

UFRRJ

**INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

DISSERTAÇÃO

**Extrusão de concentrados para equinos contendo casca de soja ou polpa de
beterraba em substituição ao milho**

Amanda Mantovani Pereira

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**EXTRUSÃO DE CONCENTRADOS PARA EQUINOS CONTENDO
CASCA DE SOJA OU POLPA DE BETERRABA EM SUBSTITUIÇÃO
AO MILHO**

AMANDA MANTOVANI PEREIRA

Sob a orientação do Professor
Vinicius Pimentel Silva

e co-orientação do professor
Fernando Queiroz de Almeida

e co-orientação do professor
José Luis Ramirez Ascheri

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal.

Seropédica, RJ
Janeiro de 2019

P436e

PEREIRA, AMANDA MANTOVANI, 01/10/1990-
EXTRUSÃO DE CONCENTRADOS PARA EQUINOS CONTENDO
CASCA DE SOJA OU POLPA DE BETERRABA EM SUBSTITUIÇÃO
AO MILHO / AMANDA MANTOVANI PEREIRA. - 2018.
69 f.: il.

Orientador: VINICIUS PIMENTEL SILVA.
Coorientador: FERNANDO QUEIROZ DE ALMEIDA.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, PPGZ/ZOOTECNIA, 2018.

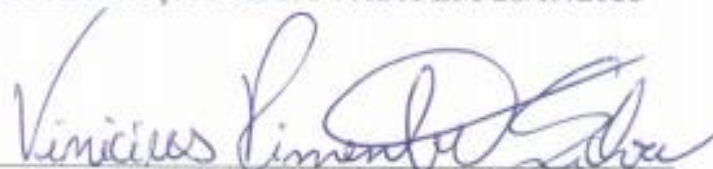
1. EXTRUSÃO DE CONCENTRADOS. 2. EQUINOS. 3.
PARÂMETROS INDUSTRIAIS. 4. CASCA DE SOJA. 5. POLPA DE
BETERRABA. I. SILVA, VINICIUS PIMENTEL , 16/02/1981-,
orient. II. ALMEIDA, FERNANDO QUEIROZ DE , 06/11/1959
, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. PPGZ/ZOOTECNIA. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

AMANDA MANTOVANI PEREIRA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/09/2018



Vinicius Pimentel Silva. Dr. UFRRJ
(Presidente)



Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa. Dr. UFRRJ



Walter Motta Ferreira. Dr. UFMG

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra à minha família, em especial pela existência de meus pais, pois sem eles este trabalho e muitos dos meus sonhos não se realizariam.

Ao meu irmão Leonardo, por sempre estar presente e acreditar que sou capaz.

Aos animais e, principalmente aos equinos, por me proporcionar uma realização imensurável em estudá-los e pelo amor que eles nos transmitem.

Um poema tanto mais belo é quanto mais parecido for com o cavalo. Por não ter nada de mais nem nada de menos é que o cavalo é o mais belo ser da Criação.

Mario Quintana

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dado uma família maravilhosa que sempre esteve ao meu lado. Deus, que me atribuiu alma e missões pelas quais já sabia que iria batalhar e vencer. Por isso lutar, conquistar e vencer, não deixando nenhuma barreira atrapalhar meu percurso.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de ingressar no curso de Mestrado em Zootecnia, incluindo o Setor de Equideocultura por toda ajuda dos funcionários na realização do estudo.

Ao orientador Prof. Dr. Vinicius Pimentel Silva, pela oportunidade de conhecimento e ensinamento de como ser ou não ser um profissional.

Ao co-orientador Prof. Dr. Fernando Queiroz de Almeida, sempre me auxiliando nos momentos críticos de trabalho, apresentando boas oportunidades de conhecimento e aprendizado. Meu sincero reconhecimento.

Aos companheiros da equipe EQUILAB/LADEQ por toda a paciência, ensinamento, dedicação na realização deste trabalho e amizade. Sem uma boa equipe e pessoas dedicadas como vocês, este estudo não seria o mesmo.

Aos técnicos do laboratório de Nutrição Animal do DNAP-IZ, Felipe Dilelis e Marcus Pessoa (Marquinhos), pela ajuda e paciência fornecida ao longo do meu estudo.

À empresa IntegralMix, pela oportunidade e confiança depositada em nosso estudo, fornecendo dedicação e auxílio para a evolução conjunta dos nossos conhecimentos.

À empresa Sementes Selecta, por nos fornecer matéria prima para a execução do nosso trabalho e acreditando na pesquisa.

À empresa Poli-Nutri Nutrição Animal, por fornecer matéria prima para a execução da pesquisa.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, por auxiliar no andamento da pesquisa. Em especial ao meu co-orientador Prof. Dr. Jose Ascheri e aos colegas Arturo Meléndez e Jhony Vargas, por todo o conhecimento compartilhado, ajuda na execução e redação do estudo.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, sem ela não seria possível a execução deste projeto.

São nos momentos que não temos nada em oferecer em troca que conhecemos pessoas de bom coração e que estão dispostas a nos ajudar! E, foi assim que conheci as pessoas que mais me acolheram e me deram carinho nesse período. Obrigada República Maria Bonita por ser minha família, por serem essas pessoas tão especiais e únicas. Tenho muito orgulho de ter vocês em minha vida. À Brennda Paula (Brema), Anna Clara (Anninha), Sílvia Vitória (Silvinha), Júlia, Ana Carolina (Tico), Mariazinha, Lua, Simas, Amora e Kiwi (*in memoriam*), o meu muito obrigado! E não poderiam faltar os agregados nesta república, vocês sempre nos levando alegria, risadas, companhias e boas histórias!

À Camila Ferreira, que me acolheu antes mesmo desta etapa da minha vida, sempre me dando forças e sua amizade. Desejo uma amizade dessas para todo o sempre.

Aos amigos de pós-graduação que estiveram comigo nos bons e nos momentos não tão agradáveis e sempre me dando forças. Sempre boas companhias e boas conversas!

À minha querida professora e amiga Kátia de Oliveira, que mesmo de longe sempre me guiando, me ensinando, me encorajando e me aconselhando para alcançar meu objetivo profissionalmente. Sou grata eternamente!

E por último e não menos importante, aos meus companheiros de estudo que tive a oportunidade de trabalhar por um bom período. Tenho certeza que se não fosse à companhia deles o trabalho seria mais árduo. Aos meus queridos “meninos” Ventania, Xuan, Xadai de Prata, Zheus, Tabaco, Vinicius, Trovão, Xangai, Vulcão, Veloz, Zico, Xeik e Xavier.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente na confecção desse trabalho, devo também meus sinceros agradecimentos.

Seres especiais que refletem também o carinho de Deus por nós!

São Francisco de Assis.

BIOGRAFIA

Amanda Mantovani Pereira, filha de Luiz Carlos Pereira e Marcy Maria Mantovani Pereira, nascida em 1 de outubro de 1990, na cidade de Itu/SP. Zootecnista, formada na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/Dracena, em 2015.

Na graduação desenvolveu pesquisas nos temas de “Identificação dos preditores de preferência aos fenos de tifton e alfafa na alimentação de equinos” e “Qualidade dos fenos de tifton e alfafa sobre a biometria corporal de cavalos atletas”. Participou de grupo de estudos com núcleo de ensino e extensão em equinocultura, atuou como membro discente do Conselho de Ética da Unidade de Dracena e membro efetivo da Empresa Júnior/UNESP de Dracena, ocupando o cargo de Diretora Financeira e, em seguida, como Presidente, na gestão 2013 a 2015.

No período de 2016 a 2018 realizou o Curso de Mestrado no Programa de pós-graduação em Zootecnia na UFRRJ, sendo bolsista da CAPES.

RESUMO

PEREIRA, Amanda Mantovani. **Extrusão de concentrados para equinos contendo casca de soja ou polpa de beterraba em substituição ao milho**. 2019. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Objetivou-se estabelecer parâmetros industriais da extrusão de produtos contendo as matérias primas casca de soja e polpa de beterraba em substituição ao milho e avaliar a aceitação e resposta glicêmica dos equinos. Foram realizados ensaios industriais de extrusão avaliando o efeito de inclusão das matérias primas casca de soja e polpa de beterraba em concentrados. Utilizou-se o delineamento composto central rotacionado em arranjo fatorial 2^3 com quatro pontos centrais. As variáveis independentes foram: inclusão de produtos ricos em fibras (20, 30 e 40%) sendo a casca de soja (% CS) ou polpa de beterraba (% PBE); Temperatura na matriz do canhão extrusor (100, 120 e 140 °C) e umidade da massa (17, 20 e 23%). Totalizando 12 misturas para cada matéria prima que passaram por um extrusor de rosca simples. Avaliou-se a densidade aparente (DA), propriedades de expansão (IEL; IES; IEV) e de hidratação (ISA e IAA) e propriedades de pasta (RVA), energia mecânica específica (EME) e força de ruptura (N). Os resultados das diferentes matérias primas foram analisados separadamente. Os resultados foram submetidos a ANOVA a 5% de probabilidade e as interações foram descritas por superfície de resposta considerando-se 40% de inclusão da matéria prima. Foi possível produzir *kibbles* viáveis com 40% de inclusão de ambas as matérias primas. Após a definição dos parâmetros industriais, realizou-se o segundo ensaio com os animais a fim de avaliar a aceitação dos equinos dos produtos extrusados. O ensaio de consumo e comportamento ingestivo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, com dois tratamentos, sendo um concentrado extrusado com 40% de CS e outro com 40% de PBE, cinco observações ao longo do tempo e 12 repetições (animais). Quantificou-se o consumo de matéria seca (CMS) e a razão de ingestão (RI%) em três minutos pelo teste de preferência, análise comportamental e a resposta glicêmica. O CMS e a RI% foram submetidos à ANOVA. As variáveis comportamentais foram analisadas por estatística descritiva e ANOVA não paramétrica pelo teste de Kruskal Wallis e as médias comparadas pelo teste de Student Newman-Keuls (5%). Houve efeito significativo por toda a propriedade de expansão, densidade aparente e energia mecânica do extrusado contendo casca de soja ($p < 0,05$). O extrusado contendo polpa de beterraba houve efeito significativo na propriedade de expansão e na energia mecânica específica ($p < 0,05$). Houve tendência, pela análise descritiva dos concentrados extrusados contendo CS e PBE apresentarem menor viscosidade de pasta em comparação aos concentrados farelados. Foram observados efeitos no consumo total ($p < 0,0001$) sendo o maior consumo no concentrado contendo casca de soja. Houve diferença na razão de ingestão entre os concentrados ($p < 0,0001$) sendo maior valor o concentrado com casca de soja. Conclui-se que a produção de concentrados extrusados contendo inclusão de 40% de CS e 40% de PBE é possível, podendo ser benéficas para a alimentação dos equinos e, são bem aceitos pelos animais. Os equinos preferiram o concentrado contendo 40% de inclusão de casca de soja.

Palavras-chave: Aceitabilidade, Cavalos, Consumo, Extrusão, Fibra.

ABSTRACT

PEREIRA, Amanda Mantovani. **Extruded kibbles containing soybean hull or beet pulp to fed horses in substitution of corn.** 2019. 70p. Dissertation (Master Science in Animal Science). Animal Science Institute, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

The objective was to establish the industrial parameters to produce kibbles containing soybean hulls or beet pulp to replace the corn and to evaluate the acceptance, voluntary intake and the glycemic response in horses. The industrial extrusion procedure was performed to evaluate effect of soybean hulls (SH) and sugar beet pulp (PB) inclusion and the extrusion's machine controls. The center composite design was used in a factorial arrangement 2^3 with four central points. The independent variables were: fiber rich products inclusion (20, 30 and 40%), from two different fiber sources soybean hulls (% SH) or sugar beet pulp (% SBP); barrel temperature on third zone (100, 120 and 140°C) and the moisture content (17, 20 and 23%). Totalizing 12 mixtures for each raw material that had passed through a single screw extruder. Response variables evaluated were: bulk density, expansion's indexes, water absorption and solubility indexes, paste viscosity, specific mechanical energy and rupture force. The results from the different raw materials were analyzed independently. The results from SH and SBP were analyzed independently. The ANOVA was carried out and the interactions were described by regression on a response surface considering 40% inclusion of the raw material. As it was possible to produce viable kibbles from 40% inclusion of both raw materials. After the industrial parameters were defined, the evaluation with the animals was carried out in order to evaluate the acceptance from two extruded products containing 40% fiber source inclusion. The intake and ingestive behavior assay were performed with a completely randomized design with repeated measures. Two treatments were used: one extruded concentrate containing 40% inclusion of soybean hull and another with 40% inclusion of sugar beet pulp, five observations were performed over time with 12 replicates (animals). The response variables evaluated were: dry matter intake (DMI), ingestion rate (IR%) both quantified along 3 minutes by the preference test, feeding behavior analysis and glycemic response. DMI and IR% were submitted to ANOVA at 5% probability by SAS statistical package. The behavioral variables were analyzed by descriptive statistics and by a non-parametric Kruskal Wallis test and the means were compared by the SNK test at 5%. There was a significant effect on the expansion property, apparent density and mechanical energy of the extrudate containing soybean hulls ($p < 0.05$). The extrudate containing sugar beet pulp had a significant effect on expansion property and specific mechanical energy ($p < 0.05$). There was a tendency, by the descriptive analysis, that the extruded concentrates containing SH and SBP obtained lower viscosity when compared to the milled concentrates. Significant effects for total intake ($p < 0.0001$), with the highest intake observed for soybean hulls were observed. There was a significant difference in the IR% between the concentrates ($p < 0.0001$), with soybean hull being the highest value. It is concluded that the production of extrudates containing 40% CS and 40% PBE is possible and may be beneficial for horse feeding and are well accepted. The horses preferred the extruded concentrate containing 40% inclusion of soybean hulls.

Keywords: Acceptability, Extrusion, Fiber, Horse, Intake.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição química (g/kg MS) das matérias primas Casca de Soja e Polpa de Beterraba	6
Tabela 2.	Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na formulação do concentrado (g/kg MS)	9
Tabela 3.	Níveis codificados para as variáveis independentes de concentrado com inclusão de casca de soja e polpa de beterraba	10
Tabela 4.	Combinações do delineamento experimental com produto rico em fibra (PF), temperatura (T°C) e umidade (U) em valores reais	10
Tabela 5.	Composição bromatológica (g/kg de MS) e estimativa do conteúdo de energia digestível (ED) dos concentrados na forma física farelada e extrusada contendo inclusão de casca de soja ou polpa de beterraba	17
Tabela 6.	Densidade aparente, índice de expansão seccional, índice de expansão longitudinal e índice de expansão volumétrico em função dos valores reais para teor de inclusão de casca de soja, temperatura e umidade.	25
Tabela 7.	Força mecânica, Índice de solubilidade em água, índice de absorção de água e energia mecânica específica em função dos valores reais para teor de inclusão de casca de soja, temperatura e umidade.	30
Tabela 8.	Densidade aparente, índice de expansão seccional, índice de expansão longitudinal e índice de expansão volumétrico em função dos valores reais para teor de inclusão de polpa de beterraba, temperatura e umidade.	33
Tabela 9.	Força mecânica, índice de solubilidade em água, índice de absorção de água e energia mecânica específica em função dos valores reais para teor de inclusão de polpa de beterraba, temperatura e umidade.	37
Tabela 10.	Força específica de rupturas estruturais (N) de seis extrusados comerciais e dois extrusados experimentais contendo 40% de casca de soja (CS) e 40% polpa de beterraba (PBE).	38
Tabela 11.	Temperatura de pasta, viscosidade de pasta (Vp), quebra da viscosidade (Qv) e a tendência a retrogradação (Tr) do concentrado farelado contendo casca de soja e polpa de beterraba no tempo de 21 minutos.	40
Tabela 12.	Viscosidade a frio (Vf), Viscosidade a quente (Vq), Quebra da viscosidade (Qv) e tendência a retrogradação (Tr) do concentrado extrusado contendo casca de soja e polpa de beterraba no tempo de 21 minutos	41
Tabela 13.	Consumo de matéria seca (g) em 3 minutos de concentrados extrusado contendo polpa de beterraba ou casca de soja por 20 dias	42

Tabela 14.	Razão de ingestão (%) de concentrados extrusado contendo polpa de beterraba ou casca de soja por 20 dias	43
Tabela 15.	Comportamento (%) de equinos diante de concentrados xiixtrusado contendo polpa de beterraba ou casca de soja por 20 dias	44
Tabela 16.	Resposta glicêmica após o consumo estimado de 1,1g de amido/Kg de PV de concentrado contendo polpa de beterraba ou casca de soja na forma farelada ou extrusada após 360 minutos	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Pesagem dos ingredientes (A); Mistura dos ingredientes manualmente (B); Condicionamento das matérias-primas com água (C); Mistura peneirada após o condicionamento da umidade (D)	11
Figura 2.	Amostras coletadas direto da matriz da extrusora para padronização da análise de expansão (A e B); Corte transversal ao kibble com comprimento de 10 cm (C); 15 Kibbles padronizados de cada ensaio para a mensuração com paquímetro (D)	12
Figura 3.	Extrusora de rosca dupla da marca Cleextral Evolum HT25	15
Figura 4.	Local de realização dos testes de preferência (A); Animais identificados no momento do ensaio (B); Cochos identificados com os concentrados experimentais e trocados de posição conforme dias de testes	18
Figura 5.	Densidade aparente (kg.m^{-3}) do extrusado contendo inclusão da casca de soja (%) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%)	22
Figura 6.	Índice de expansão seccional ($\text{mm}^2.\text{mm}^{-2}$) do extrusado contendo inclusão da casca de soja (%) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)	23
Figura 7.	Índice de expansão longitudinal ($\text{mm.g}^{-1}/\text{mm.g}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da casca de soja (%) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)	23
Figura 8.	Índice de expansão volumétrico ($\text{mm}^3.\text{g}^{-1}/\text{mm}^3.\text{g}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)	24
Figura 9.	Propriedade mecânica (N) dos concentrados extrusados contendo inclusão de casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)	26
Figura 10.	Índice de solubilidade em água (g.100 g^{-1}) do extrusado contendo inclusão da casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)	27
Figura 11.	Índice de absorção de água (g.g^{-1}) dos extrusados contendo inclusão da casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)	28
Figura 12.	Energia mecânica específica (kJ.kg^{-1}) dos extrusados contendo inclusão de casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)	28
Figura 13.	Índice de expansão seccional ($\text{mm}^2.\text{mm}^{-2}$) do extrusado contendo inclusão de polpa de beterraba (%) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)	31
Figura 14.	Índice de expansão longitudinal ($\text{mm.g}^{-1}/\text{mm.g}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)	32

Figura 15.	Propriedade mecânica (N) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura (C°) e umidade (%)	34
Figura 16.	Índice de solubilidade em água (g.100 g ⁻¹) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura (°C) e umidade (%)	35
Figura 17.	Índice de absorção de água (g.g ⁻¹) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura (°C) e umidade (%)	35
Figura 18.	Energia mecânica específica (kJ.kg ⁻¹) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura (°C) e umidade (%)	36
Figura 19.	Viscosidade de pasta (cP) de casca de soja farelada e extrusada	39
Figura 20.	Viscosidade de pasta (cP) de polpa de beterraba farelada e extrusada	41

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1.** Etograma dos comportamentos avaliados no teste de preferência
(adaptado de CHRISTENSEN et al., 2005)

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

C – Central
Cel – Celulose
CNF – Carboidratos não fibrosos
CS – Casca de soja
DA – Densidade aparente
DCCR – Delineamento composto central rotacionado
ED – Energia disgestível
EE – Extrato etéreo
EME – Energia mecânica específica
FDA – Fibra em detergente ácido
FDN – Fibra em detergente neutro
g – Gramas
Hem – Hemicelulose
IAA – Índice de absorção de água
IEL – Índice de expansão longitudinal
IES – Índice de expansão seccional
IEV – Índice de expansão volumétrico
ISA – Índice de solubilidade em água
L – Longitudinal
Lig – Lignina
m – Massa
MM – Matéria mineral
MS – Matéria seca
PB – Proteína bruta
PBE – Polpa de beterra
RI – Razão de ingestão
T – Temperaruta
U – Umidade
RVA – *Rapid Visco Analyser*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	02
2.1 Consumo de Dietas Extrusadas e Peletizadas	02
2.2 Consumo de Fibra pelos Equinos	03
2.3 Resposta Glicêmica Associada aos Efeitos do Processamento Industrial	07
3 MATERIAL E MÉTODOS	09
3.1 Ensaio Industrial	09
3.1.1 Local	09
3.1.2 Tratamentos experimentais e delineamento estatístico	09
3.1.3 Extrusora	10
3.1.4 Umidade	11
3.1.5 Índice de expansão e densidade aparente	12
3.1.6 Textura	13
3.1.7 Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)	14
3.1.8 Energia mecânica específica (EME)	14
3.1.9 Viscosidade de pasta	14
3.1.10 Análise estatística	16
3.2 Ensaio com Animais	16
3.2.1 Local	16
3.2.2 Animais	16
3.2.3 Tratamentos experimentais e delineamento estatístico	17
3.2.4 Índice glicêmico	19
3.2.5 Análises bromatológicas	20
3.2.6 Análise estatística	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXO	54
A - Protocolo da comissão de ética em experimentação animal – CEUA/UFRRJ	54
B - ANOVA dos resultados industriais	55
C - Coeficientes de regressão	61
D - Relatórios de saída do programa SAS	63

1 INTRODUÇÃO

A casca de soja e polpa de beterraba são fontes de fibra de elevada fermentabilidade, consequentemente, aumentam o aporte energético da dieta com menor efeito do preenchimento gastrointestinal proporcionando também a redução de amido. Demonstrando, portanto, a particularidade do substrato fibroso rapidamente fermentescível e característica físico-química do tipo de fibra que compõem estes alimentos que podem ser usados para equinos devido às suas propriedades de solubilidade da fibra (HINTZ, 1994; QUADROS et al., 2004; ARRUDA et al., 2009). Apesar de ser rico em componentes que formam a parede celular, apresenta baixa lignificação e teores elevados de pectina e proteína ligada à mesma, que leva a um enriquecimento da digesta que alcança o intestino grosso podendo melhorar o aproveitamento dos carboidratos estruturais (VAN SOEST, 1985; COVERDALE et al., 2004).

Atualmente, muitos sistemas de criação de equinos mantêm os animais confinados com elevado fornecimento de alimentos concentrados e, adotando-se um manejo alimentar que pode apresentar efeitos deletérios sobre a saúde do trato digestivo, bem como a saúde geral do cavalo e seu bem-estar (HILL, 2007). Portanto, um produto inovador no setor equestre deve enfatizar, principalmente, a saúde do animal. Todo alimento desconhecido pelo animal deve ser avaliado quanto à sua aceitação, pois a apreciação envolve cheiro, sabor, textura, tamanho, formato, sensação de mastigação e deglutição.

Assim sendo, a regulação adequada da máquina extrusora pode permitir a confecção de produtos mais bem aceitos pelos equinos. Adicionalmente, permite observar a viabilidade de inclusão de teores de fibras de alto potencial fermentativo em substituição ao amido, conferindo superior segurança alimentar a espécie do que partículas extrusadas exclusivamente de grãos.

Por fim, objetivou-se com esse estudo estabelecer parâmetros industriais da extrusão para produção de produtos viáveis, contendo as matérias primas casca de soja e polpa de beterraba em substituição do milho, destinados ao consumo equino. Bem como avaliar o efeito da extrusão no produto e mensurar o consumo preferencial, comportamento ingestivo dos equinos e resposta glicêmica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Consumo de Dietas Extrusadas e Peletizadas

No ambiente natural do cavalo, a espécie depende da sua capacidade de selecionar alimentos que supram suas exigências em nutrientes, sem lhes causar danos através da ingestão de toxinas vegetais (HILL, 2007). Isso mostra que os herbívoros utilizam de uma série de estratégias para selecionar os alimentos adequados para formar sua dieta, evento confirmado por Pfister (1999), uma vez que, animais que vivem em pastagens com plantas tóxicas não se alimentam das mesmas. Dados observados por Hill (2002) sugerem existir resposta neofóbica nos cavalos, ou seja, receio de alimentos desconhecidos. Desta maneira, há necessidade de que estudos que comprovem o consumo quando novas matérias primas ou processos são aplicados na alimentação de equinos.

