



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Andriéli Aparício Coelho

**RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE AVEIA: APLICAÇÃO EM ALIMENTOS E
SEUS IMPACTOS - UMA REVISÃO**

FLORIANÓPOLIS - SC

2020

ANDRIÉLI APARÍCIO COELHO

**RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE AVEIA: APLICAÇÃO EM ALIMENTOS E
SEUS IMPACTOS - UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título em bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dra. Alicia de Francisco de Casas.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Coelho, Andrieli
RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE AVEIA: APLICAÇÃO EM
ALIMENTOS E SEUS IMPACTOS - UMA REVISÃO / Andrieli Coelho
; orientador, Alicia de Francisco Casa, 2020.
50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. Resíduos. 3.
Aveia. 4. Processamento. 5. Agregação de valor. I. de
Francisco Casa, Alicia. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.
III. Título.

ANDRIÉLI APARÍCIO COELHO

**RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE AVEIA: APLICAÇÃO EM ALIMENTOS E
SEUS IMPACTOS - UMA REVISÃO**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do
Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos”
e aprovado em sua forma final.

Florianópolis, 26 de novembro de 2020.

Prof.a Carmen Maria Oliveira Müller, Dra
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.a Alicia de Francisco de Casas, Dra
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.a Carlise Beddin Fritzen Freire, Dra
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.a Evanilda Teixeira, Dra
Universidade Federal de Santa Catarina

A todos que contribuíram para que
eu chegasse até aqui.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, minha mãe Cristiane, às minhas irmãs Francyele e Tamyris, meu irmão Leon e, aos meus cunhados, por todo suporte, acolhimento, carinho e força nos momentos difíceis.

Agradeço a vida da minha sobrinha Maria Luiza e do meu sobrinho Gael, que desde o nascimento me trouxeram alegria e motivação para não desistir. A tia ama vocês.

A minha orientadora - e coordenadora do Lab. Ceres - Prof.^a Dr.^a Alicia, agradeço pela confiança, por ter me acolhido no Ceres, por aceitar participar deste processo comigo, pela paciência e por respeitar meu tempo de aprendizagem.

Agradeço a todos do laboratório de cereais (Lab. Ceres), em especial, as minhas parceiras de bancada Maria Elisa, Valéria, Mariana M., Mariana F. e Brunna por toda parceria, paciência, comprometimento e dedicação. Ao Cláudio, José, Bruna, Erick, Estela, Maria Eduarda e Iara agradeço pelo conhecimento compartilhado e por toda aprendizagem.

Aos meus professores da graduação e da vida, agradeço pelo conhecimento compartilhado, por serem profissionais essenciais a nossa sociedade e uma fonte de inspiração e admiração para mim.

Aos servidores, técnicos e demais colaboradores da UFSC, agradeço por toda dedicação no trabalho, que facilita a vivência de todos na UFSC.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina, por proporcionar um ensino de qualidade a todos os estudantes, por ser uma instituição reconhecida por seu mérito, por possibilitar o acesso ao restaurante, bibliotecas, laboratórios, hospital, sala de informática e demais estruturas que contribuem para a permanência e formação acadêmica.

Agradeço a empresa SL Alimentos, por ter fornecido amostras e informações para a elaboração deste projeto, por incentivar as pesquisas e por possibilitar a troca entre academia e indústria.

Agradeço as pessoas incríveis que conheci através da minha participação no centro acadêmico (CACTA), na empresa júnior CALTECH, e no projeto Integração, por terem contribuído para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradeço às minhas amigas de graduação Bruna, Dinah, Mariana, Natália, Natália M., Nathalia e Thalita, por nossa amizade e por termos compartilhado angústias, choros, risadas e conquistas desde o início. Admiro muito vocês e torço pelo sucesso de cada uma.

A todos que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal, gratidão.

RESUMO

A aveia é uma espécie de gramínea anual pertencente à família Poaceae e gênero *Avena*. Dentre as espécies cultivadas, a aveia branca (*Avena sativa L.*) é uma das principais. Atualmente, apresenta-se em sétimo lugar na produção mundial de grãos no mundo, representando 2% do total de grãos produzidos. O Brasil é o 6º maior produtor e consumidor de aveia no mundo. Durante o seu processamento são gerados resíduos de baixo valor agregado, comumente destinados a produção de ração animal, compostagem e produção de energia. Soluções ambientalmente adequadas podem ser uma alternativa para agregar valor a esses resíduos e ainda reduzir seus impactos ambientais. Para este trabalho de revisão bibliográfica, a fim de pesquisar sobre os resíduos para potencial aplicação em produtos alimentícios, foram divididos em dois grupos, cascas e farinha residual, com base nas características de cada uma dessas frações. As cascas, compostas predominantemente por hemicelulose, celulose e lignina podem ser aplicadas em biscoitos para enriquecimento em fibras, em ingredientes para hambúrgueres como substitutos de gorduras, na extração de compostos antioxidantes, no transporte físico de probióticos e na produção de hidrogéis. A farinha residual é composta por carboidratos, lipídios, proteínas e fibras, destacando-se as beta-glucanas por apresentarem propriedades fisiológicas e tecnológicas interessantes para a aplicação em alimentos, como pães, *muffins*, salgadinhos extrusados e em revestimentos comestíveis. Contudo, além dos benefícios ambientais e econômicos, para a utilização desses resíduos as práticas de cultivo, com uso excessivo de agrotóxicos, empregadas na produção de grãos deve ser considerada, visto que dos principais resíduos do processamento de aveia são as cascas que estão diretamente expostas a essas substâncias. Além da aceitação dos consumidores e da preservação das características intrínsecas dos produtos.

Palavras-chave: Aveia. Resíduos. Processamento. Agregação de valor.

ABSTRACT

The oats are an annual grass species belonging to the family Poaceae and genus *Avena*. Among the cultivated species, white oats (*Avena sativa* L.) is the main one. Currently, it ranks seventh in world grain production, representing 2% of the total grains produced. Brazil is the 6th largest producer and consumer of oats in the world. Currently, it ranks seventh in world grain production, representing 2% of the total grains produced. Brazil is the 6th largest producer and consumer of oats in the world. During its processing, low added value waste is generated, commonly used for animal feed production, composting and energy production. Environmentally friendly solutions can be an alternative to add value to this waste and reduce its environmental impacts. For this review work, in order to research residues for potential application in food products, they were divided into two groups, husks and residual flour, based on the characteristics of each of these fractions. The husks, composed predominantly of hemicellulose, cellulose and lignin, can be applied in biscuits for enrichment in fibers, in ingredients for hamburgers as fat substitutes, in the extraction of antioxidant compounds, in the physical transport of probiotics and in the production of hydrogels. Residual flour is composed of carbohydrates, lipids, proteins and fibers, with beta-glucans standing out for they have interesting physiological and technological properties for application in foods, such as breads, muffins, extruded snacks and in edible coatings. However, in addition to the environmental and economic benefits, for the use of these residues the cultivation practices, with excessive use of pesticides, used in the production of grains must be considered, since the main residues of oat processing are the husks that are directly exposed to these substances. In addition to consumer acceptance and preservation of the intrinsic characteristics of products.

Keywords: Oats. Waste. Processing. Adding value.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da produção de aveia no Brasil.....	21
Figura 2 - Diagrama com os principais componentes anatômicos da aveia (<i>Avena Sativa L.</i>).....	23
Figura 3 - Estrutura molecular da amilose (a) e amilopectina (b).....	25
Figura 4 - Fluxograma do processamento da aveia.....	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Limites máximos de micotoxinas ($\mu\text{g}/\text{kg}$) nas categorias de alimentos.....30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área colhida (mil ha), produção (mil ton.) e rendimento (Kg ha ⁻¹) das principais cereais cultivados no mundo, safras de 2019/2020 e 2020/2021.....	20
Tabela 2 – Principais países produtores de aveia (mil ton.), no período de 2016 a 2020.....	20
Tabela 3 – Principais países consumidores de aveia (mil ton.), no período de 2016 a 2020.....	21
Tabela 4 – Aveia: comparativo de área (mil ha), produção (mil ton.) e rendimento (Kg ha ⁻¹) nas regiões do Brasil.....	22
Tabela 5 - Composição química parcial (g 100 ⁻¹ g) da casca de aveia	32
Tabela 6 - Composição em antioxidantes das cascas de aveia.....	34
Tabela 7 - Composição centesimal (g 100 ⁻¹ g) dos flocos de aveia.....	37
Tabela 8 - Composição em aminoácidos essenciais de farinha comercial, flocos e farinha residual de aveia.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C - Antes de Cristo

AACC - *American Association of Cereal Chemists*

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

Aw - Atividade de água

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

DON - Desoxinivalenol

EAG - Equivalente de Ácido Gálico

EPI - Equipamento de Segurança Individual

FDA - *Food and Drug Administration*

FUSION - *Reducing Food Waste Through Social Innovation*

g - gramas (unidade de medida)

ha - hectares

INCA - Instituto Nacional de Câncer

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Kg - Kilograma

LTM - Limite Máximo de Tolerância

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

mg - Miligramas (unidade de medida)

NBR - Norma Brasileira

ONU - *United Nations Organization*

pH - Potencial de Hidrogênio

RDC - Resolução de Diretoria Colegiada

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

ton. - toneladas

UFC - Unidade Formadora de Colônia

USDA - *United States Department of Agriculture*

WHO - *World Health Organization*

LISTA DE SÍMBOLOS

α - *Alpha*

β - *Beta*

γ - *Gamma*

μg - *Micrograma*

% - *Porcentagem*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3 METODOLOGIA.....	18
4 AVEIA.....	19
4.1 MORFOLOGIA.....	23
4.1.1 Casca.....	24
4.1.2 Farelo.....	24
4.1.3 Endosperma Amiláceo.....	25
4.1.4 Germe.....	26
5 PROCESSAMENTO DE AVEIA.....	26
5.1 RECEPÇÃO.....	27
5.2 LIMPEZA E CLASSIFICAÇÃO.....	27
5.3 SECAGEM.....	27
5.4 ARMAZENAGEM.....	27
5.5 CLASSIFICAÇÃO E DESCASCAMENTO.....	28
5.6 ESTABILIZAÇÃO E TOSTAGEM.....	28
5.7 CORTE.....	28
5.8 TRATAMENTO HIDROTÉRMICO.....	28
5.9 MOAGEM.....	29
5.10 EMBALAGEM.....	29
6 LEGISLAÇÃO DE AVEIA NO BRASIL.....	29
6.1 PADRONIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE AVEIA.....	30
6.2 MICOTOXINAS EM CEREAIS.....	30
7 APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE AVEIA.....	31
7.1 CASCAS.....	32
7.2 FARINHA RESIDUAL.....	36
8. IMPACTOS DA APLICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE AVEIA EM PRODUTOS.....	38

8.1 AGROTÓXICOS.....	39
8.2 IMPACTOS AMBIENTAIS.....	40
8.3 VALOR AGREGADO.....	40
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
10 REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A aveia é uma espécie de gramínea anual pertencente à família Poaceae e gênero *Avena*. Índícios indicam que sua origem foi no oriente médio, por volta de 2000 A.C (WEBSTER, 1986 *apud* SCHRICKEL, 1986). Embora existam muitas espécies, a aveia branca (*Avena sativa L.*) é uma das principais cultivadas (IPEA, 2018), apresentando-se em sétimo lugar na produção mundial de grãos, representando 2% do total de grãos produzidos. O Brasil é o 6º maior produtor e consumidor de aveia no mundo (USDA, 2020).

