



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA
QUÍMICA



Estudo comparativo de amostras de soja de diferentes regiões do Brasil

Autor: Geovani Schmitz Colpani

Orientadores: Profa. Dra. Júlia Ribeiro Sarkis

Profa. Dra. Jordana Corralo Spada

Porto Alegre, dezembro de 18

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Revisão Bibliográfica.....	3
2.1	Soja: aspectos gerais e sua importância no cenário do agronegócio nacional e mundial.....	3
2.1.1	Histórico.....	3
2.1.2	Evolução da área, produção e produtividade da cultura sojícola no Brasil e no mundo.....	4
2.1.3	Oferta e demanda de soja no Brasil e no mundo.....	6
2.2	Composição química e propriedades nutricionais e funcionais da soja.....	7
2.2.1	Lipídeos.....	8
2.2.2	Proteínas.....	9
2.2.3	Carboidratos.....	10
2.2.4	Componentes em menores concentrações.....	11
2.3	Processamento, produtos e derivados de soja.....	12
2.2.5	Processamento para obtenção de óleo vegetal e farelo de soja.....	12
2.2.6	Produtos e derivados de soja.....	13
2.4	Fatores que afetam o conteúdo proteico da soja.....	16
3	Metodologia.....	18
3.1	Coleta e montagem das amostras de soja.....	18
3.2	Composição bromatológica dos grãos e da farinha de soja.....	19
3.2.1	Teor de proteínas.....	19
3.2.2	Teor de lipídeos.....	20
3.3	Análise estatística.....	20
4	Resultados e discussão.....	22
4.1	Comparação de lotes puros.....	22
4.2	Análise de Componentes Principais (PCA).....	26
5	Conclusões e Trabalhos Futuros.....	31
6	Referências.....	32
7	Apêndice A.....	34

Agradecimentos

A Deus, primeiramente, pelas inúmeras bênçãos e por estar sempre iluminando meu caminho, dando-me muita força, fé e perseverança.

Aos meus pais, Gilmar e Ingrid, e ao meu irmão, Rodrigo, pelo carinho e por estarem sempre do meu lado, proporcionando todo suporte e condições necessárias para que eu pudesse ir atrás de meus objetivos e sonhos. Vocês são a base de tudo.

À Karol, pela parceria e companheirismo, seja na boa ou na ruim.

Ao Sr. Carlos Henrique Gräbin e à Janaina Larrossa, por toda ajuda e auxílio na elaboração deste trabalho.

Às professoras Júlia e Jordana, pela ótima orientação e grande paciência que tiveram comigo.

Muito obrigado!

Resumo

A soja é uma das culturas vegetais que mais cresceu nos últimos anos, devido a suas inúmeras aplicações e versatilidade. Em consequência de sua alta rentabilidade, pesquisadores e produtores buscam pelo aumento de sua produtividade, o que pode afetar o conteúdo de nutrientes presentes nos grãos. O presente trabalho, desenvolvido em parceria com uma indústria processadora de soja, tem como foco principal a comparação de amostras de soja de cinco diferentes estados produtores brasileiros quanto às suas composições químicas, principalmente em relação a seus respectivos teores proteicos. Essa proteína vegetal apresenta elevado valor de mercado, sendo amplamente utilizada na indústria de transformação. Por meio de análises laboratoriais e estatísticas, avaliaram-se os resultados dos diferentes lotes testados, comparando-os, posteriormente. Os grãos do estado do Mato Grosso apresentaram índices proteicos superiores a Mato Grosso do Sul e ao Rio Grande do Sul, não havendo diferença significativa com relação à Bahia e a Santa Catarina. Quanto à concentração lipídica, o estado do Mato Grosso do Sul foi aquele com os mais ricos conteúdos de óleo, enquanto que Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Bahia obtiveram os valores mais baixos, evidenciando uma relação inversa entre concentrações proteica e lipídica na composição da soja.

Lista de Figuras

Figura 1. Evolução da produção brasileira de soja por região entre as safras 2006/07 e 2016/17, em milhares de toneladas (adaptado de CONAB, 2018).	5
Figura 2. Evolução da área destinada ao plantio de soja no Brasil por regiões, entre 2006/07 e 2016/17, em milhares de hectares (adaptado de CONAB, 2018).	6
Figura 3. Evolução da produção brasileira de soja por estado entre 2006/07 e 2016/17, em milhares de toneladas (adaptado de CONAB, 2018).	6
Figura 4. Evolução da quantidade de soja em grão processada pelos cinco maiores países consumidores do mundo, em milhões de toneladas (adaptado de USDA, 2017).	7
Figura 5. Distribuição percentual de nutrientes nos grãos de soja em base seca (adaptado de LIU, 1997).	7
Figura 6. Fluxograma de processo de obtenção dos derivados da soja (SPADA, 2015). .	13
Figura 7. Esquema dos diferentes produtos e derivados produzidos a partir do grão de soja (adaptado de IOWA STATE UNIVERSITY, 2009).	15
Figura 8. Concentrações lipídica e proteica de amostras de grãos de soja cultivados em soluções com diferentes concentrações de glutamina (PÍPOLO; SINCLAIR; CAMARA, 2004).	17
Figura 9. Comparação entre o conteúdo proteico em base seca de amostras de grãos de soja de cinco diferentes estados produtores.	23
Figura 10. Comparação entre o conteúdo proteico em base seca de amostras de farinha de soja de cinco diferentes estados produtores.	23
Figura 11. Comparação entre o conteúdo lipídico em base seca de amostras de grãos de soja de cinco diferentes estados produtores.	24
Figura 12. Comparação entre o conteúdo proteico em base seca de amostras de grãos de soja non-GMO e GMO do estado do Rio Grande do Sul.	25
Figura 13. Comparação entre o conteúdo proteico em base seca de amostras de farinha de soja non-GMO e GMO do estado do Rio Grande do Sul.	26
Figura 14. Comparação entre o conteúdo lipídico em base seca de amostras de grãos de soja non-GMO e GMO do estado do Rio Grande do Sul.	26
Figura 15. Projeção das variáveis no plano do fator (1 x 2)	30
Figura 16. Projeção das amostras no plano do fator (1 x 2)	30
Figura A.1. Evolução da produção mundial de arroz, trigo, milho e soja, em milhões de toneladas (adaptado de USDA, 2017).	34
Figura A.2. Evolução da produção de soja no mundo e nos três maiores países produtores, em milhões de toneladas (adaptado de USDA, 2017).	34
Figura A.3. Evolução da área de soja plantada no mundo e nos três maiores países produtores, em milhões de hectares (adaptado de USDA, 2017).	35

Lista de Tabelas

Tabela 1. Comparação entre as quantidades de aminoácidos essenciais requeridas por diferentes faixas etárias (padrão FAO, 1985) e a composição de aminoácidos essenciais da soja (padrão FAO, 1990) (Adaptado de FAO, 1985; FAO, 1990).	9
Tabela 2. Lotes analisados e suas respectivas composições por estado.....	18
Tabela 3. Produtividade de grãos de soja de cinco estados produtores brasileiros na safra de 2016/17 (CONAB, 2018).	24
Tabela 4. Conteúdos proteico e lipídico para o grão e a farinha de soja dos 28 lotes amostrados.....	27

1 Introdução

Uma das culturas vegetais que mais vem aumentando sua relevância e taxas de crescimento de produção e consumo, tanto no cenário do agronegócio nacional quanto mundial, é a soja. Desenvolvimento tecnológico, estabelecimento e solidificação do grão como importante fonte de proteína vegetal e maior facilidade de transações internacionais de compra e venda, visto que a cultura é comercializada como uma *commodity*, são alguns dos fatores que vêm contribuindo para que a oleaginosa ocupe cada vez mais lugares de destaque no setor da agricultura. Na safra 2016/17, o Brasil apareceu como o segundo maior produtor e o quarto maior consumidor do grão no mundo, devido, certamente, à consolidação de uma cadeia produtiva que exerce papel de grande valor no desenvolvimento econômico-social de diferentes estados da federação.

Os motivos responsáveis por conferir alto valor de mercado à cultura sojícola, despertando grande interesse por parte de produtores e indústrias, são a rica composição química do grão e sua grande versatilidade para a fabricação dos mais variados derivados. Quanto aos nutrientes presentes na soja, suas principais características são seus elevados teores proteicos e lipídicos. Aproximadamente, 40% da massa seca do grão são polipeptídios de alto valor biológico, capazes de suprir em quantidades acima daquelas determinadas por órgãos de saúde todos os nove aminoácidos essenciais aos seres-humanos, tornando-se uma interessante alternativa à proteína animal. Uma fração de 20% do grão corresponde a óleos e gorduras, cujas aplicações vão desde alimentação humana (óleo de cozinha, principalmente) até produção de combustíveis (biodiesel), por exemplo.

Entretanto, um dos maiores problemas que indústrias processadoras de soja vêm encontrando nos últimos anos é em relação às quedas de qualidade e de concentração de nutrientes no grão. Se por um lado, mesmo com eventuais condições climáticas desfavoráveis, as taxas de produtividade da oleaginosa apresentam crescimento considerável, sua composição proteica fica mais pobre. Entre os principais motivos está o foco de estudos voltado em grande parte para o aumento da produtividade, com pesquisas de melhoramento genético de sementes e desenvolvimento de inseticidas, herbicidas, fungicidas e novas técnicas de plantio e cultivo, deixando a qualidade nutricional da oleaginosa em segundo plano. Logo, a contínua queda do teor proteico dos grãos de soja tem ligado um sinal de alerta nas empresas do setor, uma vez que seus produtos devem estar dentro de padrões definidos por órgãos reguladores.

Desta forma, o presente trabalho discorre sobre a comparação e avaliação de amostras de soja de cinco diferentes estados produtores do Brasil quanto a suas respectivas composições químicas, focando em seus teores proteicos, visto que a proteína vegetal de soja possui alto valor de mercado, devido a suas inúmeras aplicações, seja na produção de alimentos como em outros setores da indústria de transformação.

Comentar-se-á, brevemente, também sobre seus conteúdos lipídicos, traçando-se um paralelo entre concentrações de proteínas e lipídios das amostras analisadas. Também será abordado se a origem genética das sementes, sendo elas geneticamente modificadas (GMO) ou não (non-GMO), possui influência sobre a composição nutricional dos grãos. Este trabalho ocorreu em parceria com uma indústria processadora de soja do estado do Rio Grande do Sul.

O presente trabalho está dividido em cinco diferentes seções: no Capítulo 2, a Revisão Bibliográfica procura trazer ao leitor um breve histórico da cultura no mundo, situando-o quanto à evolução de oferta e demanda do mercado da oleaginosa. Nesta mesma seção, são trazidas informações sobre a composição química dos grãos, processamento, produtos e derivados e fatores que afetam o conteúdo nutricional da cultura. No Capítulo 3 detalha-se a metodologia e procedimentos empregados nas análises laboratoriais e estatísticas. O Capítulo 4 traz os resultados dessas análises e suas respectivas discussões, traçando paralelos entre os teores proteicos e lipídicos das diferentes amostras de soja. Por fim, no Capítulo 5 são comentadas as conclusões do presente estudo.

2 Revisão Bibliográfica

Nesta seção, serão apresentados aspectos gerais sobre a origem e a disseminação da soja pelo mundo, dados referentes ao mercado e fatores econômicos atuais, informações relativas à composição química dos grãos, seu processamento, produtos e derivados, apresentando por fim elementos que afetam seus conteúdos de nutrientes e como isso impacta a indústria de processamento.

2.1 Soja: aspectos gerais e sua importância no cenário do agronegócio nacional e mundial

2.1.1 Histórico

A soja (*Glycine max*) é uma leguminosa consumida há milhares de anos pelos povos que habitavam o leste asiático. Apesar de existir certa divergência quanto à data e ao local exato de seu aparecimento, acredita-se que esse tenha ocorrido por volta do século XI a.C. na região norte da China. Conforme o grão migrava para diferentes regiões da Ásia e, posteriormente, do mundo, ocorriam cruzamentos entre diferentes espécies que levaram a pequenas mudanças nas características genéticas da semente. O ancestral mais provável da cultura é a *Glycine soja*, a qual teria modificado para *Glycine gracilis*, até evoluir mais tarde à qualidade atual, *Glycine max* (MIYASAKA; MEDINA, 1981).

Segundo Miyasaka e Medina (1981), com o passar dos anos e com o crescimento do comércio entre territórios, a soja começou a atingir diferentes zonas da Ásia, como o sul da China, Japão, Coreia, o sudeste asiático e a região da Manchúria. Devido à sua disseminação, a oleaginosa passou a ter grande importância nesses lugares, tornando-se um dos cinco grãos sagrados daquela época, juntamente com a cevada, o arroz, o trigo e o milhete (milho-miúdo). Todavia, a difusão da espécie para o Ocidente ocorreu somente no final do século XV e início do século XVI, com a chegada dos navios europeus àquela região.

Levada do Japão para a Europa, a soja passou a ser apresentada a diversos países, sem despertar grande interesse por parte de pesquisadores, sendo estudada apenas em nível de curiosidade. Entretanto, no início do século XIX, a oleaginosa passou a ganhar maior destaque no cenário europeu, sendo introduzida na dieta de pessoas com diabetes. Nos anos de 1907 e 1908, a Inglaterra importou, respectivamente, 500 e 9.000 toneladas de sementes, apesar do desfavorável clima britânico para o cultivo da cultura. Outros países, como França e Itália, tentaram também implementar a espécie em lavouras de larga escala, porém sem sucesso (MIYASAKA; MEDINA, 1981).

