
Tratamento 2

10% casca de uva; 120°C; 19% umidade.



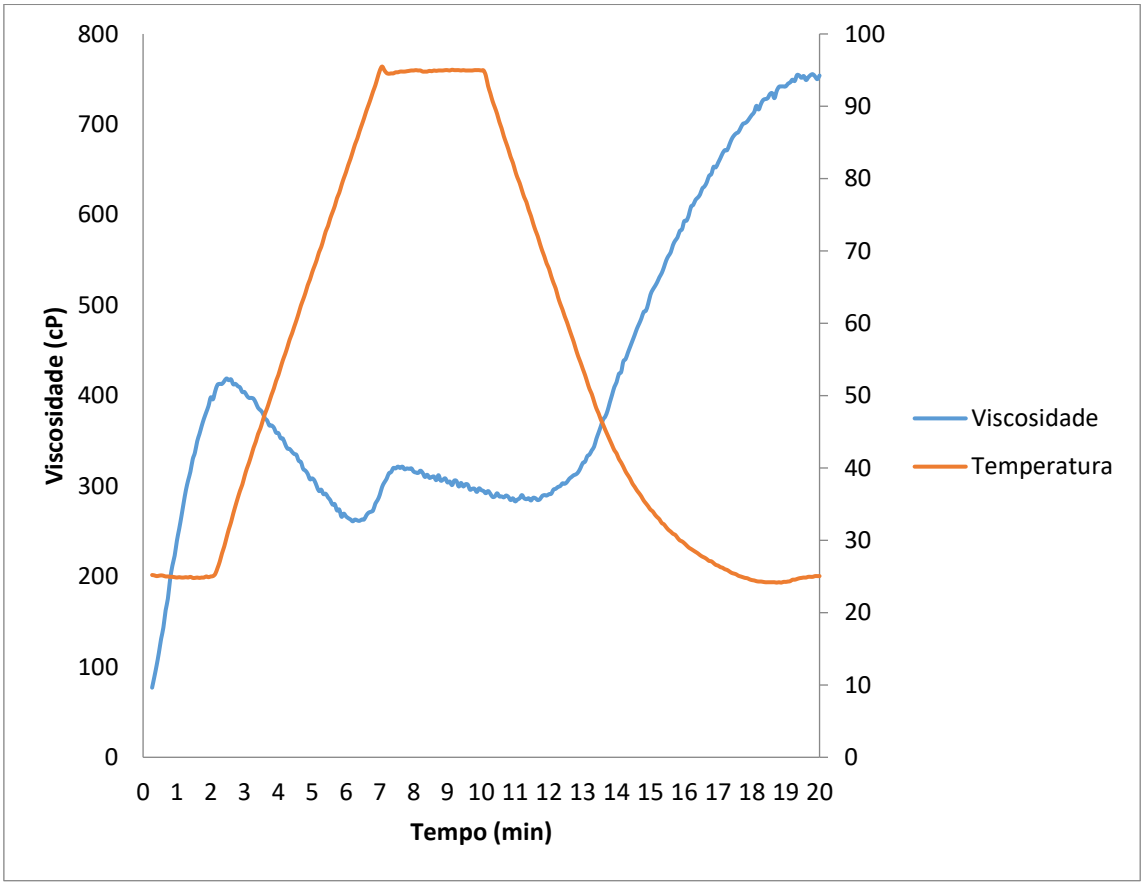
Tratamento 3

10% casca de uva; 140°C; 15% umidade.



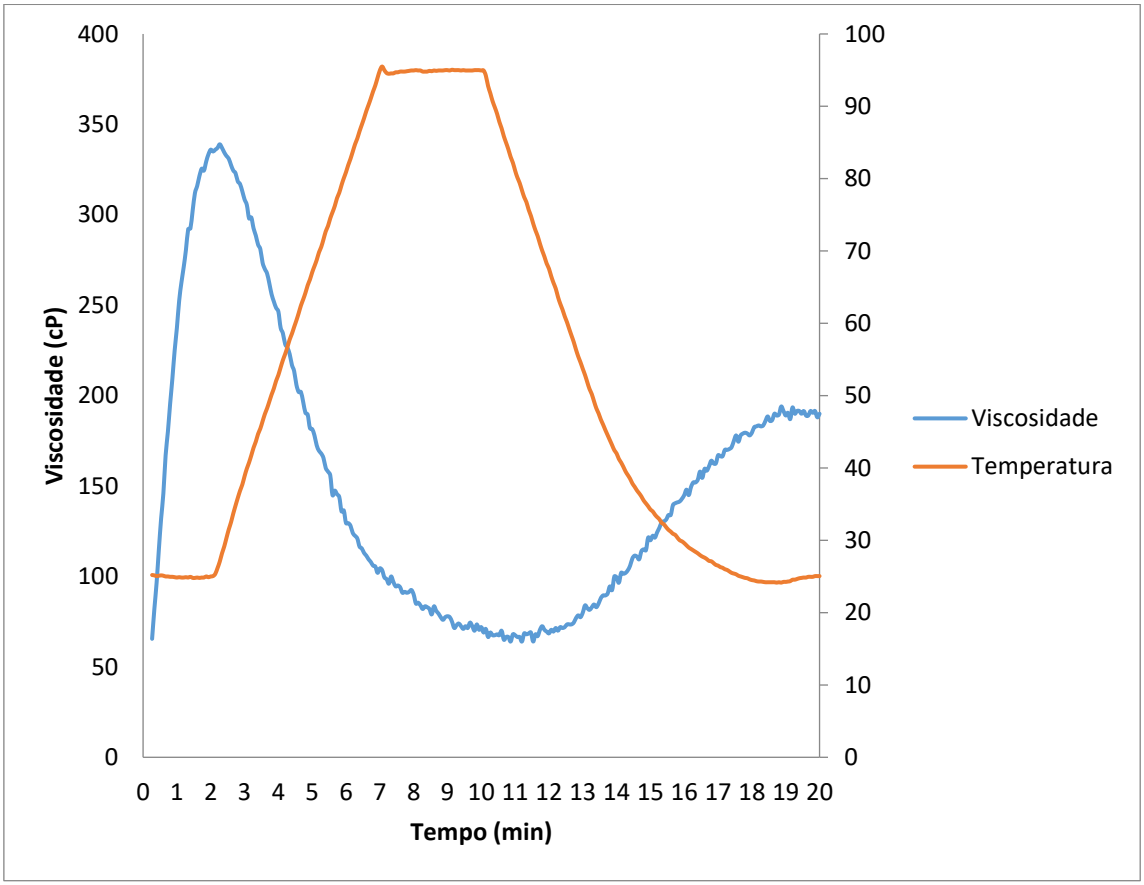
Tratamento 4

10% casca de uva; 140°C; 19% umidade.



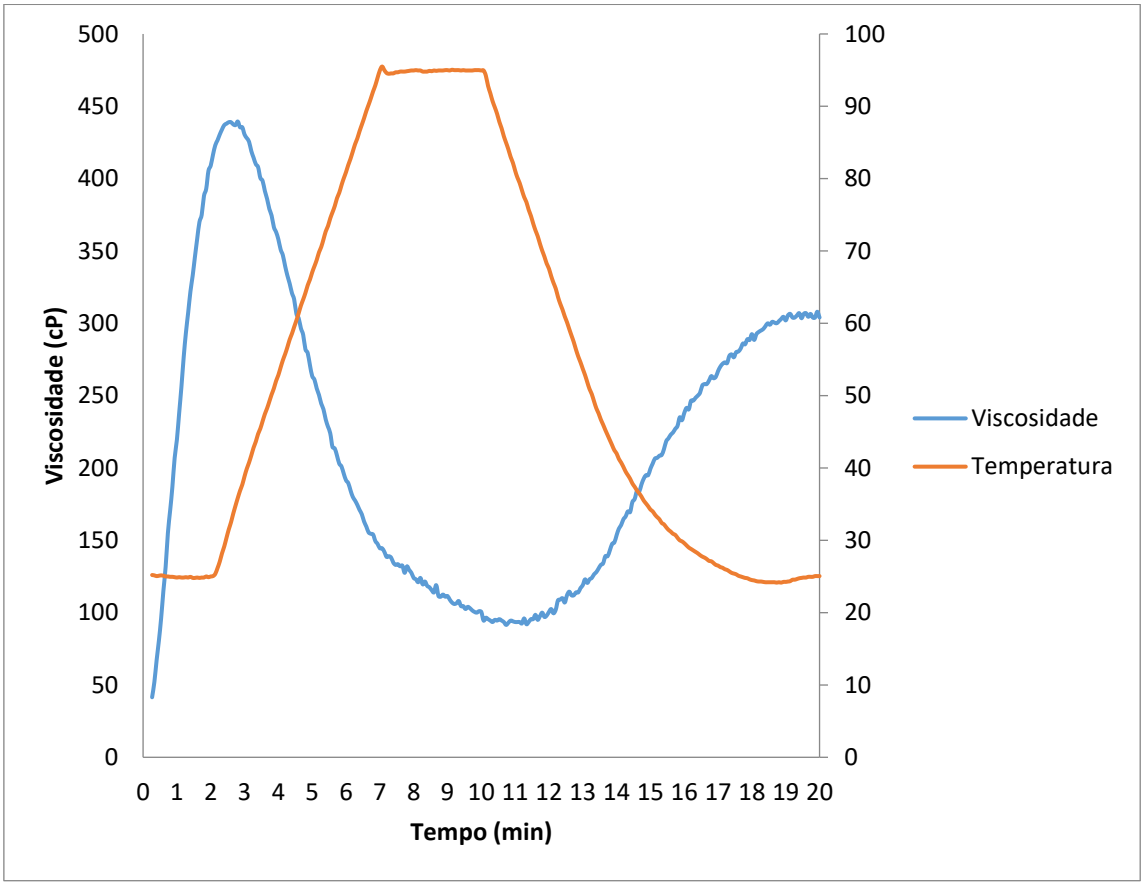
Tratamento 5

20% casca de uva; 120°C; 15% umidade.