Na alimentação humana, o consumo de aveia é obtido através da ingestão de cereais matinais, pães, biscoitos, barras de cereais, granolas e alimentos infantis elaborados a partir do farelo, farinha e flocos de aveia. E seu consumo está associado às propriedades fisiológicas atribuídas, principalmente, às beta-glucanas, apresentando efeitos no colesterol sérico, na prevenção de câncer de cólon, no controle da glicemia e tratamento para diabéticos (LAJOLO *et. al*, 2001 *apud* DE FRANCISCO; DE SÁ, 2001).

As cascas e a farinha residual obtidas durante o processamento de aveia são normalmente destinadas a ração animal, produção de energia e compostagens. Contudo, estudos estão sendo realizados para utilização dessas frações em produtos destinados à alimentação, como a aplicação de ingredientes a base de cascas de aveia como substituto de gordura em hambúrgueres (SUMMO *et al.*, 2020), substituição parcial da farinha residual de aveia em pães (GAMBUS *et al.*, 2011) e *muffins* (MICKOWSKA; LITWINEK; GAMBUS, 2016), entre outros.

Com isso, o objetivo desta revisão bibliográfica foi pesquisar sobre os resíduos resultantes do processamento de aveia (*Avena Sativa L.*) para potencial aplicação em produtos destinados à alimentação humana, visando ampliar o uso destas frações que possuem características nutricionais e físicas importantes para a alimentação e para a aplicação em formulações alimentícias, além de agregar valor a esses resíduos e diminuir os impactos ambientais gerados pelo descarte desses resíduos.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho de revisão bibliográfica foi pesquisar sobre os resíduos resultantes do processamento de aveia (*Avena Sativa L.*) para potencial aplicação em produtos destinados à alimentação humana.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os dados de produção da aveia;
- Compreender em quais etapas do processamento de aveia são gerados resíduos;
- Compreender as características de cada fração de aveia, em especial, os resíduos;
- Analisar a aplicabilidade dos resíduos de aveia em produtos destinados à alimentação humana;
- Analisar os impactos da utilização dos resíduos de aveia em produtos destinados à alimentação humana.

3 METODOLOGIA

Este trabalho de conclusão de curso, inicialmente, compreendia métodos para o desenvolvimento de um produto à base dos resíduos gerados durante o processamento de aveia, incluindo análises físico-químicas quanto ao teor de umidade, carboidratos, proteínas, lipídios, resíduo mineral fixo (cinzas), beta-glucanas, análise de glúten, determinação do perfil viscoamilográfico do produto final e análise estatística.

Em decorrência da situação mundial de pandemia causada pelo SARS-CoV-2 (COVID-19) e, com base na suspensão excepcional das atividades presenciais na Universidade Federal de Santa Catarina conforme Resolução Normativa nº 140/2020/CUn, de 21 de julho de 2020, definido pelo Conselho Universitário da mesma, foi necessário adaptar o trabalho para uma revisão bibliográfica.

Para a elaboração desta revisão bibliográfica foi realizada uma análise da literatura nacional e internacional referente a aveia (*Avena Sativa L.*) e seus resíduos aplicados em produtos destinados à alimentação humana, quanto a sua composição, morfologia, produção, processamento e impactos ambientais.

A análise de literatura foi realizada em livros, artigos científicos, dissertações, periódicos e relatórios técnicos, para interpretação e análise crítica, conforme metodologia descrita por Rother (2007). Assim como em artigos-referência selecionados a partir de citações em outros artigos.

As principais bases de dados eletrônicas usadas, foram: Scielo, Science Direct, Scopus e PubMed. Os idiomas selecionados para a pesquisa foram o português e o inglês. O uso de tabelas, quadros e figuras, originais, adaptadas e criadas pela autora, foram utilizadas para sintetizar informações e facilitar a compreensão de dados e processos.

4 AVEIA

Historicamente, há registros da aveia (*Avena Sativa*) desde 2000 A.C, e indícios apontam que sua origem foi no Oriente Médio, nas áreas ao redor do mediterrâneo (WEBSTER, 1986 *apud* SCHRICKEL, 1986). No princípio, a aveia era considerada uma planta invasora nas lavouras de trigo (*Triticum spp.*) e cevada (*Hordeum spp.*) que eram as principais culturas do período. No entanto, quando as culturas dessas espécies expandiram-se para ambientes frios e úmidos, como o da Europa, a aveia tornou-se competitiva e assim, uma alternativa para a alimentação humana e animal após sua domesticação (COFFMAN, 1961 *apud* HAWERROTH *et al.*, 2014).

A aveia é uma espécie de gramínea anual pertencente à família *Poaceae* e gênero *Avena*. Embora existam muitas espécies, as principais cultivadas são a aveia branca (*Avena sativa L.*), a aveia amarela (*Avena byzantina C. Koch*) que podem ser utilizadas em forragens e na produção de grãos, e a aveia preta (*Avena strigosa Schreb*) empregada em pastagens de forma isolada ou em consórcio com outras forrageiras (IPEA, 2018).

Na década de 70, a produção de aveia era limitada no Brasil. Com isso, iniciou-se o programa de melhoramento do germoplasma (criação de cultivares de aveia adequados para produção em países em desenvolvimento) da aveia, a fim de obter variedades de ciclos curtos, mais resistentes ao acamamento e ao alumínio tóxico presente no solo, de qualidade, maior valor nutricional, e com maior potencial produtivo (DE FRANCISCO; FEDERIZZI; SETTI, 2019).

De acordo com *United States Department of Agriculture* (USDA, 2020), a aveia apresenta-se em sétimo lugar na produção mundial de cereais (Tabela 1) com 9,34 mil ha em área plantada, 22,44 mil toneladas produzidas na safra de 2019/2020, e com rendimento de 2,40 Kg ha⁻¹ no mesmo período, representando 2% do total de grãos produzidos.

Tabela 1: Área colhida (mil ha), produção (mil ton.) e rendimento (Kg ha⁻¹) dos principais cereais cultivados no mundo, safras 2019/2020 e 2020/2021.

Cereais	Área (mil ha)		Produção (mil ton.)		Rendimento (Kg ha ⁻¹)	
	2019/2020	2020/2021*	2019/2020	2020/2021*	2019/2020	2020/2021*
Grãos						
Grossos	332,35	336,42	1.405,72	1.464,70	4,23	4,35
Trigo	216,96	221,33	764,11	766,03	3,52	3,46
Milho	192,50	196,14	1.112,40	1.171,03	5,78	5,97
Arroz	160,43	162,37	495,73	500,05	4,61	4,60
Cevada	51,65	50,63	156,24	152,75	3,03	3,02
Sorgo	40,28	40,93	57,72	60,38	1,43	1,48
Aveia	9,34	9,65	22,44	23,54	2,40	2,44
Centeio	3,85	4,21	12,06	13,20	3,13	3,14

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados de USDA (2020).

*Projeção (Agosto, 2020)

Os principais produtores de aveia no mundo são a União Europeia, a Rússia, o Canadá, a Austrália e os Estados Unidos, contribuindo para a produção total de 22,439 mil toneladas em 2019/2020. O Brasil encontra-se na 6^o posição na produção de aveia, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Principais países produtores de aveia (mil ton.), no período de 2016 a 2021.

País	Produção (mil ton.)				
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021*
União Europeia	8.044	8.058	7.792	7.811	8.077
Rússia	4.750	5.448	4.715	4.420	4.000
Canadá	3.231	3.733	3.436	4.157	4.400
Austrália	2.266	1.227	1.135	860	1.600
Estados Unidos	980	720	815	771	942
Brasil	828	634	795	879	910
Total**	24.390	23.655	22.243	22.439	23.541

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados de USDA (2020).

*Estimativa (Agosto, 2020).

**Outros países não demonstrados nesta tabela fazem parte do somatório total.

O consumo mundial de aveia totalizou 22,049 mil toneladas no período de 2019/2020, cujos principais consumidores são a União Europeia, a Rússia, os Estados Unidos, o Canadá e a Austrália. Assim como na produção, o Brasil encontra-se na 6ª posição em relação ao consumo de aveia, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Principais países consumidores de aveia (mil toneladas), no período de 2016 a 2021.

País	Consumo (mil ton.)				
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021*
União Europeia	7.950	7.900	7.920	7.640	7.830
Rússia	4.800	5.400	4.700	4.200	3.950
Estados Unidos	2.537	2.358	2.326	2.343	2.497
Canadá	1.854	2.035	2.080	2.000	2.300
Austrália	1.500	900	900	700	1.050
Brasil	775	675	775	845	905
Total**	24.247	29.983	23.126	22.049	22.962

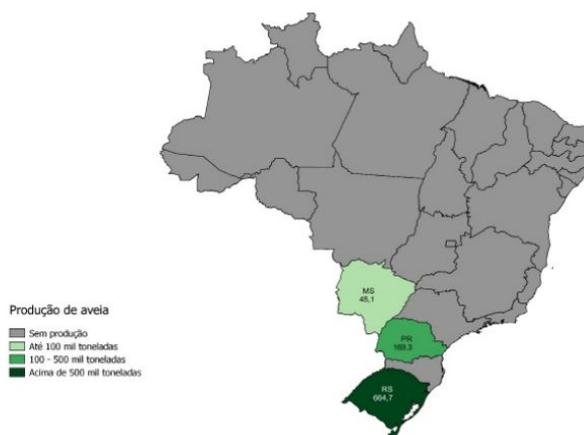
Fonte: elaborada pela autora a partir de dados de USDA (2020).