Atualmente, muitos sistemas de criação de equinos mantêm os animais confinados com elevado fornecimento de alimentos concentrados, um manejo alimentar que pode apresentar efeitos deletérios sobre a saúde do trato digestivo, bem como a saúde geral do cavalo e seu bem-estar (HILL, 2007). Portanto, um produto inovador no setor equestre deve enfatizar principalmente a saúde do animal. Os concentrados industrializados consistem em farelado, peletizado e extrusado. As diferenças entre eles consistem nos processos físicos, no caso do concentrado farelado, e/ou em processos físico-químicos que implicam na aplicação de calor, umidade e pressão. Os processamentos promovem a hidratação e gelatinização dos grãos de amido a certo grau, assim, elevando a digestibilidade desta fração (CASALECCHI, 2012) e a palatabilidade dos alimentos (ROSENFELD e AUSTBØ, 2009). A palatabilidade consiste em vários fatores de características físico-químicas do alimento entre percepção sensorial dos alimentos como, aparência, tato, olfato, temperatura, textura e consistência. Para mensurar a palatabilidade dos alimentos são feitas avaliações de aceitabilidade e preferência alimentar (ABINPET, 2017). Assim, essa definição é afirmada por autores que condizem que a palatabilidade depende da resposta de seletividade de cada animal (CHURCH, 1979), preferência dos alimentos (MATTHEWS, 1983) e o comportamento da fisiologia e metabolismo animal (FORBES, 1988). Ainda, a mensuração da aceitação é avaliar se o alimento é palatável o suficiente para que o animal o consuma em quantidade que atinja sua exigência nutricional visando a saúde e seu peso corporal constante, e o objetivo da preferência alimentar é para analisar a primeira escolha do animal e a ingestão do animal confrontando dois alimentos (ABINPET, 2017). As técnicas de processamento dos alimentos podem desenvolver produtos com alta propriedade de expansão, crocância, textura e sabor diferenciado com o intuito de melhorar a aceitabilidade (BRENNAN et al., 2011). Jullian et al. (2006) observam que o processamento dos alimentos pode controlar a digestão do amido pré-cecal, fator importante na saúde do trato digestório dos animais.

Segundo Chang et al. (1999), a qualidade da conversão das propriedades do amido na extrusora depende da propriedade da matéria prima e das variações dos parâmetros de controle da máquina extrusora. Tais ajustes incluem a velocidade do parafuso e sua configuração, configuração da matriz, taxa de fluxo da massa e o teor de umidade da mistura. As diferenças entre os procedimentos tecnológicos de peletização e extrusão são, principalmente, a temperatura máxima atingida, na peletização chegando a 95°C e na extrusão a 200°C, umidade e pressão. A peletização pode ser definida por um processo mecânico que compacta o alimento moído. Já a extrusão é um processo mais complexo por envolver a expansão da mistura e resultando produtos de baixa densidade, promovendo a exposição dos nutrientes e a gelatinização do amido.

Assim, ambos processos propiciam melhor aproveitamento dos nutrientes em comparação aos tratamentos de trituração e floculação, conferindo maior durabilidade aos

produtos, facilidade de digestão do amido, com conseqüente aumento da absorção de glicose no intestino delgado e evitando a perda energética quando o nutriente é fermentado no intestino grosso. Comprovado por Behnke (1994), a peletização pode melhorar o desempenho animal de diversas maneiras como: redução do desperdício alimentar, redução da seletividade alimentar, destruição de organismos patogênicos, modificação térmica do amido e proteína e melhora da palatabilidade. A técnica de extrusão apresenta maior digestibilidade total de amido, aumentando seu valor nutricional e minimizando os efeitos deletérios, como cólica e laminite (ROSENFELD e AUSTBØ, 2009). No entanto, efeitos indesejáveis pelo processo de extrusão como perda de vitaminas, oxidação de lipídeos, perda e redução na disponibilidade de aminoácidos, principalmente da lisina envolvida na reação de “Maillard” (LANKHORST et al., 2007). Devido a isto e, para evitar gastos desnecessários, o balanço entre os efeitos desejáveis e indesejáveis devem sempre ser considerados.

2.2 Consumo de Fibra pelos Equinos

Observou-se a necessidade de buscar alternativas alimentares para a diminuição de distúrbios que afetam o trato digestório dos equinos, utilizando volumosos de qualidade que conferiram aporte energético superior (MOORE-COLYER et al., 2002) e outros alimentos contendo fontes de fibras, como grãos de cereais e seus subprodutos (NRC, 2007) para prevenção de úlceras gástricas (CLARKE et al., 1990). Quanto às definições de fibra, podem ser observadas diferenças ao longo dos anos, pois muitas vezes são utilizadas definições analíticas que não contemplam as particularidades da espécie animal que a consome. O termo fibra é caracterizado pela estrutura filamentosa encontrada e extraída dos tecidos vegetais. Porém, outra definição é a bioquímica que é específica como substância residual de origem vegetal, que não são digeridas pelas enzimas digestivas, compostas por celulose, lignina, pectina, gomas e mucilagens.

Segundo Van Soest et al. (1991) o conceito de fibra em detergente neutro (FDN) é o resíduo da matriz insolúvel do alimento, composta pelos principais constituintes da parede celular vegetal. Uma definição de um procedimento analítico que não é capaz de recuperar substâncias como: gomas, mucilagens, β -glucanas ou pectinas e também, é utilizada para caracterização dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

Segundo Potty (1996) a “fibra” são os componentes fibrosos da dieta (complexo de substâncias químicas), e a sua concentração e composição nos diferentes alimentos não são constantes ou uniformes. Como foi observada, a fibra é composta por diversas substâncias, que variam de acordo com a sua composição, incluindo a celulose, hemiceluloses, pectinas, oligossacarídeos e ligninas. Tais componentes apresentam propriedades físico-químicas próprias, tais como a solubilidade, tamanho de partícula, absorção de água, adsorção de sais biliares e viscosidade (LENTLE et al., 2008) que interagem diretamente com a fisiologia do processo digestivo do animal. Segundo Wanders (2011) fibras caracterizadas com alto teor de viscosidade como, pectina e β -glucanas reduziram mais o apetite e a ingestão energética quando comparadas às fibras com menor teor de viscosidade. Esse efeito pode ser explicado pela viscosidade e/ou propriedade geleificante das fibras solúveis.

Em relação à propriedade higroscópica das fibras vegetais que constituem um dos aspectos relevantes para se explicar o volume e peso das fezes dos equinos, assim como seu grau de viscosidade e sua relação com a taxa de passagem (FERREIRA, 1994). Segundo Drogoul (2001) a utilização da fibra dietética, especialmente na questão da eficiência, pelos equinos está correlacionada com três principais fatores: a composição da dieta (fração dos carboidratos), a atividade fibrolítica do ecossistema microbiano e a taxa de passagem da digesta pelo trato digestório, especialmente no compartimento fermentativo, sendo que o

aumento da digestibilidade da fibra geralmente está associado ao aumento do tempo de retenção da digesta.

Assim sendo, Hoffman et al., (2001) desenvolveram um procedimento de análise que propôs o fracionamento dos carboidratos que contemplaria tanto a caracterização físico-química da fibra, quanto os aspectos fisiológicos do processo digestivo dos equinos. Os carboidratos dietéticos foram fracionados da seguinte forma: carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), representados pelos monossacarídeos, dissacarídeos e amido solúvel, pois são hidrolisados a açúcares simples no intestino delgado; carboidratos não hidrolisáveis, mas rapidamente fermentescíveis (CHO-RF) foram representados pelos oligossacarídeos denominados de FOS (fruto-oligossacarídeos), MOS (manooligossacarídeos), galactanos, β -glucanos, pectinas e amidos resistentes, pois apresentaram modificações físico-químicas no intestino delgado, principalmente quanto à solubilização em água, com alterações na viscosidade (LENTLE et al., 2008). Entretanto, são rapidamente hidrolisados pelas enzimas das bactérias presentes no ceco-cólon e, portanto, produzem ácidos graxos voláteis. A este grupo pode ser atribuída a denominação de fibra solúvel. Já os carboidratos lentamente fermentescíveis (CHO-LF), são representados por hemiceluloses, celulose e ligninas, exatamente a fração correspondente à análise de FDN proposta por Van Soest et al. (1991) e, portanto, são insolúveis e de lenta taxa de fermentação. A lignina é uma substância hidrofóbica com capacidade de reduzir a extensão da degradação da fração fibrosa a qual se associa (SILVA et al., 2010).

A inclusão de fontes de fibra de alta qualidade em concentrados pode ser uma alternativa viável para a redução do consumo do amido, aumentando a segurança do produto. Matérias primas como a casca de soja e a polpa de beterraba apresentam fibras altamente fermentescíveis que podem disponibilizar energia ao animal por meio da fermentação (MOORE- COLYER et al., 2000) e, quantidades elevadas de ácido urônico, substância que eleva capacidade higroscópica do concentrado (MOORE-COLYER et al., 2002).

Quadros et al. (2004) avaliaram os efeitos da inclusão de casca de soja na alimentação de equinos jovens, utilizando dietas com vários níveis de substituição do feno de Tifton 85 por casca de soja. Houve melhora dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da dieta, principalmente aos relacionados à fração fibrosa. Tais resultados foram atribuídos ao aumento de quantidade de pectina dietética proveniente da inclusão da casca de soja. Concluíram, portanto, que dietas para animais em crescimento podem ser formuladas com substituição do feno de Tifton 85 por até 40% de casca de soja, sem prejudicar o desempenho dos animais.

Coverdale et al. (2004) avaliaram dietas a base de alfafa e gramíneas com substituição de 0, 25, 50 e 75% de casca de soja e observaram aumento na produção de ácidos graxos voláteis com maiores níveis de inclusão da casca de soja na dieta, com aumento nos níveis de propionato e diminuição da concentração de butirato e maior relação acetato:propionato, favorecendo a fermentação e a gliconeogênese, diminuindo a perda de energia na forma de gases. Não houve diferença significativa na redução do pH cecal com a inclusão de casca de soja, porém, observaram mudança da dieta sem casca de soja (pH 7) para a dieta com inclusão de 75% (pH 6,45). Os polissacarídeos não-amiláceos, particularmente a arabinose, galactose e ácido urônico da fração da pectina, são altamente fermentescíveis (MURRAY et al., 2008), o que faz desses alimentos fibrosos fontes de energia para o equino.

Kabe et al. (2016) observaram que alimentos fibrosos ricos em pectinas, como polpa de beterraba e casca de soja estão sendo utilizados como fontes de energia digestível por sua alta degradação cecal e são usados substituindo os grãos na dieta para equinos. Borghi et al. (2017) realizaram ensaio com cavalos em atividade física moderada que receberam casca de soja. Os animais receberam dieta a 2% do peso vivo, sendo 65% fornecido na forma de feno de gramínea e 35% na forma de concentrado e a casca de soja substituiu o concentrado em até 40%. Concluíram que os animais consumiram adequadamente a casca de soja não havendo

impactos negativos sobre o metabolismo ou no processo digestivo. Contudo, resta observar se existem efeitos sobre viscosidade da digesta, tendo em vista as propriedades físico-químicas desta fonte de fibra (MOORE-COLYER et al., 2002; COVERDALE et al., 2004; LENTLE et al., 2008) e de que maneira a viscosidade poderia ser reduzida e seus efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes em animais monogástricos.

Segundo Harris (2009), a fibra presente na casca de soja pode aumentar o reservatório de fluido intestinal. Esse fato pode explicar os resultados observados por Coverdale et al., (2004), potros que recebiam dietas com casca de soja apresentaram fezes mais úmidas. O aumento da umidade das fezes foi observado também por Ribeiro et al. (2009) que relatam essa característica dentro dos limites normais.

As dietas contendo concentrados fornecem uma alimentação balanceada (RICHARDS et al., 2006), porém apresentam alto teor de amido sendo que os cavalos apresentam um limite máximo de consumo 2 g de amido/kg de peso vivo (POTTER et al., 1992). Em contrapartida, Vervuert et al., (2009) sugeriram no máximo 0,3kg de concentrado/100kg de peso vivo ou ingestão de amido maior que 1,1 g de amido/kg de peso vivo fosse usado de 30-40% de amido na formulação total do concentrado. Assim, Pagan et al. (1994) comparando equinos com suínos, apresentaram apenas 10% do potencial de secreção amilase pancreática, consequentemente, permitindo que o amido escape do intestino delgado sem ser aproveitado. O amido é rapidamente fermentado por microrganismos no intestino grosso e pode diminuir o pH e alterar o perfil de fermentação (CLARKE et al., 1990; JULLIAND et al., 2001).

Tabela 1. Composição química (g/kg MS) das matérias primas Casca de Soja e Polpa de Beterraba

	Composição química (g/kg MS)													
	PB	FDN	FDA	NSP	Raminose	Arabinose	Xilose	Manose	Galactose	Glicose	Ácido Urônico	Celulose	Hemicelulose	Lignina
	Casca de Soja													
Moore-Colyer et al. (2002)	120	591	438	492	4	37	45	35	20	261	89	-	-	-
Coverdale et al. (2004)	131	605	437	-	-	-	-	-	-	-	-	409	190	21
Kabe et al. (2016)	109	743	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Borghi et al. (2017)	123	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	-	239	-
	Polpa de Beterraba													
Moore-Colyer et al. (2002)	78	547	271	488	7	141	11	7	36	150	135	-	-	-

PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NSP: carboidratos não amiláceos

2.3 Resposta Glicêmica Associada aos Efeitos do Processamento Industrial

Índice glicêmico de alimentos refere-se ao estudo do metabolismo de carboidratos como, amido e fibra (CARCIOFI, 2007). A concentração plasmática de glicose após a ingestão de alimento pode ser influenciada pelo tamanho da partícula do alimento, grau de processamento térmico, composição proteica, lipídica e de fibra, além da estrutura bioquímica do carboidrato, conteúdo e intervalo de tempo entre refeições (GUEZENNEC, 1995). Para o controle de efeitos metabólicos recomenda-se o aumento de fibra na alimentação, pois controla a glicemia, digestibilidade dos lipídios, mecanismos de saciedade, redução na densidade calórica do alimento, manutenção das funções normais do trato gastrointestinal, incluindo qualidade das fezes, tempo de trânsito e absorção da água e eletrólitos no intestino grosso (BURTON-FREEMAN, 2000). Os equinos são acometidos por algumas doenças associadas as altas concentrações de glicose ou flutuações na concentração de glicose. As doenças como obesidade, hiperinsulinemia (resistência à insulina) e outras estão associadas à alta ingestão de amido (RODIEK e STULL, 2007).

Com o intuito de elevar a digestibilidade do amido são necessários processos físicos na produção do concentrado. Esses processos industriais consistem na quebra, moagem, trituração ou laminação dos grãos secos. Já processos que envolvem a aplicação de calor, umidade e pressão chamam-se floculação e extrusão, pois hidratam e gelatinizam o amido, aumentando assim a susceptibilidade do substrato para a ação das enzimas pancreáticas e, por fim, melhoram a digestibilidade e absorção no intestino delgado (CASALECCHI et al., 2012). A absorção desta fração no intestino proximal aumenta a digestibilidade aparente fazendo com que menos amido chegue ao intestino grosso assim, evitando a interferência sobre a microbiota fibrolítica, com consequente melhora da digestibilidade da fibra. Isto indica que existe efeito do tipo de processamento térmico sobre os níveis de glicemia. Esse tipo de resposta pode indicar alta disponibilidade de glicose propiciada pela dieta que alcança o intestino (CASALECCHI et al., 2012). Ainda Hoekstra et al. (1999), avaliaram a digestibilidade do amido de milho em diferentes processamentos como quebrado, moído e floculado. As respostas glicêmicas foram 100, 109 e 144 mg/dL, respectivamente e o pico de glicose foi tardia após a ingestão do milho floculado em comparação ao milho quebrado e moído, sendo 62,5; 62,5 e 72,5 minutos, respectivamente. Isto justifica a melhor digestibilidade do amido devido ao processamento térmico.

Vervuert et al. (2003) observaram influência do processamento mecânico e térmico sobre a resposta glicêmica na digestibilidade pré-cecal do amido com diferentes produtos de aveia: aveia não tratada, aveia finamente moída e aveia floculada. A ingestão de todos os tratamentos estava entre 1,2 -1,5 g amido/kg peso vivo. As respostas glicêmicas e insulínicas tenderam a ser mais baixas em aveia termicamente tratada quando comparada com aveia não tratada ou finamente moída. No entanto, há pouca informação com equinos sobre a influência de diferentes fontes de amido e técnicas de processamento sobre o controle de índice glicêmico.

Rodiek e Stull (2007) quantificaram respostas glicêmicas de 10 alimentos oferecidos aos cavalos e categorizam-os em grupos com base em seus níveis glicêmicos, com referencia ao metabolismo basal da concentração de glicose no cavalo (94,5 mg/dL). Dividiram em dois grupos: 1- concentrado comercial, aveia amassada, milho cozido e amassado e cevada; 2- polpa de beterraba moída, casca de soja peletizada, farelo de trigo e farelo de arroz, supostamente com valores de respostas glicêmicas próximos. A resposta glicêmica do concentrado comercial, seguido do milho foram os índices glicêmicos mais altos e a resposta glicêmica da polpa de beterraba, da alfafa do farelo de arroz e da casca de soja foram as taxas mais baixas, devido ao tipo de processamento e ao teor de amido nos alimentos. Estes

resultados demonstraram o potencial da polpa de beterraba para prevenir a hiperinsulinemia (resistência à insulina) em equídeos.

O valor médio da concentração plasmática de glicose observada por Borghi et al. (2017) após o fornecimento da dieta contendo até 40% de inclusão de casca de soja para cavalos em atividade moderada foi de 119,2 até 135,6 mg/dL. Adicionalmente, observaram que o tempo de ocorrência do pico glicêmico esteve no intervalo de 78 a 102 minutos após o oferecimento.

Um estudo feito por Faria et al., (2018) teve como objetivo a avaliação da resposta glicêmica em equinos por meio do fornecimento de três níveis de inclusão de casca de soja no concentrado 0, 25, e 50% e seis momentos de coleta de sangue nos quais foram antes da alimentação, 30, 60, 120, 180 e 240 minutos após a refeição. Observaram que os níveis de glicose no sangue obtiveram efeito significativo ($p < 0,05$) nos últimos três momentos da coleta da amostra de sangue. Sendo o nível mais alto de concentração de glicose o tratamento com 0% de inclusão de casca de soja com o valor de 113,49 mg/dL.

As alterações de momentos de glicemia observada podem ser consequência da mudança no local da digestão promovida pelo aumento dos níveis de inclusão de casca de soja no concentrado. As fibras solúveis formam uma camada superficial suave ao longo da mucosa do intestino delgado, que podem formar barreira para absorção de alguns nutrientes, interferindo essencialmente na absorção de açúcares e das gorduras. Isto contribui sobremaneira para a estabilização do metabolismo energético, controlando os aumentos repentinos da taxa de glicemia (WASCHECK et al., 2008).

Considerando o processo de digestão de alimentos fibrosos de alta energia, pode ser mais apropriado avaliar os níveis da glicose sanguínea durante um período mais longo e, portanto, considerar a área sob a curva, pico de glicose no sangue (RICHARDSON e MURRAY, 2016). Assim, o aparente atraso na produção de glicose pode ser supostamente atribuído ao aumento da produção e absorção de propionato a partir da fermentação de pectinas no intestino grosso (BROKNER, 2012). O aumento da produção de propionato por alimentos fibrosos de alta energia pode se traduzir em maior potencial gliconeogênico (COVERDALE et al., 2004). Em contraste com o grão de cereal que é digerido inicialmente no intestino delgado, equinos alimentados com alimentos fibrosos de alta energia podem se beneficiar dos substratos gliconeogênicos da fermentação (RICHARDSON e MURRAY, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Ensaio Industrial

3.1.1 Local

O ensaio industrial foi realizado na Embrapa Agroindústria de Alimentos, localizada na cidade de Guaratiba, Rio de Janeiro. As avaliações físicas dos concentrados experimentais foram realizadas nos Laboratórios de Cereais e Reologia.

3.1.2 Tratamentos experimentais e delineamento estatístico

Foram realizados dois ensaios independentes para avaliar o efeito de inclusão da matéria prima em substituição ao milho na formulação de concentrados extrusados. As matérias primas foram: casca de soja (CS) cedida pela empresa Sementes Selecta® e Polpa de Beterraba (PBE). A formulação do concentrado foi composta pelas seguintes matérias-primas: milho moído, farelo de soja, farelo de arroz gordo, carbonato de cálcio, fosfato bicálcico, sal fino (cloreto de sódio), premix mineral-vitamínico e, as matérias primas em teste (Tabela 1). A composição nutricional da formulação do concentrado foi realizada de acordo com as exigências nutricionais para equinos descritas pelo NRC (2007).

Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na formulação do concentrado (g/kg na MS)

Alimento	Composição bromatológica (g/kg na MS)											
	MS	MM	EE	PB	FDN	FDA	Cel	Hem	Lig	CNF ¹	Amido ²	ED ³
Milho	879	12	42	87	120	32	26,4	88	5,6	739	736	3,8
Farelo de soja	926	64	17	456	93	61	32	32	8,8	370	47	3,3
Farelo arroz gordo	898	91	135	117	409	207	178	202	29	248	238	2,9
Polpa beterraba	893	50	22	79	279	240	213	39	27	570	13	3,1
Casca de soja	898	47	33	129	593	425	369	168	56	198	54	2,2

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; Cel = celulose; Hem = hemiceluloses; Lig = lignina; Carboidrato não fibroso (CNF) = $100 - (PB + FDN + EE + MM)$ (NRC, 2001); ²Tabelas brasileira de aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2017); ³% Mcal/kg: Energia Digestível estimada NRC (2007): $ED^3 = (kcal/kg MS) = 2118 + 12,18 * (%PB) - 9,37 * (%FDA) - 3,83 * (% hemicelulose) + 47,18 * (%EE) + 20,35 * (% CNF) - 26,3 * (% MM)$

Cada ensaio seguiu o delineamento composto central rotacional (DCCR) em arranjo fatorial 2³ com 4 pontos centrais (C). Níveis codificados para as variáveis independentes foram: X₁ inclusão de produtos ricos em fibras, sendo a casca de soja (% CS) ou polpa de beterraba (% PBE); X₂ Temperatura na matriz do canhão extrusor (T, °C) e X₃ umidade na alimentação (U, %) (Tabela 2) e combinações do delineamento experimental com as variáveis em valores reais (Tabela 3).

Tabela 3. Níveis codificados para as variáveis independentes de concentrado com inclusão de casca de soja e polpa de beterraba

Variável	Nível codificado		
	- 1	0	+ 1
Produto rico em fibra (%)	20	30	40
Temperatura (°C)	100	120	140
Umidade (%)	17	20	23

Tabela 4. Combinações do delineamento experimental com produto rico em fibra (PF), temperatura (T°C) e umidade (U) em valores reais

Combinações do ensaio	Níveis reais		
	PF %	T °C	U %
1	20	100	17
2	40	100	17
3	20	140	17
4	40	140	17
5	20	100	23
6	40	100	23
7	20	140	23
8	40	140	23
9 (C)	30	120	20
10 (C)	30	120	20
11(C)	30	120	20
12(C)	30	120	20

C: pontos centrais; PF: Produto rico em fibra (Casca de soja, CS ou polpa de beterraba, PBE); T: temperatura; U: Umidade.

3.1.3 Extrusora

Foram ajustadas as seguintes variáveis do processo de extrusão: umidade da massa inicial (ensaio com 17, 20 e 23% de umidade); temperaturas fixas no início (50°C), no meio (90°C) e variável no final da rosca (100, 120 e 140°C); tipo de rosca (simples); velocidade de alimentação da extrusora (17 g/minuto), rotação do motor (150 RPM), diâmetro de abertura da matriz (3 mm). Foram preparadas 12 misturas na quantidade de 500g cada para cada ensaio (CS e PBE), totalizando 24 amostras.

O pré-condicionamento das matérias-primas foi realizado no dia anterior à extrusão, consistindo na adição de água na mistura farelada de acordo com as combinações dos tratamentos, em seguida, a mistura foi peneirada com o intuito de evitar a formação de grumos, bem como a homogeneização da umidade por toda a amostra (Figura 1).