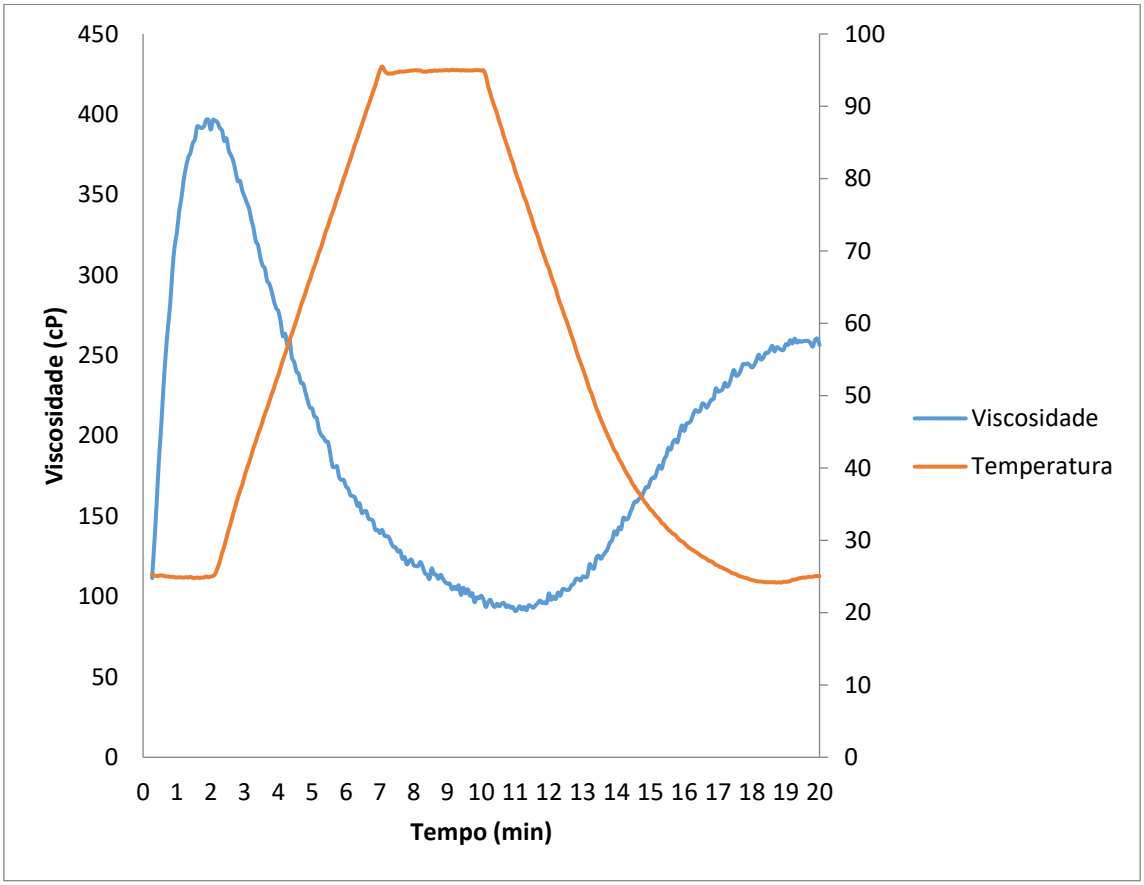
Tratamento 6

20% casca de uva; 120°C; 19% umidade.



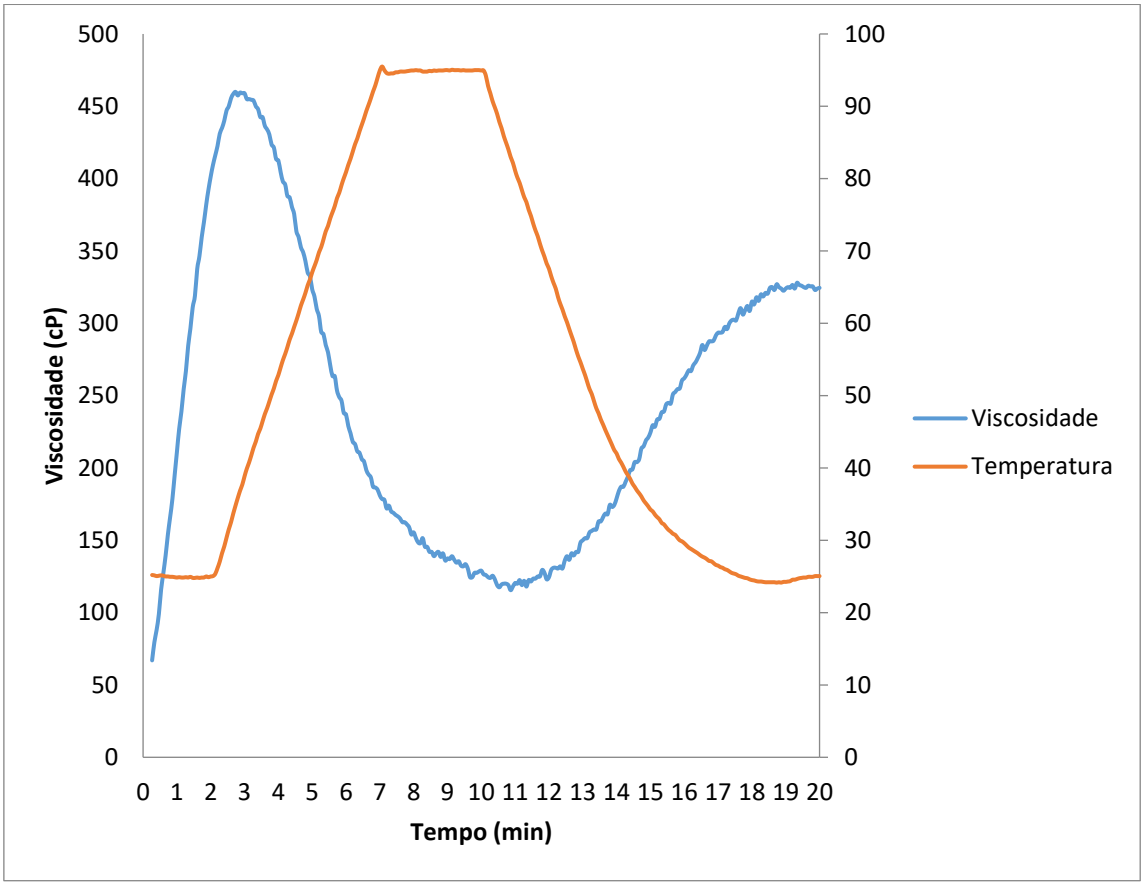
Tratamento 7

20% casca de uva; 140°C; 15% umidade.



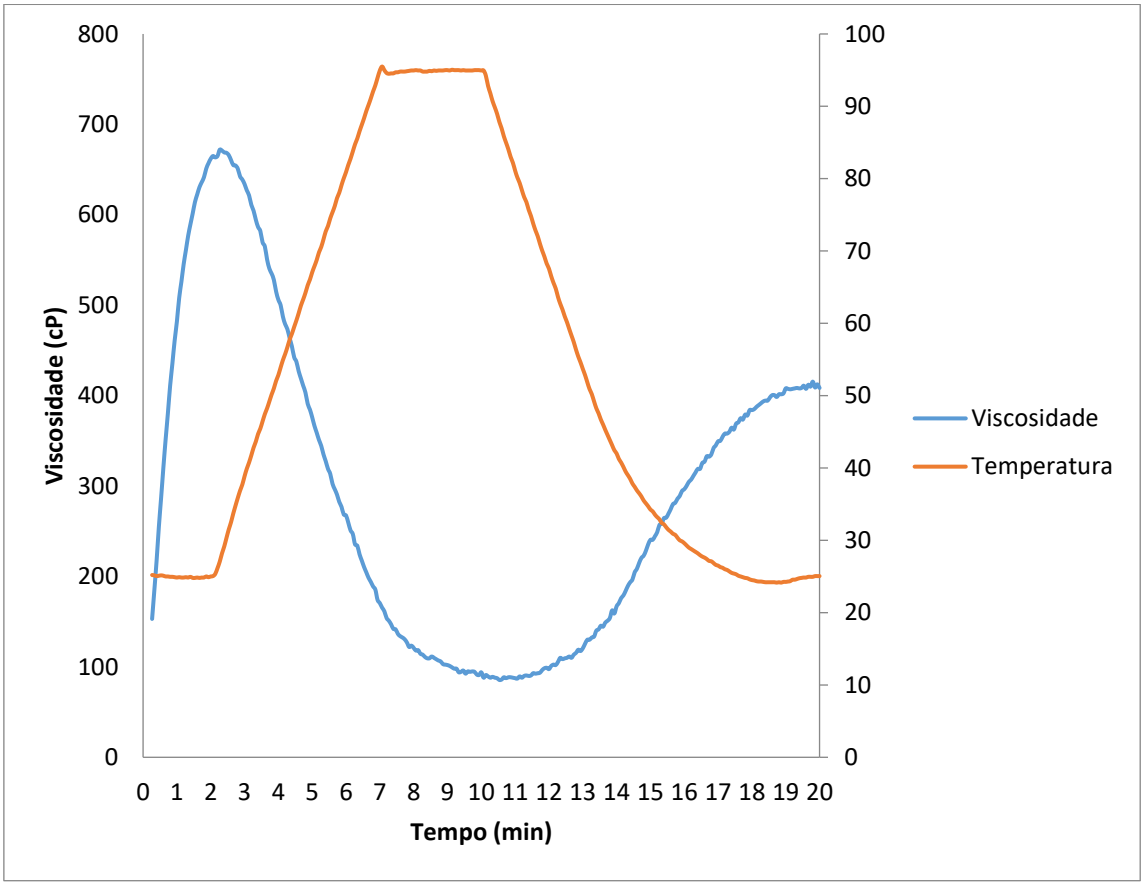
Tratamento 8

20% casca de uva; 140°C; 19% umidade.