*Estimativa (Agosto, 2020).

**Outros países não demonstrados nessa tabela fazem parte do somatório total.

No Brasil (Figura 1), a região sul destaca-se na produção de aveia no Paraná (180,5 mil toneladas) e no Rio Grande do Sul (669,1 mil toneladas), com alguns registros na região centro-oeste no Mato Grosso Sul (51,0 mil toneladas), conforme demonstrado na tabela 4 (CONAB, 2020).

Figura 1: Mapa da produção de aveia no Brasil.



Fonte: CONAB, 2020.

Em razão de melhores condições climáticas, a perspectiva de produção (Tabela 4) de aveia no Mato Grosso do Sul é em torno de 90 mil toneladas para 2020, 99,6% acima da safra anterior. No Paraná, houve um decréscimo na área cultivada em comparação com 2019 devido à maior concorrência com o trigo. E no Rio Grande do Sul, as variações climáticas, pluviométricas e na temperatura favoreceram o bom desenvolvimento da aveia, com ampliação da área plantada atingindo 298,8 mil hectares (CONAB, 2020).

Tabela 4: Aveia: comparativo de área (mil ha), produção (mil ton.) e rendimento (Kg ha⁻¹) nas regiões do Brasil.

Região	Área (mil ha)			Produção (mil t.)			Rendimento (Kg ha ⁻¹)		
	Safra 2018	Safra 2019	Vari. %*	Safra 2018	Safra 2019	Vari. %*	Safra 2018	Safra 2019	Vari. %*
Centro-Oeste	37,30	37,30	-	45,10	51,00	13,1	1.209	1.367	13,1
MS	37,30	37,30	-	45,10	51,00	13,1	1.210	1.367	13,0
Sul	360,70	360,70	-	764,80	849,60	11,1	2.312	2.355	1,9
PR	89,60	89,60	-	169,30	180,50	6,6	1.889	2.015	6,7
RS	271,10	271,10	-	664,70	669,10	0,7	2.542	2.468	6,7
Brasil	398	398	-	809,90	900,60	11,2	2.209	2.263	2,4

Fonte: Adaptada pela autora a partir de dados da CONAB (2020)

*A variação de área plantada das safras de 2018 e 2019 não foi informada pelos autores.

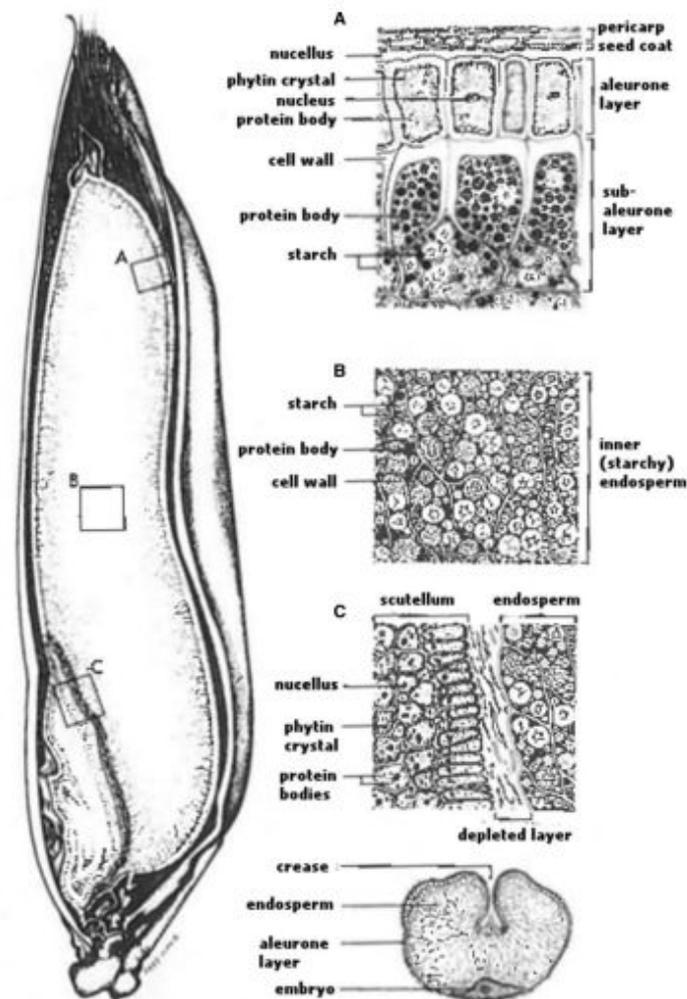
Nota: Estimativa em fevereiro/2020

O consumo de aveia está relacionado às suas propriedades fisiológicas, pois apresentam efeitos no colesterol sérico e, conseqüentemente, na redução dos riscos de doenças coronárias; Na prevenção de câncer de cólon e; No controle da glicemia e tratamento para diabéticos. Essas propriedades são atribuídas, principalmente, às beta-glucanas - fibra solúvel presente na parede celular da aveia, concentrada nas camadas de aleurona, sub-aleurona e no endosperma - por serem fermentadas no intestino grosso, formando ácidos graxos de cadeia curta e por aumentarem a sensibilidade à insulina reduzindo a síntese hepática do colesterol, e devido a sua viscosidade, diminui a absorção de glicose o que é benéfico para diabéticos (LAJOLO *et al.*, 2001 *apud* DE FRANCISCO; DE SÁ, 2001).

4.2 MORFOLOGIA

Os grãos de aveia (Figura 2) são denominados cariopses, ou frutos-sementes, que podem ser divididos em três partes principais: farelo (9 - 12%), endosperma (63 - 84%) e germe (2,8 - 3,7%). A aveia é um grão vestido, pois a casca (25 - 35%) é aderida firmemente a semente. Diferentemente dos grãos de trigo e centeio, os grãos de aveia contêm tricomas (pêlos curtos) (GUTKOSKI, 2000).

Figura 2: Diagrama com os principais componentes anatômicos da aveia (*Avena Sativa L.*).



Fonte: Fulcher e Wong (1982)

Em (A) observa-se pericarpo da aveia, incluindo o nucelo, camada de aleurona, e uma parte da camada de sub-aleurona; Em (B) o endosperma amiláceo; E em (C) a interface germe-endosperma.

A aveia é um cereal de excelente valor nutricional. Segundo Youngs *et al.* (1982), a proteína da aveia está distribuída em todo o grão, concentrando-se majoritariamente no farelo (48,6%) e no endosperma (45,1%), o germe representa somente cerca de 3%.

Quando comparada aos demais cereais, a aveia apresenta a maior concentração de lipídios, variando de 5 - 9%. Dentre os ácidos graxos essenciais, destaca-se o alto conteúdo dos ácidos oléico e linoléico. O farelo do grão concentra cerca de 40% dos lipídios presentes na cariopse, enquanto que o endosperma representa 52%. A casca apresenta baixa concentração de lipídios e o germe, por constituir apenas 3% do peso total do grão, contribui com 8% (YOUNGS *et al.*, 1982).

A concentração de fibras na aveia é maior nos grãos com casca, visto que a casca representa de 80 a 95% da fibra alimentar. Todavia, a casca não apresenta alto conteúdo de beta-glucanas. Já farelo de aveia apresenta cerca de 19% de fibra alimentar, dos quais 10 - 16% são beta-glucanas (LAJOLO *et al.*, 2001 *apud* DE FRANCISCO; DE SÁ, 2001).

4.1.1 Casca

A casca da aveia é um constituinte do grão que corresponde de 25% a 35% do seu peso total (REDAELLI; BERARDO, 2007), permanece aderida ao grão durante a maturidade e colheita (SANDRIN, 2013). Na maturidade, a casca desempenha papel fundamental na proteção do grão durante o processo de debulha e ataques de patógenos fúngicos (FORSBERG; RIVES, 1992 *apud* REDAELLI; BERARDO, 2007). No entanto, não apresenta atividade metabólica.

Durante o processamento da aveia há uma etapa de descascamento, que resulta em perda econômica aos agricultores e indústrias, e geração de resíduos. Devido ao valor nutricional em relação a fibras, as cascas costumam ser destinada à alimentação animal (SCHRICKEL; BURROWS; INGEMANSEN, 1992).

As cascas são constituídas, principalmente, por celulose, hemicelulose, e lignina (TAMANINI *et al.*, 2004). E de acordo com Redaelli e Berardo (2007), o teor de fibras alimentar insolúvel pode representar 80% do seu peso total.

4.1.2 Farelo

A camada externa do grão de aveia que recobre a semente é denominada farelo. O farelo de aveia é composto por uma camada de aleurona, pericarpo, nucelo, e testa. Segundo a *American Association of Cereal Chemists*, o farelo é o alimentos produzido na etapa de moagem da aveia, com a separação da farinha por peneiramento ou outro meio adequado,

cujo teor de fibra alimentar total deve ser no mínimo 16,0 %, e conteúdo de beta-glucanas deve ser superior a 5,5% em base seca (AACC, 1989).

Durante o processamento de aveia, para obtenção do farelo deve-se levar em consideração que a farinha de endosperma não se separa facilmente das camadas externas e o teor de lipídios dificultam o processo de peneiração. Devido a essa dificuldade de separação do tecido de endosperma das camadas externas do grão de aveia, o farelo de aveia encontrado comercialmente apresenta grande quantidade de endosperma amiláceo. A presença do endosperma no farelo de aveia melhora os perfis lipídicos e aumentam as ligações de (1-3)(1-4)- β -D-glucana. (WOOD, 1993 *apud* FULCHER; MILLER, 1993).