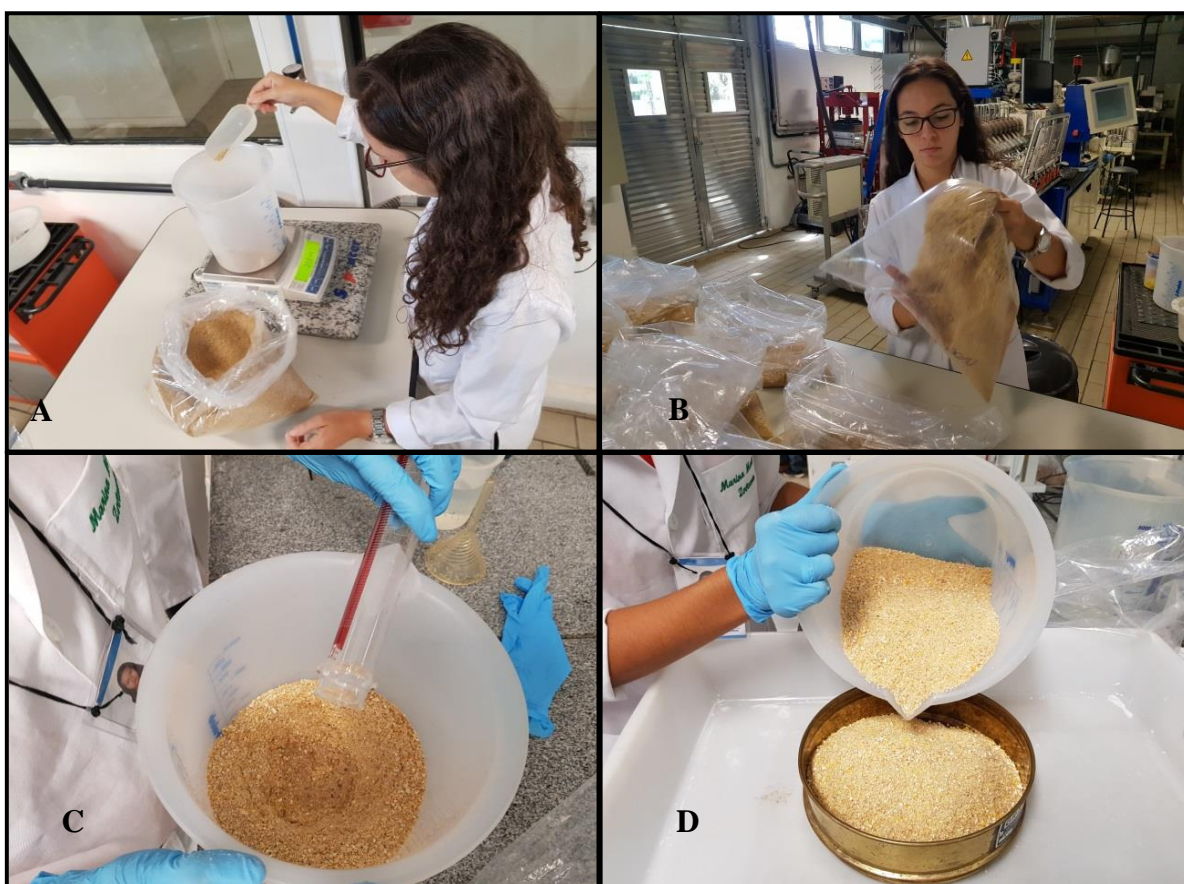


Figura 1. Pesagem dos ingredientes (A); Mistura dos ingredientes manualmente (B); O condicionamento das matérias-primas com água (C); Mistura peneirada após o condicionamento da umidade (D)

Utilizou-se extrusora de rosca simples Brabender 20DN (*Duisbrug*, Alemanha), que apresenta alimentador vertical de rosca cônica, no qual recebe o material. A massa foi constantemente agitada no interior do alimentador, realizando a introdução constante da mistura no corpo do extrusor, que se encontra com o parafuso de rosca simples de compressão 3:1, 380 mm de comprimento por 19 mm de diâmetro. O parafuso apresenta a função de arrastar, comprimir, dilacerar e amassar a matéria-prima para formar uma massa semi-sólida e plástica que é forçada a sair pela abertura da matriz. A produção dos extrusados iniciou quando as diferentes zonas de aquecimento do extrusor atingiram as temperaturas estipuladas mantendo à constância, enquanto as temperaturas utilizadas na zona 3 foram aquelas definidas para cada ensaio com inclusão de fontes de fibras. Durante o processo de extrusão, o material foi coletado, cortado com tesoura e, em seguida, distribuídos em bandejas para a secagem em estufas de circulação de ar à 60°C por 4 horas. Por fim, resfriados em temperatura ambiente e embalados em sacos de polietileno e armazenados em local seco e fresco.

3.1.4 Umidade

Determinou-se a umidade (matéria seca MS%) das misturas antes e após o processo de extrusão. As análises foram realizadas em duplicata e as amostras pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g. Foram pesados $2 \pm 0,005$ g de mistura farelada e secos a 105°C por 4 horas.

3.1.5 Índice de expansão e densidade aparente

A propriedade mecânica (índice de expansão seccional, longitudinal, volumétrico e densidade aparente) e a taxa de transporte resultam no grau de expansão da massa extrusada juntamente com o grau de porosidade do produto final (WŁODARCZYK-STASIAK e JAMROZ, 2009). A análise ocorreu simultaneamente com a extrusão dos produtos, de forma que houvesse homogeneização dos *kibbles*. Após a saída dos extrusados pela matriz em cada ensaio, foram separadas 15 peças, cortadas no comprimento de 10 cm e armazenadas em sacos plásticos até a realização das análises (Figura 2). Foram avaliados os índices de expansão: seccional (IES) que relaciona o tamanho radial da peça; índice de expansão longitudinal (IEL) que indica a relação com a velocidade do equipamento e a massa fundida e o índice de expansão volumétrico (IEV) que avalia a porosidade do extrusado.



Figura 2. Amostras coletadas direto da matriz da extrusora para padronização da análise de expansão (A e B); Corte transversal ao kibble com comprimento de 10 cm (C); 15 Kibbles padronizados de cada ensaio para a mensuração com paquímetro (D)

A densidade aparente (ρ) do extrusado (em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) foi calculada usando a equação (FAN et al., 1996).

$$\rho = \frac{4 m}{\pi \times D^2 \times L} \times 1000$$

Onde, m é a massa (g) de cada peça cilíndrica de extrusado, D é o diâmetro médio (mm) e o L comprimento (mm).

O IES foi realizado pela medição do diâmetro com paquímetro digital, nos extremos e ao centro de cada peça cilíndrica do extrusado com quinze repetições por cada ensaio (ALVAREZ-MARTÍNEZ et al., 1988).

$$\text{IES} = \left(\frac{D}{D_0} \right)^2$$

Onde D_0 é o diâmetro do furo da matriz ($D_0 = 3$ mm) e D é o diâmetro médio de uma peça cilíndrica de extrusado após secagem.

O IEL e o IEV foram determinados com as seguintes equações de acordo com a metodologia descrita por Alvarez-Martínez et al. (1988).

$$IEL = \left(\frac{\rho_m}{\rho_e} \right) \left(\frac{1}{IES} \right) \left(\frac{100 - U_m}{100 - U_e} \right)$$

$$IEV = IES \times IEL$$

Onde:

ρ_m : é a densidade da massa fundida dentro do extrusor;

ρ_e : é a densidade do extrusado;

U_m : é a umidade da massa antes da fusão;

U_e : é a umidade do extrusado recém-resfriado (determinado em duplicata de acordo com o método gravimétrico da AOAC (2010)).

3.1.6 Textura

As propriedades mecânicas dos concentrados extrusados foram medidas utilizando texturômetro TA-XT Plus (*Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra*) equipado com uma carga de 35 kg, na qual foram utilizadas duas probes diferentes com a finalidade de comparação entre amostras comerciais e amostras experimentais definitivas obtidas pela extrusora Cleextral Evolum HT25. Os concentrados comerciais avaliados foram 6 no total. As avaliações dos concentrados comerciais e concentrados experimentais extrusados foram realizados por meio da sonda cilíndrica AP/45 com superfície plana sobre a plataforma de compactação de grânulos HDP/90 fixada no equipamento. A amostra foi posicionada ao centro da plataforma e foram realizadas 15 repetições com 1 *kibble* por vez.

Para o ensaio com as rações experimentais obtidas pela extrusora Brabender 20DN, empregou-se a *probe three point bending rig HDP/3PB* na qual foi acoplada à sonda cilíndrica de 2 mm de diâmetro, com base rígida fixa sobre a plataforma do equipamento. Em seguida, sobre a plataforma foram ajustadas duas lâminas de apoio inferior, separadas entre si por 4 cm e equidistantes do eixo da sonda na parte superior. Quinze perfurações foram realizadas para cada ensaio totalizando 24 ensaios (12 ensaios contendo casca de soja e 12 ensaios contendo polpa de beterraba). Os picos de força de compressão (F) em N, e o tempo correspondente (t) em minutos foram registrados pelo *software Exponent* versão 4.0.13.0 (*Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra*).

A frequência de rupturas estruturais (N_{sr}) em mm^{-1} foi calculada com a equação (BOUVIER et al., 1997):

$$N_{sr} = \frac{N_0}{d}$$

Onde:

N_0 : é o número total de picos e d é a distância de compressão do produto (mm).

3.1.7 Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

A determinação de ISA e IAA foi realizada segundo metodologia descrita por ANDERSON et al. (1969). Os produtos finais foram moídos em peneiras de 0,212; 0,106 mm e um fundo. A fração retida da peneira 0,106 mm foi utilizada como amostra e pesado $1 \pm 0,0005$ g de amostra, em base seca, de cada tratamento em tubos de centrifuga previamente tarados e foram adicionados 5 mL de água destilada. Os tubos foram agitados em um agitador mecânico, tipo vortex (*Genie 2 Scientific Industries*, Bohemia, NY, USA), por aproximadamente 30 segundos, outros 5 ml de água destilada foram adicionados para lavar qualquer partícula aderida à parede do tubo. As amostras foram processadas em centrífuga Universal 320R (*Hettich, Tuttingen*, Alemanha) por 15 minutos a 9000 rpm. Após a centrifugação, o sobrenadante foi vertido em placa de petri, previamente tarada e seca em estufa com circulação de ar a 105°C por 4 horas para a medição de sólidos solúveis totais. Segundo a fórmula para cálculo do ISA (%):

$$ISA (\%) = \left[\frac{\text{Peso do desidratado}}{\text{Peso seco da amostra}} \right] \times 100$$

Após a retirada do líquido sobrenadante, o tubo de ensaio com o precipitado foi pesado e usado no cálculo do IAA, segundo a fórmula abaixo:

$$IAA = \frac{\text{Peso do precipitado}}{\text{Peso original da amostra} - \text{peso do desidratado}}$$

3.1.8 Energia mecânica específica (EME)

Foi mensurada a energia proveniente da rotação dos parafusos transmitida ao material dentro do extrusor (FICHTALI & VAN DER VOORT, 1989). A EME é fornecida pelo equipamento, sendo que foi coletado manualmente pela média de duas leituras realizadas no início (após estabilização do mesmo) e no final de cada processamento do tratamento.

Para o cálculo da EME utilizou-se a seguinte fórmula (CASALECCHI, 2012):

$$EME (W. h. kg e^{-1}) = \frac{\text{torque (N. m)} \times \text{rotação do parafuso (r. p. m)} \times 2 \times \pi}{\text{vazão de alimentação (kg. h e^{-1})} \times 60}$$

Foi mensurada a vazão de alimentação, que foi a média do peso de duas coletas de material durante 30 segundos, posicionando-se um saco plástico o mais próximo da saída da matriz de forma a reduzir a perda de umidade.

$$Q = \frac{m}{t}$$

Onde:

m = é a massa coletada em kg;

t = é o tempo da coleta em hora.

3.1.9 Viscosidade de pasta

A viscosidade de pasta foi determinada em um Analisador Rápido de Viscosidade – RVA Series 4 (*Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood*, Austrália), que seguiu a metodologia descrita por CARVALHO & MITCHELL (2001) e foram registrados por

software *Thermocline* (Newport Scientific, Warriewood, NSW, Austrália). Foram utilizadas 3g de amostra (14% de umidade, na base úmida) e quantidade suficiente de água foram utilizadas para atingir 28 g de peso na base úmida (BECKER et al., 2001).

Foram utilizadas as seguintes leituras das curvas de viscosidade de pasta: máxima a frio (V_f) no início da análise a 25°C mantidas por 2 minutos, aquecidas a 40°C por 5 minutos (para exemplificar a temperatura interna do animal segundo STOKES et al., 2012 e TARAN et al., 2017), máxima a 95°C (V_m) por 4 minutos, e após atingir a viscosidade máxima a temperatura volta para 25°C por 5 minutos (V_m) para obter o ponto da quebra da viscosidade (QV) e os 5 minutos finais para avaliar a viscosidade final (V_{fin}).

A propriedade de pasta do concentrado farelado foi analisada conforme os parâmetros de temperatura de pasta (T_p), viscosidade de pasta (V_p), quebra de viscosidade (Qv), tendência a retrogradar (Tr). E a propriedade de pasta do concentrado extrusado foi analisada conforme os parâmetros de viscosidade a frio (V_f), viscosidade a quente (V_q), quebra da viscosidade (Qv) e tendência a retrogradar (Tr).

a) Clextral Evolum HT25

Após a determinação dos parâmetros industriais da confecção dos concentrados extrusados, foi escolhido o melhor ajuste da máquina para a maior inclusão de casca de soja e polpa de beterraba de 40%. Em seguida, produziu-se aproximadamente 75 Kg de cada produto diferindo apenas no tipo de matéria prima utilizada. Os produtos foram utilizados em ensaios com os animais que seguiu um novo delineamento estatístico.

A produção dos dois extrusados, contendo casca de soja e polpa de beterraba definitivos, foi conduzido em uma máquina extrusora de rosca dupla Clextral Evolum HT25 (Clextral, Inc., Firminy: França) com parafusos de 25 mm de diâmetro, relação comprimento/diâmetro de 40:1 e dez zonas de aquecimento (Figura 3). O produto final resultou em extrusado cilíndrico cortado com faca acoplada diretamente na extrusora e depositado em bandejas de alumínio próprias para serem introduzidas em estufa de circulação forçada de ar à 60°C. Ao término da secagem o material foi armazenado em embalagens plásticas para o ensaio.



Figura 3. Extrusora de rosca dupla da marca Clextral Evolum HT25

3.1.10 Análises Estatísticas

O modelo linear incluiu os efeitos principais e interações, representados na equação 1, que representou os valores de uma resposta em função das variáveis independentes estudadas. Equação 1.

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1(PF) + \hat{\beta}_2(T) + \hat{\beta}_3(U) + \hat{\beta}_{12}(PF \times T) + \hat{\beta}_{13}(PF \times U) + \hat{\beta}_{23}(T \times U) \dots (1)$$

Onde:

\hat{Y} : resposta predita;

PF : efeito principal do produto rico em fibra (CS ou PB);

T : efeito principal da temperatura;

U : efeito principal da umidade;

$CS \times T$, $CS \times U$ e $T \times U$: efeitos de interação;

$\hat{\beta}_0$: coeficiente de regressão da média/intercepto;

$\hat{\beta}_i$: coeficientes de regressão dos efeitos principais;

$\hat{\beta}_{ij}$: coeficientes de regressão das interações.

Os dados obtidos foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) a 5%, com elaboração de modelos de regressão lineares ajustados e os dados foram representados em gráficos de superfície de resposta com curvas de nível para visualização do efeito das variáveis independentes sobre variáveis dependentes a partir de auxílio do *software* Statistica 7.0 (Statsoft, Statistica 7.0, Tulsa, USA).

3.2 Ensaios com Animais

3.2.1 Local

O ensaio foi realizado na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no Setor de Equinocultura – Instituto de Zootecnia localizado no município de Seropédica, km 47, Rio de Janeiro. As análises laboratoriais dos alimentos foram procedidas no Laboratório de Bromatologia Animal do Instituto de Zootecnia e as análises sanguíneas foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica do Instituto de Veterinária. O projeto foi conduzido de acordo com as normas éticas e aprovado pela CEUA IZ/UFRRJ em 30 de agosto de 2017, sob o número de processo: 23083.014725/2017-64.

3.2.2 Animais

Foram utilizados 12 cavalos adultos entre 4 e 8 anos de idade, da Raça Mangalarga Marchador (IZ-47) de peso vivo médio de 403 ± 52 kg e escore corporal variando de 4,5 a 5. Os animais foram vermifugados previamente ao início dos ensaios com Eqvalan® (Ivermectina 1,87%) de acordo com o peso. Os animais foram mantidos em piquete de pasto misto provido de bebedouro e alimentados em baias, duas vezes ao dia, com concentrado comercial¹ na quantidade de 1 kg por animal e sal mineral² às 08h00min e 13h00min. Após

¹ EquiTech Presence®: Níveis de garantia: Cálcio (máx) 2%; Fósforo (mín) 0,6%; Umidade (max) 13%; PB (min) 11%; EE (min) 4%; Matéria Fibrosa (max) 15%; MM (max) 17%; ED (kcal/kg) 2,980.

² EssenceFós Presence®- Níveis de garantia: ² Níveis de garantia: Cálcio (máx) 150g; Fósforo (mín) 70g; Enxofre 10g; Magnésio 10g; Sódio 150g; Ferro 2500mg; Cobre 820mg; Zinco 2620mg; Manganês 2.124,00mg; Lisina 10,00mg; Iodo 20,00mg; Selênio 12,50mg; Cobalto 20,00mg; Beta Glucanas 3.300mg; Cromo 6,00mg; Vitamina A 60.000,00 UI/kg; Vitamina D3 12.000,00 UI/kg; Vitamina E 450,00 UI/kg; Mananoligossacarídeo 2.100 mg; Tiamina – Vitamina B1 50,00

as refeições, os animais retornavam ao piquete. Os animais se exercitavam em caminhador automático três vezes por semana (5 minutos para o lado esquerdo, 5 minutos para o lado direito, totalizando 10 minutos). Nos dias que os animais realizavam exercícios leves, após a finalização, foram alimentados com concentrado peletizado dentro do caminhador, ao invés de se alimentarem nas baias, a fim de se acostumarem com o local de realização do teste de comportamento.

3.2.3 Tratamentos experimentais e delineamento estatístico

a) Teste de preferência e comportamento ingestivo

O ensaio de preferência foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Foram dois tratamentos: concentrados extrusados contendo 40% de casca de soja e outro contendo 40% de polpa de beterraba, cinco observações ao longo do tempo e 12 repetições (animais). Ambos concentrados testes apresentaram a mesma proporção de ingredientes, diferindo apenas a fonte de fibra (CS ou PBE). A composição da formulação da dieta foi realizada de acordo com as exigências descritas pelo NRC (2007). Os ingredientes utilizados foram: farelo de soja, farelo de arroz gordo, milho grão, calcário calcítico, fosfato bicalcio, sal mineral e sal comum que compuseram 60% da formulação (Tabela 4).

Tabela 5. Composição bromatológica (g/kg de MS) e estimativa do conteúdo de energia digestível (ED) dos concentrados na forma física farelada e extrusada contendo casca de soja (CS) ou polpa de beterraba (PBE) em 40%

Concentrado	ED ¹ (Mcal.kg ⁻¹)	Nutrientes (g de MS)							
		MS ²	MM ³	PB ⁴	FDN ⁵	FDA ⁶	EE ⁷	Lig ⁸	CNF ⁹
Farelado CS 40%	3,1	890	37	96	326	206	4,3	28	49,8
Extrusado CS 40%	3,1	967	43	106	332	218	4,3	29	47,6
Farelado PBE 40%	3,3	878	35	102	275	131	3,5	29	55,3
Extrusado PBE 40%	3,3	967	43	101	244	123	3,5	13	57,7

¹Energia Digestível estimada NRC (2007): $ED^2 = (\text{kcal/kg MS}) = 2118 + 12,18 * (\%PB) - 9,37 * (\%FDA) - 3,83 * (\% \text{ hemicelulose}) + 47,18 * (\%EE) + 20,35 * (\% \text{ CNF}) - 26,3 (\% \text{ MM})$; ²MS = matéria seca; ³MM = matéria mineral; ⁴PB = proteína bruta; ⁵FDN = fibra em detergente neutro; ⁶FDA = fibra em detergente ácido; ⁷EE = extrato etéreo; ⁸Lignina; ⁹Carboidrato não fibroso (CNF) = $100 - (PB + FDN + EE + MM)$ (NRC, 2001)

O ensaio teve a duração de 22 dias (20 dias de comportamento ingestivo e dois dias de avaliação do índice glicêmico). Observações do consumo, preferência e comportamento ingestivo foram realizados nos dias: 1º, 5º, 10º, 15º, 20º. Nos dias de intervalos entre os testes, os animais receberam diariamente 1 kg de concentrado peletizado comercial e uma porção fixa de 170g (Matéria Natural) de cada concentrado experimental separadamente.

As variáveis de consumo e razão de ingestão foram avaliadas por meio do fornecimento simultâneo de 200g dos dois concentrados extrusados experimentais, que ficaram disponíveis por 3 minutos para cada indivíduo. Cada concentrado experimental foi colocado em cochos separados e as suas posições determinadas aleatoriamente (Figura 4). Logo após o consumo, os cochos foram imediatamente retirados, as sobras foram

mg; Riboflavina – Vitamina B2 80,00mg; Niacina - Vitamina B3 240,00mg; Ácido Pantotênico – Vitamina B5 100,00mg; Piridoxina – Vitamina B6 HCL 20,00mg; Vitamina B9 25,30mg; Vitamina B12 240,00mg; Vitamina H – Biotina 14,00mg; Flúor (Max) 700,00mg.

identificadas e pesadas, registrando os valores de consumo em gramas de concentrado na matéria natural para cada animal. Os resultados de consumo foram corrigidos para a matéria seca.

A razão de ingestão (RI%) consistiu na quantificação do concentrado ingerido (MS%) dividido pelo total consumido de ambos (g de MS) em 3 minutos (KABE, 2013; KOPPEL, 2015).

$$RI (\%) = \frac{\text{Ingestão de Concentrado (A ou B)}}{\text{Ing. de MS "ração a" + Ing. de MS ração b"}}$$

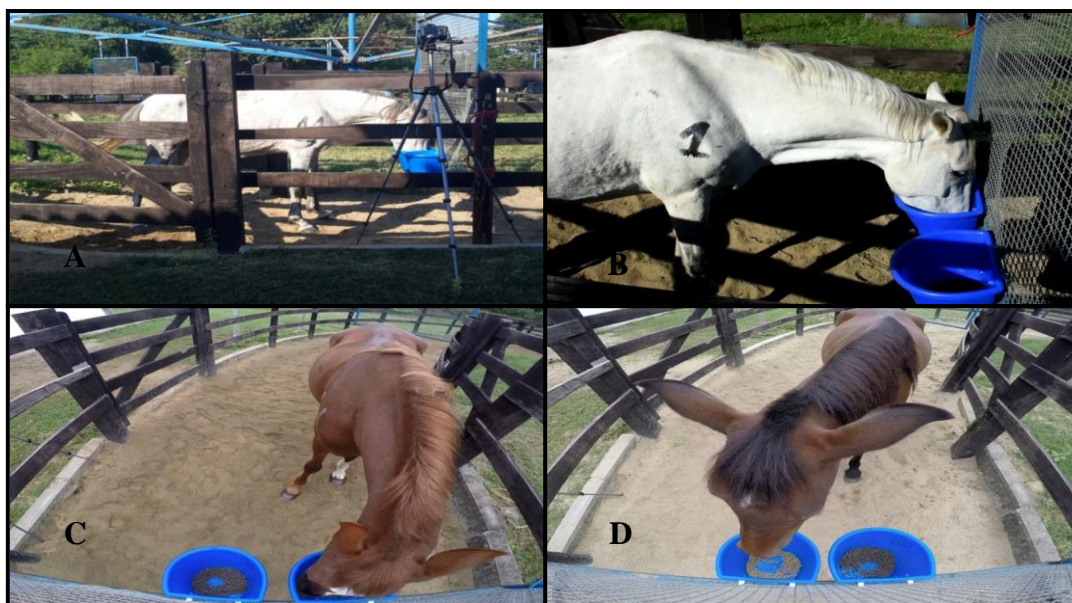


Figura 4. Local de realização dos testes de preferência (A); Animais identificados no momento do ensaio (B); Cochinhos identificados com os concentrados experimentais e trocados de posição conforme dias de testes (C e D)

Para a determinação do alimento preferido, adaptou-se a metodologia descrita por CARCIOFI (2008), adotando-se valor superior à 50% para o concentrado preferido. No primeiro dia de avaliação do comportamento ingestivo, os animais foram todos conduzidos às baias, onde receberam 1 kg de concentrado comercial afim de reduzir os efeitos da ansiedade e fome. Em seguida, após 20 minutos do consumo do concentrado, cada animal foi conduzido ao teste. As variáveis de comportamento foram registradas por duas câmeras de vídeo, uma Nikon® D7500 fixada externamente à área de consumo e fora de alcance da movimentação do animal que registrou as imagens laterais. A segunda câmera GoPro® Hero4 Silver foi posicionada imediatamente acima dos cochinhos. A fixação foi feita na grade de ferro do caminhador, sendo registradas as imagens frontais superiores da chegada do animal e dos cochinhos.

Os animais foram identificados com numerações e conduzidos ao interior do caminhador e soltos sempre à mesma distância dos cochinhos. À área de foco das imagens foram identificadas com o nome do animal, dia do experimento e dietas, afim de facilitar a identificação nos vídeos. Com as imagens de 3 minutos (180 segundos), foram avaliados os comportamentos descritos no etograma (Quadro 1) que representa a ocorrência e duração dos atos. As observações foram realizadas sempre no mesmo horário (7h30min) e realizados pelo mesmo indivíduo, sem a interação com os animais durante as filmagens.

Quadro 1. Etograma dos comportamentos avaliados no teste de preferência (adaptado de CHRISTENSEN et al., 2005)

Comportamento	Definição
Tempo de aproximação até a ingestão do alimento	Segundos
Cheirar o alimento	Alimento que o animal investigou (cheirou) primeiro antes da ingestão do mesmo
Primeira escolha	Alimento que ingeriu primeiramente
Tempo efetivo de consumo do alimento	Mastigar o alimento (a cabeça pode ser levantada do recipiente de alimento por curto período, enquanto a mastigação é contínua) (segundos)
Distração no ambiente	Pausa na ingestão e conseqüentemente na mastigação por distração
Rejeição do alimento	Aprender o alimento e logo em seguida o colocar para fora da boca
Frequência de troca de cocho	Quantidade que ocorre a troca de cocho e ingestão do alimento.