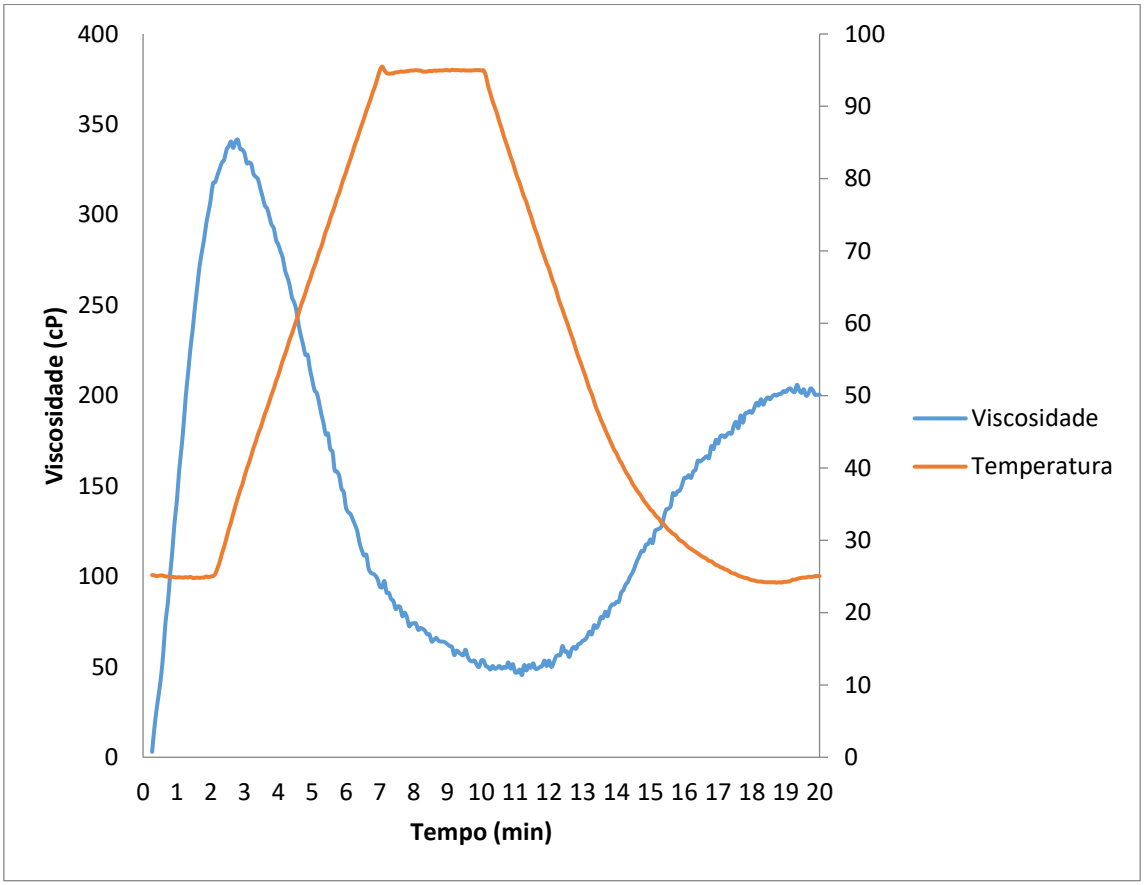
Tratamento 9

6,6% casca de uva; 130°C; 17% umidade.



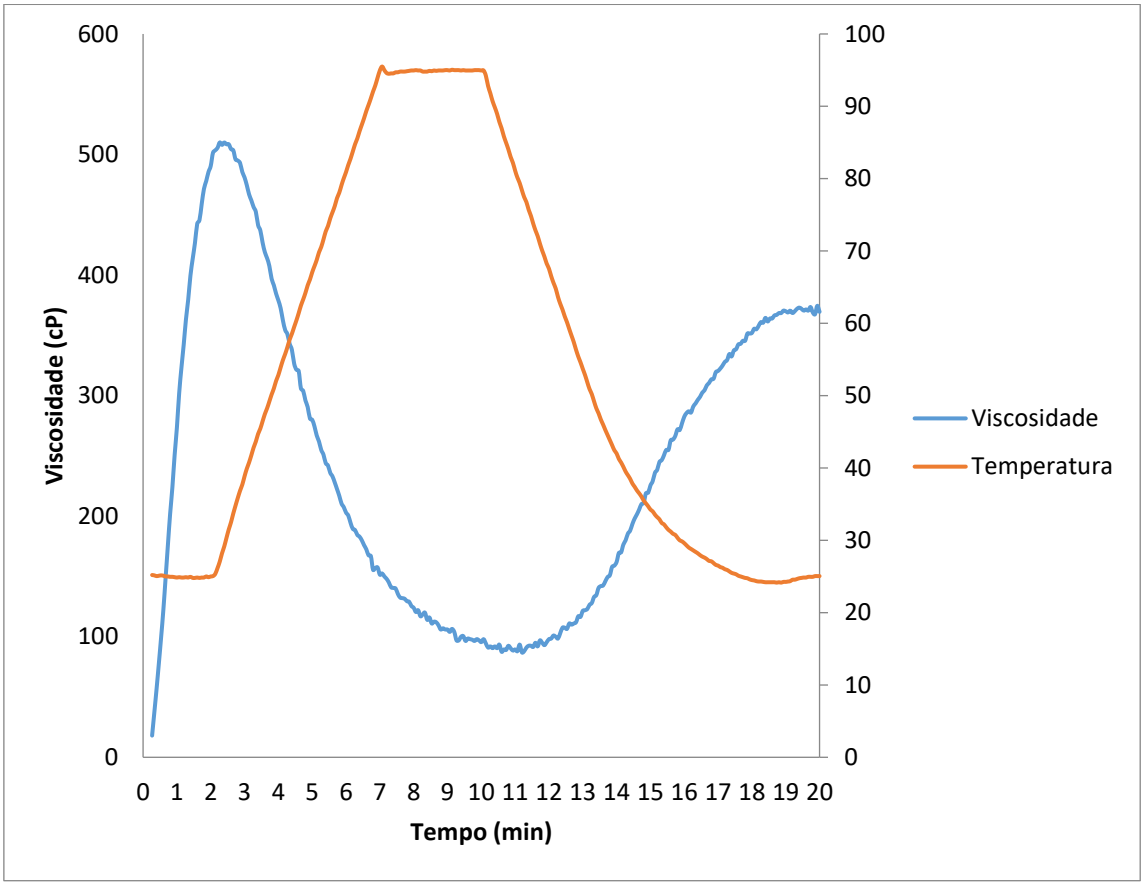
Tratamento 10

23,4% casca de uva; 130°C; 17% umidade.



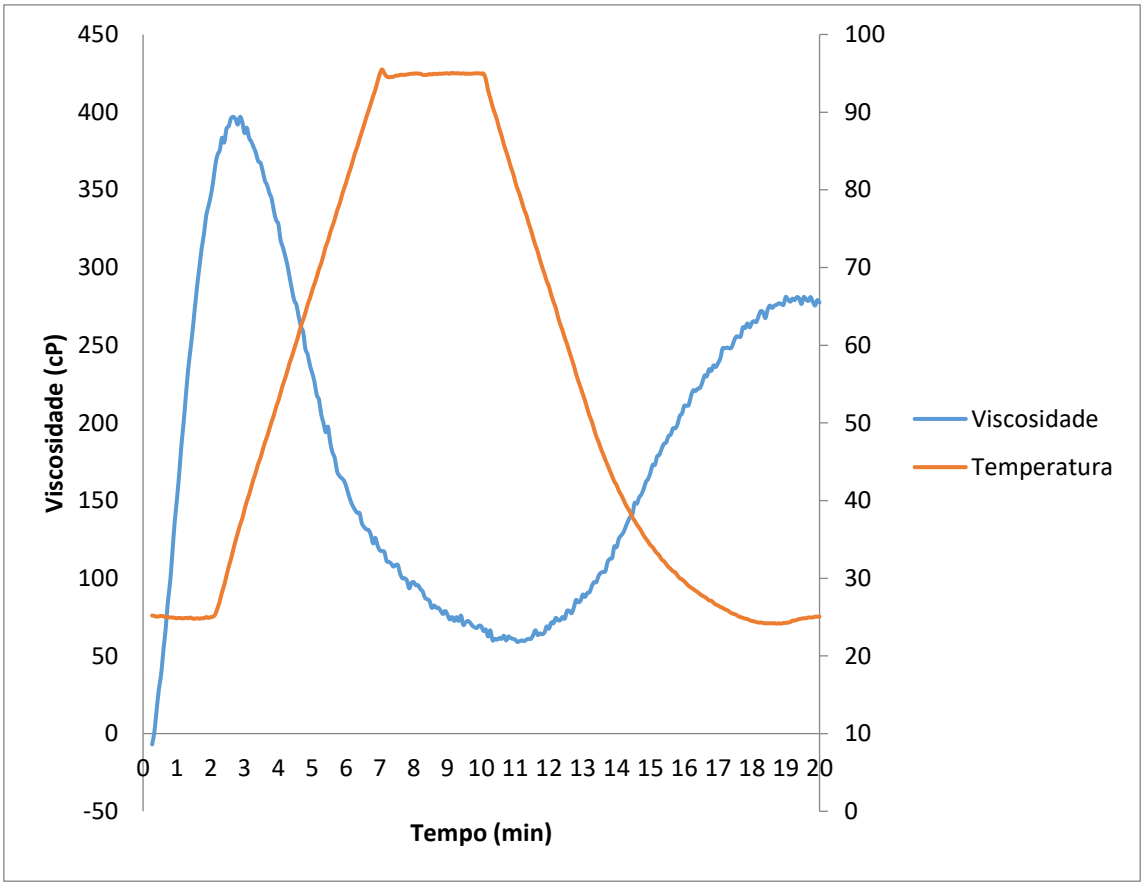
Tratamento 11

15% casca de uva; 113,2°C; 17% umidade.