Provindo da China, a introdução da soja na América do Norte se deu no início do século XIX, apresentando grande crescimento e sendo alvo de diversos estudos e pesquisas. No ano de 1931, a produção da oleaginosa nos Estados Unidos já atingia a marca de 400.000 toneladas, sendo o estado da Carolina do Norte o principal produtor. De acordo com Miyasaka e Medina (1981), outro fator importante na expansão da cultura pelo país americano foi a implementação da política governamental de restrição à plantação e produção de milho e algodão, aumentando a área de plantio disponível para a soja. Já no Canadá, a expansão da cultura ocorreu de forma mais lenta e gradativa, visto o clima desfavorável daquela região. Apesar disso, no ano de 1981, a área destinada ao plantio de soja já alcançava 160.000 hectares.

A introdução da cultura na América do Sul e no Brasil ocorreu no final do século XIX e sua expansão foi bastante rápida, apresentando volumes consideráveis de produção e exportação a partir dos anos 1950. Com o grande desenvolvimento dessa área da economia, começaram a surgir estudos de melhoramento genético e desenvolvimento de sementes, além da instalação da primeira fábrica processadora de grãos de soja, localizada no estado do Rio Grande do Sul (1958). Contudo, o grande aumento da safra brasileira aconteceu na década de 60, quando produtores rurais, incentivados a aumentar suas produções de milho, passaram a utilizar a estratégia de plantio sucessivo milho-soja, acarretando em grande aumento nas áreas destinadas à produção da oleaginosa. Outro grande produtor sul-americano de soja é a Argentina, cuja maior parte da área territorial possui condições climáticas favoráveis ao plantio da cultura (MIYASAKA; MEDINA, 1981).

2.1.2 Evolução da área, produção e produtividade da cultura sojícola no Brasil e no mundo

A soja está entre as quatro mais importantes culturas de grãos no cenário econômico do agronegócio mundial, atrás apenas do milho, trigo e arroz, apresentando elevadas taxas de crescimento de produção, produtividade, área plantada e consumo. Entre as safras de 2006/07 e 2016/17, a soja obteve um aumento de produção bastante expressivo, em torno de 49% (Apêndice A, Figura A.1). Do volume total produzido, cerca de 90% é destinado ao processo de extração do óleo vegetal, cujo principal resíduo é o farelo de soja. A indústria de carnes é o principal destino do farelo de soja, sendo, juntamente com milho, os principais componentes de rações para suínos, aves e bovinos, enquanto que a farinha é encaminhada ao mercado de alimentação humana (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

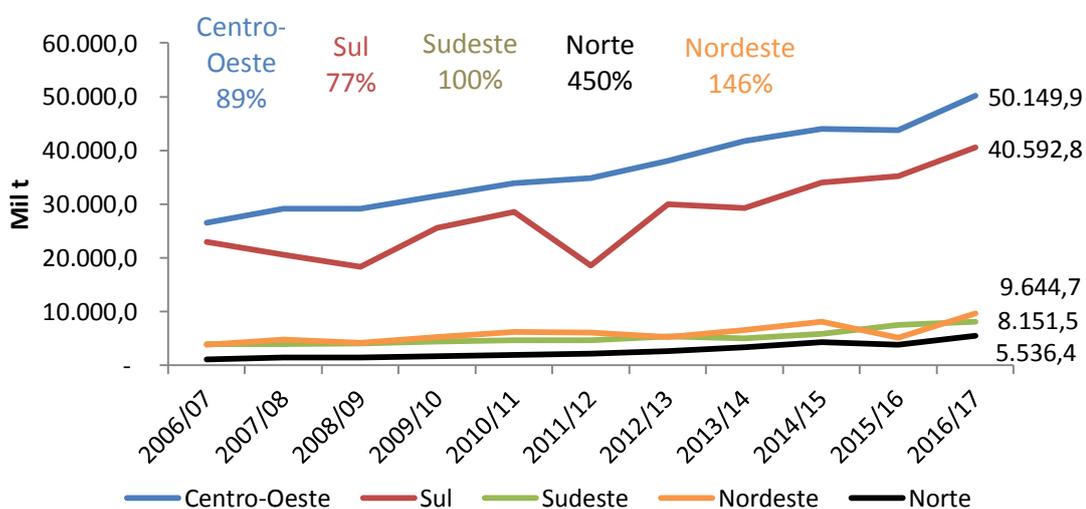
De acordo com dados da U. S. Department of Agriculture (USDA, 2017), a produção mundial de soja na safra de 2016/17 ultrapassou a casa das 350 milhões de toneladas, sendo os principais países produtores Estados Unidos, Brasil e Argentina, cujas produções respectivas alcançaram 116,9, 114,1 e 57,2 milhões de toneladas, representando juntos mais de 81% da produção global do grão (Apêndice A, Figura A.2). Essas mesmas nações concentram pouco mais de 70% da área mundial destinada ao plantio da cultura (Apêndice A, Figura A.3). Apesar de os três maiores produtores de soja apresentarem contínuas e crescentes taxas de crescimento de produção e área plantada, a relação Área x Produção não segue um padrão linear. Entre as safras de 2006/07 e 2016/17, a área mundial plantada cresceu 26,3%, enquanto que a produção mundial do grão aumentou mais de 48%. Esse fato pode ser explicado, principalmente, pelos estudos e pelas pesquisas voltadas para esse setor, trazendo diversos avanços tecnológicos quanto a técnicas de plantio e cultivo, maquinário cada vez mais eficiente e moderno, sistemas de irrigação e insumos (como sementes desenvolvidas para regiões de clima e condições específicas) (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). Assim, apesar de haver anos agrícolas em que as condições climáticas não são ideais para o cultivo do grão, o aumento de produtividade mundial visto nas últimas safras é contínuo e sólido, variando de 2.480 kg/ha (2006/07) a 2.920 kg/ha (2016/17) (USDA, 2017).

Hirakuri e Lazzarotto (2014) destacam, além do desenvolvimento tecnológico, outros fatores que explicam os elevados e contínuos índices de aumento na produção da oleaginosa, como o alto teor de proteína de alto valor biológico (cerca de 40 % em massa) e de óleo vegetal (20 % em massa) presente no grão, tornando-a uma cultura bastante interessante economicamente para a indústria de processamento e transformação. Outro ponto que atrai a atenção dos produtores é o fato de ela poder ser negociada como uma

commodity, isto é, seu preço é padronizado internacionalmente, de acordo com a Bolsa de Valores de Chicago (*Chicago Board of Trade – CBOT*), viabilizando sua negociação com diversos países do mundo inteiro.

No Brasil, durante as décadas de 1970 e 1980, devido a políticas de incentivo à agricultura, ao desenvolvimento de uma cadeia produtiva e logística forte e sólida e ao mercado favorável, a soja passou a ser cultivada nas regiões Sul e Centro-Oeste (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). Com o passar do tempo, a oferta de tecnologias foi ficando cada vez maior e a cadeia produtiva mais consolidada, tornando a atividade sojícola altamente lucrativa e atrativa, forçando produtores a abrir novas áreas de plantio para o cultivo da oleaginosa, substituindo antigas práticas pecuárias e agrícolas, como a bovina e a de arroz. A Figura 1 apresenta os volumes de soja produzidos por cada estado e seus respectivos crescimentos produtivos entre as safras de 2006/07 e 2016/17. Hoje em dia, as regiões Sul e Centro-Oeste concentram a maior parte das áreas destinadas ao plantio de soja no Brasil (84%), bem como a maior parte da produção do grão, chegando a quase 80% da quantidade total produzida pelo país na safra 2016/17 (CONAB, 2018), conforme indicado na Figura 1. Entretanto, Hirakuri e Lazzarotto (2014) citam a relevância da região conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), pois vem apresentando grandes crescimentos em área e volumes produzidos, em razão de incentivos fiscais por parte do governo e das grandes extensões de terra disponíveis.

Figura 1. Evolução da produção brasileira de soja por região entre as safras 2006/07 e 2016/17, em milhares de toneladas (adaptado de CONAB, 2018).



Entre as safras de 2006/07 e 2016/17, a produção do Brasil passou de 58,4 para 114 milhões de toneladas, apresentando um crescimento de, aproximadamente, 95,2% (CONAB, 2018). Dentre os fatores que explicam esse elevado salto produtivo, destacam-se a área destinada ao cultivo e a produtividade como os principais responsáveis. Segundo dados da CONAB (2018), enquanto a área total brasileira aumentou cerca de 64% (Figura 2), a produtividade média do país aumentou 20% (2.800 kg/ha para 3.360 kg/ha). Como ilustrado na Figura 3, encontram-se entre os maiores produtores os estados do Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul, sendo importante citar o grande desenvolvimento da cultura na região MATOPIBA, especialmente no estado da Bahia.

Figura 2. Evolução da área destinada ao plantio de soja no Brasil por regiões, entre 2006/07 e 2016/17, em milhares de hectares (adaptado de CONAB, 2018).

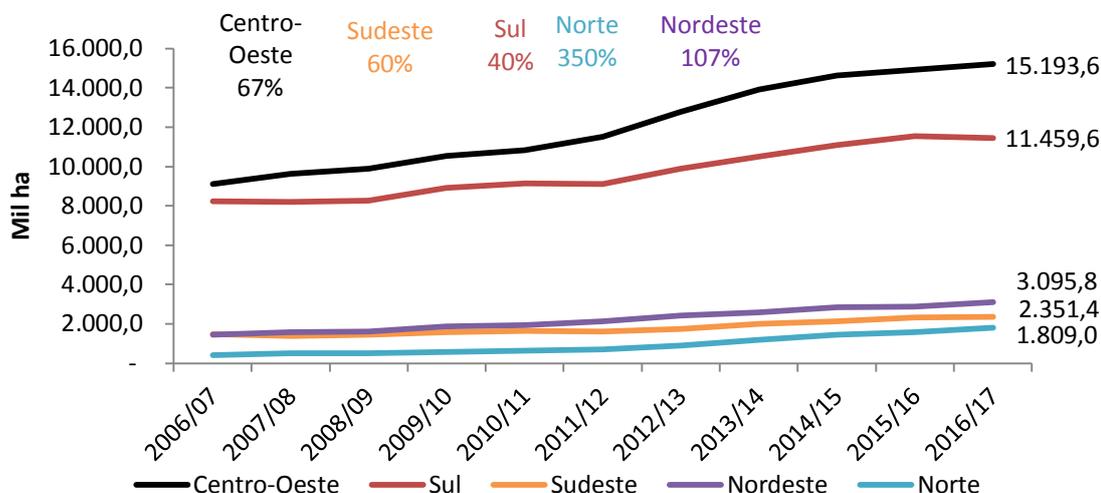
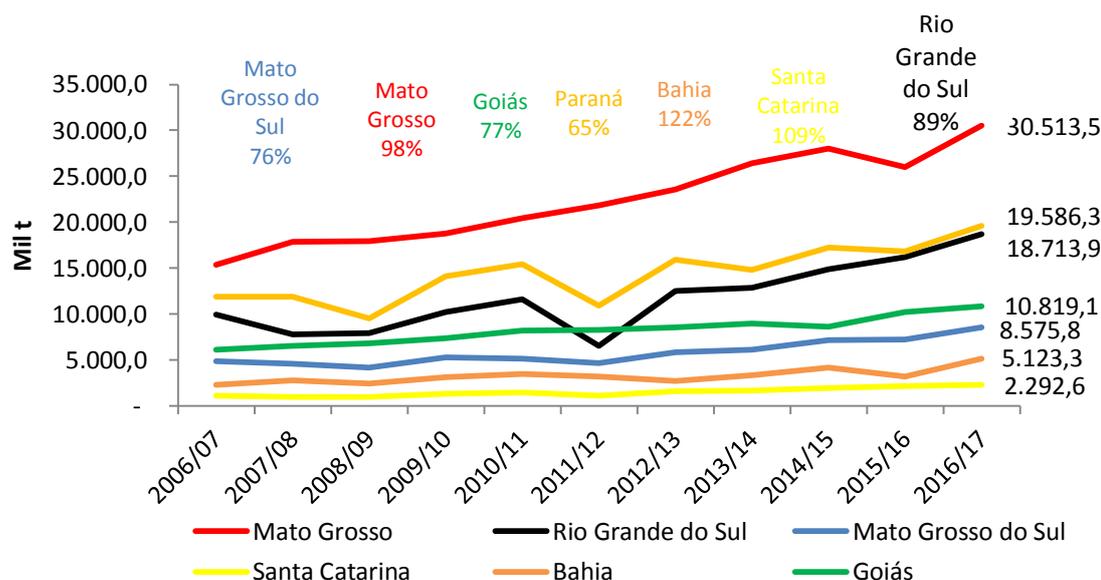


Figura 3. Evolução da produção brasileira de soja por estado entre 2006/07 e 2016/17, em milhares de toneladas (adaptado de CONAB, 2018).