3.2.4 Índice Glicêmico

Realizou-se nos dias 21º e 22º o ensaio para avaliação das respostas glicêmicas que ocorreu em arranjo fatorial em delineamento tipo *changeover 2 x 2* (duas matérias primas e dois processamentos) em dois dias consecutivos. Os tratamentos utilizados foram: I – concentrado farelado contendo 40% de polpa de beterraba; II – concentrado extrusado contendo 40% de polpa de beterraba; III – concentrado farelado contendo 40% de casca de soja; IV – concentrado extrusado contendo 40% de casca de soja.

Todos os animais foram trazidos do piquete às 5:30 da manhã e mantidos em baias de alvenaria para o recebimento do concentrado. O fornecimento dos concentrados iniciou às 6h00 da manhã a cada grupo de 3 animais/tratamento. Tal procedimento foi adotado para facilitar a coleta de sangue. O fornecimento do concentrado foi calculado de acordo com o peso vivo dos animais, para que eles recebessem a mesma quantidade estimada de consumo de 1,1g de amido/kg PV.

As amostras sanguíneas foram obtidas antes da refeição e coletadas a cada 30 minutos por 4 horas e a cada 1 hora até completar 6 horas totais de avaliação (360 minutos). As coletas foram por meio de venopunção na jugular, com sistema de coleta *vacutainer*, totalizando 11 amostragens de sangue por equino. As coletas foram realizadas em tubos contendo EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) para obtenção do plasma. Os tubos foram imediatamente acondicionados e transportados em caixa térmica contendo gelo e levados para o laboratório para centrifugação (Centrifuga Centribio®) à 4000xg por 10 minutos. As amostras foram inseridas em tubos *ependorf*, identificados e armazenados a - 20º C até seu processamento. A dosagem de glicose (mmol/L) foi quantificada em equipamento automático para bioquímica clínica (A-15 *Biosystems Chemistry Analyzer - Biosystems*®), com utilização de kit enzimático (*Biosystems*®), no Laboratório de Patologia Clínica do Instituto de Veterinária. As variáveis avaliadas foram a área sob a curva da glicose até 360 minutos (mmol/L*minutos), pico de máxima concentração de glicose (mmol/L) e o tempo para a ocorrência do pico glicêmico (minutos).

3.2.5 Análises Bromatológicas

As análises laboratoriais foram procedidas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição Animal e Pastagens do Instituto de Zootecnia da UFRRJ. O concentrado foi moído em moinho de facas tipo *willey* com peneira de 1 mm. Em seguida, foram feitas as análises de matéria seca (MS) (AOAC, 1995), proteína bruta (PB) (AOAC, 1995), extrato etéreo (EE) (SILVA e QUEIROZ, 2006), energia bruta (EB) (SILVA e QUEIROZ, 2006), cinzas (MM) (AOAC, 1995), FDN e FDA sequencial (VAN SOEST et al., 1994), lignina (VAN SOEST e ROBERTSON, 1980).

3.2.6 Análises Estatísticas

O consumo total de concentrado e a razão de ingestão foram submetidos à ANOVA a 5% de probabilidade pelo procedimento MIXED do SAS (Versão 9.2). Os valores médios foram comparados pelo teste t-student a 5% de probabilidade para o erro tipo I. Os dados referentes às variáveis comportamentais foram analisados por estatística descritiva e ANOVA não paramétrica pelo teste de Qui-quadrado e as médias comparadas pelo teste de Student Newman-Keuls a 5% de significância utilizando o *Software Bioestat 5.0* (AYRES et al., 2007). As variáveis de área sob a curva da glicose, pico de máxima concentração de glicose e tempo para a ocorrência do pico glicêmico foram submetidas a ANOVA pelo procedimento de MIXED do SAS (Versão 9.2). Os valores médios foram comparados pelo teste t-student a 5% de probabilidade para o erro tipo I.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios para determinação dos parâmetros industriais de confecção de concentrados extrusados foram realizados de forma independente entre as fontes de matéria prima. De maneira que, os resultados de casca de soja e polpa de beterraba fossem descritos separadamente. Foi fixado valor de 40% de inclusão de casca de soja para o efeito de superfície resposta para avaliar a viabilidade da produção industrial dos concentrados experimentais. Sendo a casca de soja uma matéria prima difundida na alimentação animal por ser: fonte de energia (Duren, 2000), fornece proteína digestível no intestino delgado (MOORE-COLYER et al., 2002), apresenta em sua composição fibra altamente fermentescível (COVERDALE et al., 2004) e é um ingrediente seguro em dietas de equinos (KABE et al., 2016).

As condições do processamento e a composição do material extrusado influenciaram diretamente na expansão do produto final. Foram significativos os efeitos simples de temperatura ($p < 0,013760$), umidade ($p < 0,004098$), bem como, as interações entre teor de casca de soja x umidade ($p < 0,020746$) e temperatura x umidade ($p < 0,013476$). A densidade aparente (DA) dos extrudados contendo casca de soja variou entre 833–1144 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, observando-se o menor valor com a máxima redução da umidade (Tabela 4). A DA está inversamente relacionada com o grau de expansão, ou seja, quanto menor a densidade maior o grau de expansão (SHIMBO et al., 2004).

A densidade de um material depende da eficiência de acondicionamento das suas moléculas. Materiais mais densos são obtidos com acondicionamentos mais eficientes. Assim, os polímeros lineares são capazes de se acomodar de forma mais eficiente em comparação com os polímeros ramificados, é assim que tendem a apresentar densidades mais elevadas (BeMILLER e HUBER, 2008).

Camire (1998) citou que dietas com alta densidade resultam em produtos pouco expandidos e gelatinização do amido inadequada. Thymi et al. (2005) verificaram que o aumento de água no processo de extrusão do amido de milho, reduziu o grau de expansão do produto final. Assim, Murakami (2010) estudou dietas extrusadas para cães com teores diferentes de umidades (1072, 1182, 1293, 1444 e 1565 kg/h água), temperatura fixada em 100°C e velocidade maior de 200 RPM foram avaliadas quanto à densidade. Concluíram que à medida que ocorreu o aumento de água no processo de extrusão, os extrusados apresentaram menor densidade e mais poros na massa final conferindo-se uma menor dureza sendo explicado pelo uso de 25,56% de milho em grão, ingrediente de maior quantidade na formulação do concentrado. No presente estudo, observou-se o gráfico de superfície de resposta à ocorrência do efeito de maior grau de expansão nos concentrados contendo casca de soja que apresentaram valores mínimos de umidade (17%) e temperatura (100°C).

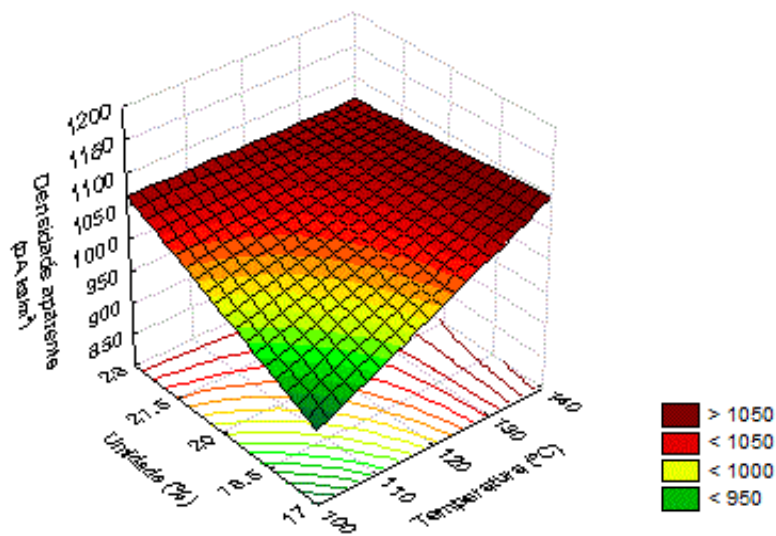


Figura 5. Densidade aparente (kg.m^{-3}) do extrusado contendo inclusão da casca de soja (%) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%)

Houve efeito significativo na inclusão de casca de soja ($p < 0,0008$), temperatura ($p < 0,0002$), umidade ($p < 0,0002$) e nas interações casca de soja x umidade ($p < 0,0016$) e temperatura x umidade ($p < 0,0010$) sobre o índice de expansão seccional (IES) com inclusão de casca de soja. O IES variou entre $1,35 - 2,51(\text{mm}^2.\text{mm}^{-2})$ sendo que o menor valor observado ocorreu com a redução do teor de inclusão de casca de soja, temperatura e umidade.

A porosidade e os espaços vazios de um produto extrusado são representados pelas células de ar presentes no produto final. Estas células conforme sua distribuição, tamanho, organização e espessura determinam as propriedades mecânicas e sensoriais do extrudo. No presente estudo, determinou-se as características dos *kibbles* para alimentação animal. A força de ruptura das células de ar é uma medida da resistência da parede do extrusado e tem sido correlacionado com o IES, indicando quanto maior o tamanho dos poros nos produtos extrusados, conseqüentemente, resulta em extrusado com estrutura fraca de sua parede (DOGAN e KARWE, 2003). Adicionalmente, a expansão da massa fundida está relacionada ao grau de porosidade no produto extrusado, a qual afeta as propriedades mecânicas e de transporte tais como taxa de cisalhamento e difusão de aromas (WŁODARCZYK-STASIAK e JAMROZ, 2009).

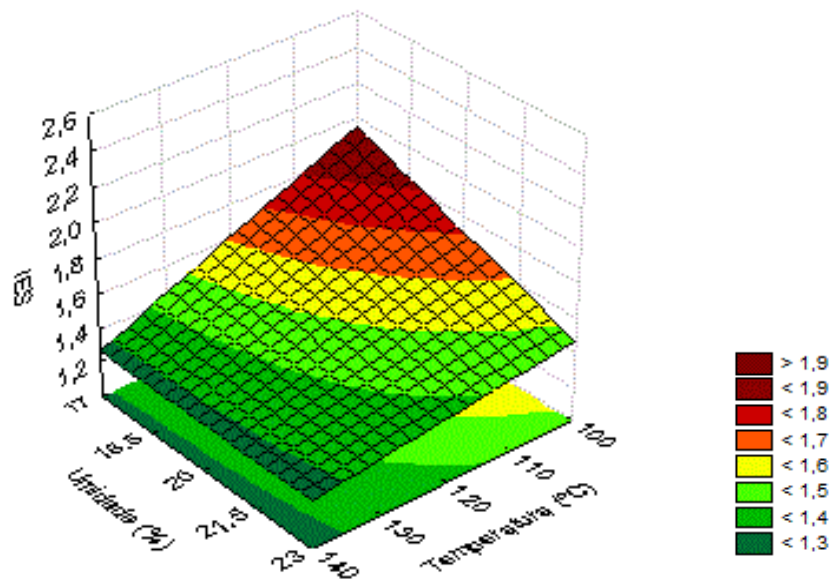


Figura 6. Índice de expansão seccional ($\text{mm}^2 \cdot \text{mm}^{-2}$) do extrusado contendo inclusão da casca de soja (%) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)

Foram significativos os efeitos simples de inclusão de casca de soja ($p < 0,002477$) temperatura ($p < 0,002443$) e teor de umidade ($p < 0,009070$) sobre o índice de expansão longitudinal (IEL) dos extrusados. A amplitude dos valores observados foi de 0,64 – 0,94 ($\text{mm} \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm} \cdot \text{g}^{-1}$) sendo que o menor valor foi observado quando houve a combinação da menor inclusão de casca de soja, menor temperatura e menor umidade. Observou-se que os valores IES e IEL são inversamente proporcionais pois o índice de expansão longitudinal está relacionado com a velocidade da massa extrusada. Valores próximos a 0,90 ($\text{mm} \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm} \cdot \text{g}^{-1}$) indicam que a massa está sendo extrusada por inteira e valores próximos a 1,0 ($\text{mm} \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm} \cdot \text{g}^{-1}$) indicam que a massa está passando pela matriz extrusora a uma velocidade que a massa não está expandindo.

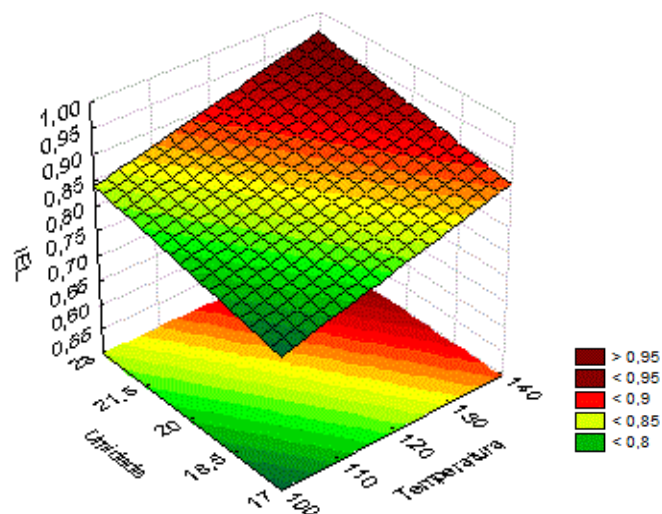


Figura 7. Índice de expansão longitudinal ($\text{mm} \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm} \cdot \text{g}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da casca de soja (%) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)

Foram significativos os efeitos simples de temperatura ($p < 0,004557$), umidade ($p < 0,001422$), bem como as interações do teor de casca de soja x umidade ($p < 0,012572$) e temperatura x umidade ($p < 0,005207$) sobre o índice de expansão volumétrico (IEV). Os valores observados de IEV com a inclusão de casca de soja foram de 1,15 – 1,59 ($\text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$), onde o valor de 1,15 $\text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ apresentou maior umidade de 23%, e o valor 1,59 $\text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ apresentou menor umidade de 17%. Observou-se que a amplitude do intervalo não foi alterada pela inclusão de casca de soja e sim, pela temperatura e umidade. O IEV indica o grau de porosidade do *kibble* assim, a combinação de 20% de inclusão de CS, 100°C e 23% umidade apresentou-se mais compacto por ter a maior umidade na massa.

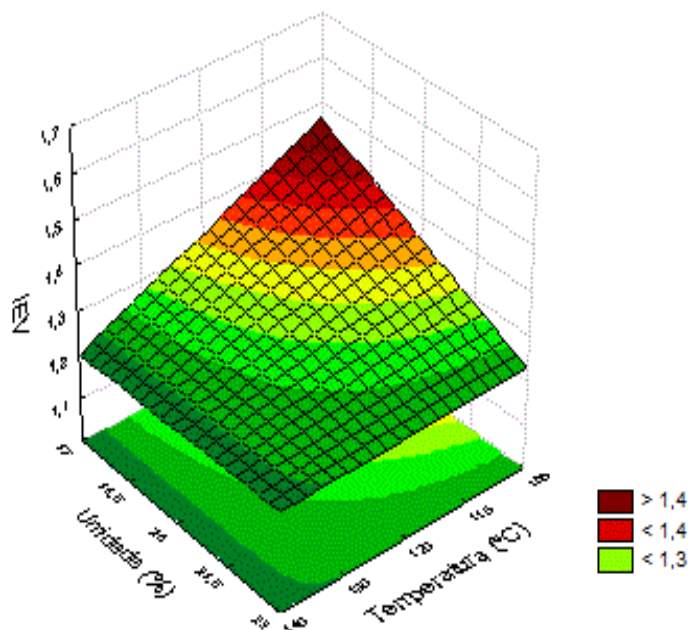


Figura 8. Índice de expansão volumétrica ($\text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)

A medida para quebra da parede dos extrusados, correspondente a dureza do produto e chama-se força de ruptura estrutural. Dessa forma, observou-se efeito significativo do teor de inclusão de casca de soja ($p < 0,043069$) e temperatura ($p < 0,025663$) sobre a propriedade mecânica. Os valores médios foram entre 112,40 – 245,71 Newtons para o extrusado contendo casca de soja (Tabela 5), sendo que o menor valor foi observado no concentrado obtido com o menor teor de casca de soja (20%), menor temperatura (100°C) e menor umidade (17%). Segundo Jozinovic et al. (2012) desenvolvendo produtos oriundo da extrusão contendo milho, o fator que determinou a textura dos produtos foi a umidade. Extrusados mais crocantes e menor dureza foram os produtos com menor teor de umidade.

O sistema desenvolvido por Werner et al. (2016) identifica por meio de um sensor automático a atividade mastigatória dos equinos. A força e a frequência das mastigações são expressos em milibar. O sensor poderia ser utilizado para auxiliar na compreensão do comportamento ingestivo e, conseqüentemente, nas interpretações sobre a textura dos alimentos concentrados modificados termoplasticamente. Conseqüentemente, a indústria buscaria compreender a força e a frequência da mastigação para o desenvolvimento de produtos comerciais que possam mimetizar o padrão ingestivo natural do cavalo.

Tabela 6. Densidade aparente, índice de expansão seccional, índice de expansão longitudinal e índice de expansão volumétrico em função dos valores reais para teor de inclusão de casca de soja, temperatura e umidade

Casca de Soja	Temperatura	Umidade	Densidade aparente	Índice de expansão seccional	Índice de expansão longitudinal	Índice de expansão volumétrico
%	°C	%	kg/m ³	mm ² ·mm ⁻²	mm·g ⁻¹ /mm·g ⁻¹	mm ³ ·g ⁻¹ /mm ³ ·g ⁻¹
20	100	17	833 ± 27	2.51 ± 0.16	0.64 ± 0.03	1.59 ± 0.52
40	100	17	899 ± 31	1.94 ± 0.08	0.75 ± 0.01	1.46 ± 0.05
20	140	17	1024 ± 32	1.74 ± 0.11	0.75 ± 0.03	1.30 ± 0.04
40	140	17	1068 ± 40	1.35 ± 0.07	0.91 ± 0.03	1.23 ± 0.04
20	100	23	1144 ± 76	1.57 ± 0.14	0.74 ± 0.04	1.15 ± 0.07
40	100	23	1043 ± 48	1.50 ± 0.09	0.83 ± 0.03	1.25 ± 0.06
20	140	23	1141 ± 45	1.36 ± 0.06	0.84 ± 0.03	1.15 ± 0.05
40	140	23	1044 ± 33	1.32 ± 0.06	0.94 ± 0.07	1.24 ± 0.04
30	120	20	1036 ± 37	1.57 ± 0.06	0.81 ± 0.03	1.27 ± 0.05
30	120	20	1053 ± 28	1.57 ± 0.04	0.80 ± 0.02	1.25 ± 0.03
30	120	20	1094 ± 18	1.55 ± 0.09	0.79 ± 0.07	1.21 ± 0.10
30	120	20	1055 ± 31	1.51 ± 0.06	0.83 ± 0.03	1.25 ± 0.04

Média ± desvio padrão

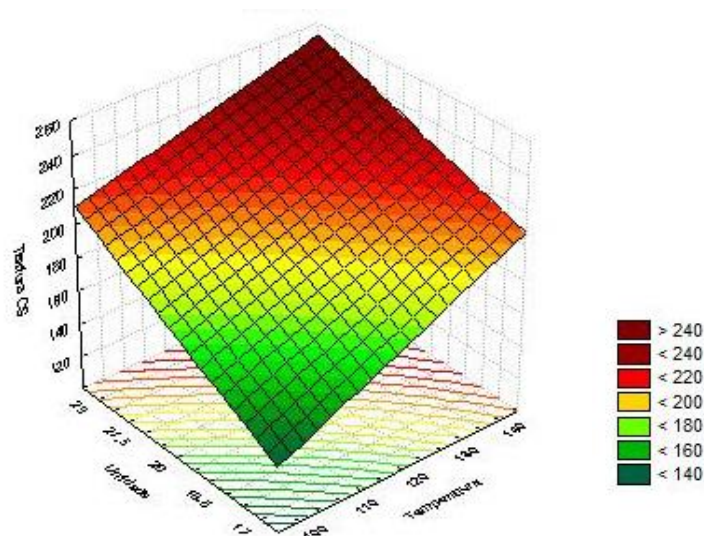


Figura 9. Propriedade mecânica (N) dos concentrados extrusados contendo inclusão de casca de soja em função da temperatura (°C) e umidade (%)

O índice de solubilidade em água (ISA) e o índice de absorção de água (IAA) são as principais propriedades para compreender o amido extrusado quando está com quantidade excessiva de água. O ISA avalia a quantidade de sólidos solúveis em função da quebra, degradação e a solubilização do amido. Segundo Al-Rabadi et al. (2011) ISA indica a quantidade de polissacarídeos solúveis encontrados quando estão em um meio com excesso de água. Não houve efeito significativo sobre o ISA contendo casca de soja ($p > 0,05$), sendo que os valores médios observados foram de $3,90 - 6,17 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Tabela 6). Houve indicativo (Figura 22) que quanto maior teor da umidade da massa e menor temperatura, o extrusado apresenta maior índice de solubilidade em água.

Durante o cozimento por extrusão, o material que está sendo inserido no equipamento é aquecido pela geração de calor por fricção devido às forças de cisalhamento que o parafuso exerce. O aumento da temperatura é diretamente proporcional à quantidade de trabalho realizado e, geralmente, deve ser superior à temperatura de fusão/temperatura de transição vítrea dos polímeros. 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). A entrada de energia necessária para a conversão do amido é geralmente uma função do tamanho, forma e arranjo estrutural das regiões semicristalinas presentes nos grânulos de amido (CARVALHO et al., 2010).

A amilose que é um polissacarídeo linear, que existe em forma helicoidal, e a celulose é um homoglicano linear que tem estrutura plana. Esses polímeros tem a facilidade em se aproximar e formar cadeias moleculares com baixo grau de irregularidade permitindo a estabilidade de zonas cristalinas. Assim, esses polímeros têm força e resistência à tração e alta insolubilidade (BeMILLER e HUBER, 2008), podendo contribuir na geração de calor por atrito, sob-baixa atividade de água, aumentando o torque e entrada de energia.

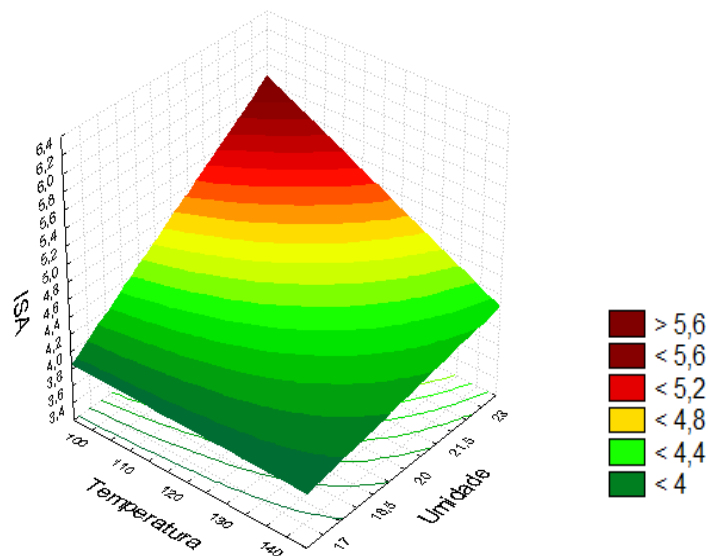


Figura 10. Índice de solubilidade em água ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)

Segundo Dogan e Karwe (2003) o índice de absorção de água (IAA) mede a modificação do amido. No presente estudo o IAA foi superior quando a umidade e temperatura tiveram no seu teor máximo pré-estabelecidos entre 23% e 140 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente. O maior IAA ocorreu no extrusado que continha 30% de inclusão de casca de soja, 120 $^{\circ}\text{C}$ de temperatura e 20% de umidade com valor 5,28 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ sendo que depende da disponibilidade dos grupos hidrofílicos e da capacidade de formar gel das moléculas de amido (GUHA et al., 1998). No presente estudo, observou-se que o *kibble* que mais absorveu água encontrava-se entre os valores medianos de temperatura e inclusão de casca de soja. Os

valores observados de IAA foram próximos aos valores encontrados por Silva et al. (2013) para extrusado para humano a base de milho, que variou de 4,35 a 6,06 g gel/g de MS.