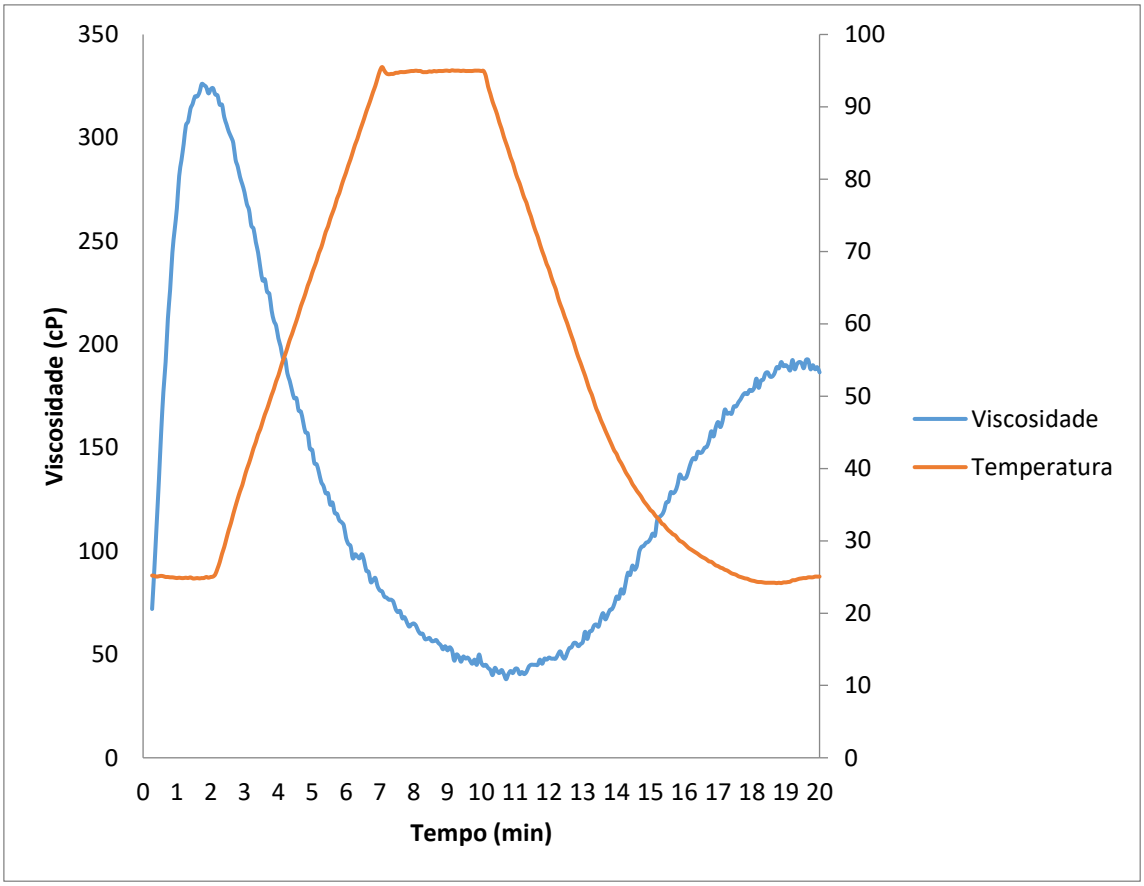
Tratamento 12

15% casca de uva; 146,8°C; 17% umidade.



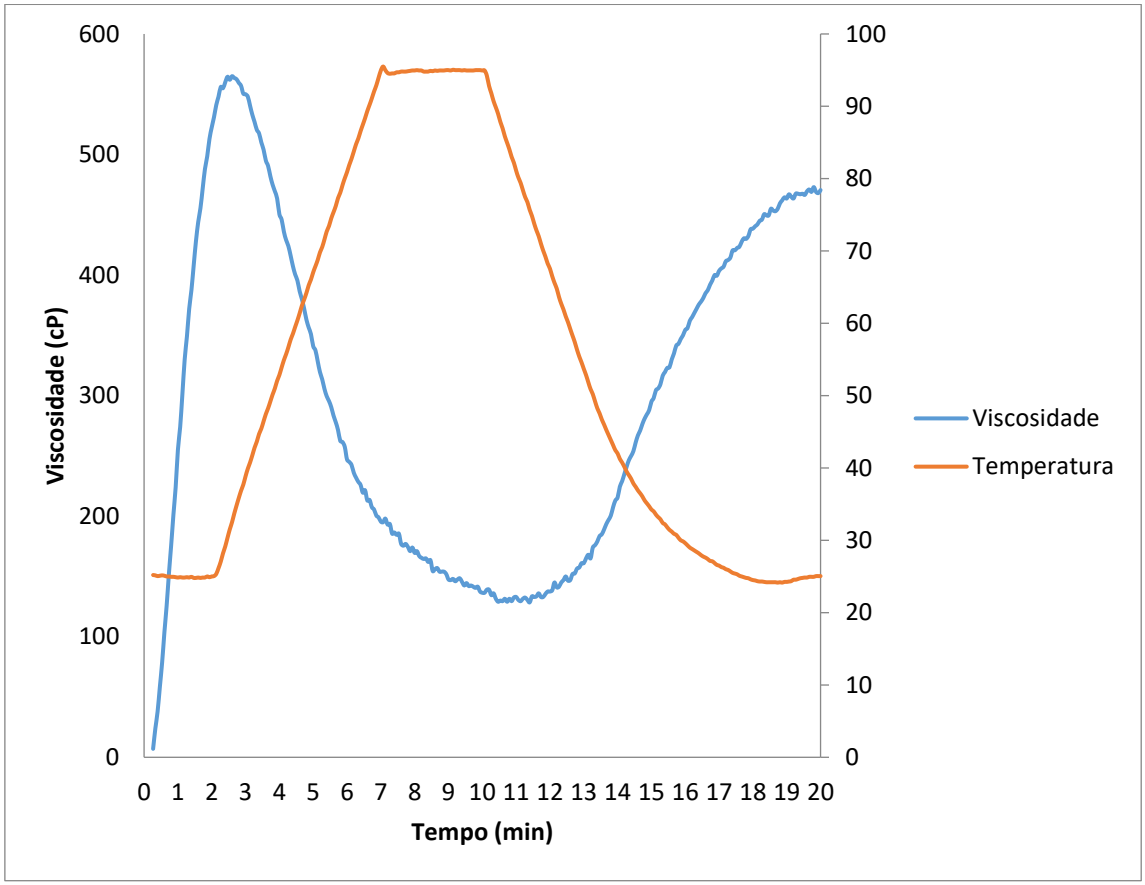
Tratamento 13

15% casca de uva; 130°C; 13,6% umidade.



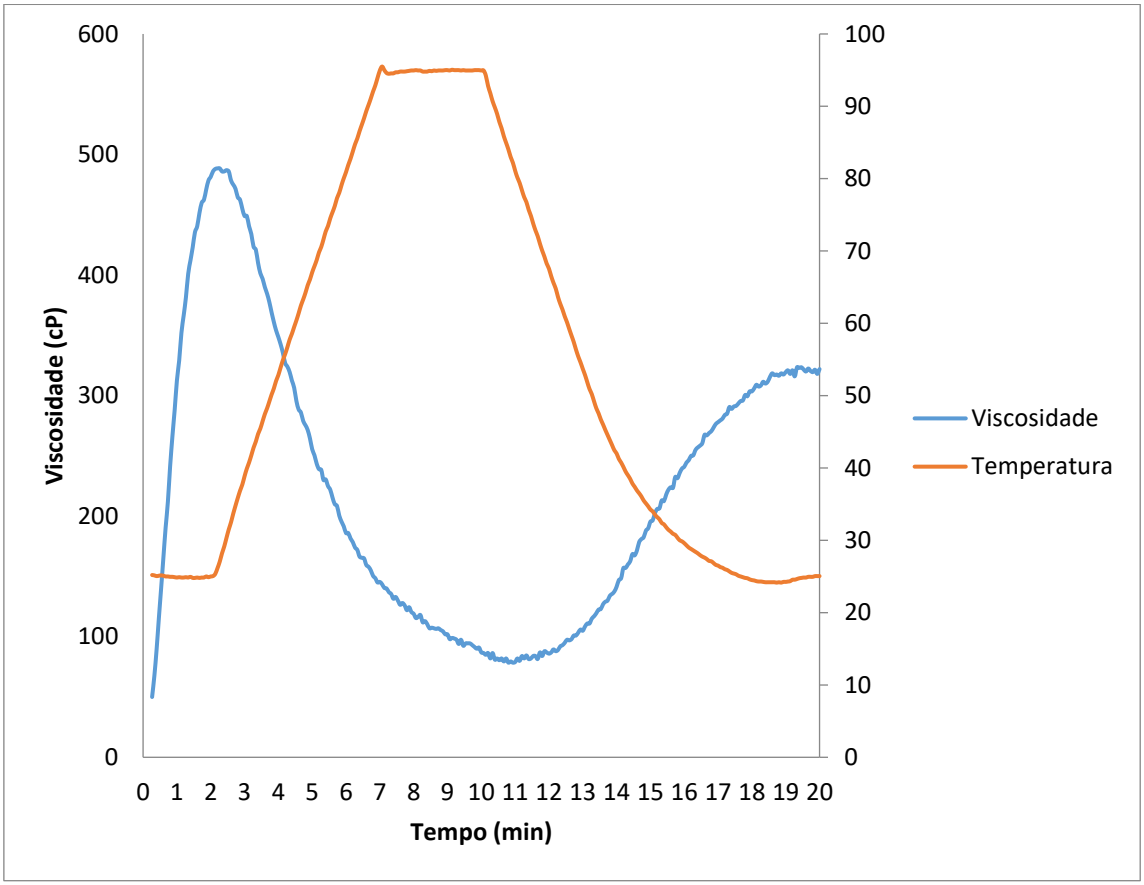
Tratamento 14

15% casca de uva; 130°C; 20,4% umidade.