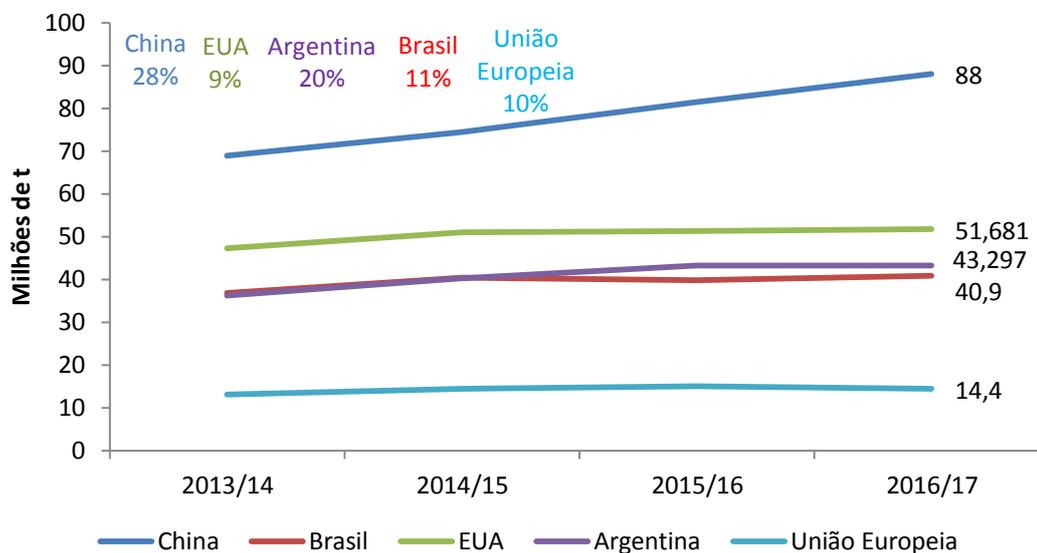


2.1.3 Oferta e demanda de soja no Brasil e no mundo

Segundo dados da USDA (2017), nos últimos dez anos, o consumo mundial de soja passou de 224,7 para 329,7 milhões de toneladas, um aumento de aproximadamente 47%, sendo os principais consumidores China, Estados Unidos, Argentina, Brasil e União Europeia (Figura 4). Hirakuri e Lazzarotto (2014) destacam que a China aparece em primeiro lugar, pois necessita de grandes volumes do grão para atender sua enorme e desenvolvida indústria de processamento, voltada à obtenção de farelo de soja e óleo vegetal, importando cerca de 86% de todo volume do grão consumido pelo país. Os autores também citam que a Argentina aparece entre os cinco maiores consumidores de soja, pois é o maior exportador de produtos derivados, como farelo de soja e óleo vegetal, além do crescimento da indústria nacional de produção de biodiesel a partir do óleo de soja. Já o Brasil, como um dos maiores produtores de carnes do mundo, destina a

maior parte da soja consumida internamente para a produção de ração animal, sendo o mercado do biodiesel um dos principais destinos do óleo vegetal, devido ao crescimento do setor e a incentivos fiscais.

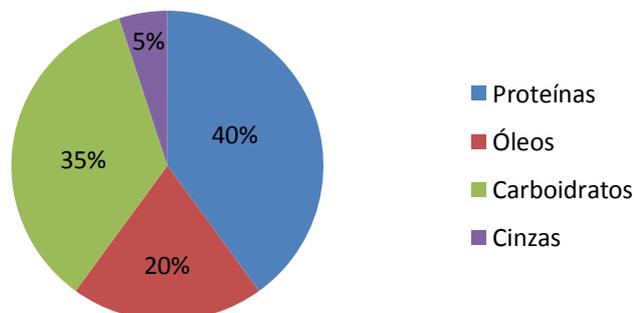
Figura 4. Evolução da quantidade de soja em grão processada pelos cinco maiores países consumidores do mundo, em milhões de toneladas (adaptado de USDA, 2017).



2.2 Composição química e propriedades nutricionais e funcionais da soja

Um dos motivos responsáveis por fazer com que a soja seja uma das *commodities* com um dos maiores valores de mercado entre grãos, cereais e leguminosas é sua rica composição química e nutricional, possibilitando sua utilização por indústrias dos mais diversos segmentos, além de possuir características funcionais benéficas para a saúde humana. Os percentuais de cada componente do grão de soja são apresentados na Figura 5. Todavia, dependendo da região de plantio, variedade da semente e condições climáticas, as quantidades de macro e micronutrientes podem apresentar grande faixa de variação.

Figura 5. Distribuição percentual de nutrientes nos grãos de soja em base seca (adaptado de LIU, 1997).



2.2.1 Lipídeos

Os lipídeos constituem, aproximadamente, 20% da massa seca dos grãos de soja, sendo que a maior parte desse nutriente está concentrada na polpa da oleaginosa, possuindo inúmeras funções fisiológicas, como reserva energética, constituinte estrutural da membrana celular e solvente para várias substâncias lipossolúveis. Nos grãos de soja, existem pequenas bolsas de óleo (as quais circundam bolsas de proteínas) que podem ser extraídas utilizando-se algum tipo de solvente orgânico, como hexano, por exemplo. Do processo de extração, tem-se o óleo bruto de soja, o qual é formado na maior parte por triglicerídeos, mas também em menor proporção por fosfolipídios e ácidos graxos (LIU, 1997). A partir do óleo vegetal bruto, é possível realizar o processo de refino, sendo o óleo refinado composto por 99% de triglicerídeos.

Rico em ácidos graxos insaturados (ômega 3), o óleo de soja é ideal para diversos usos, tanto industriais (tinta, lubrificantes e biocombustível) quanto alimentícios (óleo de cozinha, margarina e lecitina) (JOHNSON; WHITE; GALLOWAY, 2008; SPADA, 2015). De acordo com Coultate (2004), o maior percentual no óleo de soja corresponde ao ácido linoléico, seguido pelos ácidos oleico, palmítico, linolênico e esteárico, os quais acabam por conferir propriedades e características únicas ao óleo vegetal de soja. Johnson, White e Galloway (2008) destacam que é possível, através de processamento, alterar o perfil de composição de ácidos graxos presentes no óleo vegetal de soja. Por exemplo, é desejado que a fração de ácido palmítico seja diminuída, uma vez que existem estudos que comprovam sua relação direta com o aumento dos níveis do colesterol LDL (*low density lipoprotein*), ligado a doenças cardiovasculares, enquanto que o ácido oléico é tido como benéfico à saúde, agindo no sentido contrário ao ácido palmítico. Já o ácido linoléico, quando consumido em quantidades adequadas, apresenta benefícios ao coração e às funções cardiovasculares, apesar de possuir ação pró-inflamatória, quando ingerido em altas quantidades.

Sabe-se também que a presença de ligações duplas em ácidos graxos insaturados diminui suas estabilidades oxidativas, como é o caso dos ácidos linoléico e linolênico. Assim, a fim de aumentar a estabilidade do óleo e seu ponto de fusão, realiza-se a hidrogenação do óleo durante o processo de refino, adicionando-se duas moléculas de hidrogênio em uma ligação dupla, para que a mesma seja desfeita e o ponto de fusão do óleo elevado (LIU, 1997).

Uma pequena parcela da composição do óleo vegetal bruto de soja é formado por fosfolipídeos, variando entre 1 e 3%. As três maiores classes de fosfolipídeos são a fosfatidilcolina (PC), a fosfatidiletanolamina (PE) e a fosfatidilinositol (PI), sendo a mistura desses fosfolipídeos conhecida como lecitina, cujas funções vão desde a estabilização oxidativa de óleos até atividade antioxidante (JOHNSON; WHITE; GALLOWAY, 2008). Os autores ainda citam que a lecitina é uma ótima fonte de colina, principal agente precursor de neurotransmissores, além de diminuir os níveis de colesterol sérico e riscos de doenças cardiovasculares. Por um processo de centrifugação seguido de hidratação à elevada temperatura (degomagem), é possível separar a goma (ou lecitina) do restante do óleo (LIU, 1997). Ainda segundo Johnson, White e Galloway (2008), em menor quantidade, têm-se os esfingolipídios, presentes na estrutura da membrana celular e altamente bioativos em células animais, mediando processos de crescimento celular, diferenciação e apoptose (morte celular programada).

2.2.2 Proteínas

A proteína da soja é considerada como sendo uma das poucas fontes proteicas vegetais de elevada qualidade, pois além de fornecer energia necessária para a manutenção do metabolismo animal e apresentar altos níveis de aminoácidos essenciais (aqueles que o organismo não sintetiza), possui bons índices de digestibilidade e biodisponibilidade proteica e de aminoácidos, fatores responsáveis pela determinação do valor biológico e nutricional da proteína (JOHNSON; WHITE; GALLOWAY, 2008).

O primeiro aspecto que define a qualidade da fonte proteica é a variedade de aminoácidos essenciais presente na composição da proteína do alimento, a qual deve atender às exigências específicas de cada organismo (LIU, 1997). Além disso, o autor ressalta a importância de que esses aminoácidos sejam fornecidos em quantidades suficientes, a fim de suprir as diferentes demandas entre humanos e animais, por exemplo, visto que organismos diferentes possuem necessidades diferentes. Abaixo, pela Tabela 1, podem-se comparar as quantidades de aminoácidos essenciais que crianças entre 2-5 anos, entre 10-12 anos e adultos devem ingerir diariamente com aquelas oferecidas pela soja.

Tabela 1. Comparação entre as quantidades de aminoácidos essenciais requeridas por diferentes faixas etárias (padrão FAO, 1985) e a composição de aminoácidos essenciais da soja (padrão FAO, 1990) (Adaptado de FAO, 1985; FAO, 1990).

Aminoácidos essenciais	FAO 1985 (g/100 g de proteína)			FAO 1990 (g/100g de proteína)
	2-5 anos	10-12 anos	Adultos	Soja
Histidina	1,9	1,9	1,6	2,53
Isoleucina	2,8	2,8	1,3	4,54
Leucina	6,6	4,4	1,9	7,78
Lisina	5,8	4,4	1,6	6,38
Metionina + cisteína	2,5	2,2	1,7	2,59
Fenilalanina + tirosina	6,3	2,2	1,9	8,08
Treonina	3,4	2,8	0,9	3,86
Triptofano	1,1	0,9	0,5	1,28
Valina	3,5	2,5	1,3	4,8
Total	33,9	24,1	12,7	41,84

Apesar das concentrações de aminoácidos sulfurados, como metionina e cisteína, serem ligeiramente maiores do que as recomendações da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO*), nota-se que os conteúdos de lisina, isoleucina, leucina, fenilalanina + tirosina, treonina e valina são bastante elevados e capazes de suprir a demanda humana, o que acaba não acontecendo na maioria dos casos de outros cereais, como o trigo, por exemplo. Assim, a proteína de soja surge como uma boa alternativa a fontes proteicas de origem animal (LIU, 1997).

Outro ponto bastante importante para a determinação da qualidade de proteínas são os seus respectivos níveis de digestibilidade, os quais estão diretamente relacionados com a biodisponibilidade proteica e de aminoácidos. Como já mencionado, o conjunto de

aminoácidos de uma proteína é de extrema importância, entretanto de nada adianta o alimento possuir todos os aminoácidos essenciais em quantidades suficientes se esses não forem digeridos, absorvidos e utilizados pelo organismo em processos metabólicos. Inúmeros fatores podem afetar o grau de biodisponibilidade desses aminoácidos ao organismo, como compostos biologicamente ativos, tratamento térmico e a estrutura química da proteína propriamente dita, impossibilitando, por exemplo, a hidrólise das proteínas em aminoácidos mais simples ou, até mesmo, tornando os aminoácidos já hidrolisados menos disponíveis ao organismo.

No caso da proteína de soja, existem os chamados inibidores de tripsina, componentes presentes naturalmente em sua composição. Esses inibidores, como o nome indica, acabam por afetar a ação das enzimas tripsina e quimotripsina, responsáveis pela clivagem das ligações peptídicas e pela digestão de proteínas. A inativação de tais inibidores, segundo Liu (1997), é possível através da aplicação de calor, possibilitando maior ação das enzimas digestivas sobre os polipeptídeos, permitindo uma maior absorção de nutrientes pelo corpo, devido aos maiores níveis de digestibilidade. Temperaturas mais altas também acabam por desnaturar as proteínas, rompendo ligações internas e facilitando o processo digestivo.

Outra vantagem do consumo da proteína vegetal de soja é em relação à prevenção de doenças crônicas, como doenças renais e osteoporose, conforme Liu (1997). Pesquisadores comprovaram que um dos fatores que afetam a saúde e integridade dos ossos é a alta ingestão de proteínas, devido ao aumento da concentração de cálcio presente na urina (LIU apud WACHMAN; BERNSTEIN, 1968). Mais tarde, notou-se que tal aumento é causado, basicamente, por aminoácidos sulfurados (no caso, metionina e cistina), os quais são encontrados em menores quantidades na proteína de soja, frente a diferentes fontes de proteína animal, como a carne bovina e o leite de vaca. Assim, estudos indicam que, reduzindo-se a concentração de cálcio na urina, aumenta-se sua retenção pelo tecido ósseo, diminuindo as chances de ocorrência de osteoporose, principalmente em pessoas que ingerem diariamente altas quantidades de proteína, como atletas.

Ainda, a proteína de soja pode também apresentar aplicação na prevenção de doenças renais, muitas vezes causadas por altas quantidades de ingestão proteica. Contudo, estudos recentes mostram que nem todos os tipos de proteínas afetam as funções renais do organismo da mesma forma, sugerindo que a substituição de proteína animal pela de soja reduz o risco de ocorrência de doenças renais. Como consequência do melhor funcionamento do sistema renal, os níveis tanto de concentração de proteína presente na urina quanto do colesterol lipoproteico de baixa densidade (LDL) apresentaram queda, devido aos maiores fluxos de filtração do organismo (LIU apud D'AMICO, 1992).