Observou-se efeito simples significativo da temperatura ($p < 0,005186$) e umidade ($p < 0,009828$) sobre a energia mecânica específica (EME). O extrusado com 40% de CS, 100°C e 17% de umidade apresentou maior valor de 296,26 kJ.kg⁻¹, seguido pelo extrusado que continha 20% de CS com valor de 278,70 kJ.kg⁻¹, em seguida pelo extrusado com 23% de umidade com valor de 234,91 kJ.kg⁻¹ e, por último, extrusado com 23% de umidade com valor de 154,02 kJ.kg⁻¹, o que pode estar correlacionado com menor gasto de energia do equipamento e com o teor elevado de umidade nos tratamentos pela diminuição de atrito mecânico ao deslocar o material fundido até a saída da matriz extrusora. Fato também observado por Torres et al. (2005), material extrusado com alto teor de umidade exerce ação

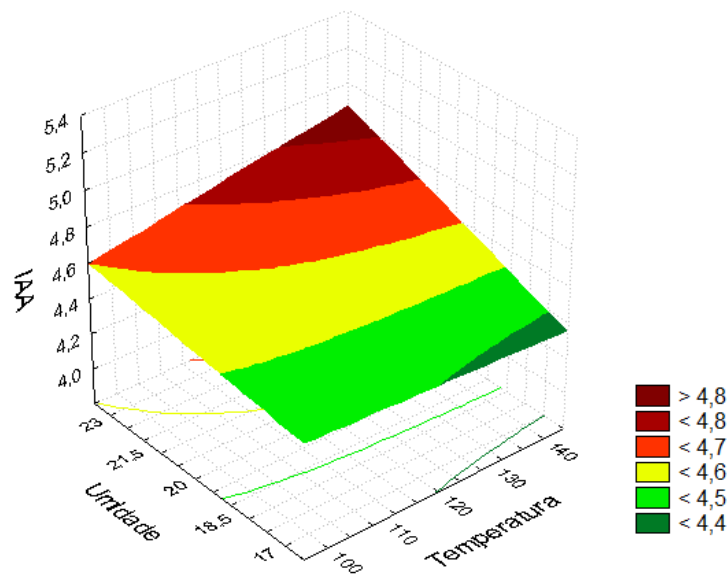


Figura 11. Índice de absorção de água (g.g⁻¹) dos extrusados contendo inclusão da casca de soja em função da temperatura (°C) e umidade (%)

lubrificante tornando a vazão mais fácil e com consequente redução da EME.

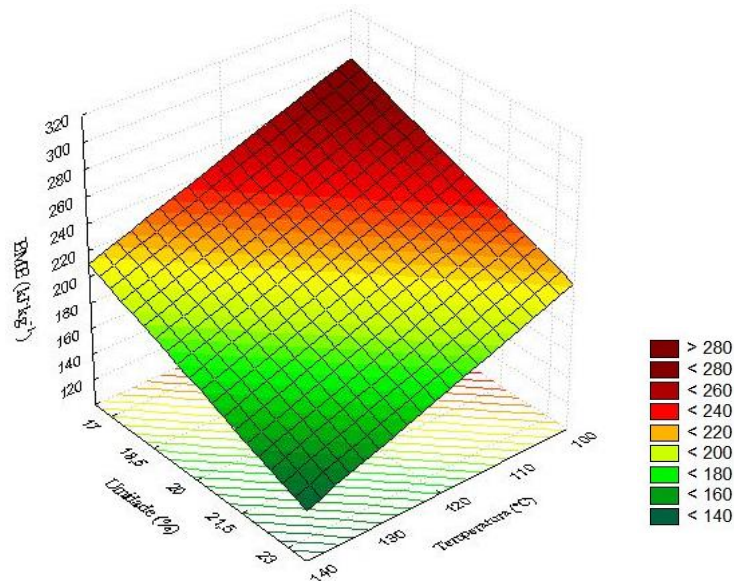


Figura 12. Energia mecânica específica (kJ.kg^{-1}) dos extrusados contendo inclusão de casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)

Ainda que os fatores de teor de inclusão de CS, temperatura e umidade influenciem nas características finais do produto de concentrados extrusados contendo 20, 30 e 40% de CS em substituição do milho em grão, e que alguns possam apresentar maior expansão que outros, a produção dos concentrados expandidos foi factível, mesmo com significativa inclusão de fibra altamente fermentescível.

Foi fixado o valor de 40% de inclusão de polpa de beterraba para descrever o efeito da superfície de resposta para avaliar a viabilidade da produção industrial dos concentrados experimentais. Sendo a polpa de beterraba uma matéria prima difundida na alimentação animal por ser fonte de fibra rica em energia (MOORE-COLYER et al., 2002) proveniente da composição química de fibra altamente fermentescível.

Não houve efeito significativo nos concentrados contendo inclusão de polpa de beterraba sobre a densidade aparente ($p > 0,05$). Os maiores valores observados de DA, sendo 1200 kg.m^{-3} nos extrusados contendo 40 % polpa de beterraba (Tabela 7). Como não houve efeitos significativos, a superfície de resposta não pode ser construída.

O teor de inclusão de polpa de beterraba foi significativo ($p < 0,025217$) assim, como a temperatura ($p < 0,031206$) e a interação entre a temperatura x umidade ($p < 0,036727$) sobre o índice de expansão seccional (IES). O IES variou entre 1,17 – 1,68 ($\text{mm}^2 \cdot \text{mm}^{-2}$) sendo que o menor valor foi observado com teores de inclusão de 40% PBE, 140°C e 23% U (Tabela 7).

Tabela 7. Força mecânica, Índice de solubilidade em água, índice de absorção de água e energia mecânica específica em função dos valores reais para teor de inclusão de casca de soja, temperatura e umidade

Casca de Soja	Temperatura	Umidade	Força mecânica	Índice de solubilidade em água	Índice de absorção de água	Energia mecânica específica
%	°C	%	Newton	g.100 g ⁻¹	g.g ⁻¹	kJ.kg ⁻¹
20	100	17	112,40 ± 16,96	4,83 ± 0,21	5,06 ± 0,07	278,70 ± 10,37
40	100	17	151,20 ± 17,75	6,17 ± 0,30	4,38 ± 0,18	296,26 ± 4,85
20	140	17	187,49 ± 34,05	5,24 ± 0,64	4,45 ± 0,25	211,10 ± 4,76
40	140	17	196,92 ± 20,18	5,49 ± 0,86	4,02 ± 0,26	206,66 ± 66,74
20	100	23	143,16 ± 28,66	4,10 ± 0,43	4,39 ± 0,21	212,57 ± 8,29
40	100	23	198,71 ± 24,00	5,46 ± 1,43	4,55 ± 0,44	234,91 ± 16,25
20	140	23	181,20 ± 20,82	3,90 ± 0,89	4,34 ± 0,23	154,02 ± 17,93
40	140	23	245,71 ± 31,80	4,43 ± 0,03	4,75 ± 0,20	155,61 ± 14,09
30	120	20	181,62 ± 29,49	4,26 ± 0,15	5,13 ± 0,15	199,61 ± 18,60
30	120	20	186,09 ± 18,95	4,40 ± 0,57	5,28 ± 0,28	179,84 ± 17,55
30	120	20	177,68 ± 26,96	5,43 ± 0,53	4,15 ± 0,18	193,89 ± 22,12
30	120	20	216,32 ± 22,64	4,90 ± 0,27	4,15 ± 0,15	214,08 ± 52,89

Média ± desvio padrão

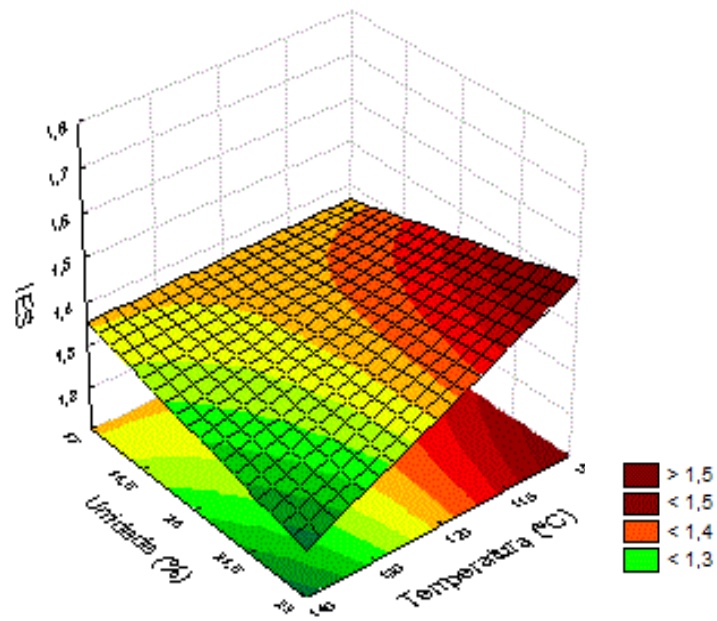


Figura 13. Índice de expansão seccional ($\text{mm}^2 \cdot \text{mm}^{-2}$) do extrusado contendo inclusão de polpa de beterraba (%) em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)

Foi significativo o efeito da inclusão de polpa de beterraba ($p < 0,031706$) sobre o índice de expansão longitudinal (IEL) dos extrusados. Os valores médios observados foram de $0,76 - 0,93 \text{ mm} \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm} \cdot \text{g}^{-1}$, sendo valor $0,76 \text{ mm} \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm} \cdot \text{g}^{-1}$ referente à combinação de 20% de polpa de beterraba, 100°C e 23% de umidade. Enquanto que os valores superiores foram observados na combinação que continha teor de inclusão de 40% de polpa de beterraba, 140°C e 17% de umidade (Tabela 7).

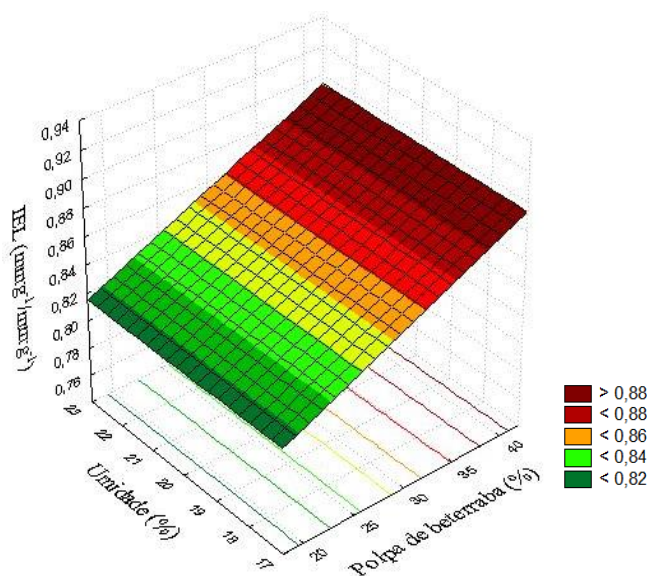


Figura 14. Índice de expansão longitudinal ($\text{mm.g}^{-1}/\text{mm.g}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)

Não foram significativos os efeitos da inclusão da polpa de beterraba sobre o índice de expansão volumétrico (IEV) dos extrusados ($p > 0,05$). Assim, a amplitude dos valores médios observados foi de $1,01 - 1,42 \text{ mm}^3.\text{g}^{-1}/\text{mm}^3.\text{g}^{-1}$ (Tabela 7). Como não houve efeitos significativos, a superfície de resposta não pôde ser construída.

Tabela 8. Densidade aparente, índice de expansão seccional, índice de expansão longitudinal e índice de expansão volumétrico em função dos valores reais para teor de inclusão de polpa de beterraba, temperatura e umidade

Polpa de Beterraba	Temperatura	Umidade	Densidade Aparente	Índice de expansão Seccional	Índice de expansão longitudinal	Índice de expansão volumétrico
%	°C	%	kg/m ³	mm ² ·mm ⁻²	mm·g ⁻¹ /mm·g ⁻¹	mm ³ ·g ⁻¹ /mm ³ ·g ⁻¹
20	100	17	1092 ± 42	1,41 ± 0,06	0,86 ± 0,01	1,21 ± 0,05
40	100	17	1143 ± 53	1,30 ± 0,06	0,89 ± 0,01	1,16 ± 0,06
20	140	17	1083 ± 34	1,47 ± 0,07	0,83 ± 0,03	1,22 ± 0,04
40	140	17	1167 ± 34	1,22 ± 0,05	0,93 ± 0,04	1,14 ± 0,03
20	100	23	1068 ± 41	1,63 ± 0,07	0,76 ± 0,02	1,24 ± 1,24
40	100	23	1048 ± 40	1,41 ± 0,09	0,89 ± 0,02	1,26 ± 0,08
20	140	23	1112 ± 60	1,27 ± 0,06	0,87 ± 0,03	1,10 ± 0,06
40	140	23	1200 ± 36	1,17 ± 0,03	0,86 ± 0,02	1,01 ± 0,04
30	120	20	1033 ± 51	1,56 ± 0,08	0,82 ± 0,03	1,27 ± 0,06
30	120	20	1027 ± 40	1,56 ± 0,10	0,82 ± 0,04	1,28 ± 0,05
30	120	20	938 ± 115	1,68 ± 0,20	0,84 ± 0,03	1,42 ± 0,19
30	120	20	944 ± 130	1,63 ± 0,23	0,87 ± 0,04	1,42 ± 0,19

Média ± desvio padrão

Não houve efeito significativo sobre as variáveis contendo polpa de beterraba sobre a força mecânica (N) ($p>0,05$). A amplitude dos valores foram de 134,16 - 242,19 Newtons, que se diferenciaram entre as variáveis contendo 30% de inclusão de polpa de beterraba, temperatura a 120°C e 20% de umidade, para a combinação contendo 40% inclusão de polpa de beterraba, temperatura a 140°C e 17% de umidade, respectivamente (Tabela 8). Concluindo que a presença da fibra em 40%, alta temperatura e baixa umidade apresentou produção de *kibble* com mais dureza.

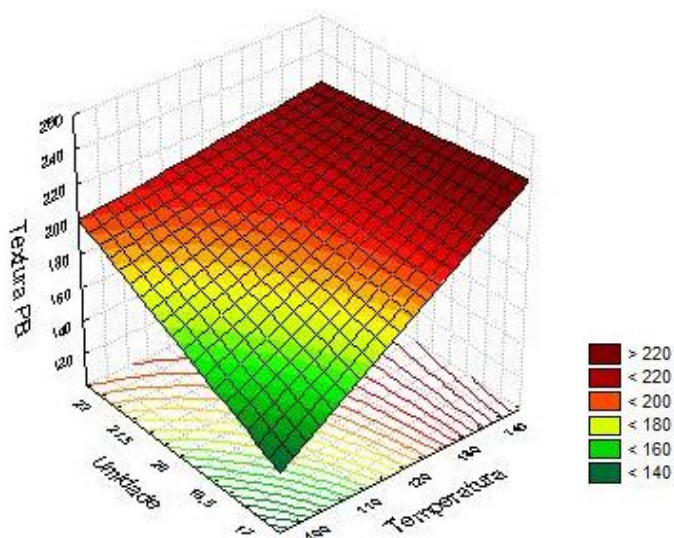


Figura 15. Propriedade mecânica (N) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura (C°) e umidade (%)

O índice de solubilidade avalia a quantidade de sólidos solúveis, que se relaciona com o grau de dextrinização do amido. As interações moleculares entre o amido degradado e componentes proteicos e lipídicos podem levar ao aumento do peso molecular, podendo consequentemente, diminuir a solubilidade e assim o ISA (DOGAN e KARWE, 2003). O amido pode ser encontrado em diferentes formas no extrusado (cru, gelatinizado ou dextrinizado), portanto, alguns grânulos podem estar parcialmente processados, enquanto alguns podem estar sobreprocessado ou dextrinizado (GOMEZ et al., 1988). Este fato foi comprovado pela ampla faixa dos valores observados de ISA contendo polpa de (Tabela 9).

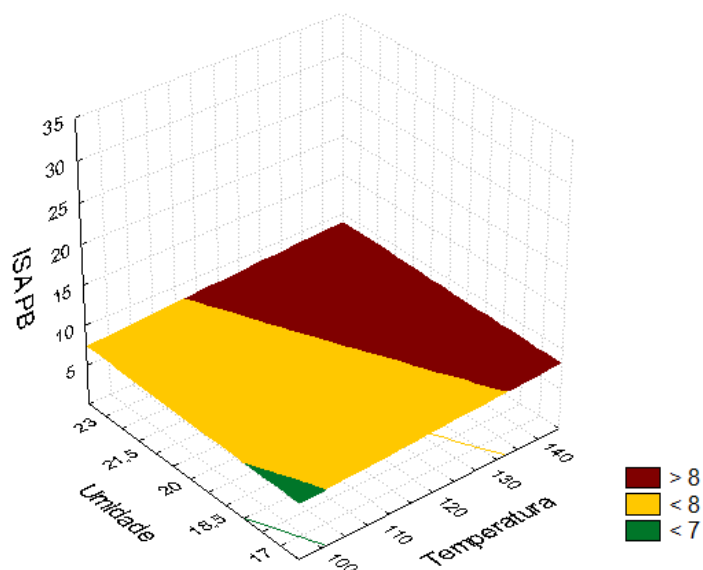


Figura 16. Índice de solubilidade em água ($\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)

O índice de absorção de água (IAA) depende da disponibilidade dos grupos hidrofílicos e da capacidade de formação de gel das macromoléculas de amilopectina e amido. Os valores médios obtidos do IAA dos extrusados com polpa de beterraba variaram entre $3,13 - 5,74 \text{ (g}\cdot\text{g}^{-1})$ e não houve efeito significativo ($p > 0,05$) em nenhuma fonte de variação. Porém, os valores com a menor percentagem de umidade (17%) e maior temperatura (140°C) causaram um IAA em torno de $3,13 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$, ou seja, com pouca modificação do amido nesses concentrados.

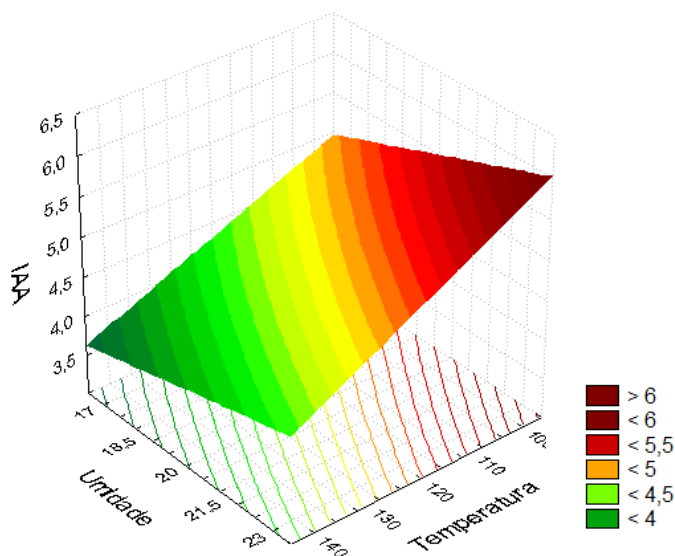


Figura 17. Índice de absorção de água ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%)

Os resultados observados em energia mecânica específica (EME) para os extrusados contendo polpa de beterraba foram significativos para as interações do teor de inclusão de polpa de beterraba*umidade ($p < 0,030779$); e temperatura*umidade ($p < 0,020444$). Observou-se valores elevados para a combinação com 30% de inclusão de polpa de beterraba, temperatura a 120°C e 20% umidade com valores de EME de 225,53 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, e de menor valor para combinação com 40% de inclusão de polpa de beterraba, temperatura a 140 °C e 17% de umidade com valores de EME de 128,10 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ possivelmente devido a diferença entre as quantidades de material fibroso em cada extrusado estudado.

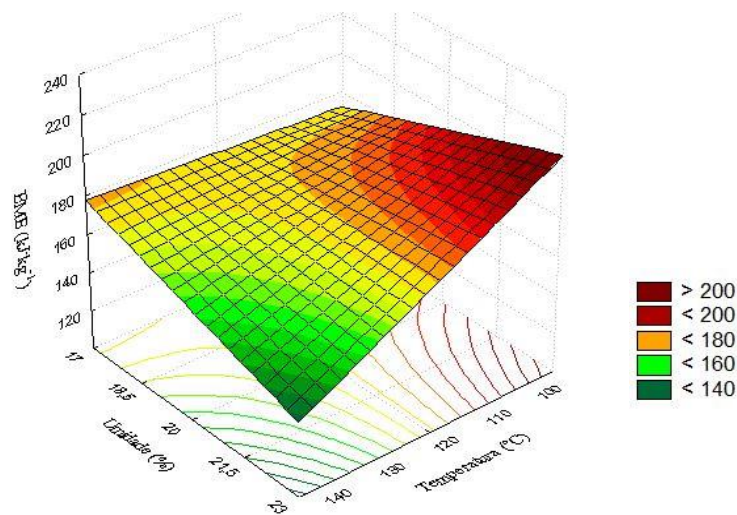


Figura 18. Energia mecânica específica ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) do extrusado contendo inclusão da polpa de beterraba em função da temperatura (°C) e umidade (%)

Tabela 9. Força mecânica, índice de solubilidade em água, índice de absorção de água e energia mecânica específica em função dos valores reais para teor de inclusão de polpa de beterraba, temperatura e umidade

Casca de Soja	Temperatura	Umidade	Força mecânica	Índice de solubilidade em água	Índice de absorção de água	Energia mecânica específica
%	°C	%	Newton	g.100 g ⁻¹	g.g ⁻¹	kJ.kg ⁻¹
20	100	17	166,08 ± 32,42	5,11 ± 0,04	3,40 ± 0,19	141,40 ± 8,11
40	100	17	151,34 ± 28,17	4,98 ± 0,14	4,41 ± 0,12	144,87 ± 5,54
20	140	17	228,83 ± 40,37	5,22 ± 0,53	3,93 ± 0,24	190,54 ± 7,86
40	140	17	242,19 ± 42,44	5,10 ± 0,11	4,47 ± 0,16	128,10 ± 22,51
20	100	23	185,75 ± 37,75	4,59 ± 0,20	4,99 ± 1,00	167,13 ± 11,72
40	100	23	212,73 ± 36,03	5,05 ± 0,74	5,74 ± 0,26	206,14 ± 52,72
20	140	23	215,94 ± 59,59	5,79 ± 0,38	3,74 ± 0,02	140,95 ± 5,41
40	140	23	224,65 ± 46,28	6,35 ± 0,38	4,48 ± 0,13	133,40 ± 19,35
30	120	20	213,56 ± 32,25	6,03 ± 0,49	3,40 ± 0,19	209,34 ± 11,10
30	120	20	201,99 ± 31,62	5,56 ± 0,32	4,41 ± 0,12	207,82 ± 18,47
30	120	20	140,40 ± 21,88	32,29 ± 14,23	3,93 ± 0,24	201,27 ± 7,14
30	120	20	134,16 ± 31,55	6,56 ± 2,54	4,47 ± 0,16	225,53 ± 54,51

Média ± desvio padrão

Foi realizada análise de força específica com produtos existentes no mercado destinado ao consumo equino com o objetivo de avaliar o parâmetro de dureza (N) dos materiais extrusados em comparação com os concentrados experimentais do presente estudo.

Valores observados na Tabela 10 são referentes à média da força específica de rupturas estruturais. Observou-se que a dureza dos *kibbles* dos concentrados comerciais foram superiores aos confeccionados com 40% de casca de soja ou polpa de beterraba. Adicionalmente, os *kibbles* desenvolvidos no presente estudo apresentaram durezas próximas, com valores entre 65,92 – 80,74 N, respectivamente. Não foi realizada a análise de finos, mas observou-se que não foram formados finos após a manipulação dos sacos e armazenamento durante toda a fase experimental.

A crocância de produtos corresponde à fragilidade e depende da espessura da célula de ar, tamanho e distribuição destas associadas aos efeitos sonoros (BOUVIER et al., 1997). Observou-se no presente estudo, por análise descritiva, que os concentrados experimentais apresentaram valores inferiores de força específica de rupturas estruturais pela possibilidade de terem maior quantidade de células de ar dentro de sua estrutura, o que gera maior crocância e menor força.

Tabela 10. Força específica de rupturas estruturais (N) de seis extrusados comerciais e dois extrusados experimentais contendo 40% de casca de soja (CS) e 40% polpa de beterraba (PBE)

Concentrados	Força (N)
A ¹	215,94 ± 78,01
B ¹	185,84 ± 41,73
C ¹	145,79 ± 56,92
D ¹	283,78 ± 83,80
E ¹	217,60 ± 65,10
F ¹	228,55 ± 49,56
40% CS ²	80,74 ± 49,56
40% PBE ²	65,92 ± 49,56

¹Kibbles de concentrados comerciais; ²Concentrado extrusado experimental; Média ± Desvio padrão; CS: casca de soja; PBE: polpa de beterraba.

Os dados da viscosidade em pasta (cP) foram realizados por análise descritiva que considerou dois tipos de concentrados em diferentes formas físicas. Dois concentrados farelados, um contendo 40% de casca de soja e outro com 40% de polpa de beterraba, que não passaram por nenhuma modificação térmica apenas física para redução do tamanho das partículas e os mesmos concentrados após modificação termoplástica.

Observou-se (figura 19) a diferença entre o concentrado farelado e extrusado contendo 40% casca de soja. Quando ocorre o pico da viscosidade no aumento da temperatura, em torno dos 38,8°C correspondente a temperatura interna do animal segundo Stokes et al., (2012), como ocorreu com a casca de soja farelada, conclui-se que está ocorrendo modificação e a quebra do amido neste momento. O segundo pico, referente ao concentrado farelado, refere-se ao fenômeno de retrogradação do amido que ocorre em temperaturas mais baixas, em torno de 25°C. Isso ocorre pelo fato que a amilose desprendida do grânulo de

amido se une novamente formando assim, a viscosidade do produto. Fenômeno pouco observado no concentrado extrusado, que tem tendência a formar pico de viscosidade a frio (Vf), isto é, em temperaturas mais baixas do perfil estipulado e também a presença de fibras altamente fermentecíveis que podem dificultar a ligação da amilose presente no meio no momento do efeito de retrogradação, ou seja, o processo de extrusão diminuiu a viscosidade (Figura 19). Característica de produtos extrusados que sofreram a modificação do amido mais intensa e, por isso, são produtos mais digestíveis. Segundo Meyer et al. (1993) o milho teve a digestibilidade pré ileal elevada para 90,1% após extrusão, enquanto que o milho moído apresentou 45,6%.