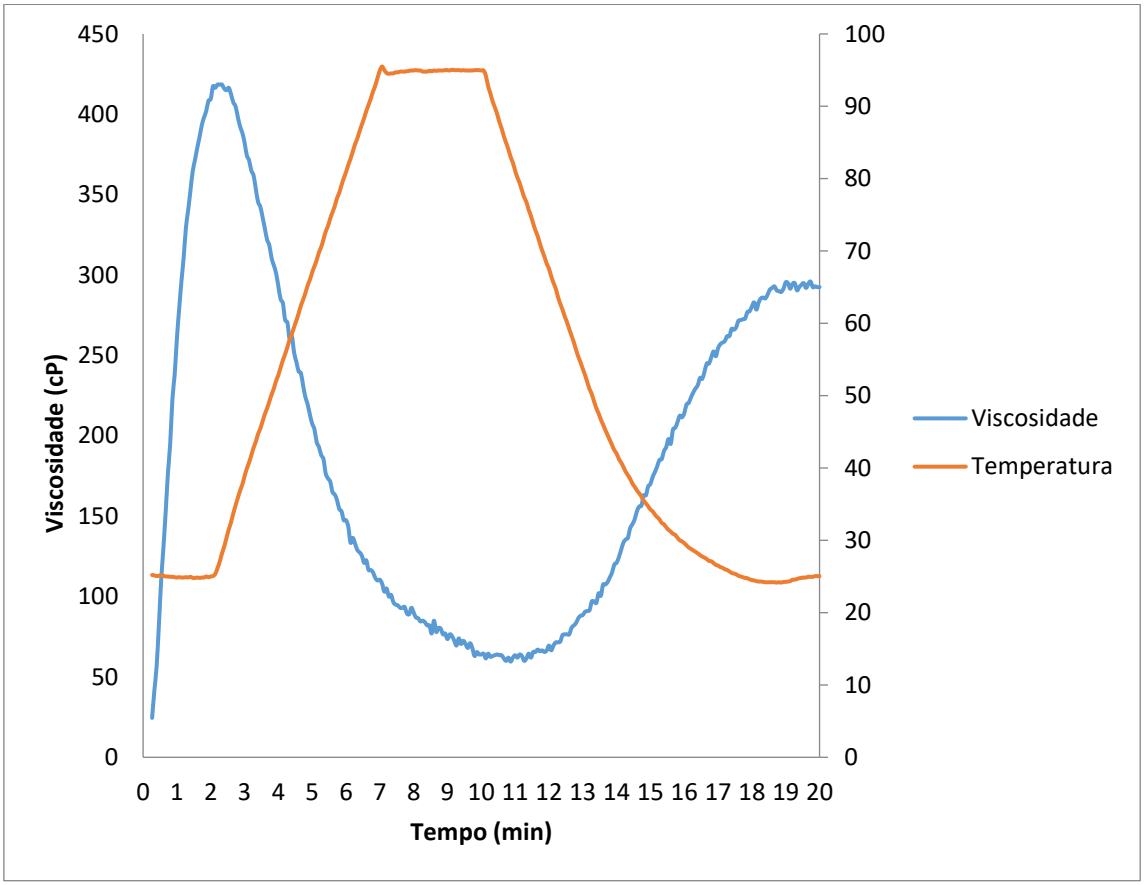
Tratamento 15

15% casca de uva; 130°C; 17% umidade.



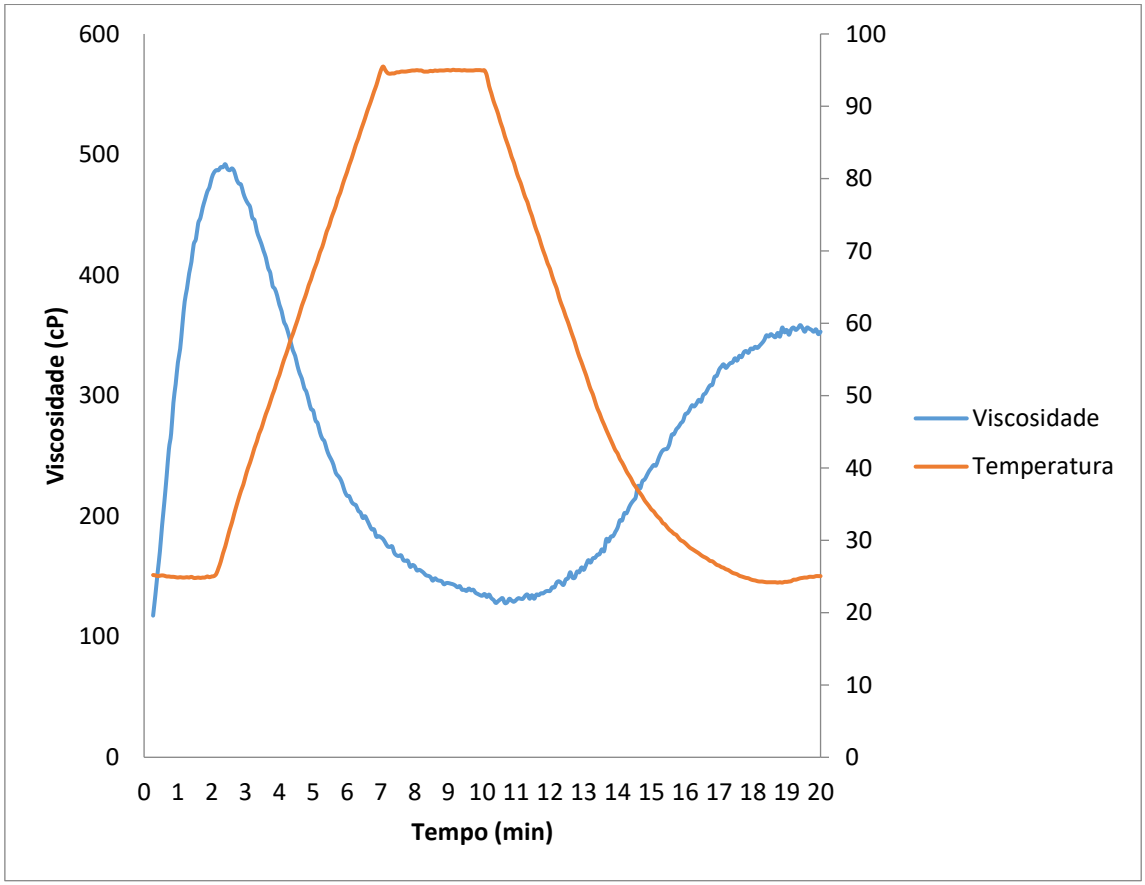
Tratamento 16

15% casca de uva; 130°C; 17% umidade.



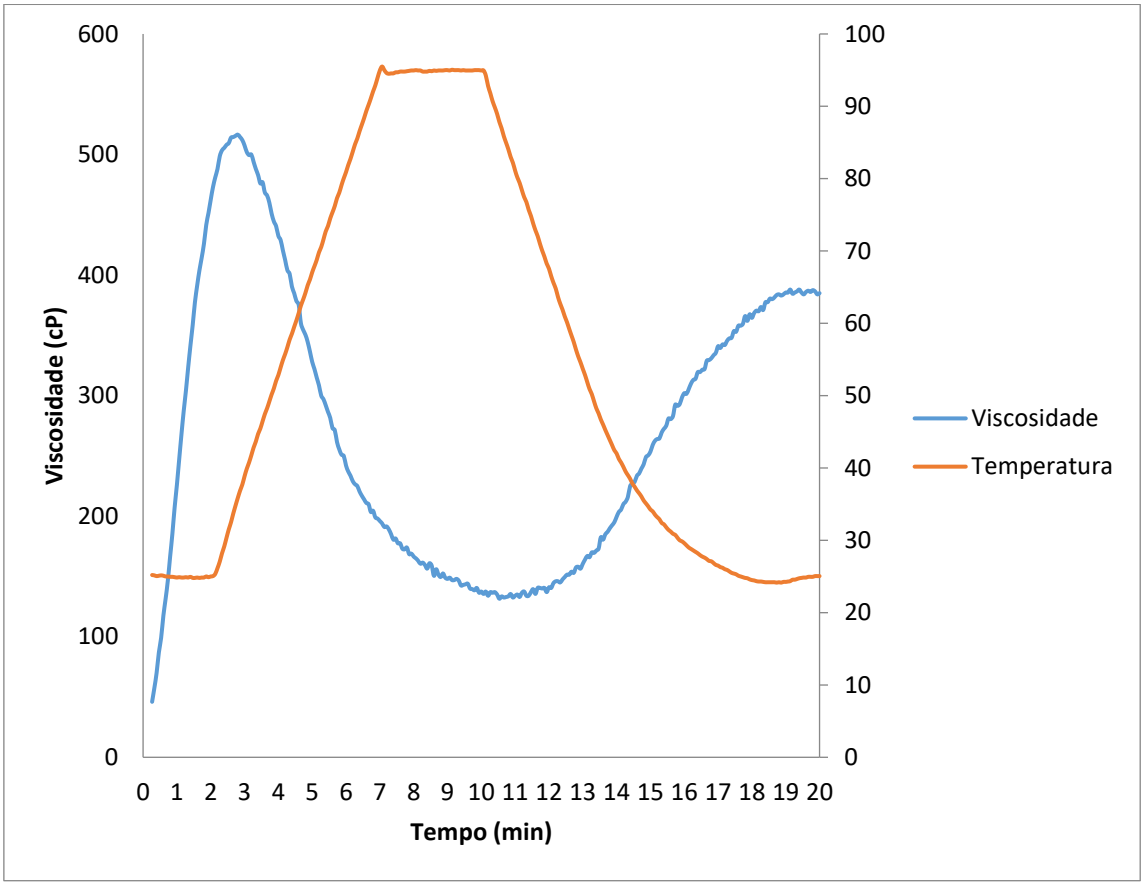
Tratamento 17

15% casca de uva; 130°C; 17% umidade.



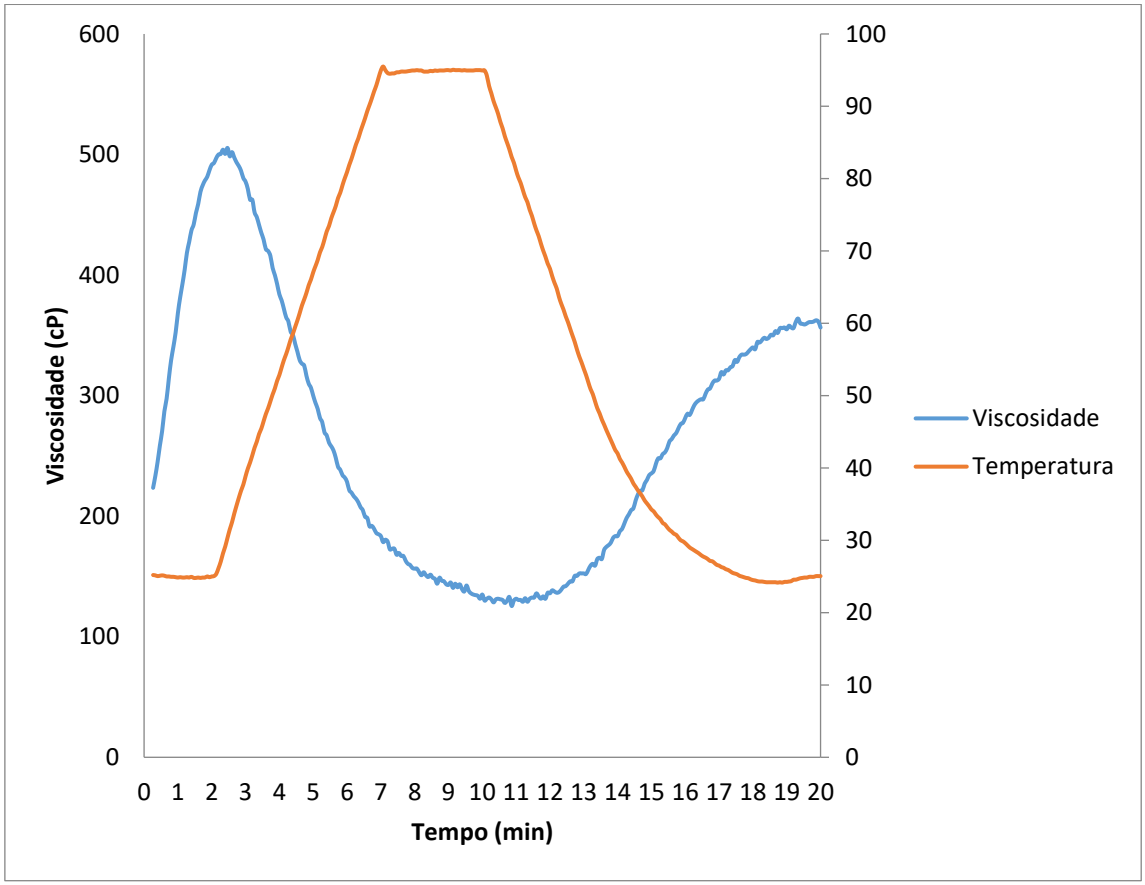
Tratamento 18

15% casca de uva; 130°C; 17% umidade.