2.2.3 Carboidratos

Segundo Cheftel, Cuq e Lorient (1989), os carboidratos presentes na soja constituem, em média, 35% da massa seca do grão, sendo que destes aproximadamente 5% são referentes a fibras. Johnson, White e Galloway (2008) também pontuam que a composição de açúcares presente nos diferentes cultivares da oleaginosa apresenta certa variabilidade e é dependente de fatores como tipo de semente, condições climáticas e modo de cultivo. Apesar de ser bem menos valorizado, quando comparado a proteínas e óleos, é utilizado na maior parte das vezes como ração animal, sendo que alguns estudos

têm encontrado certas relações entre a ingestão de carboidratos presentes na soja e benefícios para a saúde humana, sendo cada vez mais alvo de pesquisa (LIU, 1997).

Dentre os tipos de carboidratos presentes na soja, aproximadamente a metade é classificada como carboidratos não-estruturados, abrangendo mono-, di- e oligossacarídeos e polissacarídeos de reserva, como o amido. Os açúcares de baixo peso molecular (mono- e dissacarídeos) constituem entre 40 e 45% da quantidade total de carboidratos em grãos de soja, podendo chegar a 50% em farinha e farelo de soja, apesar de alguns açúcares de baixo peso molecular serem removidos no processo de extração do óleo vegetal (JOHNSON; WHITE; GALLOWAY, 2008). Os autores citam que a sucrose é o açúcar não-estruturado encontrado em maior concentração na soja (aproximadamente 9,5%).

Já os oligossacarídeos presentes estaquiose, rafinose e verbascose, com concentrações respectivas de 3,1-5,7%, 0,50-0,74% e 0,12-0,20% são fatores que limitam o uso da soja e de seus derivados como alimento, devido à ocorrência de flatulência e desconforto abdominal (LIU apud STREGGERDA et al. 1966). Conforme Johnson, White e Galloway (apud PARSONS et al. 2000), estudos comprovam que cultivares geneticamente modificados podem apresentar até 87% menos estaquiose e refinose do que cultivares convencionais. Todavia, de acordo com Liu (apud MASAI et al. 1987; apud TAKASOYE et al. 1991; apud TOMOMATSU, 1994), os oligossacarídeos também podem ser benéficos à saúde das pessoas, oferecendo vantagens como o aumento da população de *bifidobactérias* na região intestinal, as quais atuam como probióticos, trazendo benefícios à flora intestinal. Também ajudam na redução de metabólitos tóxicos e enzimas prejudiciais à saúde do organismo. Por fim, o amido, principal fonte energética vegetal, constitui aproximadamente 5% do grão de soja.

A parcela restante de carboidratos que compõem o grão de soja é o grupo dos carboidratos estruturados, os quais são polissacarídeos e fibras com funções estruturais nos vegetais. Também conhecidos como polissacarídeos não-amáricos (*NSP – nonstarch polysaccharides*), podem ser divididos em celulósicos e não-celulósicos. Apesar de fibras insolúveis, como celulose e hemicelulose, serem responsáveis pela estrutura da parede celular da polpa do grão, a maior fração de fibras está presente na casca da soja, composta 30% por pectina, 50% por hemicelulose e 20% de celulose, sendo uma ótima alternativa para alimentação de ruminantes (JOHNSON; WHITE; GALLOWAY, 2008; LIU, 1997).

2.2.4 Componentes em menores concentrações

Além de proteínas, carboidratos e lipídeos, os grãos de soja são formados por outros nutrientes que estão presentes em menores concentrações. Aproximadamente 5% da massa dos grãos em base seca é formada por minerais, também chamados de cinzas, como potássio, fósforo, magnésio, enxofre, cálcio, cloro e sódio. Tocoferóis, também estão presentes na composição química da oleaginosa, sendo a vitamina E (α -tocoferol) o exemplo mais conhecido, desempenhando importante papel de antioxidante natural. Além disso, a vitamina A (retinol), essencial para a renovação celular, também faz parte da composição dos grãos (JOHNSON; WHITE; GALLOWAY, 2008; LIU, 1997; COULTATE, 2004; BOBBIO; BOBBIO, 2003). Ainda existe o grupo dos fitatos, que, na forma de sais de ácido fítico, servem como a principal fonte de fósforo para o período de germinação das sementes de soja.

Outro micronutriente presente na composição da soja são as isoflavonas, as quais vêm ganhando muita atenção por parte de pesquisadores e médicos, devido a seus possíveis efeitos no processo de prevenção e tratamento de doenças crônicas e cânceres (LIU apud AKIYAMA et al. 1987; apud ADLERCREUTZ et al. 1992; apud CASSIDY et al. 1994; apud ANTHONY et al. 1996). Apesar de, antigamente, atribuir-se a elas efeitos indesejáveis como atividade estrogênica e interferência no metabolismo de minerais, autores imputam às isoflavonas atividades antioxidante, antifúngica e anticarcinogênica. Devido a tais efeitos, Liu (apud NAIM et al. 1976; apud CARAGAY, 1992; apud MESSINA et al. 1994) denominou-os como fitoquímicos, já que, apesar de não serem vitaminas nem minerais, implicam em vantagens à saúde humana. Ainda em quantidades que variam de 0,1 a 0,3%, estão as saponinas, glicosídeos que atuam como agentes emulsificantes e formadores de espuma, classificadas como ingredientes funcionais, devido às suas ações na diminuição do colesterol, prevenção de cânceres e propriedades antioxidantes (JOHNSON; WHITE; GALLOWAY, 2008).

2.3 Processamento, produtos e derivados de soja

Nesta subseção, serão discutidos os processos, aos quais os grãos de soja são submetidos em indústrias beneficiadoras, bem como ilustrados e exemplificados diferentes tipos de produtos e derivados da soja e suas respectivas aplicações.

2.3.1 Processamento para obtenção de óleo vegetal e farelo de soja

O processamento da soja começa pelo recebimento dos grãos, passa pela sua limpeza e descarte de impurezas e materiais estranhos, até chegar ao ponto da oleaginosa ser armazenada e estocada de forma correta e adequada (MIYASAKA; MEDINA, 1981). A limpeza é, basicamente, realizada por uma série de peneiras combinada a um sistema de aspiração, separando impurezas, como galhos e materiais estranhos, e removendo materiais mais leves, como resíduos de palha (LIU, 1997). Depois, a soja segue para estocagem em silos, onde é imprescindível o controle de sua temperatura, evitando possível aquecimento e perda de qualidade nutricional.

Os grãos de soja, então, seguem para o processo de preparação, passando, primeiramente, por equipamentos secadores, que diminuem sua umidade para a faixa ideal de 10%, facilitando as posteriores etapas de quebra e retirada da casca (LIU, 1997). Em seguida, através de duas sequências de pares de rolos, o grão de soja passa pelas etapas de quebra e retirada de casca. Essas etapas são importantes, pois favorecem a extração do óleo vegetal da polpa da soja e levam a um menor teor de fibras no farelo desengordurado (MIYASAKA; MEDINA, 1981).

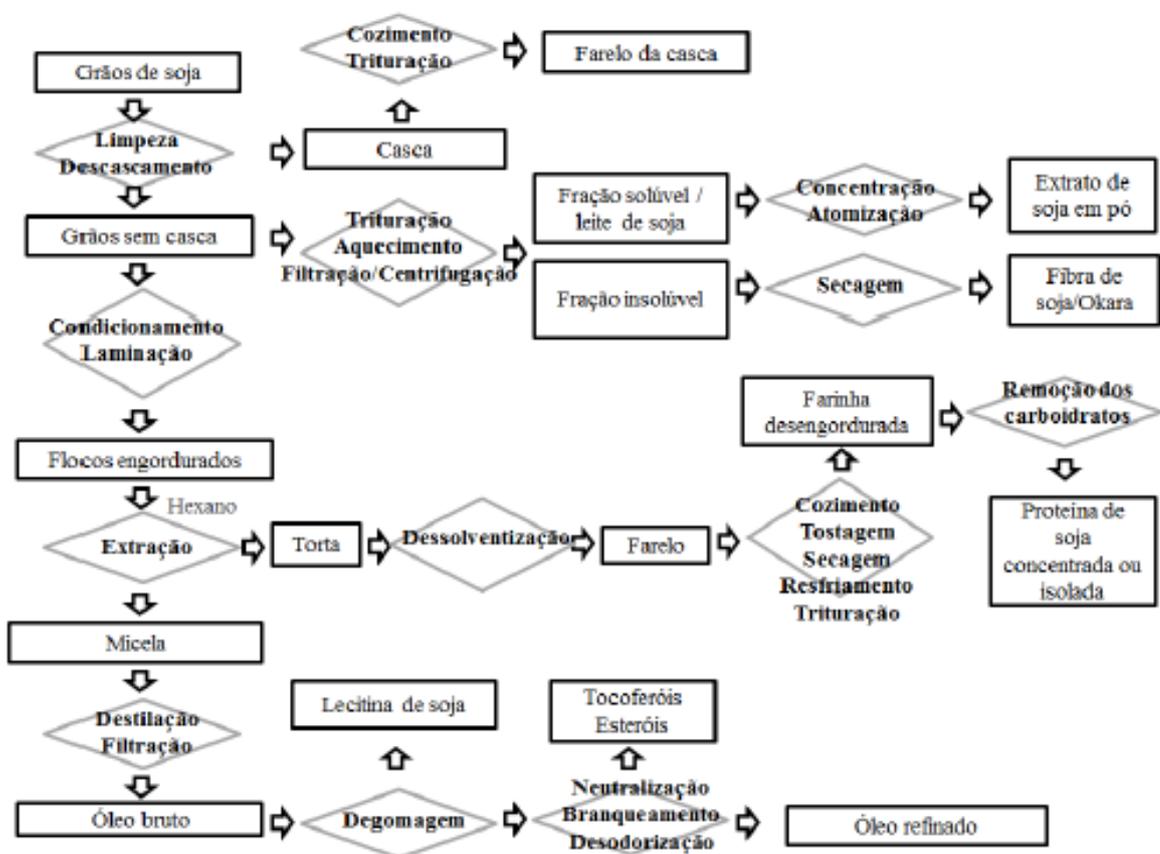
A próxima etapa do processamento da soja é a de condicionamento, onde os grãos passam por grandes equipamentos condicionadores, que elevam a temperatura da massa de soja, atingindo o nível de plasticidade ideal necessário para a etapa de laminação, quando a soja quebrada passa através de um par de rolos lisos, obtendo-se flocos de soja (*flakes*). Esse processo serve para aumentar a área de contato floco-solvente e rompe os bolsões de óleo presentes no grão de soja, propiciando melhores rendimentos do processo de extração do óleo vegetal (LIU, 1997; MIYASAKA; MEDINA, 1981).

As lâminas de soja seguem então para o processo de extração do óleo vegetal, cujos principais produtos são a farinha (ou farelo) desengordurada de soja e óleo vegetal bruto, através da utilização de um solvente orgânico, usualmente hexano (LIU, 1997). A principal

diferença entre farelo e farinha de soja está relacionada aos processos aos quais são submetidos. Enquanto que para a produção de farinha, a soja passa por um sistema mais brando de dessolventização, o farelo passa por um processamento que utiliza injeção de vapor direto, resultando em um nível de desnaturação proteica mais alto (JOHNSON; WHITE; GALLOWAY, 2008).

Após o processo extrativo, o óleo vegetal bruto é encaminhado para a etapa de refino, cujo principal objetivo é a obtenção de um produto homogêneo e estável. Já a farinha de soja serve como matéria-prima para a fabricação de derivados proteicos destinados à alimentação humana ou animal, como a proteína isolada, concentrada ou texturizada de soja (MIYASAKA; MEDINA, 1981). A Figura 6 mostra de forma simplificada a sequência de processos para a obtenção de derivados de soja destinados à alimentação humana.

Figura 6. Fluxograma de processo de obtenção dos derivados da soja (SPADA, 2015).



2.3.2 Produtos e derivados de soja

Devido à sua alta versatilidade e à sua rica composição química, a soja possui diversas aplicações nos mais diferentes setores da indústria. Enquanto que a farinha de soja é destinada à produção de derivados proteicos voltados para a alimentação humana ou animal, o óleo vegetal serve como matéria-prima tanto para o segmento alimentício quanto para outros tipos de indústrias (MIYASAKA; MEDINA, 1981).

Tratando-se da porção proteica da oleaginosa, a farinha e o farelo de soja são os derivados mais simples e menos elaborados resultantes do processo de extração. Enquanto que o farelo é a principal fonte de ração animal do mundo, a farinha de soja

pode ser consumida diretamente ou submetida a processos de fabricação de derivados proteicos mais refinados.

Um desses produtos é a proteína texturizada de soja (*TVP – texturized vegetable protein*), cujas concentrações proteicas variam de 40 a 50%. Sua principal utilização é na fabricação de produtos cárneos, como hambúrgueres e análogos, proporcionando sabor neutro e conferindo textura adequada e característica (JOHNSON; WHITE; GALLOWAY, 2008; LIU, 1997).

Outro produto proteico bastante importante é a proteína concentrada de soja (PCS), cuja concentração proteica mínima é de 70%. Normalmente, é utilizada na forma de farinha e de pequenos grânulos de sabor neutro com características emulsionantes, sendo adicionada em misturas de molhos de carne, aumentando seu conteúdo proteico, restando a gordura sobrenadante e melhorando a consistência e viscosidade e a textura do molho (MIYASAKA; MEDINA, 1981; LIU, 1997).