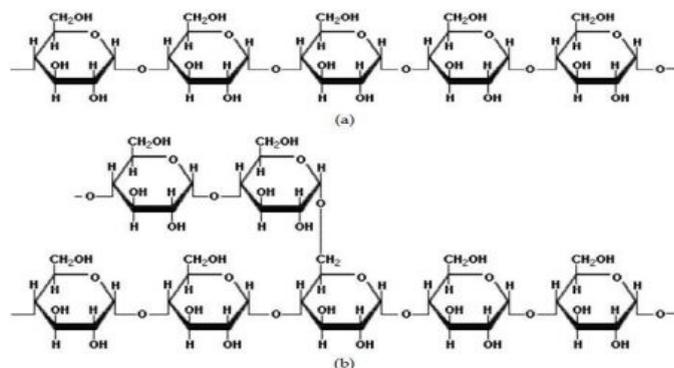
4.1.3 Endosperma amiláceo

O endosperma amiláceo presente nos grãos de aveia representam cerca de 60% do seu peso, contendo aproximadamente 10% de proteínas (PUNIA *et al.*, 2020).

O amido é o componente mais abundante na aveia e possui formas poligonais, irregulares, fracamente birrefringentes, com poder de expansão relativo a condições de temperatura e umidade. Divide-se em carboidratos e não carboidratos (proteínas, lipídios e minerais) que afetam as propriedades físico-químicas dos grânulos de amido e dificultam a sua extração. Diferentemente de outros cereais, o amido de aveia apresenta alto conteúdo de lipídios, e relativamente alta cristalinidade. (PUNIA *et al.*, 2020).

Dos carboidratos, a amilose que é um polissacarídeo constituído por unidades de α -D-glicose, com ligações glicosídicas α (1-4) e, baixa ramificação e a amilopectina composta predominantemente por ligações α (1-6), altamente ramificada, representam cerca de 98 a 99% do grânulo de amido de aveia (PUNIA *et al.*, 2020), representadas na Figura 3.

Figura 3: Estrutura molecular da amilose (a) e amilopectina (b).



Fonte: Damodaran, Parkin e Fennema (2010).

4.1.4 Germe

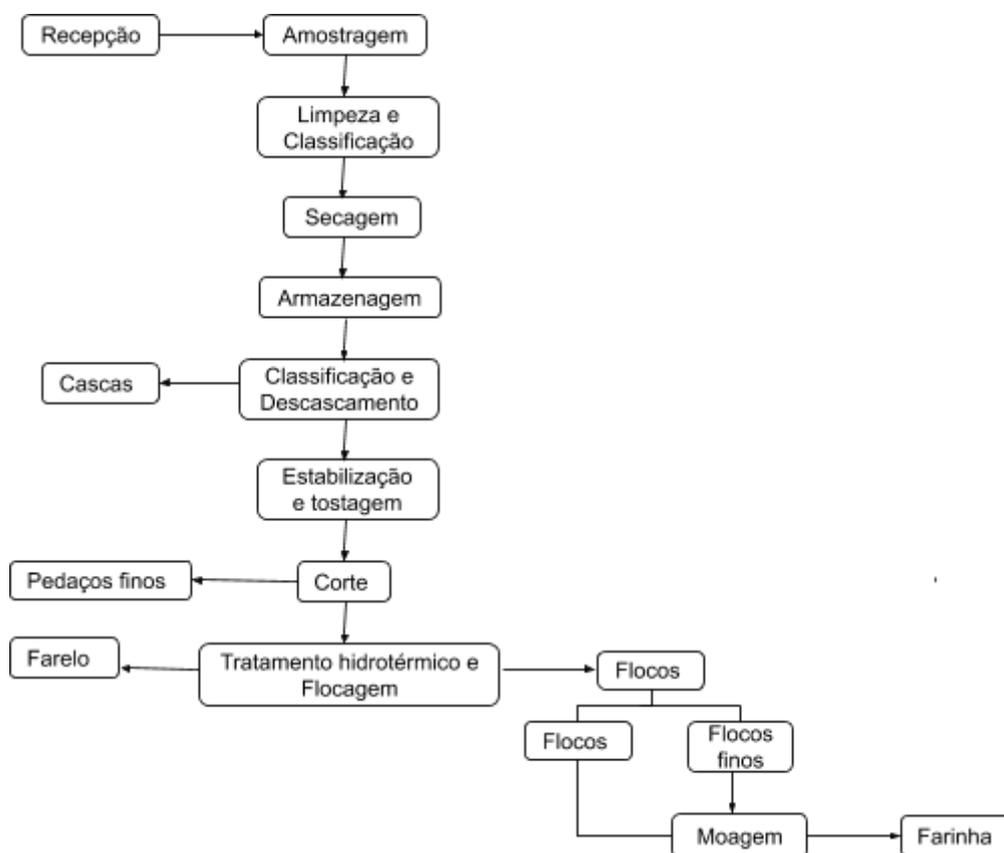
O germe, ou embrião, representa aproximadamente 3% do peso total do grão de aveia. Sua estrutura é formada pelo eixo embrionário e pelo escutelo. Apresenta atividade metabólica viável, capaz de formar uma nova planta (HOSENEY, 1991).

5 PROCESSAMENTO DA AVEIA

Os principais produtos obtidos durante o processamento de aveia (Figura 4) são os flocos, o farelo e a farinha. No entanto, durante o processamento são gerados resíduos, como as cascas que podem representar 24 a 27%; Aveias duplas, finas e leves (consideradas descartes) que variam de 10 a 20% e; Materiais estranhos que podem totalizar de 2 a 5%, variando em função da qualidade de aveia e eficiência do processo (WEBSTER, 1986 *apud* DEANE; COMMERS, 1986).

Desses resíduos, apenas os materiais estranhos podem comprometer todo o processamento de aveia em termos de segurança, homogeneidade, e rapidez devendo dessa forma, serem descartados (WEBSTER, 1986 *apud* DEANE; COMMERS, 1986).

Figura 4: Fluxograma do processamento de aveia.



Fonte: Adaptado pela autora a partir de Gutkoski (2000) e Sandrin (2013)

5.1 RECEPÇÃO

Na etapa de recepção é realizada uma pré-avaliação do grão de aveia antes do seu recebimento, através de amostragem, onde algumas características essenciais são analisadas, como o peso por hectolitro de no mínimo 44 Kg, umidade entre 17 - 18%, índice de rancidez inferior a 2%, e não apresentar contaminação química (SANDRIN, 2013).

5.2 LIMPEZA E CLASSIFICAÇÃO

Os grãos de aveia ao chegarem a unidade de processamento possuem algumas impurezas e matérias estranhas, como palhas, sementes, insetos mortos, folhas verdes, pedras e madeira. Para a remoção das sujidades são utilizados equipamentos compostos por peneiras e ventiladores, seguidos de separadores de discos que possibilitam a rejeição das impurezas e matérias estranhas.

Após a limpeza, é realizada a classificação dos grãos. Os grãos são classificados quanto a largura e comprimento, em: finos, regulares ou duplos (DORN, 1989 *apud* SANDRIN, 2013).

5.3 SECAGEM

A operação de secagem dos grãos é aplicada para padronizar a umidade a níveis que permitam o armazenamento. Após o cereal passar por secadores, a umidade deve ser de 12% (SANDRIN, 2013).

5.4 ARMAZENAGEM

Como a aveia é o grão de maior atividade enzimática, principalmente, envolvendo lipases e peroxidases, é essencial o controle das taxas de temperatura e umidade, 18°C e 12% respectivamente, para evitar a catálise desses processos enzimáticos (SANDRIN, 2013).

O controle das taxas de temperatura e umidade também contribuem para evitar o desenvolvimento de bolores e fungos que costumam se desenvolver em ambientes com elevada umidade e temperatura, se o oxigênio não for limitante (OGUNADE *et al.*, 2018).

De acordo com o Codex Alimentarius, o crescimento de fungos está diretamente relacionado à atividade de água (A_w) dos grãos. Em A_w menor do que 0,70 o crescimento de fungos é inibido (FAO; WHO, 2016).

Nos silos, é realizado o expurgo dos grão para prevenir possíveis infestações de pragas e insetos durante o processamento (GUTKOSKI, 2000).

5.5 CLASSIFICAÇÃO E DESCASCAMENTO

Os grãos são classificação como grandes, médios ou pequenos de acordo com seu tamanho (WEBSTER, 1986 *apud* SCHRICKEL, 1986).

O descascamento é realizado através de um rotor em alta velocidade, que joga a aveia contra um forro de borracha, em que a borracha auxilia na diminuição do impacto causado no grão e conseqüentemente reduz a quebra dos mesmos. As cascas são removidas por aspiração (SANDRIN, 2013). Este processo é suficientemente abrasivo para remover as cascas, com eficiência de 90 a 95% (WEBSTER, 1986 *apud* SCHRICKEL, 1986).

5.6 ESTABILIZAÇÃO E TOSTAGEM

O processo de estabilização e tostagem de aveia consiste no seu aquecimento, em colunas de vapor, por um determinado tempo até redução de cerca de 3-4% da umidade. Nesta etapa também ocorre inativação enzimática, fundamental para a conservação adequada dos produtos (SANDRIN, 2013).

5.7 CORTE

A operação de corte é caracterizada pelo fracionamento das cariopses em função do tipo de flocos a ser produzido. O equipamento consiste em um cilindro giratório perfurado com orifícios redondos, onde as cariopses se alinham longitudinalmente e são jogadas, através de força centrífuga, contra facas estacionárias localizadas na região inferior do moinho (HOSENEY, 1990 *apud* GUTKOSKI, 2000). Os pedaços que forem muito finos serão removidos por peneiras e utilizados como resíduos. Os pedaços com tamanhos adequados seguem o fluxo para moagem.

5.8 TRATAMENTO HIDROTÉRMICO E FLOCAGEM

O tratamento hidrotérmico é realizado mediante aplicação de vapor, a pressão atmosférica nas cariopses inteiras ou nos pedaços de aveia. O equipamento consiste em uma câmara cilíndrica ou retangular com injetores de vapor, que mantém a umidade e o calor

uniformes durante a passagem da massa de cariopse pelo equipamento, garantindo assim, o bom rendimento dos flocos (GUTKOSKI, 2000).