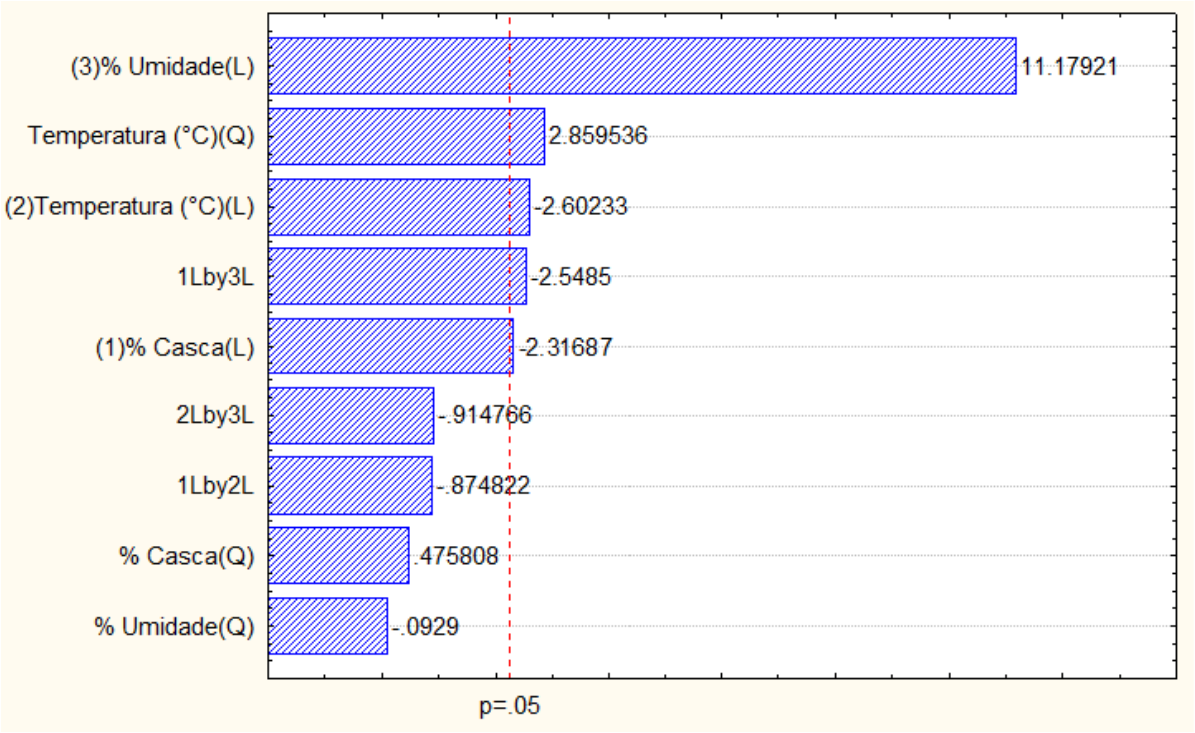
Tratamento 19

15% casca de uva; 130°C; 17% umidade.



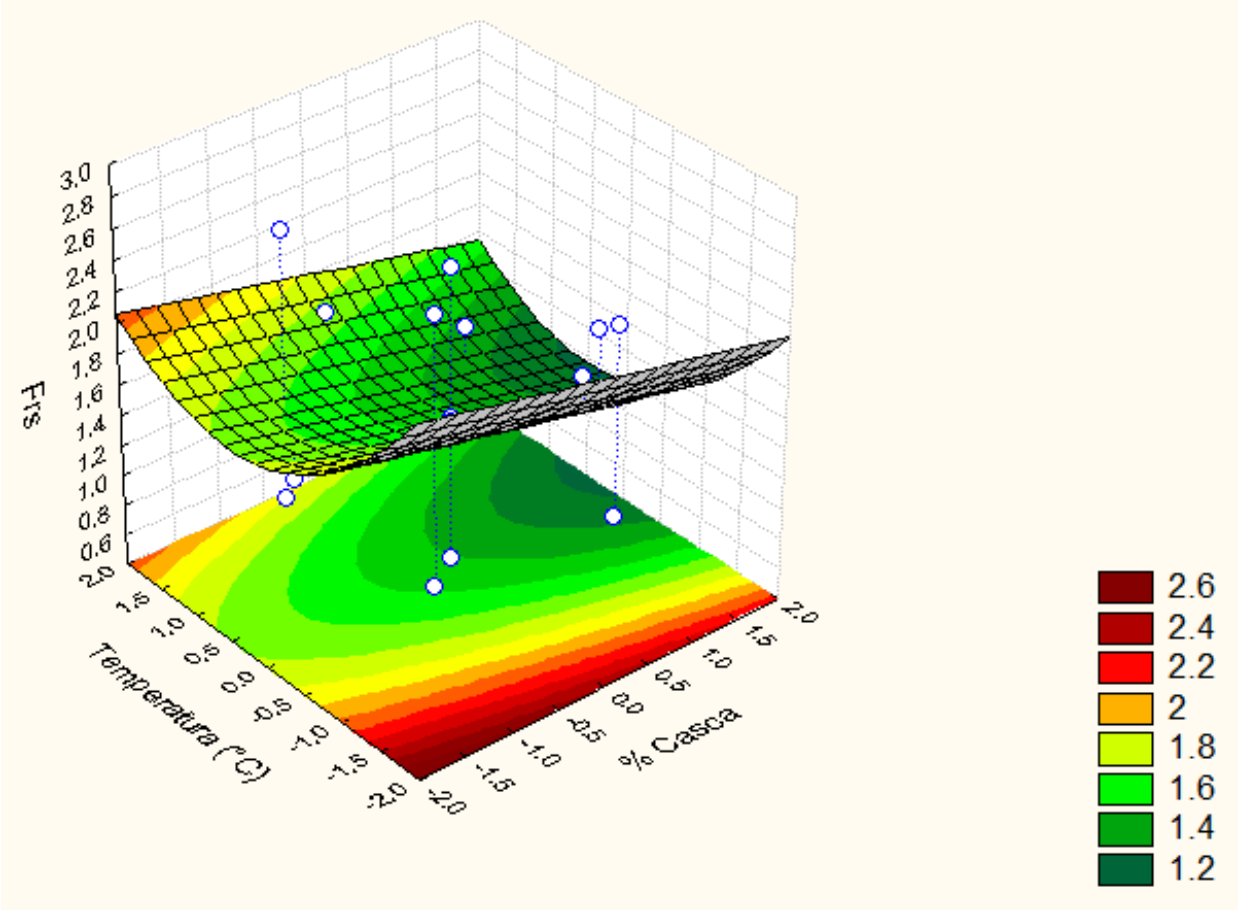
Anexo D. Diagrama de Pareto (estimativa de efeito padronizado (valor absoluto)) e superfície de resposta das variáveis dependentes de extrusão e Frs, de acordo com o delineamento experimental.

Frs (N)

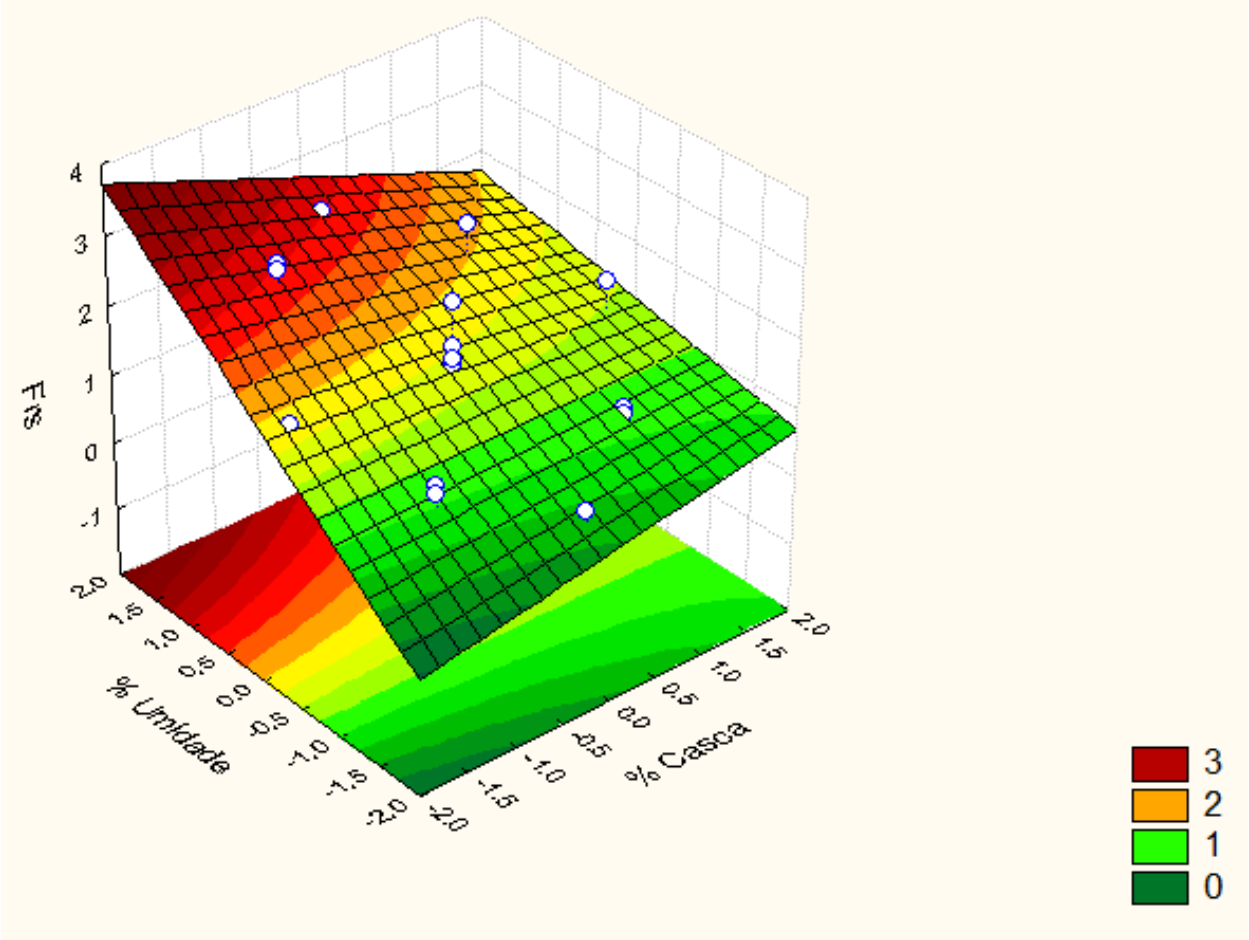


$$Y = 1{,}142 - 0{,}131x_1 - 0{,}147x_2 + 0{,}630x_3 + 0{,}158x_2^2 - 0{,}188x_1x_3$$