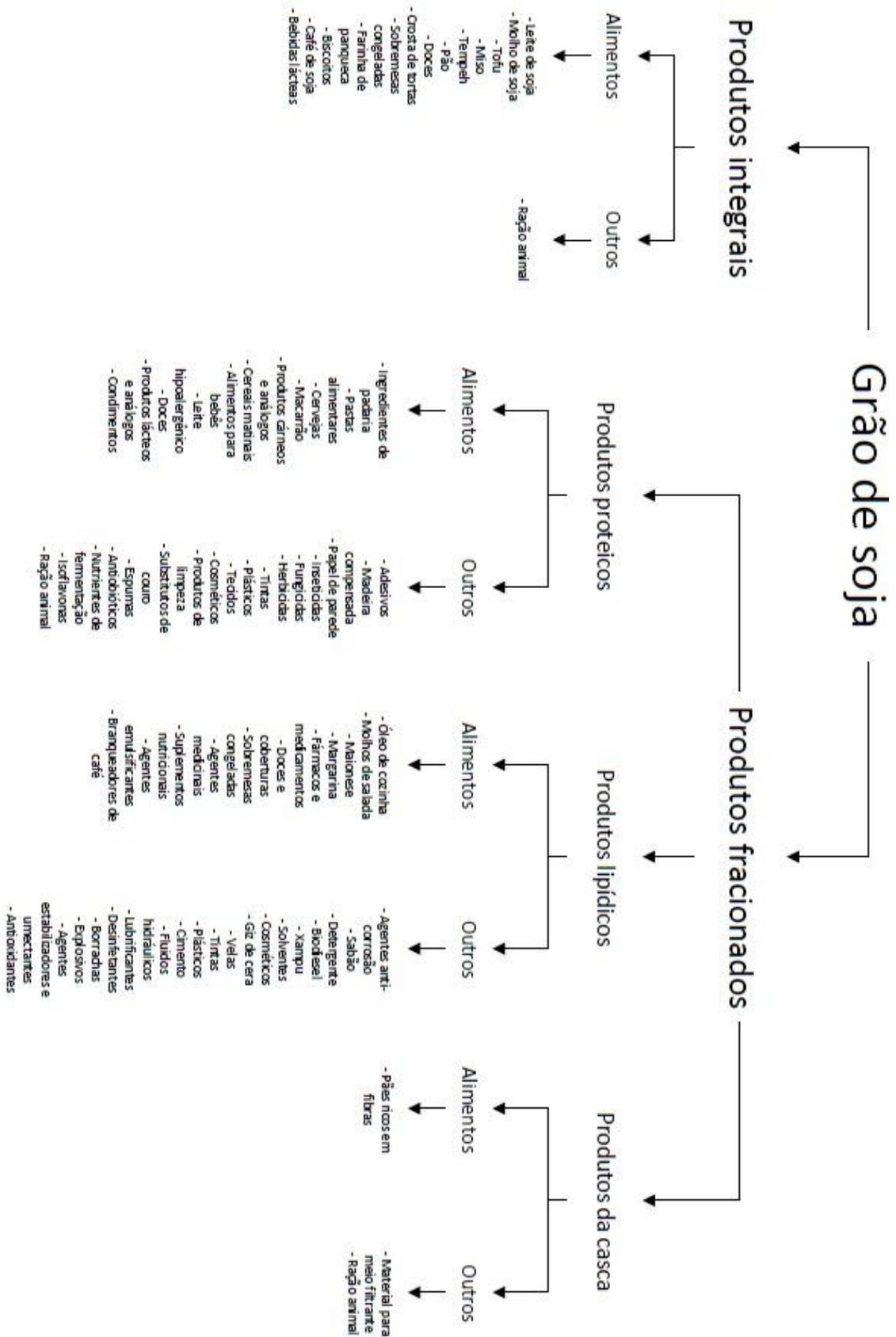
Por fim, o produto proteico mais refinado e de maior valor agregado resultante do processamento da soja é a proteína isolada de soja (PIS), cuja concentração mínima de proteína é de 90% em base seca. Segundo Miyasaka e Medina (1981), são produtos que apresentam características físicas, químicas e funcionais bastante versáteis e úteis, tornando a PIS um ingrediente importante na produção de salsichas, por exemplo, oferecendo bom grau de maciez, além de características emulsionantes e estabilizantes.

A porção lipídica do grão de soja também é bastante utilizada na indústria de alimentos. O óleo vegetal degomado, por exemplo, é amplamente utilizado como óleo de cozinha, sendo adicionado também à formulação de margarina e maionese, por exemplo (LIU, 1997). Já a lecitina atua, principalmente, como agente emulsificante e dispersante, trabalhando sobre a viscosidade, aparência e textura de misturas, restando umidade e evitando o processo de cristalização, sendo muito utilizada em chocolates, biscoitos e sorvetes, por exemplo (CABRAL; MODESTA, 1981; MIYASAKA; MEDINA, 1981).

A fração lipídica da soja também desperta grande interesse por parte de indústrias de diferentes setores. Por sua ação dispersante e emulsificante, a goma do óleo de soja pode ser adicionada à formulação de tintas, borrachas e sabões (MIYASAKA; MEDINA, 1981). Já o óleo degomado é a principal matéria-prima na produção do biodiesel brasileiro, além de desempenhar papel importante no processo produtivo de sabão, lubrificantes e solventes, por exemplo.

Abaixo, a figura 7 traz um esquema dos diferentes produtos e derivados produzidos a partir do grão de soja.

Figura 7. Esquema dos diferentes produtos e derivados produzidos a partir do grão de soja (adaptado de IOWA STATE UNIVERSITY, 2009).



2.4 Fatores que afetam o conteúdo proteico da soja

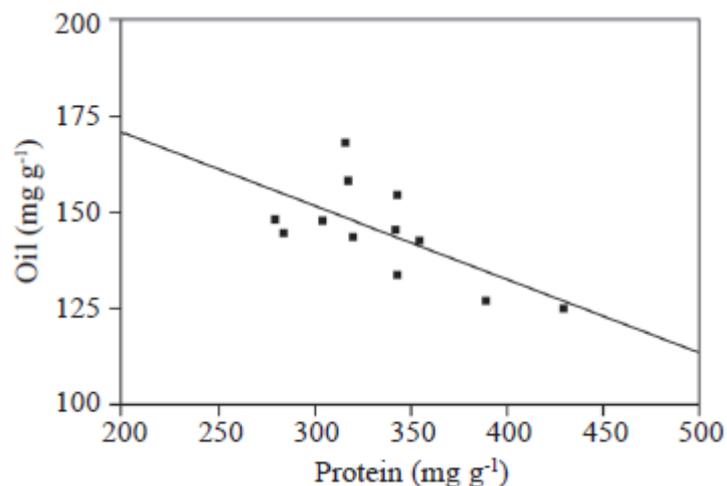
Sabendo-se da importância econômica e das inúmeras aplicações da proteína de soja, tem-se dado maior atenção à evolução dos teores desse nutriente no grão, os quais vêm apresentando quedas nos últimos anos (PÍPOLO et al., 2015). De acordo com esses autores, o primeiro ponto que explica os menores conteúdos proteicos que vêm sendo observados são fatores ligados à origem genética do grão e a condições climáticas e ambientais. Quanto à influência ambiental, as diferentes proporções de carbono (C) e nitrogênio (N) disponíveis em solos de diferentes regiões acarretam em grandes variações dos conteúdos proteico e lipídico dos grãos de soja, uma vez que C e N são os principais responsáveis pelo desenvolvimento da planta. Outro fator regional que também influi no teor proteico da oleaginosa é o clima, que apresenta variação de temperatura e de índice pluviométrico. Ainda, a acidez do solo pode ser influente.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é que, com o desenvolvimento de novas técnicas de cultivo e o aumento de oferta tecnológica, a maior parte dos estudos focou no aumento de produtividade da cultura e no desenvolvimento de inseticidas, pesticidas e sementes mais resistentes a doenças. Entretanto, Pípolo et al. (2015) destacam que existe uma relação inversamente proporcional entre produtividade e concentração de proteínas presentes nos grãos, ou seja, apesar de haver maior quantidade de grãos produzida por unidade de área, o conteúdo proteico é mais pobre. Como a comercialização do grão depende exclusivamente do volume produzido, não há interesse por parte dos produtores em utilizar sementes que apresentam menor produtividade e maior conteúdo proteico.

Pípolo et al. (2015) também frisam que essa queda nos teores de proteína presentes na soja surge como um sinal de alerta para as indústrias processadoras do grão, uma vez que seus produtos precisam estar dentro de padrões e especificações determinados por órgãos reguladores, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). No caso de uma fábrica que produz proteínas isolada, concentrada e texturizada de soja, por exemplo, é necessário que esses produtos atinjam valores percentuais de concentrações proteicas mínimos, conforme descrito nos rótulos e estabelecido por legislação vigente.

Além disso, pesquisadores como Saravitz e Raper (1995) e Pípolo, Sinclair e Camara (2004) procuraram estudar a influência do suprimento de carbono (C) e nitrogênio (N) na composição química dos grãos de soja. Ambos os estudos constataram que, conforme as quantidades de C e N fornecidas às plantas variavam, existia uma correlação inversa entre os teores proteico e lipídico das amostras (Figura 8).

Figura 8. Concentrações lipídica e proteica de amostras de grãos de soja cultivados em soluções com diferentes concentrações de glutamina (PÍPOLO; SINCLAIR; CAMARA, 2004).



Assim, devido às quedas dos índices proteicos da soja que vêm ocorrendo ano a ano e à imprevisibilidade de sua qualidade, empresas vêm encontrando problemas relacionados, principalmente, a rendimento de produto final (PÍPOLO et al., 2015). Ainda conforme os autores, a influência regional sobre a composição nutricional dos grãos de soja é pouco estudada. Por consequência, faz-se necessário um estudo que compare amostras de soja provenientes de diferentes regiões do Brasil, a fim de se descobrir quais localidades apresentam grãos com maiores níveis de proteína, oferecendo maior rendimento de processo e, conseqüentemente, vantagens financeiras e econômicas às indústrias.

3 Metodologia

Conforme comentado anteriormente, o estudo ocorreu em parceria com uma indústria processadora de soja do estado do Rio Grande do Sul (RS), interessada em avaliar e comparar amostras de grãos provenientes de cinco dos seus principais estados produtores e fornecedores de matéria-prima: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina, Bahia e Rio Grande do Sul.

3.1 Coleta e montagem das amostras de soja

A coleta das amostras foi realizada no período de Janeiro a Novembro de 2018. Para a montagem das amostras de cada um dos estados, foram escolhidas, de modo aleatório, sete cargas do Mato Grosso, quatro do Mato Grosso do Sul, duas de Santa Catarina, duas da Bahia, e cinco do Rio Grande do Sul. Entre as amostras do Rio Grande do Sul três correspondem a grãos convencionais, enquanto que as outras duas são geneticamente modificadas. A quantidade de amostras utilizadas para a formação das porções representativas de cada região variou de estado para estado conforme a quantidade de soja processada pela fábrica, isto é, Mato Grosso corresponde ao estado que mais fornece grãos e os estados de Santa Catarina e Bahia os menores fornecedores. As amostras de cada estado são formadas por 200 g de grãos, montando duas amostras homogêneas de cada região de 100 g cada, que posteriormente foram encaminhadas ao laboratório da empresa para procedimentos analíticos.

Conforme as cargas de soja, provenientes de diferentes fazendas produtoras, cooperativas agrícolas e regiões chegam à fábrica, ocorrem seus descarregamentos em silos de armazenagem, de onde seguem, mais tarde, para o processo produtivo. Todavia, como os caminhões acessam o pátio industrial por ordem de chegada, e a descarga segue essa mesma sequência, os lotes que se formam dentro dos silos são constituídos de misturas de soja de diferentes localidades. As amostras foram coletadas de 28 lotes compostos tanto de grãos de soja quanto de farinha de soja, gerada após a etapa de extração do óleo vegetal. A Tabela 2 traz os 28 lotes utilizados no estudo, com seus respectivos percentuais de soja de cada estado produtor. A numeração desses lotes está de acordo com a nomenclatura utilizada pela fábrica.

Tabela 2. Lotes analisados e suas respectivas composições por estado.

LOTE	MT	MS	RS	SC	BA
1	100%	0%	0%	0%	0%
3	100%	0%	0%	0%	0%
5	8,60%	91,40%	0%	0%	0%
6	19,40%	80,60%	0%	0%	0%
7	18,60%	81,40%	0%	0%	0%
8	41,50%	58,50%	0%	0%	0%
12	41,40%	54,50%	4,10%	0%	0%
13	27,28%	66,02%	6,70%	0%	0%
16	64,92%	35,08%	0%	0%	0%
18	22,30%	77,70%	0%	0%	0%
21	22,60%	65,00%	2,70%	9,70%	0%
23	26,46%	64,83%	0%	8,71%	0%
24	80,70%	19,30%	0%	0%	0%

Continuação da Tabela 2.

LOTE	MT	MS	RS	SC	BA
29	57,50%	33,30%	0%	6,10%	3,10%
30	55,66%	38,86%	0%	0%	5,48%
31	60,11%	31,43%	0%	0%	8,46%
33	69,80%	11,20%	14,53%	4,47%	0%
36	53,30%	40,87%	0%	5,83%	0%
41	77,68%	18,65%	3,67%	0%	0%
47	54,10%	31,20%	6,20%	2,70%	5,80%
48	70,80%	15,60%	10,70%	2,90%	0%
51	0%	0%	100%	0%	0%
59	54,30%	27,70%	15,10%	0%	2,90%
61	63,70%	29,30%	7,00%	0%	0%
64	32,70%	56,20%	11,10%	0%	0%
66	94%	6%	0%	0%	0%
68	94,60%	0%	5,40%	0%	0%
75	100,00%	0%	0,00%	0%	0%

3.2 Composição bromatológica dos grãos e da farinha de soja

Os procedimentos laboratoriais descritos abaixo foram realizados em duplicata no laboratório da empresa parceira do estudo.