Em seguida, a massa de cariopse é conduzida ao floculador, que consiste em dois rolos de aço inoxidável, de tamanho variável, que giram, possibilitando a separação dos flocos de aveia dos flocos finos. Os flocos são destinados a comercialização, os flocos finos são aglomerados, secos em secadores de leito fluidizado, e moídos em moinhos para a produção de farinhas (GUTKOSKI, 2000).

5.9 MOAGEM

A moagem é a operação aplicada para a obtenção da farinha de aveia, a partir da separação do endosperma da casca e do germe. Como o endosperma não é facilmente separado do farelo da cariopse de aveia, pode-se considerar que há farelo de aveia na farinha do endosperma. Para a realização da moagem são necessárias alguns processos, incluindo trituração, redução (extração da farinha), compressão e a moagem (SANDRIN, 2013).

5.10 EMBALAGEM

A aveia produzida destinada ao consumo humano pode ser embalada em Pacotes “bag in box”, em sacos de papel de 5 Kg ou em sacos a granel de 700 a 1.000 Kg (DE FRANCISCO; FEDERIZZI; SETTI, 2019).

6 LEGISLAÇÃO DE AVEIA NO BRASIL

Para que os alimentos possam ser comercializados legalmente, devem atender a requisitos previstos nas legislações vigentes do país em que o produto será produzido e distribuído, desde as condições de cultivo e colheita da matéria-prima, estrutura do local de processamento, armazenamento, transporte, até a mesa do consumidor.

Embora não haja legislação específica para os resíduos de aveia para aplicação em produtos destinados à alimentação humana, a seguir serão abordados alguns dos critérios de padronização e classificação de aveia, assim como os limites de micotoxinas em cereais, visto que esses critérios e limites podem afetar os resíduos e potencializar ou reduzir o volume gerado.

6.1 PADRONIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE AVEIA

De acordo com a Portaria nº 191, de 14 de abril de 1975 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a aveia (*Avena Sativa, L*) comercializada deve atender a especificações de padronização e classificação. Classificando-se em grupos, classes e tipos de acordo com seu peso por hectolitro - peso relativo a 100 litros de aveia -, sua cor e qualidade, respectivamente (BRASIL, 1975).

A aveia pode ser dividida em quatro grupos ≥ 50 Kg, de 47 a 49 Kg, de 41 a 46 Kg e < 41 Kg, com base em seu peso por hectolitro. De acordo com a coloração, a aveia é ordenada em cinco classes (Branca, Vermelha, Cinza, Preta e Mista), podendo-se destacar a classe “Branca” que é descrita por apresentar coloração que varia do branco ao amarelo, podendo conter no máximo 10% de outras classes. Quanto a sua qualidade, é classificada em quatro tipos (Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3 e Tipo 4), considerando-se um fator comum entre eles, a umidade, cuja tolerância máxima é de 14% (BRASIL, 1975).

6.2 MICOTOXINAS EM CEREAIS

O limite máximo tolerado (LMT) de micotoxinas em alimentos é estabelecido por categorias de alimentos, bebidas e matérias-primas na Resolução - RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2011).

Para este trabalho, destacam-se as categorias: “alimentos à base de cereais para alimentação infantil” e “cereais e produtos de cereais”. O termo “cereais” dessas categorias não são especificados para a definição dos LMTs. As micotoxinas e seus LMTs podem ser observados no Quadro 1 (BRASIL, 2011).

Quadro 1: Limites máximos de micotoxinas ($\mu\text{g}/\text{kg}$) nas categorias de alimentos.

Categoria	Micotoxina	LMT ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Cereais e produtos de cereais	Aflatoxinas B1, B2, G1 e G2	5,00
	Ocratoxina A	10,00
	Desoxinivalenol (DON)	750,00
	Zearalenona	100,00
Alimentos à base de cereais para alimentação infantil	Aflatoxinas B1, B2, G1 e G2	5,00
	Ocratoxina A	2,00
	Desoxinivalenol	200,00
	Zearalenona	20,00

Fonte: Adaptado pela autora a partir de dados de Brasil (2011)

No Codex Alimentarius os cereais são divididos quanto às suas culturas, apontando-se que a aveia apresenta susceptibilidade aos fungos toxicogênicos *Fusarium Graminearum*, *Fusarium Culmorum* e *Fusarium Langsethii* associados a produção de micotoxinas desoxinivalenol, nivalenol, zearalenona, T-2 e toxina HT-2. Os LMTs não foram estipulados (FAO; WHO, 2016).

7 APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE AVEIA

Os resíduos industriais e agrícolas enquadram-se na definição de resíduos sólidos conforme a norma NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), onde entende-se como resíduo industrial e agrícola aquele gerado durante os processos de instalação e produção, e atividades agrícolas, respectivamente.

Os resíduos de alimentos, em específico, podem ser definidos como frações de alimentos, comestíveis ou não, que são removidos na cadeia de abastecimento (produção, processamento, distribuição e consumo) e são descartados em aterros, em esgotos, no mar e, incineradores, ou são reaproveitados em compostagens e na produção de bioenergia (STENMARK *et al.*, 2016).

Fadel (1999) define como subproduto o produto destinado a produção de ração animal obtido durante a colheita ou processamento de uma *commodity* da qual derivam os alimentos para humanos, podendo ser de origem animal ou vegetal.

Apesar das definições mencionadas anteriormente, é importante ressaltar que não há consenso na literatura quanto a definição de resíduos e subprodutos de alimentos. Diante disso, os dois termos podem ser utilizados para nomear os produtos resultantes do processamento de aveia que não se enquadram nos padrões para comercialização como farinha, farelo ou flocos de aveia.

Segundo Arendt e Zannini (2013), de 50 a 90% da produção mundial de aveia e seus subprodutos são destinadas a ração de cavalos, gado e ovelhas. Na alimentação humana, o farelo, a farinha e os flocos de aveia correspondem as principais frações usadas, aplicadas industrialmente em cereais matinais, pães, biscoitos, barras de cereais, granolas e alimentos infantis.

Além dessas aplicações tradicionais, as frações de aveia ricas em fibras podem ser utilizadas como ingredientes nutracêuticos, substitutos de gordura, espessantes em molhos, e

na formulação de derivados cárneos. Enquanto que as frações ricas em proteínas podem ser aplicadas em dietas para esportistas e alimentos geriátricos (DANIEL *et al.*, 2006).

Em paralelo a isto, pesquisas estão sendo realizadas a respeito do potencial de aplicação dos resíduos e subprodutos gerados durante o processamento de aveia para a produção de produtos destinados à alimentação humana. Neste trabalho, os resíduos de aveia foram divididos em dois grupos, cascas e farinha residual, devido às características de cada uma dessas frações.

7.1 CASCAS

O grupo denominado cascas inclui apenas as cascas resultantes do processamento de aveia, pois diferentemente das outras frações residuais, são compostas basicamente por celulose, hemicelulose e lignina, conforme Tabela 5. Este resíduo possui baixo valor comercial, sendo comumente utilizado na produção de energia, em compostagens e ração animal.

Tabela 5: Composição química parcial (g 100g⁻¹) da casca de aveia.

	Tamanini <i>et al.</i> (2004)	Schmitz; Karlsson; Adlercreutz (2020)	Oliveira <i>et al.</i> (2017)
Celulose	29,26	16,00 - 25,70	40,1
Hemicelulose	28,35	24,00 - 35,01	25,1
Lignina	22,22	12,9 - 25,40	26,1
Grupos acetila	1,60	n. d.	n. d.
Cinzas	4,49	5,20 - 6,30	8,7
Amido	n. d.	2,50 - 16,30	n. d.

Fonte: Adaptado pela autora a partir de dados de Tamanini *et al.* (2004); Schmitz, Karlsson e Adlercreutz (2020) e Oliveira *et al.* (2017)

n. d. = Não disponível.

O teor de amido de aveias cultivadas em diferentes condições climáticas, descrito na Tabela 5 pelos autores Schmitz, Karlsson e Adlercreutz (2020), não faz parte da composição das cascas, mas pode ser justificado com base no tipo de equipamento utilizado na etapa de descascamento dos grãos, visto que equipamentos menos eficientes favorecem a permanência de fragmentos de farelo de aveia nas cascas.

Como já mencionado, o teor de fibras insolúveis podem representar até 80% da composição das cascas, porém não possuem beta-glucanas que conferem as propriedades fisiológicas atribuídas ao consumo de aveia, visto que as beta-glucanas concentram-se, principalmente, nas camadas de aleurona, sub-aleurona do farelo e no endosperma da cariopse (LAJOLO *et. al*, 2001 *apud* DE FRANCISCO; DE SÁ, 2001).

Galdeano e Grossmann (2006) analisaram as características físicas e sensoriais de biscoitos tipo *cookies* produzidos a partir da substituição parcial (20%) da farinha de trigo por farinha de cascas de aveia tratadas com peróxido de hidrogênio alcalino - para melhorar a textura e preservar as propriedades da massa do biscoito - associadas a extrusão. Os resultados obtidos apontam que os biscoitos tipo *cookies* enriquecidos com farinha de cascas de aveia apresentaram um teor de 10,56 g 100 g⁻¹ de fibra alimentar total, e 0,10 g 100 g⁻¹ de fibra alimentar solúvel. As propriedades físicas e sensoriais do produto não foram comprometidas.

Os biscoitos tipo *cookies* apesar do enriquecimento em fibras não contribuem na prevenção de doenças coronárias, no câncer de cólon e no tratamento de diabéticos como pode ocorrer com a ingestão do farelo, farinha e flocos de aveia (LAJOLO *et al.*, 2001 *apud* DE FRANCISCO; DE SÁ, 2001), mas podem auxiliar na prevenção de constipação. Apesar disso, de acordo com a Resolução - RDC n° 54, de 12 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012) o teor de fibra alimentar total obtido no biscoito tipo *cookies* enquadram-se como alto conteúdo em fibras.

A fibra da casca de aveia também foi estudada para aplicação como transportadora física para probióticos, devido aos seus compostos antioxidantes, capacidade de retenção de água e comportamento em diferentes temperaturas. Para que os probióticos proporcionem benefícios ao serem ingerido, precisam permanecer viáveis e com quantidade mínima de 10⁶ unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de alimento (HE; SAMPERS; RAES, 2020).