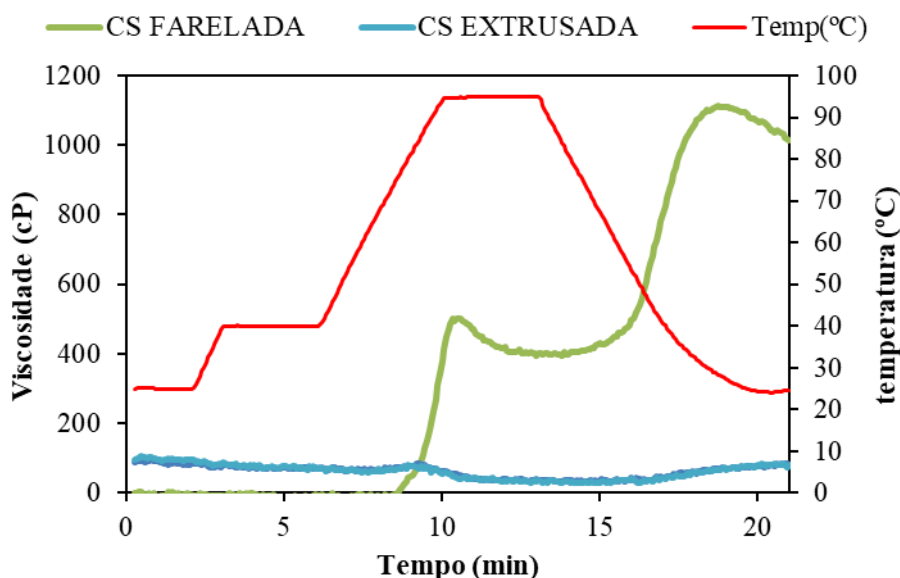


Figura 19. Viscosidade de pasta (cP) de casca de soja farelada e extrusada

A capacidade do grânulo de amido em adsorver água é controlada pela estrutura cristalina do grânulo, adicionalmente, temos o efeito das fontes de fibra de elevada capacidade adsorviva interagindo com a amilose. Quando o amido é exposto ao aquecimento é quando ocorre a quebra de ligações de hidrogênio dentro do grânulo e, conseqüentemente, os grânulos de amido aumentam de volume com a interação com a água formando a gelatinização do amido. Assim, os grânulos de amidos continuam a aumentar o volume e assim, a amilose começa a se deslocar de dentro do grânulo.

Observa-se que os valores de viscosidade de pasta se diferenciam entre o concentrado farelado contendo casca de soja e polpa de beterraba. A Vp contendo casca de soja foi de 502 cP enquanto o concentrado contendo polpa de beterraba apresentou 685 cP (Tabela 11), indicando que o concentrado contendo polpa de beterraba sem extrusão obteve maior viscosidade da pasta.

A capacidade de adsorção de água da fibra é muito influenciada por sua composição, estrutura física e tamanho de partícula (POTTY, 1996). Segundo Lentle et al. (2008) o grau de solubilidade dos componentes da fibra depende da esterificação do ácido galacturônico e da composição das cadeias laterais, estes componentes representam a fração solúvel da fibra: betaglucanas, pectinas e gomas formam soluções coloidais, contribuindo para o aumento da viscosidade da digesta. Moore-Colyer et al (2002) compararam a composição química de feno de gramínea, casca de aveia com o grão, polpa de beterraba e casca de soja e observaram teores de carboidratos não amiláceos superiores na polpa de beterraba e casca de soja, com valores de 488 e 492g /Kg de MS, respectivamente. Sendo que desta fração 135 e 89 g/Kg de

MS foram de ácido urônico na polpa e casca de soja, respectivamente. Esta substância apresenta alta capacidade higroscópica, confirmada pois foram as duas matérias primas que retiveram maior quantidade de água por unidade de peso, com valores de 7,31 e 5,45 ml/g de MS, respectivamente. Contudo, a inclusão de carboidratos rapidamente fermentescíveis pode elevar a concentração energética da dieta em equinos, reduzindo a necessidade da inclusão de amido, bem como reduz a susceptibilidade a acidose (COVERDALE et al., 2004). Assim sendo, os valores superiores de viscosidade observados no presente estudo nos concentrados farelados são justificadas pela presença do amido e do tipo de fibra das matérias primas utilizadas. No entanto, os valores de viscosidade reduziram após a extrusão, conseqüentemente, o tratamento térmico atuou sobre a fração fibra, reduzindo a viscosidade e melhorando as propriedades da digesta para a digestão proximal no intestino delgado dos equinos.

O fenômeno da retrogradação é um processo no qual as cadeias de amiloses que saíram do grânulo de amido e estão suspensas no meio, se aglomeram e formam ligações de hidrogênio. Então, a retrogradação é o endurecimento do gel de amido que se forma durante o resfriamento da pasta. A Tr do concentrado contendo casca de soja foi de 719 cP e de polpa de beterraba foi de 758 cp. Quanto ao concentrado farelado contendo casca de soja, observou-se menor valor de viscosidade em todo o perfil em comparação à polpa de beterraba (Tabela 11), o que pode indicar a presença de amido no concentrado com PBE com certa integridade molecular, típico do amido cru e a presença do tipo de fibra.

Tabela 11. Temperatura de pasta, viscosidade de pasta (cP), quebra da viscosidade (cP) e a tendência a retrogradação (cP) do concentrado farelado contendo casca de soja e polpa de beterraba no tempo de 21 minutos

Parâmetros de RVA	Casca de Soja	Polpa de Beterraba
Temperatura de pasta (Tp)	85,5°C	85,5°C
Viscosidade de pasta (Vp) ¹	502	685
Quebra da viscosidade (Qv) ²	106	162
Tendência a retrogradar (Tr) ³	719	758

¹valor máximo da viscosidade; ²momento que ocorre a diminuição da viscosidade; ³valor máximo atingido no efeito de retrogradação

O valor da Vf referente à viscosidade ao atingir 25°C foi menor no extrusado contendo casca de soja, de 105 cP. Os valores de viscosidade a quente foram de 79 cP e quebra da viscosidade foi de 77 cP, também menores, em comparação ao extrusado com polpa de beterraba sendo 137 cP e 120 cP, respectivamente. A Tr do extrusado contendo casca de soja de 57 cP foi maior em comparação com o extrusado, contendo polpa de beterraba com valores de 43 cP (Tabela 12).

Tabela 12. Viscosidade a frio (Vf), Viscosidade a quente (Vq), Quebra da viscosidade (Qv) e tendência a retrogradação (Tr) do concentrado extrusado contendo casca de soja e polpa de beterraba no tempo de 21 minutos

Parâmetros de RVA	Casca de Soja (cP)	Polpa de Beterraba (cP)
Viscosidade a frio (Vf) ¹	105	183
Viscosidade a quente (Vq) ²	79	137
Quebra da viscosidade (Qv) ³	77	120
Tendência a retrogradar (Tr) ⁴	57	43

¹valor máximo da viscosidade ao atingir 25°C; ²valor máximo da viscosidade ao atingir 80°C; ³momento que ocorre a diminuição da viscosidade; ⁴valor máximo da viscosidade ao atingir o efeito de retrogradação

O perfil de viscosidade de pasta do concentrado farelado e extrusado contendo 40% polpa de beterraba apresenta semelhança ao perfil de viscosidade de CS. Porém, o concentrado extrusado contendo PB obteve valor de 43 cP apresentando valor inferior ao concentrado extrusado contendo CS de 57 cP para tendência a retrogradação.

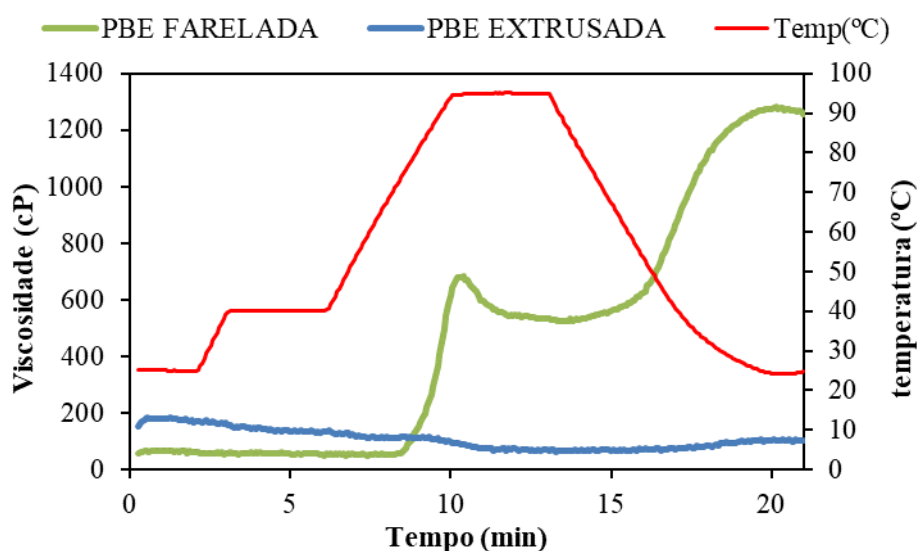


Figura 20. Viscosidade de pasta (cP) de polpa de beterraba farelada e extrusada

A modificação do amido e fibras rapidamente fermentescíveis (HOFFMAN et al., 2003) que ocorre pelo processo de extrusão apresentou resultados positivos nos concentrados experimentais contendo 40% de CS e 40% de PBE, pois obteve valores de viscosidade abaixo de 200 cP assim sendo, existe a possibilidade de produção destes concentrados extrusados para a alimentação de equinos, uma vez que existe redução da viscosidade da digesta (LENTLE et al., 2008).

É possível que outras fontes de fibra, provenientes de matérias primas distintas possam ser incluídas na formulação de produtos extrusados destinados ao consumo equino. Contudo, até o presente momento é possível confirmar que a inclusão de até 40% de CS ou PBE permite a confecção sem comprometer a qualidade do *kibble*.

Após a confecção dos concentrados experimentais foram escolhidos dois concentrados para produção em maior quantidade para o teste de aceitabilidade, ambos contendo 40% de inclusão de fonte de fibra das matérias primas CS ou PBE. Que foram confeccionados de

acordo com os parâmetros industriais de regulação da máquina descritos anteriormente (40% de inclusão de matéria fibrosa, 120°C e 17% umidade). Em seguida, estes concentrados foram oferecidos aos animais para a realização do teste de comportamento ingestivo, consumo e índice glicêmico.

Quanto ao consumo de matéria seca dos concentrados por 3 minutos, não se observou efeito de interação entre o concentrado e dias de adaptação ($p=0,5605$), contudo observou-se efeito significativo no consumo de MS do concentrado ($p=0,0109$) após 20 dias de oferecimento. O concentrado extrusado contendo 40% de casca de soja apresentou maior consumo médio de 115,2 g de MS/3 minutos, quando comparado ao valor médio de 66,4 g de MS/3 minutos do concentrado contendo polpa de beterraba. Segundo Coverdale et al. (2004), os autores avaliaram a palatabilidade de alimentos contendo casca de soja em diferentes níveis de substituição do feno de alfafa. Observaram um consumo de 97% de MS no alimento contendo 25% de casca de soja, 99% de consumo de MS no alimento com 50% mas, para o alimento que continha o teor máximo de inclusão, 75% de casca de soja, foi de 93% de consumo de MS indicando ingestão limitada pela palatabilidade do alimento.

Houve efeito significativo dos dias de adaptação aos concentrados ($p=0,0000$), sendo que o menor valor médio de consumo ocorreu no primeiro dia de fornecimento com o valor de 50,4 g de MS/3 minutos (Tabela 13). No quinto dia de adaptação o valor médio observado elevou-se para 82,6 g de MS/3 minutos e a partir do décimo dia ao vigésimo houve aumento do consumo, estabilizando-se entre 102,4 a 114,8 g de MS/3 minutos. Tribucci (2013) referiu-se à taxa de ingestão como sendo a quantidade ingerida de cada um dos concentrados em relação ao total de concentrado ingerido, em um período de 3 minutos.

Yamashita et al. (2018), avaliaram a inclusão de casca de soja para cavalos sobre o pH, nitrogênio amoniacal e ácidos de cadeia curta nas fezes. Os níveis de inclusão foram 0, 250, 500 g kg⁻¹ MS de inclusão de CS. Sendo que não alterou valores de pH e concentração de N-NH₃ ($p>0,05$). Porém, houve efeito significativo para os ácidos de cadeia curta ($p<0,05$) apresentando um aumento na concentração indicando mudança no sítio da digestão com a inclusão de CS e para a inclusão de 500 g kg⁻¹ MS. Conclui-se que aumentou a atividade fermentativa.

Tabela 13. Consumo de matéria seca (g) em 3 minutos de concentrados extrusado contendo polpa de beterraba ou casca de soja por 20 dias

Dias	Consumo (g MS/3 minutos)		Média	EPM	Significância		
	Polpa de beterraba	Casca de Soja			Concentrado	Dia	Conc*Dia
1	38,3	62,6	50,4 ^c	10,83	0,0001	0,0003	0,4178
5	47,0	118,2	82,6 ^b				
10	81,9	125,9	104,0 ^{ab}				
15	67,7	137,1	102,0 ^{ab}				
20	97,1	132,4	115,0 ^a				
Média	66,4 ^B	115,2 ^A					

As médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste t-student a 5% de probabilidade para o erro tipo I

Não houve efeito de interação entre o concentrado e dias de adaptação ($p=0,4214$) para a razão de ingestão, contudo, observou-se efeito significativo do concentrado ($p=0,000$) após 20 dias de oferecimento. O concentrado extrusado contendo 40% de casca de soja apresentou razão de ingestão média de 61,8% quando comparado ao valor médio de 33,2% do

concentrado contendo polpa de beterraba. RI sugerida por Carciofi (2008) como um indicativo de preferencia, sendo o valor de referência para o estabelecimento da preferência quando mais de dois alimentos são fornecidos simultaneamente de >30%. No presente estudo considerou-se, por existirem duas opções de escolha, o percentual acima de 50% como o alimento preferido. Dessa forma, houve preferência pelo concentrado contendo casca de soja. Ainda, Kabe (2016) avaliou a RI de concentrados contendo 0, 7, 14, 21 e 28 % de casca de soja e extrusado que não houve efeito significativo ($p>0,05$) entre as escolhas das dietas podendo ser adicionado o nível máximo para a alimentação de equinos.

Tribucci (2013) referiu-se à taxa de ingestão como sendo a quantidade ingerida de cada um dos concentrados em relação ao total de concentrado ingerido, em um período de 3 minutos. Houve efeito significativo dos dias de adaptação aos concentrados ($p=0,0000$), sendo que o menor valor médio de RI foi observado no primeiro dia de fornecimento com o valor de 25,9 %. No quinto dia de adaptação o valor médio observado elevou para 43,8 % e a partir do décimo dia ao vigésimo estabilizou-se entre 54,1 a 59,4 %. Indicando que foram necessários 10 dias para a definição de um alimento preferencialmente consumido pelos equinos.

Tabela 14. Razão de ingestão (%) de concentrados extrusado contendo polpa de beterraba ou casca de soja por 20 dias

Dias	Razão de ingestão (%)		Média	EPM	Significância		
	Polpa de beterraba	Casca de Soja			Concentrado	Dia	Conc*Dia
1	19,2	32,5	25,8 ^c	5,155	0,0001	0,0001	0,2236
5	23,7	63,9	43,8 ^{ab}				
10	40,8	68,2	54,6 ^{ab}				
15	33,8	74,4	54,2 ^{ab}				
20	48,7	70,2	59,3 ^a				
Média	33,2 ^B	61,8 ^A					

As médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste t-student a 5% de probabilidade para o erro tipo I

Entre o período de primeiro contato até 20 dias houve efeito significativo em relação ao comportamento de cheirar a dieta e a primeira escolha ($p<0,000$). Observou-se que para o total de cheirar a casca de soja foi o comportamento que apresentou superior percentual de 52% e, para a primeira escolha a polpa de beterraba apresentou valor de 63%. Hill (2007) referiu-se à palatabilidade como uma percepção sensorial que o animal apresenta pelo alimento, seja pelo ato de ingerir, pelo cheiro, textura, tamanho, mastigação e deglutição.

Segundo Tribucci (2013), a primeira ação, consistiu no primeiro ato que o animal realizou assim que entrou em contato com o alimento, seja cheirar ou comer. Em seguida, a primeira escolha feita pelo animal consistiu no primeiro alimento consumido efetivamente. Nesse sentido, os autores avaliaram dietas com diferentes percentuais de inclusão de polpa cítrica no concentrado de 0, 7, 14, 21 até 28%, observaram diferença entre a primeira escolha. Isto é, 20% dos animais cheiraram e 80% dos animais ingeriram o concentrado no primeiro momento e não houve diferença no consumo dos concentrados. Em contrapartida, no presente estudo observou-se diferença para a primeira escolha com 63% para a PBE e 37% para a CS e cheiraram 52% CS e 63% PBE. Ainda, houve diferença para o consumo total dos concentrados preferindo CS com a quantidade de 115,2 g MS.

Tabela 15. Comportamento (%) de equinos diante de concentrados extrusado contendo polpa de beterraba ou casca de soja por 20 dias

Comportamento	Dias					Total	p –Valor*
	1°	5°	10°	15°	20°		
Cheirar	12	3	6	1	7	29	0,000
Polpa de beterraba	100%	(25%)	(50%)	(8%)	(59%)	(48%)	
Casca de soja	0	9	6	11	5	31	
	0%	(75%)	(50%)	(92%)	(41%)	(52%)	
Primeira escolha							
Polpa de beterraba	11	4	11	2	10	38	0,000
	(92%)	(33%)	(92%)	(17%)	(83%)	(63%)	
Casca de soja	1	8	1	10	2	22	
	(8%)	(67%)	(8%)	(83%)	(17%)	(37%)	

*Teste de qui-quadrado χ^2

O tempo de consumo efetivo elevou-se progressivamente ao longo dos 20 dias de aprendizado. Inicialmente apresentou valor médio de 147 segundos, valor que não diferiu até o 15° dia de avaliação com valor médio de 161 segundos. O maior tempo foi observado no último dia de avaliação com 168 segundos, diferindo de todos os outros momentos apresentados, conseqüentemente, menor quantidade de refuta dos concentrados experimentais. Fato observado comprovando um dos efeitos de adaptação de dietas nos animais, no presente estudo, a adaptação aos alimentos com odor e textura desconhidos, já que esses animais não estavam familiarizados com concentrados extrusado previamente ao estudo.

Não houve efeito significativo na resposta glicêmica para fonte de fibra (PBE ou CS), no processamento (farelada ou extrusada) e na interação (fonte de fibra*processamento) ($P>0,05$). Porém, houve um indicativo no valor do tempo do pico sendo que a casca de soja ocorreu em 142 minutos em comparação com a polpa de beterraba, 127 minutos. Para obter um resultado preciso é necessário avaliar os níveis de glicose no sangue por um longo período e, assim, considerar a área sob a curva, além do pico de glicose no sangue.

Trinta minutos após a refeição os valores glicêmicos dos quatro tratamentos aumentaram continuando dentro dos valores basais, mesmo resultados obtidos por Vervuert (2009). Após 60 minutos, o tratamento com concentrado extrusado contendo polpa de beterraba foi o único que aumentou do nível basal. Apesar de não obter efeitos significativos, o tratamento com concentrado extrusado contendo casca de soja apresentou maior índice glicêmico atingindo o pico de sua curva aos 120 minutos (131 mmol/L). Vervuert (2009) observaram o pico glicêmico em 143 minutos consumindo uma dieta com 1,1 g de amido/Kg de PV, tempo de pico diferente do presente estudo. Outro dado observado entre os tratamentos foram os concentrados extrusados que mantiveram seus valores elevados após 360 minutos após ingestão dos concentrados, um indicativo da diferença entre o processamento sobre os níveis basais de glicemia. Além disso, a resposta pode ter ocorrido com a alta disponibilidade de glicose oferecida pela dieta e a digestibilidade do amido no intestino delgado (KIENZLE et al., 1992).

O valor médio da concentração plasmática de glicose observada por Borghi et al. (2017) após o fornecimento da dieta contendo até 40% de inclusão de casca de soja para cavalos em atividade moderada foi de 6,62 até 7,53 mmol/L. Adicionalmente, observaram que o tempo de ocorrência do pico glicêmico esteve no intervalo de 78 a 102 minutos após o oferecimento.

Tabela 16. Resposta glicêmica após o consumo estimado de 1,1g de amido/Kg de PV de concentrado contendo polpa de beterraba (PBE) ou casca de soja (CS) na forma farelada ou extrusada após 360 minutos

Resposta glicêmica	Fonte		Processamento			Significância		
	PBE	CS	Farelada	Extrusada	EPM	Fonte	Proc	Font* Proc
Área sob a curva (mmolxMin/L)	467	562	591	437	83,4	0,4417	0,2201	0,4390
Tempo do pico (minutos)	127	142	145	125	11,2	0,3674	0,2368	0,7595
Pico glicêmico (mmol/L)	7	7,2	7,5	6,7	5,6	0,7381	0,1000	0,3750

EPM: erro padrão da média

CONCLUSÕES

- Os parâmetros industriais indicados para a produção de *kibbles* para equinos composto em até 40% de inclusão das duas matérias primas são de 120°C e 17% de umidade.
- A extrusão reduz a viscosidade da massa, mesmo com inclusão de 40% de fontes de fibra altamente viscosas.
- A inclusão de Casca de Soja em até 40% não afeta as propriedades de hidratação do extrusado.
- A casca de soja apresenta menor custo em comparação à polpa de beterraba assim, incentivando o seu uso em dietas para cavalos pela agroindústria nacional.
- É possível que outras fontes de fibra, provenientes de matérias primas distintas possam ser incluídas na formulação de produtos extrusados destinados ao consumo equino. Contudo, até o presente momento é possível confirmar a utilização de até 40% de casca de soja ou polpa de beterraba não inviabiliza a confecção *kibbles* de qualidade.
- Os concentrados em estudo foram bem aceitos pelos animais sem nenhuma adição de aditivos palatilizantes em sua formulação.
- São necessários 10 dias para a definição de um alimento preferencialmente consumido pelos equinos.
- A preferência pelos animais é pelo extrusado com a inclusão de 40 % de casca de soja.
- Somente através das avaliações do comportamento de cheirar e primeira escolha, não é possível concluir a preferência alimentar entre dois concentrados extrusados, sendo necessários novos protocolos e definição de melhores variáveis comportamentais.
- As fontes de fibra de alta energia inclusas em 40% na formulação e associadas ao processamento industrial de extrusão não alteram a resposta glicêmica nas condições de fornecimento do alimento (1,1g de amido/Kg de PV animal) utilizadas no presente estudo.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINPET. Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. São Paulo, 2017. 546 p.

AL-RABADI, G. J.; TORLEY, P. J.; WILLIAMS, B. A.; BRYDEN, W. L.; GIDLEY, M. J. Effect of extrusion temperature and pre-extrusion particle size on starch digestion kinetics in barley and sorghum grain extrudates. **Animal Feed Science and Technology**, v. 168, n. 3-4, p. 267-279, 2011.

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

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN, E. L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v. 14, n. 1. p. 4-12, 1969.

ARRUDA, A.M.V.; RIBEIRO, L.B.; PEREIRA, E.S. Avaliação de alimentos alternativos para cavalos adultos da raça Crioulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.61-68. 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1025p. 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Approved Methods of the American Association of Official Analytical Chemists**, 18th edition, 3th rev. Gaithersburg: USA, 2010.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A. 2007. **BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Ong Mamiraua. Belém, PA. 364p.

BECKER, A.; HILL, S.; MITCHELL, J. Relevance of amylose-lipid complexes to the Behaviour of Thermally Processed Starches. **Starch**, v. 53, p. 121-130, 2001.

BEHNKE, K.C. Factors affecting pellet quality. Proc. Maryland Nutrition Conference. In: **Department of Poultry Science and Animal Science**, College of Agriculture, University of Maryland, College Park. p. 20-25, 1994.

BeMILLER, J. N.; HUBER, K. C. **Carbohydrates**. **Fennema's food chemistry**, ,2008, p. 75–130.

BORGHI, R. T.; RODRIGUES, P. G.; MOURA, R. S.; ALMEIDA, L. S.; FONTES, G. C. S.; FIDÊNCIO, C. F.; SANTOS, C. A.; MARCHESIN, W. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, G. M.; SOUZA, J. C. Digestibility of nutrients and digestive health in horses submitted to moderate exercise and supplemented with diets formulated with soybean hulls, **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 59, p. 118–125, 2017.