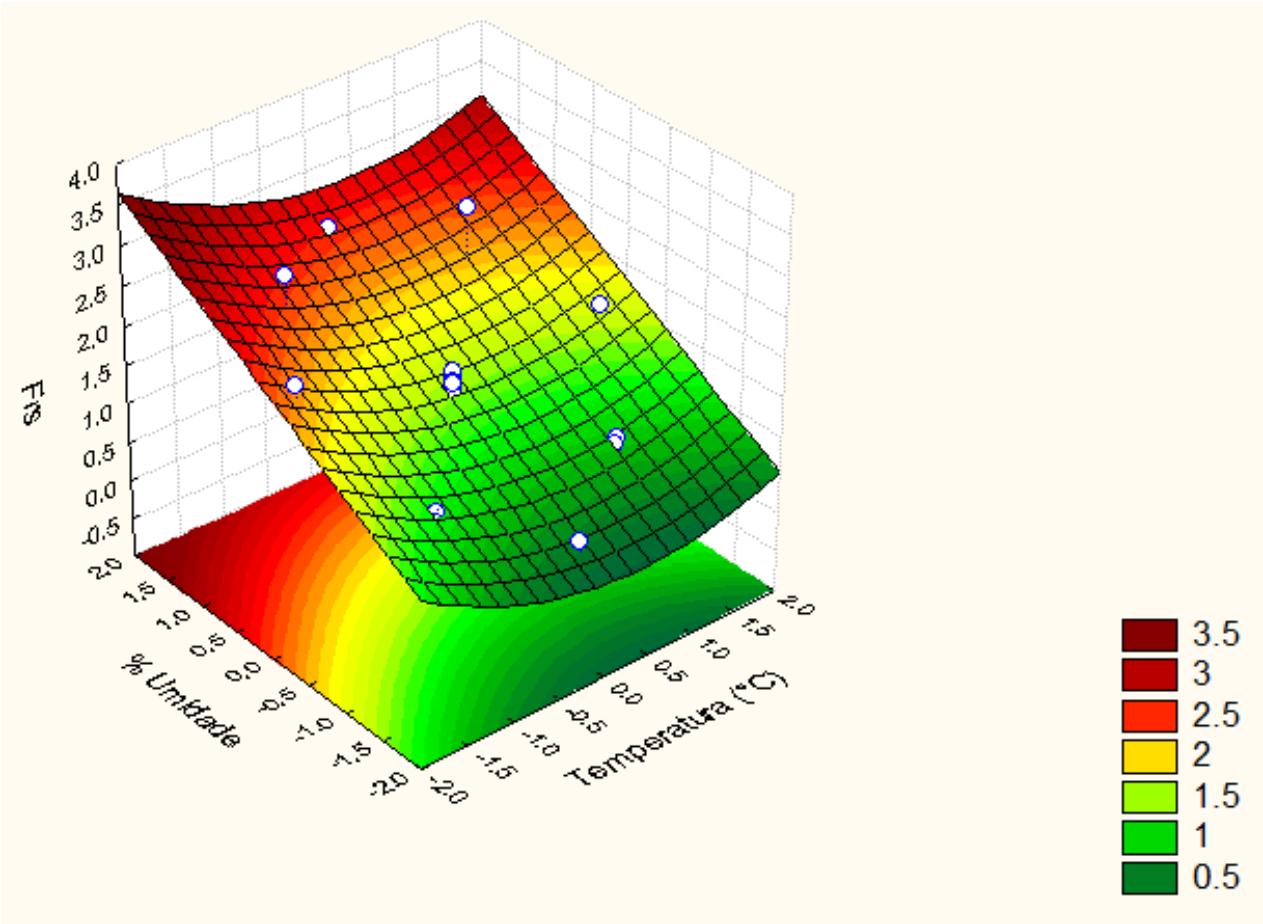
Frs (N) x Temperatura (°C) x Casca (%)



Frs (N) x Umidade (%) x Casca (%)

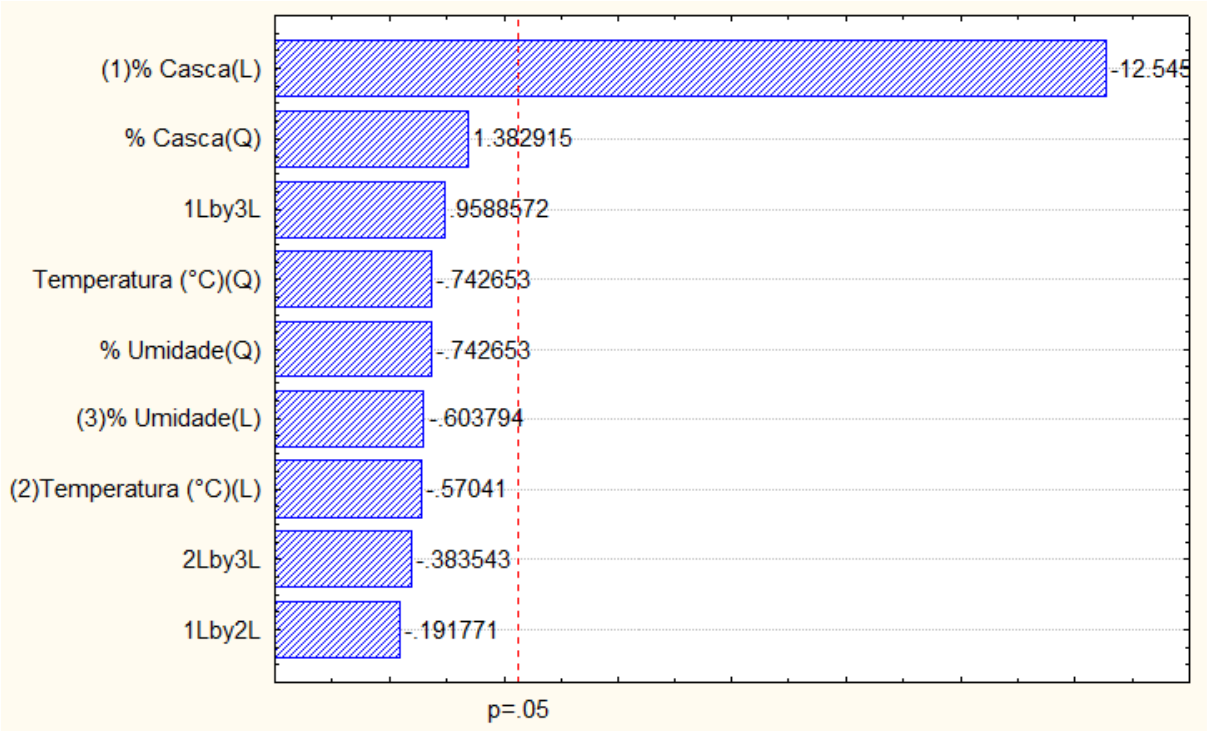


Frs (N) x Umidade (%) x Temperatura (°C)



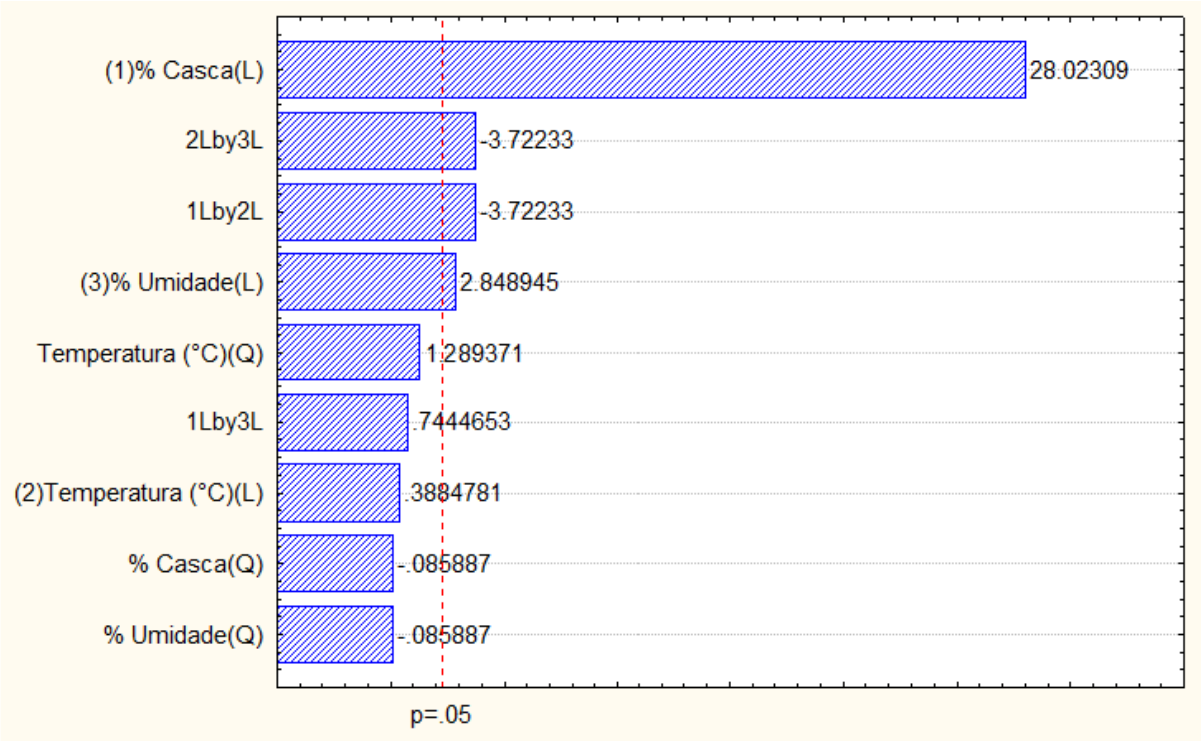
Anexo E. Diagrama de Pareto (estimativa de efeito padronizado (valor absoluto)) e superfície de resposta das variáveis dependentes de extrusão e propriedades de cor, de acordo com o delineamento experimental.