A interação da fibra com os compostos antioxidantes presentes nas cascas podem limitar sua absorção durante a digestão, porém podem contribuir no trato gastrointestinal. Como os probióticos não tiveram o crescimento afetado pelo transporte físico de casca de aveia, e ainda melhoraram a viabilidade de *Lactobacillus rhamnosus* na digestão gástrica simulada, a fibra da casca de aveia foi considerada uma alternativa para este processo, mesmo

não exibindo proteção significativa para *Lactobacillus acidophilus* e *Lactobacillus casei* (HE; SAMPERS; RAES, 2020).

As cascas de aveia podem ser utilizadas para extração de compostos com atividade antioxidante fenólica, como as avenantramidas encontradas apenas em aveia. Na tabela 6, pode ser observado a média de compostos antioxidantes extraídos das cascas e das cariopses de aveias obtidas de diferentes cultivares conforme análise realizada por Bryngelsson *et al.* (2002). Devido às propriedades retardantes de deterioração, de rancidez e de descoloração causadas pela oxidação, a aveia já foi adicionada em gorduras, margarinas e maioneses para aumentar a estabilidade desses produtos (SANDRIN, 2013).

Tabela 6: Composição em antioxidantes das cascas de aveia.

Componentes		Casca	Cariopse
Lipídios (g Kg ⁻¹)		3,0 ± 1,0	82,0 ± 25,0
Tocoferóis (mg Kg ⁻¹)	α -tocoferol	0,5 ± 0,2	3,4 ± 0,4
	β -tocoferol	0,1 ± 0,0	0,3 ± 0,1
	α -tocotrienol	0,2 ± 0,1	12,8 ± 3,6
Tocotrienóis (mg Kg ⁻¹)	β -tocotrienol	0,1 ± 0,0	1,8 ± 0,8
	γ -tocotrienol	0,8 ± 0,3	0,1 ± 0,0
	Bc	1,9 ± 1,7	5,3 ± 2,3
Avenantramidas (mg Kg ⁻¹)	Bf	2,3 ± 1,3	3,2 ± 1,5
	Bp	2,7 ± 1,2	5,1 ± 1,1
	TA _v	5,9 ± 3,8	13,7 ± 4,3

Fonte: Adaptado pela autora a partir de Bryngelsson *et al.* (2002)

Bc: *N* - (3', 4'-dihidroxi) - (*E*) -cinamoil - 5 - hidroxi - antranílico ácido

Bf: *N* - (4 - hidroxi - 3 - metoxi) - (*E*) -cinamoil Ácido -5 - hidroxi - antranílico

Bp: *N* - (4' - hidroxi) - (*E*) -cinamoil - 5 - hidroxi - antranílico

TA_v: Conteúdo total de avenantramidas

Os resultados encontrados por Bryngelsson *et al.* (2002) apontam que as concentrações de tocoferóis, tocotrienóis e avenantramidas são mais altas em frações com alto teor de lipídios indicando que esses compostos contribuem para a proteção dos mesmos durante o armazenamento, mas também que estes compostos possuem outras funções além da atividade antioxidante.

Sandrin (2013), analisou diferentes frações de aveia, incluindo as cascas, quanto a atividade antioxidante utilizando metodologias diferentes das reportadas por Bryngelsson *et*

al. (2002), obtendo $1,86 \pm 0,04 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de lipídios para as cascas. Seus resultados indicam que as cascas tiveram maior concentração de fenóis, com 316 mg EAG 100 g^{-1} , quando comparada às outras frações de aveia e ao resultado de outros autores, possivelmente devido a variedade analisada ou condições de cultivo e manejo. Sendo portanto, considerada uma alternativa viável para a extração de compostos fenólicos com atividade antioxidante.

Em produtos cárneos, como hambúrgueres, ingredientes a base de casca de aveia podem ser utilizados como substitutos de gordura segundo Summo *et al.* (2020), por serem capazes de mimetizar as propriedades das gorduras com polissacarídeos ricos em fibras, que são capazes de formar géis compactos devido a capacidade de retenção de água, contribuindo para as características estruturais dos produtos com baixo teor de gordura. O ingrediente utilizado a base de casca de aveia foi enriquecido com beta-glucanas (55%) para melhorar a capacidade de gelificação e a atividade emulsificante (óleo/água), além de melhorar nutricionalmente o produto.

As análises indicam que a substituição total da gordura pelo ingrediente a base de casca de aveia enriquecido com beta-glucanas resultou em um produto final com teor de beta-glucanas de $2,96 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, quase atingindo a ingestão diária recomendada de fibras com apenas um hambúrguer (100g); O teor de lipídios foi de $3,48 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ em comparação com $8,42 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ do controle (sem ingrediente a base de casca de aveia enriquecido com beta-glucanas). Além dos resultados nutricionais, houve um aumento na maciez do hambúrguer e, os consumidores apresentaram preferência pelo hambúrguer com casca de aveia enriquecido com beta-glucanas nos testes sensoriais em termos de cor, sabor, odor e textura (SUMMO *et al.*, 2020).

A extração de celulose da casca de aveia foi analisada por Oliveira *et al.* (2017) para aplicação em hidrogéis, característicos pela capacidade de retenção de água, por serem atóxicos e biodegradáveis são amplamente utilizados na indústrias farmacêutica, agrícola e alimentícia. O hidrogel obtido da casca de aveia apresentou alto grau de pureza (93%), estabilidade e alta opacidade mostrando-se uma alternativa promissora.

Assim, a utilização da casca de aveia mostra-se uma alternativa para aplicação em diferentes produtos e, quando combinada com outros ingrediente, pode contribuir para enriquecimento nutricional, agregando valor comercial a este resíduo e diminuindo seus impactos no meio ambiente.

7.2 FARINHA RESIDUAL

O grupo denominado farinha residual inclui todos os produtos resultantes do processamento, exceto as cascas, que são considerados resíduos ou subprodutos da produção de aveia.

Informações gentilmente cedidas pela empresa SL Alimentos por meio de correspondência eletrônica com De Francisco (2020), reforçam que na etapa de corte durante o processamento de aveia ainda há presença de casca aderida a cariopse. Após os cortes, esses fragmentos de cascas são removidos do processamento por aspiração. Com a remoção das cascas, o resíduo resultante da etapa de corte é comumente chamado de “farinha de corte”, ilustrado anteriormente na Figura 3 como “pedaços finos”.

O amido presente na farinha residual de aveia pode ser utilizado para desenvolver revestimentos comestíveis por apresentar característica inodora, incolor, insípida, e transparente que associadas a adição de plastificantes tornam o material mais flexível (COSTA, 2018).

A exemplo disto, Costa (2018) analisou o desenvolvimento de revestimentos comestíveis com antifúngicos naturais com efeito inibitório de hifas de *Penicillium expansum* para aplicação em frutos frescos. Seus resultados indicam que o rendimento da extração de amido foi satisfatório em comparação a extração de amido de outras fontes e o composto antifúngico foi eficaz na inibição de *Penicillium expansum*.

O amido quando é submetido a tratamento térmico em presença de água possibilita a formação de pastas e géis que podem ser afetados por açúcares simples em aplicações alimentícias em termos de viscosidade e temperatura de gelatinização (BERSKI *et al.*, 2016). E amidos com elevado teor de amilose favorecem a formação de pastas opacas com melhores propriedades mecânicas (COSTA, 2018).

Com isso, as propriedades reológicas de pastas e géis produzidos a partir de resíduos de aveia em solução aquosa de xarope de glicose foram estudadas por Berski *et al.* (2016), seus resultados apontam que as pastas produzidas com os resíduos de aveia apresentaram características de fluidos pseudoplásticos e tem a viscosidade diminuída em concentração de xarope de glicose superior a 50%.

O comportamento de fluido pseudoplástico que algumas pastas e géis de amidos podem apresentar é caracterizada pela relação entre viscosidade e taxa de cisalhamento, ou seja, a diminuição da viscosidade em decorrência do aumento na taxa de cisalhamento caracterizam o comportamento pseudoplásticos (RAO, 1977).

Ainda conforme informações da SL Alimentos, além da farinha de corte, após a flocagem dos grãos de aveia são coletados os resíduos que permaneceram no equipamento. Esse resíduo pode apresentar-se em forma de flocos ou farinha e com base em sua origem possuem as mesmas características dos flocos de aveia.

A composição nutricional dos flocos de aveia podem ser observados na Tabela 7, sendo considerado alto conteúdo em fibras alimentares (BRASIL, 2012). O conteúdo de beta-glucanas em flocos de aveia pode variar de 3,51 a 6,50 g 100 g⁻¹ dependendo da variedade cultivada (DE SÁ *et al.*, 2000).

Tabela 7: Composição centesimal (g 100 g⁻¹) de flocos de aveia.

Composição Centesimal	
Carboidratos	66,6 g
Proteínas	13,9 g
Lipídios	8,5 g
Fibra alimentar	9,1 g
Umidade	9,1 g
Cinzas	1,8 g
Cálcio	48 mg
Magnésio	119 mg

Fonte: Adaptado de TACO (2011)

O teor de umidade dos flocos de aveia está em conformidade com a legislação e dentro dos padrões recomendados para o armazenamento e conservação dos grãos contribuindo para a prevenção do crescimento de bolores e fungos.

Com base em seu conteúdo de fibra alimentar e proteínas, cuja composição em aminoácidos essenciais estão descritos na Tabela 8, a farinha residual de aveia pode ser aplicada para enriquecer nutricionalmente produtos de panificação e confeitaria, como pães (GAMBUS *et al.*, 2011) e *muffins* (MICKOWSKA; LITWINEK; GAMBU, 2016; E salgadinhos extrusados (GUMUL *et al.*, 2014). Os dados descritos na Tabela 8 por

Mickowska, Litwinek e Gambus (2016), como farinha residual referem-se a farinha residual obtida do processo industrial de extração de beta-glucanas, porém considerando sua composição, exceto em relação ao conteúdo de beta-glucanas, apresentam as mesmas características dos resíduos gerados no processamento de aveia, por isso foram descritas no grupo farinha residual.