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

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**, v. 22, n. 10, p. 570-575, 2011.

BROKNER C.; BACH KNUDSEN K.E.; KARAMAN I.; EYBYE K.L.; TAUSON, A.H. Chemical and physicochemical characterisation of various horse feed ingredients. **Animal Feed Science and Technology**, v. 177, n 1-2, p. 86–97, 2012.

BURTON-FREEMAN, B. Dietary fiber and energy regulation. **The Journal of Nutrition**, v.130, n.2, p. 272S-275S, 2000.

CAMIRE, M. E. Chemical changes during extrusion cooking: recent advances. In: Shahidi F, Ho C-T, van Chuyen N, editors. **Process-induced Chemical Changes in Food**. New York: Plenum Press; p. 109 -121, 1998.

CARCIOFI, A. C. **Curso Teórico-Prático sobre Nutrição de Cães e Gatos “Uma visão Industrial”**, FCAV – UNESP Jaboticabal, 2008, 80p.

CARCIOFI, A. C. Métodos para estudo das respostas metabólicas de cães e gatos a diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 235-249, 2007.

CARVALHO, C. W. P.; MITCHELL, J. R. Effect of sucrose on starch conversion and glass transition of nonexpanded maize and wheat extrudates. **Cereal Chemistry**, v. 78, n. 3, p. 342-348. 2001.

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.

CASALECCHI, F. L. Digestibilidade aparente total e resposta glicêmica de dietas para equinos contendo milho submetido a diferentes processamentos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 49, n. 3, p. 232-238, 2012.

CHANG, Y. K.; MARTINEZ-BUSTOS, F.; PARK, T. S.; KOKINI, J. L. The influence of specific mechanical energy on cornmeal viscosity measured by an on-line system during twin-screw extrusion. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 16, n. 3, p. 285-295, 1999.

CHRISTENSEN, J.W.; KEELING, L. J.; NIELSEN, B. L. Responses of horses to novel visual, olfactory and auditory stimuli. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 93, n. 1, p. 53-65, 2005.

CHURCH, D.C. Taste, appetite and regulation of energy balance and control of food intake. I. Appetite, taste and palatability. In: **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants**, Oxford Press, 281-290, 1979.

CLARKE, L. L.; ROBERTS, M. C.; ARGENZIO, R. A. Feeding and digestive problems in horses: physiologic responses to a concentrated meal. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 6, n. 2, 1990

COVERDALE, J.A.; MOORE, J.A.; TYLER, H.D.; MILLER-AUWERDA, P.A. Soybean hulls as an alternative feed for horses. **Journal Animal Science**, v. 82, n. 6, p. 1663-1668, 2004

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

DROGOUL, C.; DE FOMBELLE, A.; JULLIAND, V. Feeding and microbial disorders in horses: 2: effect of three hay:grain ratios on digesta passage rate and digestibility in ponies. **Journal of Equine Veterinary Science**. v. 21, n.10, p. 487-491, 2001.

DUREN, S. Feeding the endurance horse. In: PAGAN, J.D. (Ed.). *Advances in equine nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press, 2000. p.351-363.

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

FARIA, F. J. C.; NETO, I. M. C.; YAMASHITA, N. Y. B.; MATOS, I. E.; COELHO, R. N.; OLIVEIRA, A. O.; BARRETO, I. F.; FRANCO, G. L. Soybean hulls in concentrates for horse – glicemic response. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 28, 2018, Goiania. **Anais...**.Goiania: SBZ, 2018.

FERREIRA, W. M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 31, 1994, Maringá. Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p.85-113.

FICHTALI, J.; VOORT, F. R. V. Fundamental and practical aspects of twin screw extrusion. **Cereal Foods World**, v. 34, n. 11, p. 921-929, 1989.

FORBES, T.D.A. Researching the plant-animal interface: The investigation of ingestive behavior in grazing animal. **Journal of Animal Science**, v.66, n.9, p.2369-2379, 1988.

GOMEZ, M. H.; WANISKA, R. D.; ROONEY, L. W.; LUSAS, E. W. Extrusion-cooking of sorghum containing different amounts of amylose. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 6, p. 1818–1822, 1988.

GUEZENNEC, C. Oxidation rates, complex carbohydrates and exercise. **Sports Medicine**, v. 19, n. 6, p. 365-372, 1995.

GUHA, M.; ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, S. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyser pasting behavior of rice extrudated. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 33, p. 259-266, 1998.

HARRIS, P. Feeding management of elite endurance horses. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 25, p. 137-153. 2009.

HILL, J. Effect of level of inclusion and method of presentation of a single distillery by-product on the processes of ingestion of concentrate feeds by horses. **Livestock Production Science**. v. 75, p. 209–218, 2002.

HILL, J. Impacts of nutritional technology on feeds offered to horses: A review of effects of processing on voluntary intake, digesta characteristics and feed utilization. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, n. 2, p. 92-117, 2007.

HINTZ, H.F; CYMBALUK, N.F. Nutrition of the horse. **Annual Review of Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 243-267, 1994.

HOEKSTRA, K. E.; NEWMAN, K.; KENNEDY, M. A. P.; PAGAN, J. D. Effect of corn processing on glycemic response in horses. In: Equine Nutrition and Physiology Symposium, 16. Raleigh, North Caroline, USA. **Proceedings...** ENPS:Raleigh, N.C. p. 144-148. 1999.

HOFFMAN, R. M., WILSON, J. A., KRONFELD, D. S., COOPER, W. L., LAWRENCE, L. A., SKLAN, D., & HARRIS, P. A. Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay, and horse feeds: direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 2, p. 500-506, 2001.

HOFFMAN, R.M. Carbohydrate metabolism in horses. In: TALSTON, S.L.; HINTZ, H.F. (Eds). Recent advances in equine nutrition. Ithaca: International Veterinary Information Service, New York, USA, 2003.

JOZINOVIC, A.; ŠUBARIC, D.; ACKAR D.; BABIC, J.; PLANINIC, M.; PAVOKOVIC, M.; BLAŽIC, M. Effect of screw configuration, moisture content and particle size of corn grits on properties of extrudates. **Journal Food Science Technology**, v. 4, n. 2, p. 95-101, 2012.

JULLIAND, V. Pre- and pro-biotics: Potentials for equine practice. In: Proceedings of the 3rd European Equine Nutrition and Health Congress. Merelbeke, Belgium: Ghent University; 2006.

JULLIAND, V.; A. DE FOMBELLE, C. DROGOUL.; E. JACOTOT. Feeding and microbial disorders in horses: 3-Effects of three hay:grain ratios on microbial profile and activities. **Journal Equine Veterinary Science**, v. 21, n. 11, p. 543–546, 2001.

KABE, A. M. G. **Palatabilidade, qualidade de fezes e digestibilidade aparente de equinos submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de casca de soja**. USP, 77p. 2013, Pirassununga, SP. Mestre em Zootecnia. Universidade de São Paulo, 2013.

KABE, A. M. G.; DE SOUZA, A. D.; DE MORO SOUSA, R. L. M.; DA SILVA BUENO, I. C. S., MOTA, T. P.; CRANDELL, K.; BRANDI, R. A. Soybean hulls in equine feed concentrates: Apparent nutrient digestibility, physicochemical and microbial characteristics of equine feces. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 36, p. 77–82, 2016.

KIENZLE, E.; S, RADICKE.; S, WILKE.; E, LANDES.; H, MEYER. Preileal starch digestion in relation to source and preparation of starch. **Pferdeheilkunde**, p. 103-106, 1992.

KOPPEL, K.; MONTI, M.; GIBSON, M.; ALAVI, S., DONFRANCESCO, B. D.; CARCIOFI, A. C. The effects of fiber inclusion on pet food sensory characteristics and palatability. **Animals**, v. 5, n. 1, p. 110-125, 2015.

LANKHORST, C.; TRAN, Q.D.; HAVENAAR, R.; HENDRIKS, W.H.; VAN DER POEL, A.F.B. The effect of extrusion on the nutritional value of canine diets as assessed by *in vitro* indicators. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, p. 285–297, 2007.

LENTLE, R.G.; JANSSEN, P.W.M. Physical characteristics of digesta and their influence on flow and mixing in the mammalian intestine: a review. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 178, n. 6, p. 673-690, 2008.

MEYER, H.; S. RADICKE.; E. KIENZLE.; S. WILKE.; AND D. KLEFFKEN. Investigations on preileal digestion of oats, corn and barley starch in relation to grain processing. Proc. 13th Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., Gainesville, FL. p. 92–97, 1993.

MOORE-COLYER, M.J.S.; HYSLOP, J.J.; LONGLAND, A.C.; CUDDEFORD, D. The mobile bag technique as a method for determining the degradation of four botanically diverse fibrous feedstuffs in the small intestine and total digestive tract of ponies. **British Journal of Nutrition**, v.88, p.729-740, 2002.

MOORE-COLYER, M.J.S.; HYSLOP, J.J.; LONGLAND, A.C.; CUDDEFORD, D. Intra-caecal fermentation parameters in ponies fed botanically diverse fibre-based diets. **Animal Feed Science and Technology**. v. 84, p.183-197. 2000.

MURAKAMI, F. Y. **Impacto da adição de água no processo de extrusão sobre a digestibilidade e propriedades físico-químicas da dieta para cães**, Curitiba, 2010. p.37. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2010.

MURRAY, J.M.D.; LONGLAND, A.; HASTIE, P.M.; MOORE-COLYER, M.; DUNNETT, C. The nutritive value of sugar beet pulp-substituted lucerne for equids. **Animal Feed Science and Technology**, v. 140, n. 1-2, p.110-124, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients Requirements of Horses**. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 2007. 341p.

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.

PAGAN, J.D. Nutrient digestibility in horses. In: Feeding the performance horse. Kentucky Equine Research Incorporated, Versailles, KY, p.127- 136, 1994.

PFISTER, J. A. Behavioral Strategies for Coping with Poisonous Plants. In: **Grazing Behavior of Livestock and Wildlife**. Moscow: K.I. Launchbaugh, v. 70, p. 45-59, 1999.

POTTER, G. D.; F. F. ARNOLD.; D. D. HOUSEHOLDER.; D. H. HANSEN AND K. M. BROWN. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. **Pferdeheilkunde**, v. 1, n. 4, p. 107-111, 1992.

POTTY, V. H. Physio-chemical [physico-chemical] aspects, physiological functions, nutritional importance and technological significance of dietary fibres: A critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 1-18, 1996.

QUADROS, J.B.S.; FURTADO, C.E.; BARBOSA, E.D.; ANDRADE, M.B.; TREVISAN, A.G. Digestibilidade aparente e desenvolvimento de equinos em crescimento submetidos a dietas compostas por diferentes níveis de substituição do feno Tifton 85 pela casca de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.4, p.564-574. 2004.

RIBEIRO, L. B.; ARRUDA, A. M. V.; PEREIRA, E. S.; TONELLO, C. L.; BARRETO, J. C. Avaliação do consumo de nutrientes e água por equinos alimentados com dietas contendo diferentes subprodutos agroindustriais. **Revista da FZVA**. v.16, n.1. 2009.

RICHARDSON, K.; MURRAY, J.A.M.D. Fibra para cavalos de desempenho: uma revisão. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 46, p. 31 a 39 de 2016.

RODIEK, A. V.; STULL, C. L. Glycemic index of ten common horse feeds. **Journal of Equine Veterinary Science**. v. 25, p. 205–211. 2007.

ROSENFELD, I.; AUSTBØ, D. Digestion of cereals in the equine gastrointestinal tract measured by the mobile bag technique on caecally cannulated horses. **Animal Feed Science and Technology**, v. 150, n. 3-4, p. 249–258, 2009.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4.ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária., 2017. 488p.

SHIMBO, M.; MURATANI, K.; NOMURA, T.; FUKUMURA, K. On Foaming Process of Vulcanized Rubber Using Physical Blowing Agent. **The Third International Conference on Axiomatic Design**, p. 1-6, 2004.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 3.ed., 2006, 235p.

SILVA, E. M. M.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; TEBA, C. S. Efeito da extrusão termoplástica nas características de viscosidade de pasta, solubilidade e absorção de água de farinhas pré-gelatinizadas de amilho e feijão carioca (brs pontal). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 31, n. 1, 2013.

SILVA, V. P.; ALMEIDA, F. Q.; MORGADO, E. S., RODRIGUES, L. M.; SANTOS, T. M.; VENTURA, H. T. *In situ* caecal degradation of roughages in horse. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.2, p.349-355, 2010.

STOKES, A. M.; LAVIE, N. L.; KEOWEN, M. L.; GASCHEN, L.; GASCHEN, F. P.; BARTHEL, D.; ANDREWS, F. M. Evaluation of a wireless ambulatory capsule (SmartPill®) to measure gastrointestinal tract pH, luminal pressure and temperature, and transit time in ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 44, n. 4, p. 482-486, 2012.

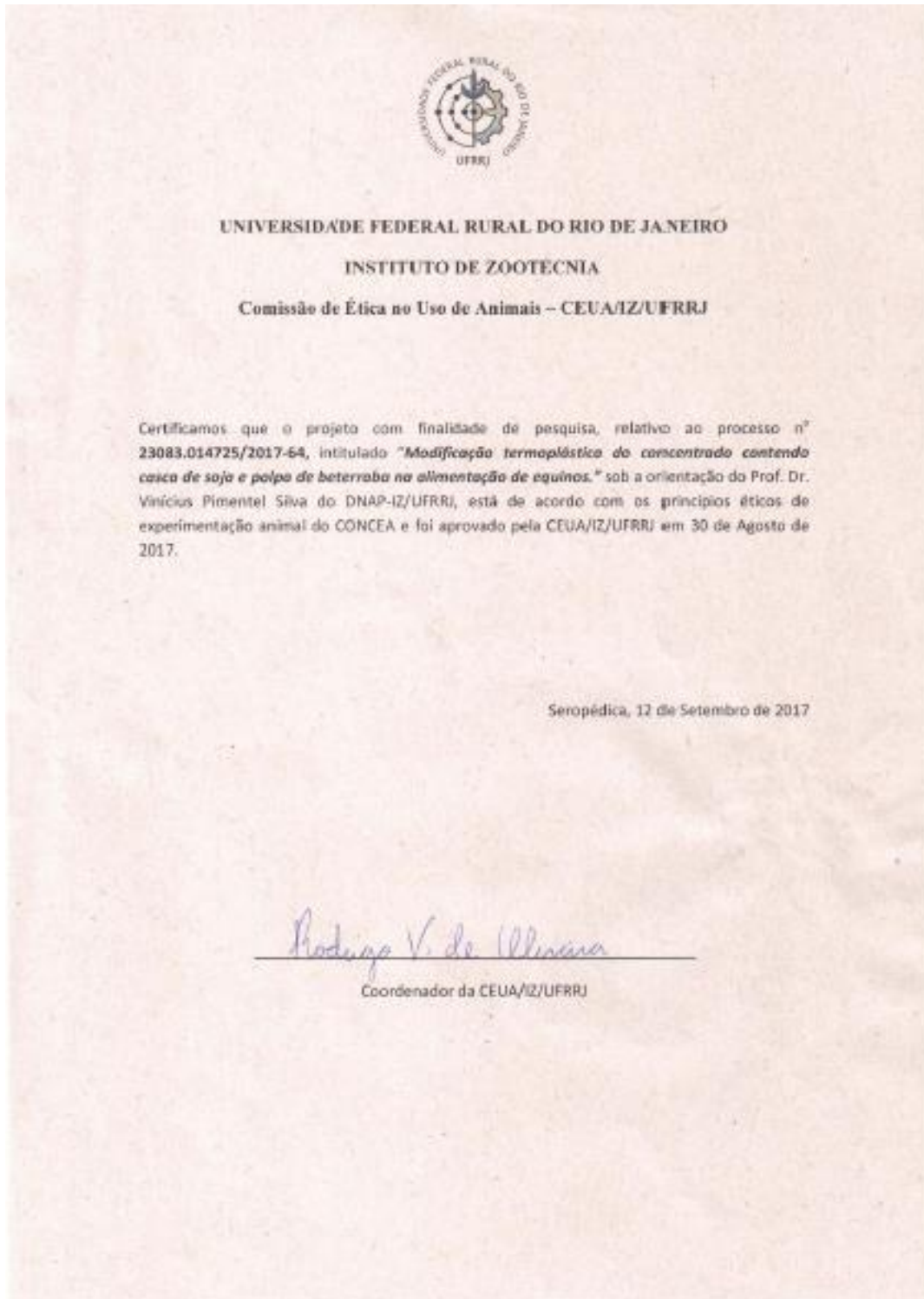
TARAN, F. M. P.; SILVA, V.P.; ABRUNHOSA, L.; ROSA, C. A. R.; VENANCIO, A. A. D.; ALMEIDA, F.Q. Evaluation of *Saccharomyces cerevisiae* as an anti-fumonisin B1 additive in a horse digestion model. **World Mycotoxin Journal**. v.10, p.121 - 130, 2017.

THYMI, S., KROKIDA, M. K., PAPPAS, A., & MAROULIS, Z. B. Structural properties of extruded corn starch. **Journal of Food Engineering**, v. 68, n. 4, p. 519-526, 2005.

- TORRES, L. L. G.; EL-DASH, A. A.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; GERMANI, R.; MIGUEZ, M. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde (*Musa acuminata*, grupo AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 23, n. 2, 2005.
- TRIBUCCI, A. M. O.; BRANDI, R. A.; BALIEIRO, J. C. C.; TITTO, E. A. L.; BUENO, I. C. S. Palatabilidade de dietas de cavalo contendo polpa cítrica (*Citrus sinensis*) através do teste de preferência. **Revista Italiana de Ciência Animal**, v. 12, n. 2, p. e33, 2013.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: **Standardization of analytical methodology for feeds**. v.128 p.49-60. 1980.
- VAN SOEST, P.J. Definition of fibre in animal feeds. **Recent Advances in Animal Nutrition**. p. 55-70. 1985.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**, 2nd ed. Ithaca, NY: Cornell University. 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VERVUERT, I.; COENEN, M.; BOTHE, C. Effects of oat processing on the glycaemic and insulin responses in horses. **Journal of Animal Physiology and Nutrition**. v.87, p. 96–104, 2003.
- VERVUERT, I.; VOIGT, K.; HOLLANDS, T.; CUDDEFORD, D.; COENEN, M. Effect of feeding increasing quantities of starch on glycaemic and insulinaemic responses in healthy horses. **The Veterinary Journal**, v. 182, n. 1, p. 67-72, 2009.
- WANDERS, A. J.; VAN DEN BORNE J. J.; DE GRAAF C.; HULSHOF, T.; JONATHAN, M. C.; KRISTENSEN, M.; MARS, M.; SCHOLS, H; A.; FESKENS, E. J. M. . Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. **Obesity Review**. v. 12, n. 9, p. 724–739, 2011.
- WASCHECK, R.C.; DUTRA, A.R.; GRANDSIRE, C.; ALMEIDA, O.C.; MOREIRA, S.O.L. Pectina: um carboidrato complexo e suas aplicações. **Revista Estudos**, v.35, p.343-355, 2008.
- WERNER, J.; UMSTATTER, C.; ZEHNER, N.; NIEDERHAUSER, J. J.; SCHICK, M. Validation of a sensor-based automatic measurement system for monitoring chewing activity in horses. **Livestock Science**, v. 186, p. 53 – 58, 2016.
- 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.
- YAMASHITA, N. Y. B.; MATOS, I. E.; NETO, I. M. C.; COELHO, R. N.; REZENDE, R. P.; VIEGAS, N. O.; FRANCO, G. L. Inclusão da casca de soja no concentrado de cavalos adultos: ph, n-amoniaco e ácidos de cadeia curta nas fezes. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 28., 2018, Goiânia, Goiás. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2018. p. 1 - 5.

ANEXOS

A – Protocolo da Comissão de Ética no Uso Animal



B – ANOVA dos resultados industriais

Análise de variância da densidade aparente (kg.m^{-3}) do extrusado contendo casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de casca de soja (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Temperatura	16022,79	1	16022,79	27,12298	0,013760*
Umidade	37669,63	1	37669,63	63,76621	0,004098*
Casca Soja x Umid	11852,82	1	11852,82	20,06416	0,020746*
Temp x Umid	16266,89	1	16266,89	27,53618	0,013476*
Perda de ajuste	4316,73	4	1079,18	1,82681	0,324007
Erro puro	1772,24	3	590,75		
Tot. Soma Quadrad.	87901,09	11			

* $P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância do índice de expansão seccional (IES) ($\text{mm}^2.\text{mm}^{-2}$) do extrusado contendo casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de casca de soja (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Inclusão Casca Soja	0,1443	1	0,1443	200,0044	0,0008*
Temperatura	0,3775	1	0,3775	523,1337	0,0002*
Umidade	0,4034	1	0,4034	559,0616	0,0002*
Casca Soja x Umid	0,0893	1	0,0893	123,6906	0,0016*
Temp x Umid	0,1192	1	0,1192	165,1176	0,0010*
Perda de ajuste	0,0428	3	0,0143	19,7710	0,0177
Erro puro	0,0022	3	0,0007		
Tot. Soma Quadrad.	1,1787	11			

* $P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância do índice de expansão longitudinal (IEL) ($\text{mm.g}^{-1}/\text{mm.g}^{-1}$) do extrusado contendo casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de casca de soja (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Inclusão Casca Soja	0,028606	1	0,028606	90,15089	0,002477*
Temperatura	0,028878	1	0,028878	91,00582	0,002443*
Umidade	0,011604	1	0,011604	36,56948	0,009070*
Perda de ajuste	0,002161	5	0,000432	1,36210	0,425142
Erro puro	0,000952	3	0,000317		
Tot. Soma Quadrad.	0,072201	11			

* $P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância do índice de expansão volumétrico (IEV) ($\text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) de extrusado contendo casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de casca de soja (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Temperatura	0,035855	1	0,035855	59,2507	0,004557*
Umidade	0,079622	1	0,079622	131,5778	0,001422*
Casca Soja x Umid	0,017520	1	0,017520	28,9529	0,012572*
Temp x Umid	0,032682	1	0,032682	54,0080	0,005207*
Perda de ajuste	0,007550	4	0,001887	3,1190	0,188552
Erro puro	0,001815	3	0,000605		
Tot. Soma Quadrad.	0,175045	11			

* $P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância da propriedade mecânica (N) de extrusado contendo casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de casca de soja (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Casca de Soja	3540,05	1	3540,046	11,42923	0,043069*
Temperatura	5296,89	1	5296,886	17,10129	0,025663*
Perda de ajuste	657,46	2	328,730	1,06132	0,448167
Erro puro	929,21	3	309,736		
Tot. Soma Quadrad.	13103,83	11			

* $P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância do índice de solubilidade em água (ISA) ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) do extrusado contendo casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de casca de soja (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Casca de Soja	1,845748	1	1,845748	6,554284	0,083204
Temperatura	0,276699	1	0,276699	0,982562	0,394639
Umidade	1,498504	1	1,498504	5,321213	0,104339
Casca Soja x Temp	0,114657	1	0,114657	0,407147	0,568791
Casca Soja x Umid	0,010792	1	0,010792	0,038321	0,857309
Temp x Umid	0,463728	1	0,463728	1,646707	0,289555
Perda de ajuste	0,118773	2	0,059386	0,210882	0,820931
Erro puro	0,844828	3	0,281609		
Tot. Soma Quadrad.	5,173727	11			

$P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância do índice de absorção de água (IAA) ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) de extrusados contendo casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de casca de soja (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Casca de Soja	0,001631	1	0,001631	0,004378	0,951410
Temperatura	0,082345	1	0,082345	0,220977	0,670358
Umidade	0,038011	1	0,038011	0,102004	0,770386
Casc Soja x Temp	0,160791	1	0,160791	0,431494	0,558151
Casc Soja x Umid	0,353070	1	0,353070	0,947485	0,402153
Temp x Umid	0,031110	1	0,031110	0,083487	0,791443
Perda de ajuste	0,091065	2	0,045532	0,122189	0,889170
Erro puro	1,117917	3	0,372639		
Tot. Soma Quadrad.	1,875940	11			

$P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância da energia mecânica específica (EME) ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) dos extrusados contendo casca de soja em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de casca de soja (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Temperatura	10881,75	1	10881,75	54,15978	0,005186*
Umidade	6939,86	1	6939,86	34,54050	0,009828*
Casc Soja x Temp	228,33	1	228,33	1,13641	0,364592
Perda de ajuste	1275,80	2	637,90	3,17491	0,181751
Erro puro	602,76	3	200,92		
Tot. Soma Quadrad.	20161,47	11			

* $P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância da densidade aparente (DA) ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) do extrusado contendo polpa de beterraba em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e teor de polpa de beterraba (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Polp de Beterraba	5076.14	1	5076.14	1.938094	0.258127
Temperatura	5543.67	1	5543.67	2.116598	0.241705
Umidade	406.44	1	406.44	0.155182	0.719962
P Beter x Temp	2501.26	1	2501.26	0.954994	0.400522
P Beter x Umid	554.97	1	554.97	0.211890	0.676604
Temp x Umid	4054.31	1	4054.31	1.547955	0.301789
Perda de ajuste	44764.57	2	22382.28	8.545661	0.057699
Erro puro	7857.42	3	2619.14		
Tot.Soma Quadrad	70758.78	11			