L*



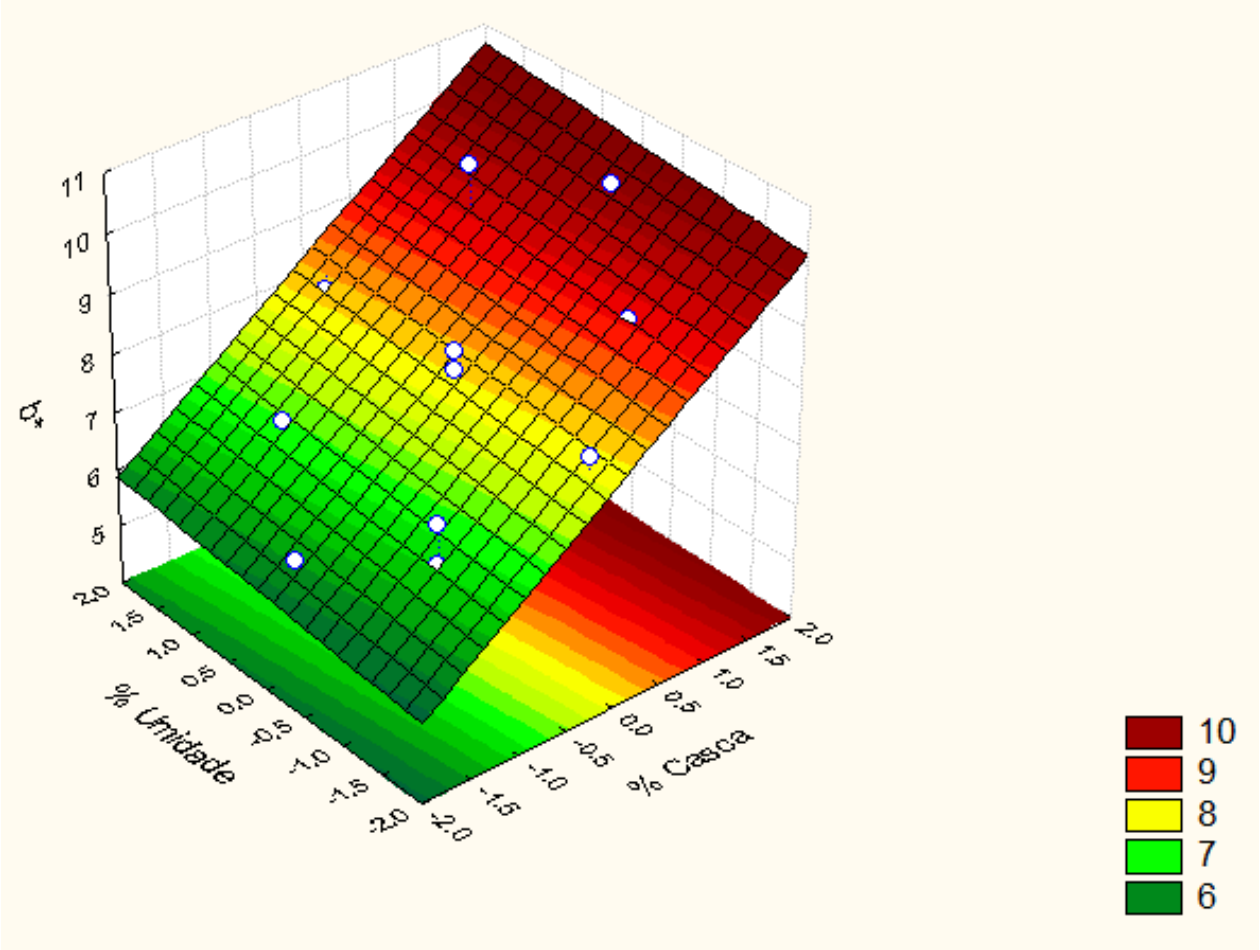
$$Y = 60{,}867 - 4{,}173x_1$$

b*

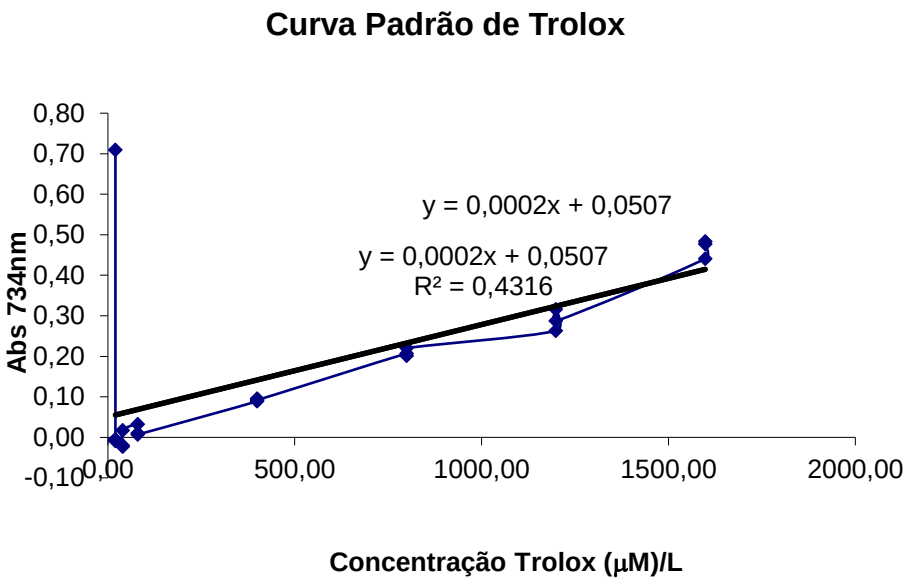


$$Y = 8{,}035 + 1{,}200x_1 + 0{,}122x_3 - 0{,}208x_1x_2 - 0{,}208x_1x_3$$

b* x Umidade (%) x Casca (%)



Anexo F. Curva padrão de ácido gálico utilizada para quantificação dos compostos fenólicos totais.



Anexo G. Etapas de seleção do bagaço de uva.

Bagaço de uva vindo da Embrapa Semi árido (Petrolina, PE)

Bagaço de uva

Sementes de uva

Engaços e partes indesejáveis do bagaço da uva.

Separação de casca de uva a partir do bagaço.

Farinhas mistas e umidificadas antes do processo de extrusão

Anexo H. Extrudados de farinha de arroz e casca de uva secos a 60°C, segundo o delineamento experimental.

T01 –
10 % casca;
120°C; 15% U

T02 - 10 % casca;
120°C; 19% U

T03 - 10 % casca;
140°C; 15% U

T04 - 10 % casca; 140°C; 19% U

T05 - 20 % casca; 120°C; 15% U

T06 - 20 % casca; 120°C; 19% U

T07 - 20 % casca; 140°C; 15% U

T08 - 20 % casca; 140°C; 19% U

T09 – 6,6 % casca; 130°C; 17% U

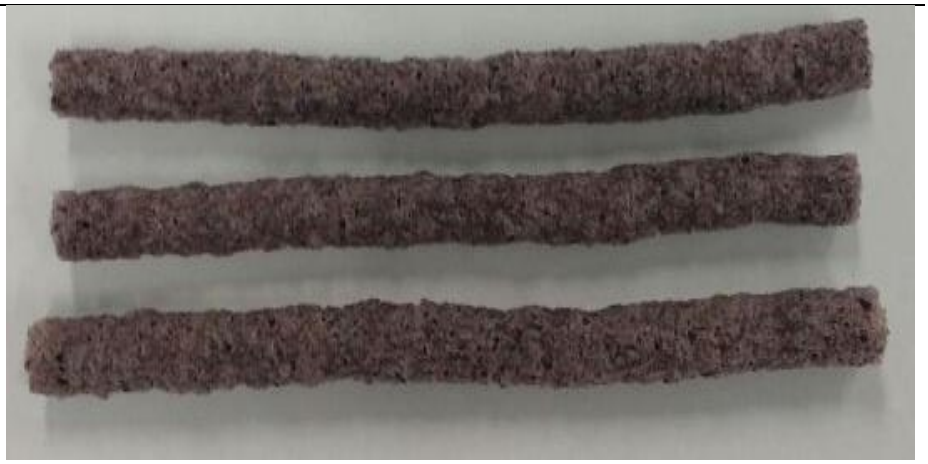
T10 – 23,4 % casca; 130°C; 17% U

T11 - 15 % casca; 113,2°C; 17% U

T12 - 15 % casca; 146,8°C; 17% U

T13 - 15 % casca; 130°C; 13,6% U

T14 - 15 % casca; 130°C; 20,4% U



T15 - 15 % casca; 130°C; 17% U

T16 - 15 % casca; 130°C; 17% U

T17 - 15 % casca; 130°C; 17% U

T18 - 15 % casca; 130°C; 17% U

T19 - 15 % casca; 130°C; 17% U

Anexo I. Resultados de Análise de Regressão para ORAC e ABTS

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,777365346
R-Quadrado	0,604296882
R-quadrado ajustado	0,581020228
Erro padrão	2,18246399
Observações	19

ANOVA

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1	123,6585	123,6585	25,9615	8,98E-05
Resíduo	17	80,97353	4,763149		
Total	18	204,632			

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	-0,01088282	1,562745	-0,00696	0,994525	-3,30799	3,286222	-3,30799	3,286222
Variável X 1	0,28698112	0,056323	5,095243	8,98E-05	0,168149	0,405813	0,168149	0,405813