Tabela 8: Composição em aminoácidos essenciais de farinha comercial, flocos e farinha residual de aveia.

Aminoácidos essenciais*	Farinha de aveia comercial	Flocos de aveia	Farinha residual de aveia	Valores de referência (mg g⁻¹)**
Histidina	2,85 ± 0,02 d	2,30 ± 0,07 a	2,85 ± 0,02 d	15,00
Isoleucina	4,15 ± 0,01 b	3,99 ± 0,05 b	4,14 ± 0,04 b	30,00
Leucina	7,89 ± 0,04 c	7,82 ± 0,02 bc	7,87 ± 0,08 c	59,00
Lisina	3,91 ± 0,03 a	4,10 ± 0,02 b	3,93 ± 0,04 a	45,00
Metionina	1,73 ± 0,13 ab	1,62 ± 0,09 a	1,83 ± 0,08 b	22,00
Fenilalanina	5,46 ± 0,02 b	4,42 ± 0,02 b	5,48 ± 0,04 b	38,00
Treonina	3,25 ± 0,07 ab	3,32 ± 0,01 b	3,18 ± 0,07 a	23,00
Valina	5,34 ± 0,02 ab	5,35 ± 0,03 b	5,33 ± 0,04 ab	6,00
Proteína (%)	11,26 ± 0,13 a	13,03 ± 0,13 b	10,93 ± 0,30 a	-

Fonte: Adaptado de Mickowska, Litwinek e Gambus (2016) e Brasil (2012)

*Exceto triptofano.

**Valores de referência com base na RDC n° 54/2012 (BRASIL, 2012).

***Valores denotados por diferentes letras diferem significativamente em $\alpha \leq 0,05$.

Além do benefício nutricional, para a aceitação dos consumidores a preservação das características (textura e volume) intrínsecas dos produtos também devem ser considerados. Sendo assim, a substituição parcial da matéria-prima utilizada nestes produtos por farinha residual de aveia pode ser uma alternativa viável.

8 IMPACTOS DA APLICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE AVEIA EM PRODUTOS

A utilização de resíduos agrícolas como um todo, pode gerar impactos benéficos ao meio ambiente, contribuir para o desenvolvimento de novos produtos, e favorecer os produtores através da agregação de valor a esses resíduos.

No entanto, considerando-se o panorama mundial de produção, incluindo cereais e sabendo-se que um dos principais resíduos de aveia são as cascas, é necessário analisar os riscos de aplicação desses resíduos quanto a concentração de agrotóxicos e impactos na saúde. Sendo assim, esses aspectos serão brevemente abordados a seguir.

8.1 AGROTÓXICOS

As substâncias químicas e biológicas ou a mistura dessas substâncias cuja função é o controle de pragas (animais e vegetais) e doenças de plantas podem ser denominadas como agrotóxicos, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, remédios de planta, e veneno (PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003). Em atividades agrícolas, podem ser usados em limpezas de terrenos, preparação de solos e no beneficiamento de produtos (INCA,2019).

Conforme a natureza da praga a ser controlada, os agrotóxicos podem ser classificados, em: inseticidas (controle de insetos), fungicidas (controle de fungos), herbicidas (combatem ervas daninhas), fumigantes (combatem as bactérias presentes no solo), raticidas (combatem roedores), entre outros (PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003).

Em função dos efeitos na saúde, os agrotóxicos são classificados por cores, sendo vermelho extremamente tóxico e altamente tóxico, amarelo moderadamente tóxico, azul pouco tóxico, e verde sem advertência (INCA,2019).

Devido aos perigos - para o meio ambiente e para a saúde humana - associados à sua toxicidade e frequência de exposição, a manipulação dessas substâncias deve ser realizada com uso de equipamentos de segurança individual (EPI), com descarte adequado desses equipamentos e embalagens. A exposição a essas substâncias podem causar problemas de saúde agudos ou crônicos, como envenenamento e câncer, respectivamente (FAO; WHO, 2016).

Em culturas de aveia, doenças como a ferrugem da folha (*Puccinia Coronata*) e a ferrugem do Colmo (*Puccinia graminis*), podem afetar a produtividade dos grãos. Em virtude disso, além do cultivo de genótipos mais resistentes podem ser aplicados fungicidas para evitar a incidência dessas doenças (OLIVEIRA *et al.*, 2014), como a azoxistrobina, carbedazim, ciproconazol, cyprodinil, fenbuconazole, fludioxonil, flusilazole, metconazole, pyraclostrobin, tebuconazole (HERRMANN *et al.*, 2017). Herbicidas podem ser aplicados para o controle de ervas daninhas, dos quais pode-se destacar o glifosato (AFISA-PR, 2019).

Inseticidas como o *chlorpyrifos* e o fenvalerate RS-SR também podem ser aplicados para o controle de insetos (HERRMANN *et al.*, 2017).

8.2 IMPACTOS AMBIENTAIS

Com o crescimento populacional, a demanda por mais alimentos aumentou. E em paralelo a isso, há a necessidade de reduzir os impactos sobre o meio ambiente (ROCKSTROM *et al.*, 2009). A preocupação com o meio ambiente relacionada aos alimentos é uma questão tão importante que uma das metas estipuladas pela Organização da Nações Unidas (ONU) até 2030 é a produção e o consumo consciente, com a redução do desperdício de alimentos pela metade, tanto no varejo como as geradas ao longo da cadeia de produção e abastecimento, incluindo as perdas no pós-colheita.

Dados obtidos pela União Europeia em 2012 através do programa *Reducing Food Waste Through Social Innovation* (FUSIONS), apontaram que a produção primária de alimentos gerou aproximadamente 9 milhões de toneladas de resíduos, atingindo até 11% de desperdício. E durante o processamento o volume de resíduos produzidos aumentou para cerca de 17 milhões de toneladas, uma perda de 2% de tudo o que foi produzido, considerando-se que os subprodutos destinados à alimentação animal não foram incluídos nos cálculos (STENMARK *et al.*, 2016).

Hartikainen *et al.* (2017), compilou dados de 2010 a 2013 sobre diferentes resíduos de alimentos gerados na produção primária em países nórdicos, indicando que os resíduos de cereais variaram de 4 a 14%, desconsiderando-se as cascas. E Franke *et al.* (2016 *apud* HARTIKAINEN *et al.*, 2017) apontam que os resíduos de aveia chegaram até 4 mil toneladas no período de 2010 a 2013.

Estratégias de produção de alimentos mais eficiente associadas a minimização de desperdícios de alimentos são meios essenciais para reduzir os impactos ambientais de emissão de gases de efeito estufa, elevação excessiva da temperatura e secas, escassez de água, degradação do solo, perda da biodiversidade e desequilíbrio do ecossistema, e conjuntamente a isso podem melhorar a segurança alimentar (CHARLES *et al.*, 2010).

8.3 VALOR AGREGADO

A valorização de resíduos de alimentos, dos variados setores de produção, são alternativas para a produção de diferentes produtos, além dos tratamentos já mencionados de descarte e aproveitamento, como o depósito em aterros ou a compostagem, respectivamente.

Essa valorização inclui a exploração das características de composição, textura e rentabilidade de cada resíduo. Com isso, são geradas soluções ambientalmente melhores para todos, e ainda, há retorno financeiro para as indústrias produtoras.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as pesquisas realizadas nesta revisão bibliográfica, a aplicação dos resíduos de aveia em produtos destinados à alimentação humana mostrou-se uma alternativa viável em diversos produtos, como na substituição de gordura em hambúrgueres, no enriquecimento de fibras em biscoitos tipo *cookie*, na extração de compostos antioxidantes, como transportadora física para probióticos, na produção de hidrogéis, em pães, em *muffins*, em salgadinhos extrusados e, em revestimentos comestíveis, devido as características de cada fração residual.

Essas aplicações além de possibilitarem a agregação de valor a esses resíduos, também são soluções ambientalmente melhores, visto que a produção de aveia está em cerca de 22 mil toneladas e um grande volume de resíduos são gerados durante o processamento. O resíduos quando não são destinadas para a produção de ração animal ou para compostagem, são descartadas em aterros sanitários ou são incineradas, potencializando a emissão de gases de efeito estufa e degradação do solo, entre outros problemas que resultam no desequilíbrio do ecossistema.

Ainda com relação aos impactos ambientais e também com relação aos impactos à saúde da população, durante o cultivo de aveia podem ser aplicados agrotóxicos a fim de preservar a produtividade dos grãos contra doenças e insetos. Contudo, os compostos utilizados podem prejudicar a saúde dos consumidores e, principalmente, dos manipuladores, podendo causar problemas de saúde agudos ou crônicos, como envenenamento e câncer, respectivamente. Esses compostos permanecem nos grão após a colheita, principalmente nas cascas, que são um dos resíduos obtidos durante o processamento de aveia.

Por fim, nota-se que mais estudos precisam ser realizados quanto a aplicação dos resíduos de aveia em produtos destinados à alimentação humana de modo a expandir ainda mais as suas possibilidades de uso, fornecendo dados às empresas como incentivo para futuras produções comerciais e ainda há a necessidade de incentivos governamentais mais incisivos quanto ao uso desses resíduos de forma mais ampla e no controle de compostos prejudiciais a saúde da população.

10 REFERÊNCIAS

- AACC. **AACC Committee Adopts Oat Bran Definition**. Cereal Foods World, v. 34, p. 1033, 1989. Disponível em: <<http://online.cerealsgrains.org/initiatives/definitions/Documents/OatBran/OatBran.pdf>> . Acesso em: 28 mar. 2020
- ABNT. **Norma Brasileira ABNT NBR 10004:2004**. ABNT 2004, 2nd, 2004. Disponível em: <<https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-D-e-Residuos-Solidos.pdf>> Acesso em: 13 set. 2020.
- AFISAR-PR. **Cientistas encontram novas evidências preocupantes entre agrotóxicos à base de glifosato e câncer**. 2019. Disponível em: <<https://www.afisapr.org.br/noticias/1483-cientistas-encontram-novas-evid%C3%Aancias-pr-eocupantes-entre-agrot%C3%B3xicos-%C3%A0-base-de-glifosato-e-c%C3%A2ncer>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- BERSKI, W. *et al.* **The influence of starch hydrolyzate on physicochemical properties of pastes and gels prepared from oat flour and starch**. Journal of Cereal Science, v. 70, p. 16-22, 2016.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispões sobre limites máximos tolerados (LTM) para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 fev. 2011 .Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2011/res0007_18_02_2011_rep.html> Acesso em: 02 nov. 2020
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispões sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0054_12_11_2012.html> Acesso em: 02 nov. 2020
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Portaria nº 191, de 14 de abril de 1975. Aprova especificações para a padronização, classificação e comercialização interna da aveia (avena sativa, l). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 mai. 1975. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1272528715>> Acesso em: 03 nov. 2020
- BRYNGELSSON, S. *et. al.* **Lipids and antioxidants in groats and hulls of Swedish oats (*Avena Sativa L.*)**. Science of food and agriculture, v. 82, p. 606-614, 2002.