3.2.1 Teor de proteínas

O teor de proteínas dos grãos foi verificado conforme a metodologia da AOAC 960.52 (AOAC, 2005). Para tanto, o primeiro passo foi submeter os grãos inteiros a um processo de moagem utilizando um moinho (Retsch, modelo ZM 200) que trabalha por efeito de impacto e cisalhamento entre o rotor e a peneira anelar fixa. Depois de moídas, as amostras apresentaram uma granulometria final menor do que 40 μm , e aproximadamente 3 g foram inseridas em um equipamento (LECO, modelo TruMac N) para posterior análise do conteúdo proteico.

As farinhas desengorduradas providas das etapas de preparação e extração do processo fabril foram inseridas diretamente no equipamento (LECO), não sendo necessária sua passagem pelo moinho.

O aparelho citado utiliza a Técnica de Dumas, baseada na queima da amostra e oxidação de seus componentes mais simples. Geralmente, a maioria das análises de conteúdo proteico não é direta, sendo determinada pelo teor de nitrogênio, elemento presente na composição dos aminoácidos na forma do grupamento amina ($-\text{NH}_3$). Após a etapa de incineração, ocorre a separação de enxofre, carbono e óxidos de hidrogênio, possibilitando a identificação e determinação dos compostos de nitrogênio restantes. Então, o teor proteico da amostra é quantificado, indiretamente, através da multiplicação do valor de nitrogênio encontrado pelo fator característico de 6,25, sendo o mesmo para todo e qualquer produto derivado de soja.

3.2.2 Teor de lipídeos

O teor de lipídeos foi determinado conforme a metodologia da AOAC 920.39 (AOAC, 2005). Para tal, os grãos foram moídos no moinho Retsch e passaram por um equipamento soxhlet, cuja função é a extração de substâncias e nutrientes que não são solúveis em água. Pesando-se entre 8 e 10 gramas de soja, o procedimento acontece pela passagem contínua de um solvente pela amostra, extraindo-se o óleo vegetal dos grãos, o qual fica retido em um balão na parte inferior do aparato. Por meio da pesagem da quantidade de soja utilizada no processo e do óleo vegetal extraído, chega-se ao teor lipídico em base seca da amostra.

$$\text{Teor lipídico (\% b.s.)} = \frac{M1 \times 10000}{M2 \times (100 - U)}$$

sendo M1 a massa de óleo vegetal recuperada (g), M2 a massa de soja utilizada (g) e U a umidade dos grãos (%), determinada por gravimetria em estufa com circulação de ar forçada a 130°C durante duas horas de secagem.

O solvente utilizado foi éter de petróleo, com fluxo de 150 gotas por minuto em cinco horas de processo. Ao final da extração, obteve-se uma espécie de farinha de soja desengordurada, a qual teve seu teor proteico determinado de maneira análoga ao procedimento descrito no item, 3.2.1.

Os procedimentos utilizados para caracterização dos grãos de lotes mistos e puros foram idênticos. Ao final das análises, obteve-se um grande banco de dados e informações, tanto das amostras puras de cada estado, quanto dos lotes enviados para a produção.

3.3 Análise estatística

Na primeira parte do estudo, foram consideradas somente as amostras individuais de cada estado produtor. Nessa etapa, avaliaram-se os conteúdos proteico, tanto dos grãos de soja quanto da farinha desengordurada, e lipídico dos grãos. Com os resultados das análises de composição de proteínas dos grãos de soja das sete amostras do MT, quatro do MS, cinco do RS, duas de SC e duas da BA (todas realizadas em duplicata), calculou-se o teor proteico médio de cada região, bem como seus respectivos valores de desvio-padrão populacional. Providos desses números, criou-se um gráfico de Percentagem de proteína em base seca (PR_BS) presente no grão x estados produtores, no qual se pode identificar quais localidades apresentam as amostras mais ricas em proteínas, bem como seus níveis de variação (desvio-padrão).

A fim de validar de verificar a existência, ou não, de diferenças significativas entre as médias das amostras puras quanto a seus teores proteicos e lipídicos, realizou-se o Teste de Tukey. O método aplicado pelo Teste de Tukey é, primeiramente, o cálculo da diferença mínima entre as duas médias em questão necessária para que elas possam ser consideradas diferentes ao nível de significância α . Essa diferença mínima também é conhecida como diferença mínima significativa. No presente trabalho, adotou-se valor de α igual a 5%. Assim, de acordo com o teste, duas médias são significativamente diferentes ao nível de α sempre que o valor absoluto da diferença entre elas for maior ou igual à diferença mínima significativa. Esse teste foi realizado no *software Statistica* versão 10.0 (Statsoft Inc., Tulsa, USA).

A possível existência de diferentes composições químicas entre grãos de soja convencional e geneticamente modificado provenientes do estado do Rio Grande do Sul também foi verificada. Para tal, foi utilizado o teste *t* de comparação de médias.

Os dados de proteína dos grãos e da farinha e de óleo dos grãos (todos referenciados em base seca) dos 28 lotes também foram avaliados estatisticamente pela Análise de Componentes Principais (*PCA – principal component analysis*) no *software Statistica 10.0*. Esse método estatístico consiste em uma técnica de análise multivariada, muito utilizada para verificar inter-relações entre um grande banco de dados e amostras, procurando explicar suas variáveis em termos de dimensões inerentes. O principal objetivo da análise de *PCA* é encontrar uma forma de condensar e desmembrar as informações contidas no grupo original em diferentes componentes que também explicam, com certo grau de assertividade, o caso em estudo, porém de forma mais simples.

O nome desse método estatístico se dá, pois o número de componentes principais se torna o número de variáveis de interesse na análise. Conforme se altera as variáveis de interesse, aumenta ou diminui-se a perda de informação do grupo inicial de dados, sendo que, normalmente, as componentes são classificadas de acordo com suas respectivas influências na variação total. Normalmente, procura-se por análises em que os dois primeiros componentes (também conhecidos como fatores) explicam mais de 80% da variação total dos dados analisados, sendo possível representar a análise em um gráfico de duas dimensões, facilitando o processo de avaliação dos resultados.

4 Resultados e discussão

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados das análises laboratoriais referentes ao conteúdo proteico de amostras de soja de diferentes estados brasileiros, sendo que o mesmo será dividido em duas partes: na primeira, serão expostos resultados de cada estado individualmente, enquanto que na segunda o foco será a comparação de lotes formados por grãos de diferentes origens. Comentar-se-á, brevemente, também sobre seus respectivos conteúdos lipídicos.

4.1 Comparação de lotes puros

A primeira comparação estatística realizada foi em relação à quantidade de proteína em base seca presente nos grãos de soja convencional provenientes dos cinco estados produtores. Conforme o resultado do Teste de Tukey apresentado na Figura 9, observa-se que a amostra proveniente do Mato Grosso possui teor proteico mais elevado do que aqueles apresentados pelas amostras dos estados do Rio Grande do Sul e do Mato Grosso do Sul ($p \leq 0,05$), não havendo, entretanto, diferença significativa quando comparada com os estados da Bahia e de Santa Catarina. A Bahia, por sua vez, apresenta teor de proteínas significativamente maior do que o Mato Grosso do Sul, não apresentando discrepância relevante em relação a Mato Grosso, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os grãos com origem no estado do Rio Grande do Sul apresentam teor proteico significativamente menor ($p \leq 0,05$) do que àqueles provenientes do estado do Mato Grosso, não diferindo de Bahia, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul. As sementes do Mato Grosso do Sul apresentaram menor conteúdo proteico quando comparadas às do Mato Grosso e Bahia, não havendo, todavia, diferença significativa com os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Já a amostra de Santa Catarina não apresentou diferença significativa, quando comparada aos outros quatro estados produtores. Cabe mencionar que a amostra com a maior composição proteica, original do estado do Mato Grosso, apresentou conteúdo médio de proteínas de 42,72% em base seca, enquanto que a menor foi original do estado do Rio Grande do Sul, exibindo 37,95% de proteína sobre a massa seca do grão de soja.

A segunda análise estatística realizada foi referente ao conteúdo proteico da farinha de soja das amostras de grãos convencionais (Figura 10). Como já era esperado, o resultado dessa análise foi o mesmo, se comparado ao anterior, visto que a extração do óleo vegetal é o único procedimento que difere os grãos de soja da farinha desengordurada. Desta maneira, a amostra proveniente do Mato Grosso segue sendo mais rica em proteínas frente às amostras do Rio Grande do Sul e do Mato Grosso do Sul, enquanto que a do Mato Grosso do Sul continuou apresentando níveis proteicos mais baixos em relação ao Mato Grosso e à Bahia. A amostra com o maior índice proteico foi proveniente do Mato Grosso, enquanto que o menor foi apresentado por grãos do Rio Grande do Sul, com conteúdos proteicos médios de, respectivamente, 55,96% e 50,00% em base seca.

Por último, compararam-se estatisticamente as amostras de soja convencional quanto a seus conteúdos lipídicos, uma vez que, assim como a proteína, o óleo de soja possui alto valor de mercado, devido a suas inúmeras aplicações, apresentando grande importância na indústria de transformação. Pelo Teste de Tukey apresentado na Figura 11, a amostra que apresentou maior quantidade de óleo no grão foi a do estado do Mato Grosso do Sul, quando comparada aos estados do Mato Grosso, Bahia e Rio Grande do Sul, não existindo diferença significativa ($p \leq 0,05$) frente à amostra do estado de Santa Catarina. Os estados

do MT, BA, RS e SC apresentaram conteúdos lipídicos que não apresentam diferença significativa entre si, contudo os três primeiros são significativamente menores se comparados ao nível lipídico apresentado pela amostra do MS. Assim, baseando-se na análise estatística realizada, pode-se dizer que a amostra de soja do Mato Grosso do Sul possui conteúdo de óleo vegetal mais alto do que Mato Grosso, Bahia e Rio Grande do Sul, sendo que os grãos de Santa Catarina apresentam conteúdo lipídico mediano. A amostra com o maior índice lipídico é do estado do Mato Grosso do Sul, e a menor do Rio Grande do Sul, com resultados respectivos de 24,96% e 21,51% em base seca.

Entretanto, seria interessante que fossem realizadas análises laboratoriais com um maior número de amostras dos lotes dos cinco estados produtores de soja, a fim de reduzir ou evitar erros amostrais; o erro amostral e o tamanho da amostra seguem sentidos contrários, ou seja, quanto maior o tamanho da amostra, menor o erro cometido e vice-versa.

Figura 9. Comparação entre o conteúdo proteico em base seca de amostras de grãos de soja de cinco diferentes estados produtores.

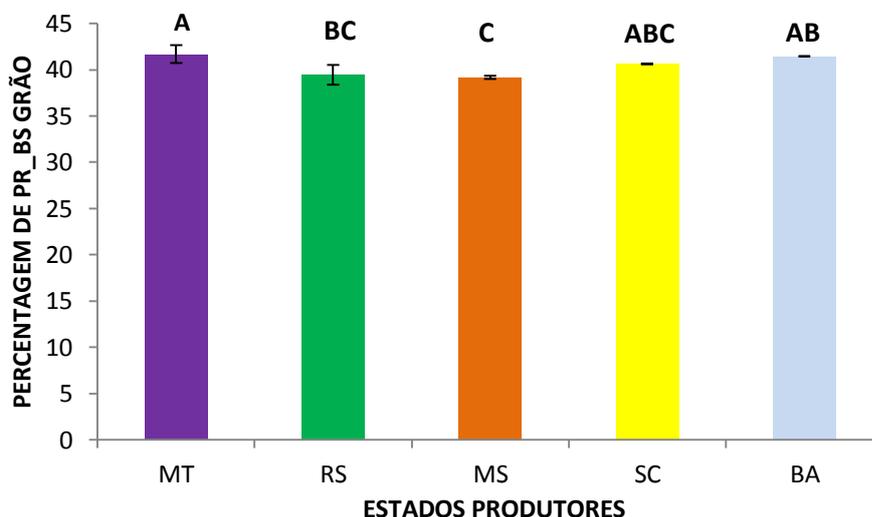


Figura 10. Comparação entre o conteúdo proteico em base seca de amostras de farinha de soja de cinco diferentes estados produtores.