$P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância do índice de expansão seccional ($\text{mm}^2 \cdot \text{mm}^{-2}$) do extrusado contendo polpa de beterraba em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de polpa de beterraba (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Inclusão Polp. Bet.	0,056333	1	0,056333	17,32955	0,025217*
Temperatura	0,047867	1	0,047867	14,72495	0,031206*
Temp x Umid	0,042161	1	0,042161	12,96989	0,036727*
Perda de ajuste	0,173562	5	0,034712	10,67843	0,039686
Erro puro	0,009752	3	0,003251		
Tot. Soma Quadrad.	0,329676	11			

* $P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância do índice de expansão longitudinal (IEL) ($\text{mm} \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm} \cdot \text{g}^{-1}$) de extrusado contendo polpa de beterraba em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de polpa de beterraba (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Polpa de Beterraba	0,008542	1	0,008542	14,54528	0,031706*
Perda de ajuste	0,011017	7	0,001574	2,67974	0,224779
Erro puro	0,001762	3	0,000587		
Tot. Soma Quadrad.	0,021321	11			

* $P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância do índice de expansão volumétrico (IEV) ($\text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1} / \text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) de extrusado contendo polpa de beterraba em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade (%) e inclusão de polpa de beterraba (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Polpa de Beterraba	0.005022	1	0.005022	0.788983	0.439837
Temperatura	0.021681	1	0.021681	3.406206	0.162134
Umidade	0.002058	1	0.002058	0.323271	0.609426
P Beter x Temp	0.002616	1	0.002616	0.411058	0.567050
P Beter x Umid	0.000470	1	0.000470	0.073877	0.803405
Temp x Umid	0.016790	1	0.016790	2.637901	0.202805
Perda de ajuste	0.088667	2	0.044334	6.965115	0.074591
Erro puro	0.019095	3	0.006365		
Tot. Soma Quadrad.	0.156400	11			

$P \leq 0,05$ – significância ao nível de 5%

Análise de variância da propriedade mecânica (Newton) do extrusado contendo polpa de beterraba em função da temperatura (°C), umidade (%) e inclusão de polpa de beterraba (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Polp de Beterraba	174,03	1	174,035	0,103258	0,769041
Temperatura	4642,40	1	4642,400	2,754414	0,195569
Umidade	283,76	1	283,763	0,168361	0,709117
P Beter x Temp	5,82	1	5,821	0,003454	0,956833
P Beter x Umid	145,11	1	145,112	0,086098	0,788326
Temp x Umid	1471,50	1	1471,500	0,873066	0,419035
Perda de ajuste	2845,45	2	1422,724	0,844126	0,511877
Erro puro	5056,32	3	1685,440		
Tot. Soma Quadrad.	14624,40	11			

P ≤ 0,05 – significância ao nível de 5%

Análise de variância o índice de solubilidade em água (ISA) (g.100 g-1) de extrusado contendo polpa de beterraba em função da temperatura (°C), umidade (%) e inclusão de polpa de beterraba (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Polp de Beterraba	0,2321	1	0,2321	0,001347	0,973029
Temperatura	0,9226	1	0,9226	0,005355	0,946269
Umidade	0,0746	1	0,0746	0,000433	0,984708
P Beter x Temp	0,6434	1	0,6434	0,003735	0,955114
P Beter x Umid	0,2050	1	0,2050	0,001190	0,974650
Temp x Umid	0,0016	1	0,0016	0,000009	0,997794
Perda de ajuste	143,5092	2	71,7546	0,416503	0,692425
Erro puro	516,8357	3	172,2786		
Tot.Soma Quadrad	662,4240	11			

P ≤ 0,05 – significância ao nível de 5%

Análise de variância de índice de absorção de água (IAA) (g.g⁻¹) de extrusado contendo polpa de beterraba em função da temperatura (°C), umidade (%) e inclusão de polpa de beterraba (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Polp de Beterraba	0,933835	1	0,933835	0,534717	0,517569
Temperatura	0,458135	1	0,458135	0,262329	0,643847
Umidade	1,145921	1	1,145921	0,656158	0,477210
P Beter x Temp	1,206453	1	1,206453	0,690819	0,466855
P Beter x Umid	0,000558	1	0,000558	0,000319	0,986867
Temp x Umid	0,028765	1	0,028765	0,016471	0,906001
Perda de ajuste	0,026213	2	0,013106	0,007505	0,992542
Erro puro	5,239233	3	1,746411		
Tot.Soma Quadrad	9,039112	11			

P ≤ 0,05 – significância ao nível de 5%

Análise de variância da energia mecânica específica (EME) (kJ.kg-1) de extrusado contendo polpa de beterraba em função da temperatura (°C), umidade (%) e inclusão e polpa de beterraba (%)

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Polp de Beterraba	94,61	1	94,611	0,89054	0,414951
Temperatura	553,56	1	553,555	5,21039	0,106677
Umidade	228,16	1	228,162	2,14759	0,239039
P Beter x Temp	1581,13	1	1581,126	14,88248	0,030779*
P Beter x Umid	1022,55	1	1022,548	9,62482	0,053196
Temp x Umid	2155,04	1	2155,039	20,28449	0,020444*
Perda de ajuste	7945,72	2	3972,858	37,39486	0,007574
Erro puro	318,72	3	106,241		
Tot.Soma Quadrad	13899,48	11			

C - Coeficientes de regressão

Coeficientes de regressão no modelo ajustado para Densidade aparente com CS

Fator	Coeficiente regressão	Erro padrão	t(4)	p	Limite de confiança	
					- 95 %	+ 95 %
Média/Intercepto	1036.142	7.016325	147.6759	0.000001	1013.813	1058.471
T	44.753	8.593209	5.2080	0.013760	17.406	72.101
U	68.620	8.593209	7.9854	0.004098	41.273	95.967
CS x U	-38.492	8.593209	-4.4793	0.020746	-65.839	-11.144
T x U	-45.093	8.593209	-5.2475	0.013476	-72.440	-17.745

Coeficientes de regressão no modelo ajustado para índice de expansão seccional com CS

Fator	Coeficiente regressão	Erro padrão	t(4)	p	Limite de confiança	
					- 95 %	+ 95 %
Média/Intercepto	1.6252	0.0078	209.5744	0.0000	1.6005	1.6499
CS	-0.1343	0.0095	-14.1423	0.0008	-0.1645	-0.1041
T	-0.2172	0.0095	-22.8721	0.0002	-0.2475	-0.1870
U	-0.2246	0.0095	-23.6445	0.0002	-0.2548	-0.1943
CS x U	0.1056	0.0095	11.1216	0.0016	0.0754	0.1359
T x U	0.1220	0.0095	12.8498	0.0010	0.0918	0.1523

Coeficientes de regressão no modelo ajustado para Índice de expansão longitudinal com CS

Fator	Coeficiente regressão	Erro padrão	t(4)	p	Limite de confiança	
					- 95 %	+ 95 %
Média/Intercepto	0,801591	0,005142	155,8826	0,000001	0,785226	0,817956
CS	0,059798	0,006298	9,4948	0,002477	0,039755	0,079841
T	0,060081	0,006298	9,5397	0,002443	0,040038	0,080124
U	0,038086	0,006298	6,0473	0,009070	0,018043	0,058129

Coeficientes de regressão no modelo ajustado para Índice de expansão volumétrico com CS

Fator	Coeficiente regressão	Erro padrão	t(4)	p	Limite de confiança	
					- 95 %	+ 95 %
Média/Intercepto	1,279643	0,007101	180,1994	0,000000	1,257044	1,302243
T	-0,066947	0,008697	-7,6974	0,004557	-0,094625	-0,039268
U	-0,099764	0,008697	-11,4707	0,001422	-0,127442	-0,072085
CS x U	0,046798	0,008697	5,3808	0,012572	0,019119	0,074476
T x U	0,063916	0,008697	7,3490	0,005207	0,036238	0,091595

Coefficientes de regressão no modelo ajustado para Densidade aparente com PBE

Fator	Coeficiente regressão	Erro padrão	t(4)	p	Limite de confiança	
					- 95 %	+ 95 %
Média/Intercepto	1071.378	14.77368	72.51938	0.000006	1024.362	1118.395
PBE	25.190	18.09399	1.39215	0.258127	-32.394	82.773
T	26.324	18.09399	1.45485	0.241705	-31.259	83.907
U	-7.128	18.09399	-0.39393	0.719962	-64.711	50.455
PBE x T	17.682	18.09399	0.97724	0.400522	-39.901	75.265
PBE x U	-8.329	18.09399	-0.46032	0.676604	-65.912	49.254
T x U	22.512	18.09399	1.24417	0.301789	-35.071	80.095

Coefficientes de regressão no modelo ajustado para índice de expansão seccional com PBE

Fator	Coeficiente regressão	Erro padrão	t(4)	p	Limite de confiança	
					- 95 %	+ 95 %
Média/Intercepto	1.4424	0.0165	87.6373	0.0000	1.3900	1.4948
PBE	-0.0839	0.0202	-4.1629	0.0252	-0.1481	-0.0198
T	-0.0774	0.0202	-3.8373	0.0312	-0.1415	-0.0132
T x U	-0.0726	0.0202	-3.6014	0.0367	-0.1367	-0.0084

Coefficientes de regressão no modelo ajustado para índice de expansão longitudinal com PBE

Fator	Coeficiente regressão	Erro padrão	t(4)	p	Limite de confiança	
					- 95 %	+ 95 %
Média/Intercepto	0.854168	0.006996	122.0975	0.000001	0.831905	0.876432
PBE	0.032677	0.008568	3.8138	0.031706	0.005410	0.059944

Coefficientes de regressão no modelo ajustado para índice de expansão volumétrica com PBE

Fator	Coeficiente regressão	Erro padrão	t(4)	p	Limite de confiança	
					- 95 %	+ 95 %
Média/Intercepto	1.2269	0.0230	53.2714	0.0000	1.1536	1.3002
PBE	-0.0251	0.0282	-0.8882	0.4398	-0.1148	0.0647
T	-0.0521	0.0282	-1.8456	0.1621	-0.1418	0.0377
U	-0.0160	0.0282	-0.5686	0.6094	-0.1058	0.0737
PBE x T	-0.0181	0.0282	-0.6411	0.5671	-0.1079	0.0717
PBE x U	0.0077	0.0282	0.2718	0.8034	-0.0821	0.0974
T x U	-0.0458	0.0282	-1.6242	0.2028	-0.1356	0.0440

D - Relatórios de Saída do Programa

Area mmol/l/min

The Mixed Procedure

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Dependent Variable	AREAMMOL
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Dependent Variable	AREAMMOL
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Ani	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Bloco	2	12
MP	2	12
PROC	2	12

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Ani	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Bloco	2	12
MP	2	12
PROC	2	12

Dimensions	
Covariance Parameters	3
Columns in X	9
Columns in Z	14
Subjects	1
Max Obs per Subject	24

Dimensions	
Covariance Parameters	3
Columns in X	9
Columns in Z	14
Subjects	1
Max Obs per Subject	24

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	290.58893444	
1	1	290.58893444	0.00000000

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	290.58893444	
1	1	290.58893444	0.00000000

Convergence criteria met but final Hessian is not positive definite.

<u>Least Squares Means</u>							
<u>Effect</u>	<u>MP</u>	<u>PROC</u>	<u>Estimate</u>	<u>Standard Error</u>	<u>DF</u>	<u>t Value</u>	<u>Pr > t </u>
MP	<u>1</u>		467.28	83.4423	10	5.60	0.0002
MP	<u>2</u>		561.81	83.4423	10	6.73	<.0001
PROC		<u>1</u>	591.72	83.4423	10	7.09	<.0001
PROC		<u>2</u>	437.36	83.4423	10	5.24	0.0004

<u>Influence Diagnostics</u>											
<u>Deleted Obs. Index</u>	<u>Observed Value</u>	<u>Predicted Value</u>	<u>Residual</u>	<u>Leverage</u>	<u>PRESS Residual</u>	<u>Internally Studentized Residual</u>	<u>RMSE without deleted obs</u>	<u>Externally Studentized Residual</u>	<u>Cook's D</u>	<u>DFBETS</u>	<u>COVRATIO</u>
1	522.05555556	496.9	25.16	0.167	30.19	0.0953	296.494	0.0929	0.00045	0.04157	1.4706
2	191.83333333	496.9	-305.06	0.167	-366.08	-1.1561	286.481	-1.1665	0.06683	-0.52168	1.1172
3	275	496.9	-221.90	0.167	-266.28	-0.8409	291.271	-0.8345	0.03536	-0.37322	1.2757
4	317.77777778	437.7	-119.88	0.167	-143.86	-0.4543	295.028	-0.4451	0.01032	-0.19906	1.4134
5	340	437.7	-97.66	0.167	-117.19	-0.3701	295.544	-0.3620	0.00685	-0.16188	1.4333
6	293.33333333	437.7	-144.32	0.167	-173.19	-0.5470	294.335	-0.5371	0.01496	-0.24022	1.3871
7	858.33333333	496.9	361.44	0.167	433.72	1.3698	282.309	1.4025	0.09381	0.62721	0.9935
8	695.83333333	496.9	198.94	0.167	238.72	0.7539	292.317	0.7455	0.02842	0.33340	1.3128
9	438.33333333	496.9	-58.56	0.167	-70.28	-0.2219	296.196	-0.2166	0.00246	-0.09686	1.4588
10	355.83333333	437.7	-81.82	0.167	-98.19	-0.3101	295.848	-0.3030	0.00481	-0.13549	1.4452
11	265.66666667	437.7	-171.99	0.167	-206.39	-0.6518	293.395	-0.6422	0.02124	-0.28718	1.3520
12	1053.33333333	437.7	615.68	0.167	738.81	2.3333	252.999	2.6658	0.27221	1.19217	0.4133
13	808.33333333	686.5	121.79	0.167	146.14	0.4615	294.978	0.4523	0.01065	0.20226	1.4115
14	396.38888889	686.5	-290.16	0.167	-348.19	-1.0996	287.457	-1.1057	0.06046	-0.49450	1.1480
15	439.55555556	686.5	-246.99	0.167	-296.39	-0.9360	289.993	-0.9330	0.04381	-0.41725	1.2316
16	355.83333333	437.1	-81.23	0.167	-97.48	-0.3078	295.858	-0.3008	0.00474	-0.13451	1.4456
17	124.16666667	437.1	-312.90	0.167	-375.48	-1.1858	285.946	-1.1987	0.07031	-0.53607	1.1006
18	460	437.1	22.94	0.167	27.52	0.0869	296.506	0.0847	0.00038	0.03789	1.4711
19	1051.66666667	686.5	365.12	0.167	438.14	1.3837	282.009	1.4183	0.09573	0.63428	0.9851
20	320	686.5	-366.55	0.167	-439.86	-1.3891	281.892	-1.4244	0.09648	-0.63702	0.9818
21	1103.33333333	686.5	416.79	0.167	500.14	1.5795	277.448	1.6456	0.12475	0.73593	0.8646
22	402.27777778	437.1	-34.79	0.167	-41.74	-0.1318	296.433	-0.1286	0.00087	-0.05749	1.4682
23	868.44444444	437.1	431.38	0.167	517.66	1.6348	276.036	1.7119	0.13363	0.76560	0.8300
24	411.66666667	437.1	-25.40	0.167	-30.48	-0.0963	296.493	-0.0938	0.00046	-0.04197	1.4706

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Ani	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Bloco	2	12
MP	2	12
PROC	2	12

Covariance Parameter Estimates				
Cov Parm	Estimate	Standard Error	Z Value	Pr > Z
Ani	33.2167	118.81	0.28	0.3899
Bloco	0	.	.	.
Residual	341.03	152.51	2.24	0.0127

Dimensions	
Covariance Parameters	3
Columns in X	9
Columns in Z	14
Subjects	1
Max Obs per Subject	24

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	182.3
AIC (Smaller is Better)	186.3
AICC (Smaller is Better)	187.0

BIC (Smaller is Better) Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
MP	1	10	0.12	0.7381
PROC	1	10	3.29	0.1000
MP*PROC	1	10	0.86	0.3750

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Least Squares Means							
Effect	MP	PROC	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
MP	1		126.17	5.8271	10	21.65	<.,0001
MP	2		129.00	5.8271	10	22.14	<.,0001
PROC		1	134.42	5.5846	10	24.07	<.,0001
PROC		2	120.75	5.5846	10	21.62	<.,0001

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	182.42305967	
1	1	182.34397274	0.00000000

Influence Diagnostics											
Deleted Obs. Index	Observed Value	Predicted Value	Residual	Leverage	PRESS Residual	Internally Studentized Residual	RMSE without deleted obs	Externally Studentized Residual	Cook's D	DFITTS	COVRATIO
1	138	129.5	8.500	0.167	10.233	0.4813	18.8316	0.4720	0.01213	0.21512	1.4031
2	115	129.5	-14.500	0.167	-17.030	-0.8211	18.7002	-0.8108	0.02586	-0.31637	1.3267
3	123	129.5	-6.500	0.167	-8.318	-0.3681	18.8200	-0.3612	0.01335	-0.22584	1.3962
4	125	122.8	2.167	0.167	2.325	0.1227	18.9459	0.1196	0.00010	0.01952	1.4727
5	118	122.8	-4.833	0.167	-5.827	-0.2737	18.9090	-0.2673	0.00399	-0.12283	1.4499
6	119	122.8	-3.833	0.167	-4.520	-0.2171	18.9288	-0.2118	0.00191	-0.08484	1.4621
7	145	129.5	15.500	0.167	18.562	0.8777	18.5847	0.8721	0.03787	0.38519	1.2625
8	131	129.5	1.500	0.167	1.886	0.0849	18.9411	0.0828	0.00060	0.04763	1.4697
9	125	129.5	-4.500	0.167	-5.332	-0.2548	18.9203	-0.2487	0.00280	-0.10282	1.4569
10	121	122.8	-1.833	0.167	-2.351	-0.1038	18.9366	-0.1012	0.00108	-0.06391	1.4669
11	102	122.8	-20.833	0.167	-24.743	-1.1797	18.3526	-1.1870	0.06174	-0.49807	1.1418
12	152	122.8	29.167	0.167	35.115	1.6516	17.5403	1.7388	0.14296	0.79301	0.7949
13	149	139.3	9.667	0.167	11.630	0.5474	18.7988	0.5377	0.01557	0.24415	1.3837
14	130	139.3	-9.333	0.167	-12.147	-0.5285	18.6414	-0.5236	0.03198	-0.35289	1.2937
15	127	139.3	-12.333	0.167	-14.664	-0.6984	18.7378	-0.6883	0.02194	-0.29083	1.3482
16	108	118.7	-10.667	0.167	-12.936	-0.6040	18.7487	-0.5949	0.02081	-0.28303	1.3544
17	85	118.7	-33.667	0.167	-40.039	-1.9064	17.3232	-2.0323	0.16405	-0.86014	0.7195
18	119	118.7	0.333	0.167	-0.038	0.0189	18.9416	0.0184	0.00056	-0.04582	1.4700
19	147	139.3	7.667	0.167	9.389	0.4341	18.8329	0.4257	0.01199	0.21388	1.4039
20	119	139.3	-20.333	0.167	-23.802	-1.1514	18.4805	-1.1505	0.04862	-0.43892	1.2070
21	164	139.3	24.667	0.167	29.594	1.3968	17.9937	1.4335	0.09809	0.64031	0.9749
22	117	118.7	-1.667	0.167	-2.172	-0.0944	18.9371	-0.0920	0.00103	-0.06235	1.4672
23	172	118.7	53.333	0.167	64.166	3.0200	13.7409	4.0587	0.47403	1.84332	0.1128
24	111	118.7	-7.667	0.167	-8.981	-0.4341	18.8806	-0.4246	0.00698	-0.16278	1.4326

Covariance Parameter Estimates				
Cov Parm	Estimate	Standard Error	Z Value	Pr > Z
Ani	0	.	.	.
Bloco	0	.	.	.
Residual	1515.00	479.09	3.16	0.0008

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	210.4
AIC (Smaller is Better)	212.4
AICC (Smaller is Better)	212.6

BIC (Smaller is Better) Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
MP	1	10	0.89	0.3674
PROC	1	10	1.58	0.2368
MP*PROC	1	10	0.10	0.7595

Least Squares Means							
Effect	MP	PROC	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
MP	1		127.50	11.2361	10	11.35	<.,0001
MP	2		142.50	11.2361	10	12.68	<.,0001
PROC		1	145.00	11.2361	10	12.90	<.,0001
PROC		2	125.00	11.2361	10	11.12	<.,0001

Model Information	
Data Set	WORK.IMPORT
Dependent Variable	TEMPICO
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Ani	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Bloco	2	12
MP	2	12
PROC	2	12

Dimensions	
Covariance Parameters	3
Columns in X	9
Columns in Z	14
Subjects	1
Max Obs per Subject	24

Number of Observations	
Number of Observations Read	24
Number of Observations Used	24
Number of Observations Not Used	0

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	210.38799356	
1	1	210.38799356	0.00000000

Influence Diagnostics											
Deleted Obs. Index	Observed Value	Predicted Value	Residual	Leverage	PRESS Residual	Internally Studentized Residual	RMSE without deleted obs	Externally Studentized Residual	Cook's D	DFFITs	COVRATIO
1	180	135.0	45.000	0.167	54.000	1.2665	38.2994	1.2871	0.08020	0.57561	1.0545
2	90	135.0	-45.000	0.167	-54.000	-1.2665	38.2994	-1.2871	0.08020	-0.57561	1.0545
3	150	135.0	15.000	0.167	18.000	0.4222	39.7558	0.4133	0.00891	0.18484	1.4215
4	120	120.0	0.000	0.167	0.000	0.0000	39.9342	0.0000	0.00000	0.00000	1.4733
5	120	120.0	0.000	0.167	0.000	0.0000	39.9342	0.0000	0.00000	0.00000	1.4733
6	150	120.0	30.000	0.167	36.000	0.8443	39.2160	0.8380	0.03564	0.37477	1.2742
7	120	135.0	-15.000	0.167	-18.000	-0.4222	39.7558	-0.4133	0.00891	-0.18484	1.4215
8	180	135.0	45.000	0.167	54.000	1.2665	38.2994	1.2871	0.08020	0.57561	1.0545
9	90	135.0	-45.000	0.167	-54.000	-1.2665	38.2994	-1.2871	0.08020	-0.57561	1.0545
10	60	120.0	-60.000	0.167	-72.000	-1.6886	36.9779	-1.7775	0.14257	-0.79490	0.7963
11	90	120.0	-30.000	0.167	-36.000	-0.8443	39.2160	-0.8380	0.03564	-0.37477	1.2742
12	180	120.0	60.000	0.167	72.000	1.6886	36.9779	1.7775	0.14257	0.79490	0.7963
13	150	155.0	-5.000	0.167	-6.000	-0.1407	39.9144	-0.1372	0.00099	-0.06137	1.4675
14	120	155.0	-35.000	0.167	-42.000	-0.9850	38.9534	-0.9843	0.04851	-0.44018	1.2075
15	150	155.0	-5.000	0.167	-6.000	-0.1407	39.9144	-0.1372	0.00099	-0.06137	1.4675
16	150	130.0	20.000	0.167	24.000	0.5629	39.6166	0.5530	0.01584	0.24732	1.3821
17	180	130.0	50.000	0.167	60.000	1.4072	37.9057	1.4450	0.09901	0.64621	0.9709
18	120	130.0	-10.000	0.167	-12.000	-0.2814	39.8550	-0.2749	0.00396	-0.12292	1.4501
19	180	155.0	25.000	0.167	30.000	0.7036	39.4368	0.6944	0.02475	0.31056	1.3327
20	120	155.0	-35.000	0.167	-42.000	-0.9850	38.9534	-0.9843	0.04851	-0.44018	1.2075
21	210	155.0	55.000	0.167	66.000	1.5479	37.4658	1.6081	0.11980	0.71917	0.8843
22	90	130.0	-40.000	0.167	-48.000	-1.1258	38.6482	-1.1338	0.06337	-0.50703	1.1339
23	150	130.0	20.000	0.167	24.000	0.5629	39.6166	0.5530	0.01584	0.24732	1.3821
24	90	130.0	-40.000	0.167	-48.000	-1.1258	38.6482	-1.1338	0.06337	-0.50703	1.1339

Influence Diagnostics	
Deleted Obs. Index	Restricted Likelihood Distance
1	0.3419
2	0.3419
3	0.0518
4	0.0259
5	0.0259
6	0.1427
7	0.0518
8	0.3419
9	0.3419
10	0.7407
11	0.1427
12	0.7407
13	0.0287
14	0.1938
15	0.0287
16	0.0735
17	0.4461
18	0.0372
19	0.1033
20	0.1938
21	0.5770
22	0.2591
23	0.0735
24	0.2591