- CHARLES, H. *et. al.* **Segurança alimentar: O desafio de alimentar 9 bilhões de pessoas.** Science, v. 327, p. 812-818, 2010.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - safra 2019/2020.** Brasília, v.7, n°5, p. 1-112, 2020. Disponível em: <
https://r.search.yahoo.com/_ylt=A2KLfRreha1fDUwAgRXz6Qt.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1605236319/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.conab.gov.br%2finfo-agro%2fsafra%2fgraos%2fboletim-da-safra-de-graos%2fitem%2fdownload%2f30875_6cae6f3d69af284bd9580d96776723cf/RK=2/RS=aTtfgw4wItav47QkpmiEvYek_hw->. Acesso em: 13 ago. 2020.
- COSTA, D. R. **Resíduo industrial de aveia: extração e caracterização do amido visando aplicação em revestimento comestível adicionado de composto antifúngico natural.** 2018. 63 f. Dissertação (mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Brasil, 2018.
- DANIEL, A. P. *et. al.* **Fracionamento a seco da farinha de aveia e modificação química da fração rica em amido.** Ciênc. Tecnol. Aliment, v. 26, p. 936-943, 2006.
- DEANE, D. COMMERS, E. Oat cleaning and processing. *In:* WEBSTER, F. H. **Oats chemistry and technology.** St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1986, p. 371 - 411.
- DE FRANCISCO, A. C.; FEDERIZZI, L. C.; SETTI, T. **Development of Oat Production in Brazil: Interaction between Agriculture, Academia, and Industry.** St. Paul, Minnesota: Cereal Food World, 2019.
- DE FRANCISCO, A. C.; Sá, R. M. Beta glucanas: localização, propriedades e utilização. LAJOLO, F. M. *et. al.* *In:* **Fibra dietética en iberoamérica: Tecnología y Salud.** Eds. Livraria Varela, p 91-101, 2001.
- DE FRANCISCO, A. C. Resíduos. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por andrieli.apc@gmail.com em 12 out. 2020.
- DE SÁ, R. M. *et al.* **Variação no conteúdo de beta-glucanas em cultivares brasileiros de aveia.** Ciênc. Tecnol. Aliment, v.20, n.1, 2000.
- FAO; WHO. **International Code of Conduct on Pesticide Management: Guidelines on Highly Hazardous Pesticides.** 2016. Disponível em: <
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/205561/9789241510417_eng.pdf;jsessionid=E3C574F85857C935D1B76DCB88F48E16?sequence=1>. Acesso em: 10 set. 2020.
- FADEL, J. D. **Quantitative analyses of selected plant by-product feedstuffs, a global perspective.** Animal Feed Science and Technology, v. 79, p. 255-268, 1999.

FEDERAL, SERVIÇO PÚBLICO. Plano de ensino adaptado, em caráter excepcional e transitório, para substituição de aulas presenciais por atividades pedagógicas não presenciais, enquanto durar a pandemia de COVID-19, em atenção à Portaria MEC 344, de 16 de junho de 2020 e à **Resolução 140/2020/CUn**, de 24 de julho de 2020. Disponível em: <https://coronavirus.paginas.ufsc.br/files/2020/08/Resolu%C3%A7%C3%A3o_Normativa_n%C2%BA_140.2020.CUn_retificada.pdf> Acesso em: 09 dez. 2020

FULCHER, R. G., WONG, S. I. **Fluorescence microscopy of cereal grains**. *Can. J. Bot.*, v. 60, p. 325-329, 1982.

FULCHER, R. G.; MILLER, S. S. Structure of oat bran and distribution of dietary fiber components. *In: WOOD, P. J. Oat Bran*. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1993, p. 1-11

GALDEANO, M. C., GROSSMANN, M. V. E. **Casca de aveia tratada com peróxido de hidrogênio alcalino associado à extrusão como fonte de fibras em biscoitos cookies**. *Ciênc. tecnol. Aliment.*, v.26 n°1, 2006.

GAMBUS, H. *et al.* **The application of residual oats flour in bread production in order to improve its quality and biological value of protein**. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, v. 10, p. 313-325, 2011.

GUTKOSKI, L. C. Origem, distribuição e formas de processamento. *In: GUTKOSKI, L. C; PEDÓ, I. Aveia: composição química valor nutricional e processamento*. São Paulo: Livraria Varela, p 21-37, 2000.

GUMUL, D. *et al.* **Usability of residual oat flour in the manufacture of extruded corn snacks**. *CYTA - Journal of food*, v. 13, p. 353-360, 2015.

HARTIKAINEN, H. *et al.* **Food waste quantification in primary production – The Nordic countries as a case study**. *Waste Management*, v. 51, p. 205-511, 2017.

HE, C.; SAMPERS, I.; RAES, K. **Dietary fiber concentrates recovered from agro-industrial by-products: Functional properties and application as physical carries for probiotics**. *Food hydrocolloids*, v. 111, 2020.

HERRMANN, S. S. *et al.* **Effects of milling on extraction efficiency of incurred pesticides in cereals**. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2017.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Zaragoza, Espanha: Editorial ACRIBIA, S.A., p. 163, 1991

HU, X. *et al.* **Chemical composition and sensory characteristics of oat flakes: A comparative study of naked oat flakes from China and hulled oat flakes from western countries**. *Journal of Cereal Science*, v. 60, p. 297-301, 2014.

- INCA. **Agrotóxicos**. 2019. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/en/node/1909#main-content>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- IPEA. **Barreiras fitossanitárias sobre as importações no Brasil: o caso da aveia**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9480/1/Barreiras_fitossanitarias%20sobre%20as%20importa%20c3%a7%e3%b5es%20no%20Brasil_o%20caso%20da%20aveia.pdf>. Acesso: 29 ago. 2019
- MICKOWSKA, B.; LITWINEK, D.; GAMBUS, H. **Oat raw materials and bakery products - Amino acid composition and celiac immunoreactivity**. Acta Sci. Technol. Aliment, v. 15, p. 89-97, 2016.
- MOSER, R. G. **Efeito da adição da casca de aveia em biopolímeros compostados com resíduos orgânicos e poda de árvores**. 2017. 86 f. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica do Paraná, Londrina, Brasil, 2017.
- OGUNADE, I. M. *et al.* **Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation**. Journal of dairy science, v. 101, p. 4034-4059, 2018.
- OLIVEIRA, J. P. *et al.* **Cellulose fibers extracted from rice and oat husks and their application in hydrogel**. Food Chemistry, v. 221, p. 153-160, 2017.
- OLIVEIRA, E. A. P. *et al.* **Fungicida foliar e ambientes de cultivo na qualidade fisiológica de sementes de aveia branca granífera**. J. Seed Sci., v.36 n° 1, 2014.
- ONU. **Objetivo de desenvolvimento sustentável 12**. 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12>>. Acesso em: 18 set. 2020
- PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. **Agrotóxico, saúde e meio ambiente: Uma introdução ao tema**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, p. 21-41, 2003.
- POMERANZ, Y.; YOUNGS, V. L.; ROBBINS, G. S. **Protein content and amino acid composition of oat species and tissues**. Agricultural research service, U.S: Department of agriculture, 1973.
- PUNIA, S. *et al.* **Oat starch: Physico-chemical, morphological, rheological characteristics and its application**. Journal of Biological Macromolecules. Elsevier, 2020.
- RAO, M. A. **Rheology of liquid foods -a review**. Journal of Texture Studies, v. 8, n°2, p. 135-168, 1977.
- REDAELLI, R.; BERARDO, N. **Prediction of fibre components in oat hulls by near infrared reflectance spectroscopy**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007.

- ROCKSTROM, J. *et al.* **Um espaço operacional seguro para a humanidade.** Nature, v. 46, p. 472-475, 2009.
- ROTHER, E.T. **Revisão sistemática x Revisão narrativa.** Acta paul.enferm, v. 20 n° 2. 2007.
- SANDRIN, R. **Caracterização físico-química de diferentes frações da aveia (*Avena sativa* L.) e atividade antioxidante de seus extratos.** 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado em engenharia química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2013.
- SCHRICKEL, D. J. Oats production, value, and use. *In:* WEBSTER, F. H. **Oats chemistry and technology.** St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1986, p. 1-10
- SCHRICKEL, D. J.; BURROWS, V. D.; INGEMANSEN, J. A. Harvesting, storing, and feeding of oat. *In:* **Oat Science and Technology.** Madison: Agronomy Monograph, 1992, n°. 33, p. 223 - 230
- STENMARK, A. *et al.* **Estimates of European food waste levels.** Food Biobased Research, 2016.
- SUMMO, C. *et al.* **Eficácia do ingrediente à base de casca de aveia como substituto de gordura para produzir hambúrguer com baixo teor de gordura e alto teor de beta-glucanos.** Foods, v. 9, n°8, 2020.
- TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. 2011. Disponível em: <https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf> Acesso em: 08 out. 2020
- TAMANINI, C. Avaliação da casca de aveia para produção biotecnológica de xilitol. Acta Scientiarum Technology, v. 26, n° 2, p. 117-125, 2004.
- USDA. **Grain: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture,** 2020. Disponível: <<https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/zs25x844t/j3860r71x/7h14b7488/grain.pdf>>. Acesso: 15 jun. 2020.
- YOUNGS, V. L. *et al.* OATS. *In:* **Advances in Cereal.** St. Paul: Minnesota: Chemistry and Technology, v.5, 1982