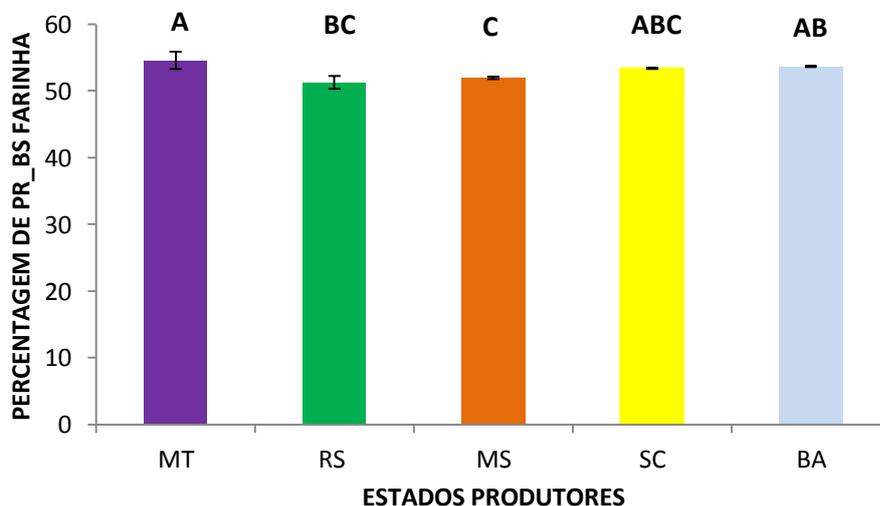
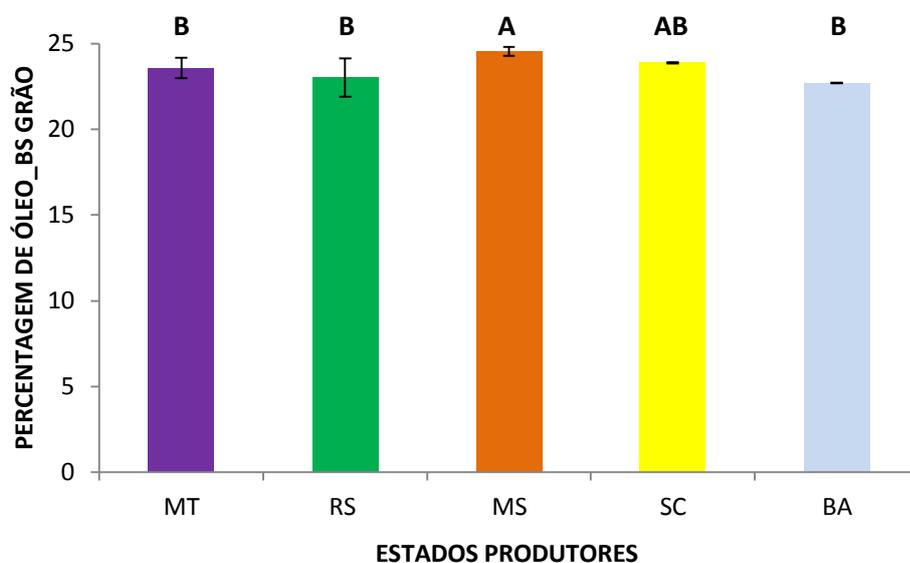


Figura 11. Comparação entre o conteúdo lipídico em base seca de amostras de grãos de soja de cinco diferentes estados produtores.



Tomando como base as análises de conteúdo proteico e lipídico das amostras de soja dos cinco estados produtores do Brasil, compararam-se os resultados obtidos e observou-se que os teores de proteína e óleo apresentam, normalmente, uma relação inversamente proporcional, isto é, quanto maior a concentração de proteína no grão, menor será seu teor lipídico e vice-versa. Tomando como exemplo os estados de Mato Grosso, Bahia e Mato Grosso do Sul, verificou-se que os dois primeiros apresentaram conteúdo proteico superior ao terceiro, enquanto que nas análises de teor lipídico, as amostras do Mato Grosso do Sul exibiram resultados superiores aos grãos do MT e da BA. Em relação às amostras do Rio Grande do Sul, elas apresentaram índices proteico e lipídico relativamente pobres, quando comparadas a Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, respectivamente. Quanto às sementes de Santa Catarina, elas apresentaram índices medianos, tanto de proteínas como de lipídeos

Essa relação é ratificada pelos estudos de Saravitz e Raper (1995) e Pípolo, Sinclair e Camara (2004), onde os pesquisadores citaram a existência da correlação oposta entre os teores proteico e lipídico de amostras de grãos de soja.

Em outra pesquisa, Pípolo et al. (2015) citaram a relação inversa que existe entre produtividade e teor proteico de grãos de soja. Com base na Tabela 3, avalia-se que a produtividade do Mato Grosso do Sul é bem acima daquela do Mato Grosso. Em contrapartida, os grãos do MT são mais ricos em proteína do que os do MS, confirmando o trabalho acima citado, apesar de não ter sido realizada uma análise estatística.

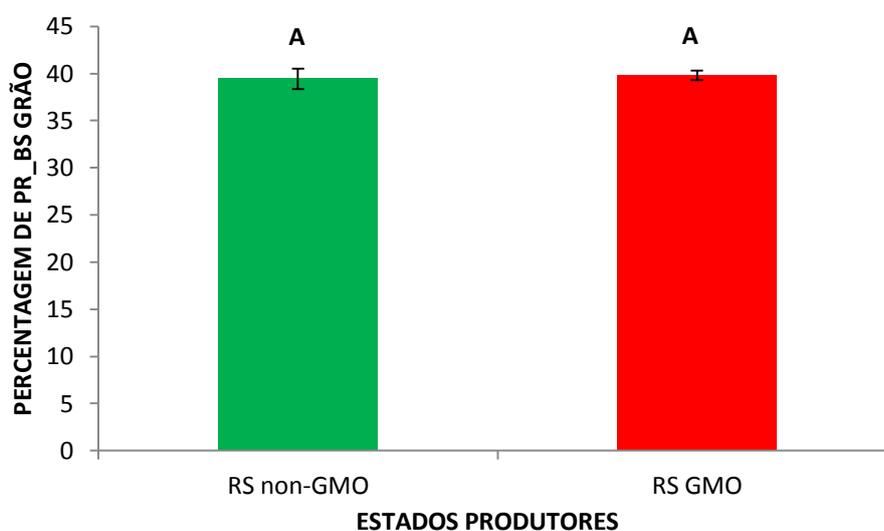
Tabela 3. Produtividade de grãos de soja de cinco estados produtores brasileiros na safra de 2016/17 (CONAB, 2018).

Estado	Produtividade (kg/ha)
MT	3.273
MS	3.400
SC	3.580
BA	3.242
RS	3.360

A influência da modificação genética da semente sobre a composição de nutrientes no grão também foi estudada. Para tanto, usou-se amostras de soja do estado do Rio Grande do Sul, sendo uma de origem convencional (non-GMO) e outra geneticamente modificada (GMO).

Quando comparadas em relação aos níveis proteicos, verificou-se que não existe diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre a soja de origem convencional (non-GMO) e a soja geneticamente modificada (GMO), conforme o Teste de Tukey ilustrado na Figura 12. Assim, pode-se concluir que, para amostras do estado do RS, não existe relação entre origem genética da soja e quantidade de proteína disponível no grão.

Figura 12. Comparação entre o conteúdo proteico em base seca de amostras de grãos de soja non-GMO e GMO do estado do Rio Grande do Sul.



A composição de proteínas das amostras de farinha de soja desengordurada non-GMO e GMO também foi avaliada. Assim como ocorreu nas análises dos grãos de soja, não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre os resultados estatísticos, conforme o Teste de Tukey (Figura 13).

Por fim, assim como realizado com as amostras convencionais, compararam-se os níveis lipídicos das sojas de origem non-GMO e GMO. Do mesmo modo que os dois casos anteriores, por meio de análise estatística, não foi constatada diferença significativa ($p \geq 0,05$) de quantidade de lipídios presentes nos grãos convencionais com aqueles geneticamente modificados, segundo Teste de Tukey (Figura 14).

Figura 13. Comparação entre o conteúdo proteico em base seca de amostras de farinha de soja non-GMO e GMO do estado do Rio Grande do Sul.

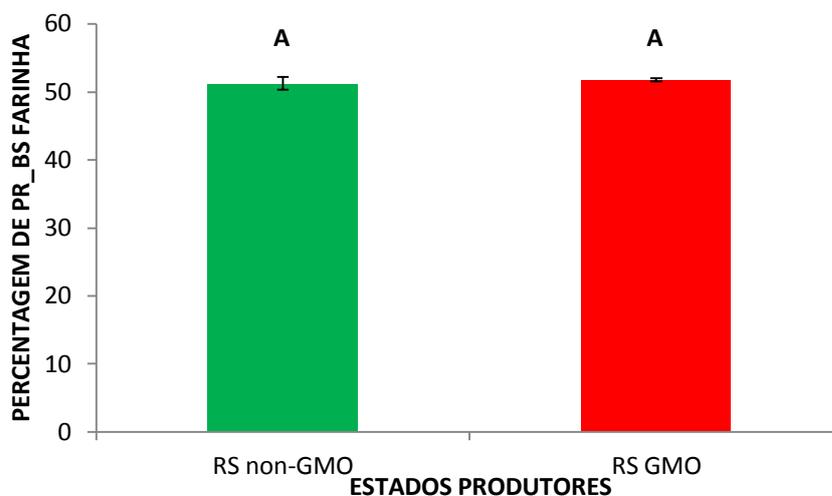
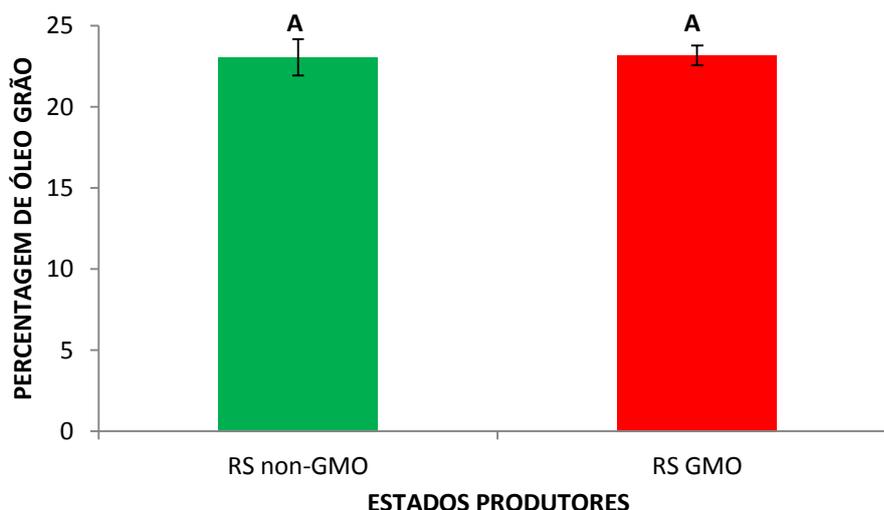


Figura 14. Comparação entre o conteúdo lipídico em base seca de amostras de grãos de soja non-GMO e GMO do estado do Rio Grande do Sul.



Com base nos resultados apresentados acima, conclui-se, então, que a origem genética da soja proveniente do estado do Rio Grande do Sul não interfere nos conteúdos proteico e lipídico apresentados pelas amostras analisadas, conforme era esperado. Entretanto, cabe salientar que, apesar de seu mercado crescer a cada ano, as sementes geneticamente modificadas causam vários pontos de divergência entre pesquisadores e órgãos de saúde, sendo alvo de incansáveis discussões e inúmeros estudos quanto a seus possíveis efeitos maléficos à saúde humana, uma vez que ainda não é sabido exatamente como interagem com o organismo.

4.2 Análise de Componentes Principais (PCA)

Os resultados das análises referentes à composição química dos 28 lotes de soja e farinha convencionais, que foram processadas pela indústria parceira do estudo, foram avaliados estatisticamente pela Análise de Componentes Principais (PCA). Com base nos resultados discutidos acima, não se incluiu nessa parte do estudo amostras GMO, uma

vez que não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre grãos com convencionais e geneticamente modificados. A presença e a porcentagem de soja proveniente de cada estado produtor que compunha cada lote foram arbitrárias (Tabela 2), assim como acontece no sistema produtivo de uma fábrica. A Tabela 4 mostra os resultados das análises laboratoriais de teores proteico e lipídico para cada um dos 28 lotes estudados.

Tabela 4. Conteúdos proteico e lipídico para o grão e a farinha de soja dos 28 lotes amostrados.

LOTE	Proteína Grão (b.s.)	Proteína Farinha (b.s.)	Óleo Grão (b.s.)
1	40,88	58,28	23,88
3	40,12	58,51	24,36
5	39,27	55,2	23,7
6	39,58	55,46	24,37
7	38,84	55,52	24,70
8	38,59	56,43	24,21
12	39,99	57,06	25,38
13	39,15	56,07	23,78
16	41,48	57,79	23,85
18	39,69	55,82	24,22
21	38,42	55,35	24,47
23	39,3	55,61	24,01
24	39,92	54,96	24,3
29	38,79	55,95	24,20
30	39,75	56,67	23,56
31	40,33	56,24	24
33	40,53	56,13	23,21
36	39,25	56,35	24,01
41	39,61	55,96	24,01
47	38,95	55,47	24,18
48	39,55	56,12	24,05
51	40,06	55,55	22,3
59	39,63	56,13	24,18
61	39,33	56,13	24,16
64	39,04	55,65	24,14
66	40,2	57,02	24,08
68	39,25	56,57	23,45
75	41,61	57,58	23,75

Na Análise de Componentes Principais, as variáveis utilizadas como ativas foram as quantidades de proteína e óleo no grão de soja e a quantidade de proteína na farinha de soja. Os valores do Fator 1 e do Fator 2 foram de, respectivamente, 56,14% e 34,15%, explicando, juntos, 90,29% da variação total dos dados utilizados na análise. Pelas Figuras 15 e 16, têm-se os resultados da análise de PCA.

Para que seja possível comparar e correlacionar os dados de composição química dos diferentes lotes analisados, é importante que as Figuras 15 e 16 sejam examinadas de forma simultânea e conjunta. A Figura 15 indica, por meio de vetores, os sentidos dos eixos em que as concentrações das variáveis analisadas (nesse caso, proteína e óleo) são mais altas. Assim, nota-se que as amostras mais próximas aos maiores números do eixo das abscissas da projeção das amostras no plano do fator são aquelas que possuem conteúdo proteico mais elevado se comparadas às outras, tanto no grão de soja como na farinha. Já aquelas que estão no sentido de valores negativos no eixo das ordenadas contêm maior percentual lipídico em sua composição de nutrientes. As amostras que se situam mais ao centro dessa mesma figura apresentam conteúdos proteicos e lipídicos intermediários. Por outro lado, sempre que uma amostra estiver localizada em posição contrária àquela indicada pelo vetor da variável em questão, significa que a concentração desse mesmo nutriente é mais baixa.

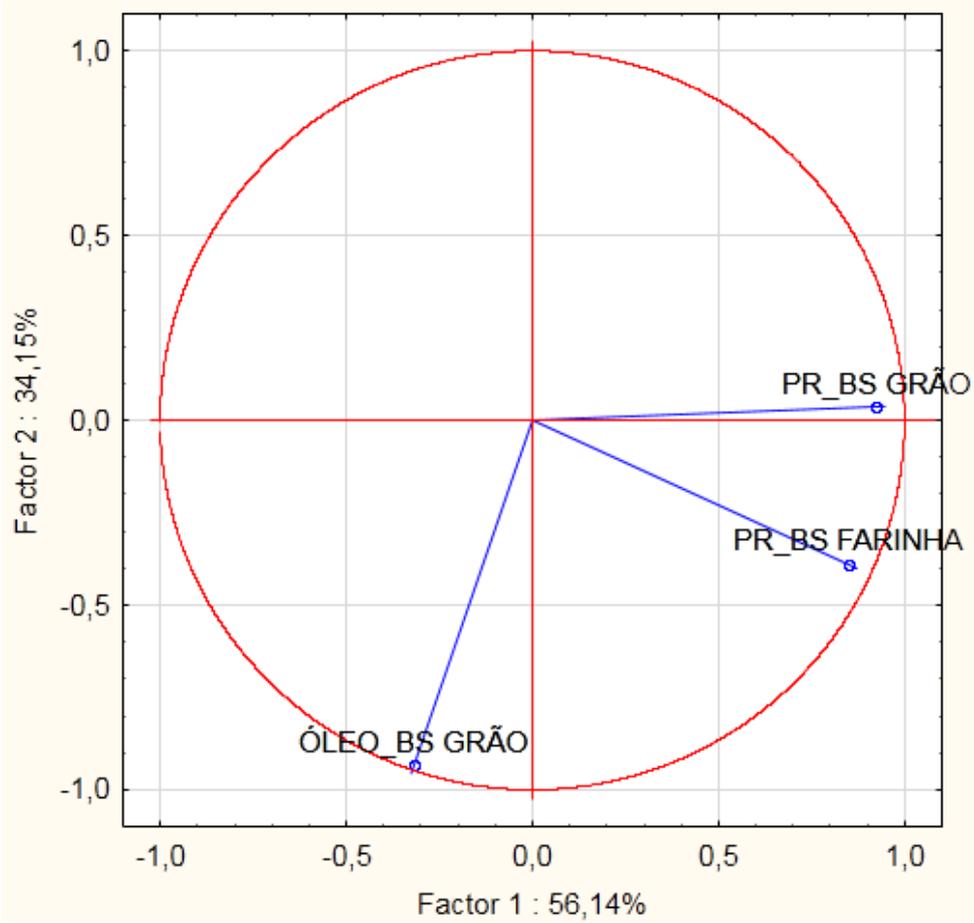
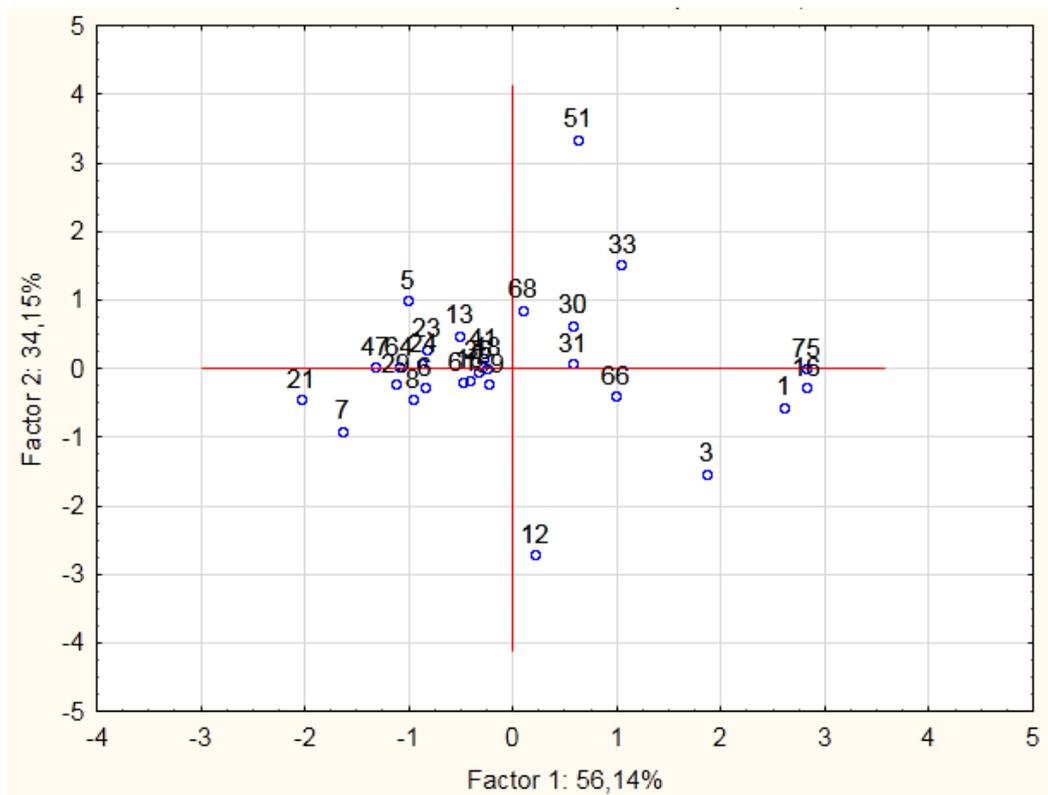
Quanto à concentração de proteína presente nos grãos de soja das 28 amostras coletadas, constata-se que os lotes 01, 16 e 75 são aqueles com maior nível proteico. Todavia, observa-se que o lote 03 também está bastante deslocado para o sentido dos maiores valores de proteína, cuja farinha apresenta o maior nível proteico entre as amostras, seguido pelo lote 66. Assim, pode-se dizer que os lotes 01, 03, 16, 75 e 66 apresentam os maiores conteúdos proteicos dentre as amostras analisadas. Com base nisso, avalia-se novamente a Tabela 2. Dentre os cinco lotes com os maiores níveis proteicos, nota-se que os lotes 01, 03 e 75 são compostos por grãos de soja provenientes exclusivamente do estado do Mato Grosso, enquanto que o lote 16 é formado 64,9% de grãos dos estados do MT e o restante do MS e o lote 66 por 94,0% de soja do Mato Grosso e 6% do Mato Grosso do Sul. Portanto, verifica-se que os maiores conteúdos proteicos, tanto de grãos como de farinha desengordurada, estão presentes em lotes que possuem grandes quantidades de soja do estado do Mato Grosso, corroborando com os resultados apresentados pelas análises individuais de amostras de cada estado.

Por outro lado, constata-se que as amostras com as menores concentrações de proteínas presentes tanto nos grãos de soja como na farinha desengordurada são as de número 07 e 21. Com base na Tabela 3, observa-se que o lote 07 é formado por 81,4% de soja do estado do MS e 18,6% de soja do MT, e o lote 21 por 65,0% de grãos do MS, 22,6% do MT, 9,7% de SC e 2,7% do RS. Ambas apresentam elevadas concentrações de oleaginosa proveniente do estado do MS, o estado que apresentou índices proteicos estatisticamente menores do que aqueles do Mato Grosso e da Bahia, por exemplo. Além disso, o lote 21 contém quase 10% de grãos provindos do Rio Grande do Sul, região que apresenta níveis proteicos menores do que o Mato Grosso, estatisticamente iguais aos níveis de proteína dos grãos mato-grossenses, conforme visto na primeira parte desse capítulo.

Em relação à concentração de óleo dos lotes analisados, pela Figura 16 verifica-se que a amostra 12, seguida pelas 7 e 21 possuem os maiores conteúdos lipídicos dentre aquelas estudadas. O lote 12, segundo a Tabela 3, é formado por 54,5% de soja provinda do estado do Mato Grosso do Sul, 41,4% do Mato Grosso e 4,1% do Rio Grande do Sul (composições das amostras 7 e 21 já citadas acima). Esses resultados ratificam as análises apresentadas na primeira parte desta seção, onde as amostras provenientes do estado do MS foram uma das mais ricas em conteúdo lipídico.

Além do lote 51, composto exclusivamente de soja do RS, o 33 (54,5% MT, 11,2% MS, 14,53% RS e 4,47% SC) oriundo de dois dos três estados com os menores índices de lipídeos, sendo eles Mato Grosso e Rio Grande do Sul, são aqueles com os menores teores lipídicos entre as 28 amostras analisadas.

Entretanto, percebe-se que a maioria dos lotes analisados está localizada na parte central da Figura 16, e não em suas extremidades. Isso mostra que o maior número de amostras apresentou conteúdos proteico e lipídico similares, evidenciando o que foi constatado no teste de Tukey, visto que a maioria das amostras puras não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$).

Figura 15. Projeção das variáveis no plano do fator (1 x 2)**Figura 16.** Projeção das amostras no plano do fator (1 x 2)

5 Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

No presente trabalho, a composição química de amostras de soja de cinco diferentes estados brasileiros foi analisada. Após o tratamento estatístico dos dados, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- O estado do Mato Grosso apresentou níveis superiores de proteína em relação àqueles apresentados pelos estados do Mato Grosso do Sul e do Rio Grande do Sul, não existindo diferença significativa ($p \geq 0,05$) quando comparado com os estados da Bahia e de Santa Catarina;
- O estado do Mato Grosso do Sul exibiu grãos com níveis lipídicos superiores aos estados da Bahia, Rio Grande do Sul e Mato Grosso, não diferindo significativamente ($p \geq 0,05$) do estado de Santa Catarina;
- Uma relação inversa entre os conteúdos proteico e lipídico dos grãos de soja foi verificada, corroborando com resultados de outros estudos dessa mesma linha. Outros autores ainda mencionam a correlação oposta entre produtividade e teor proteico, o que também foi verificado pelos resultados do presente trabalho;
- Não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre amostras de soja convencional (non-GMO) e modificada (GMO) do estado do Rio Grande do Sul quanto ao teor proteico e lipídico;
- A Análise de Componentes Principais composta pelos 28 lotes foi explicada pelo Teste de Tukey das amostras puras, visto que poucos lotes se destacaram apresentando conteúdos proteico e lipídico superiores ou inferiores, ao contrário da maioria dos 28 lotes que apresentaram composições químicas similares.

Para estudos futuros, planeja-se complementar os resultados deste trabalho, realizando-se uma análise financeira da cadeia produtiva da indústria parceira do estudo. Observando dados de rendimento de produção com matéria-prima proveniente dos cinco estados produtores brasileiros estudados nesse trabalho, pode-se traçar um paralelo entre a quantidade de produto fabricada e o preço dos fretes pagos pela empresa processadora, uma vez que localizada no estado do Rio Grande do Sul, quanto mais longe o produtor estiver da fábrica, maior será o valor pago à transportadora por carga recebida.

6 Referências

- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18. ed. Maryland: AOAC, 2005.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química dos alimentos**. São Paulo: Varela, 2003.
- CABRAL, L. C.; MODESTA, R. C. D. **Soja na alimentação humana**. Rio de Janeiro: Comitê de Publicações do CTAA/EMBRAPA, 1981.
- CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias: bioquímica, propriedades funcionales, valor nutritivo e modificaciones químicas**. Zaragoza: Acribia, 1989.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Séries históricas – Soja**. Brasília: Out. 2018.
- COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Energy and protein requirements**. Geneva: 1985.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Protein quality evaluation**. Rome: 1990.
- HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014.
- IOWA STATE UNIVERSITY. **Soybeans: processing and utilization poster**. Ames: 2009.
- JOHNSON, L. A.; WHITE, P. J.; GALLOWAY, R. **Soybeans: chemistry, production, processing and utilization**. Urbana: AOCS Press, 2008.
- LIU, K. **Soybeans: chemistry, technology, and utilization**. Singapore: Chapman & Hall, 1997.
- MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. Brasil: Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e Comércio, 1981.
- PÍPOLO, A. E. et al. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Londrina: Embrapa Soja, 2015.
- PÍPOLO, A. E.; SINCLAIR, T. R.; CAMARA, G. M. S. **Protein and oil concentration of soybean seed cultured in vitro using nutrient solutions of differing glutamine concentration**. Association of Applied Biologists, United Kingdom, 144, 223 – 227, 2004.
- SARAVITZ, C. H.; RAPER, C. D. Jr. **Responses to sucrose and glutamine by soybean embryos grown in vitro**. Physiologia Plantarum, Danmark, 93, 799 – 805, 1995.

SCHAAFSMA, G. **The Protein Digestibility–Corrected Amino Acid Score**. American Society for Nutritional Sciences, Wageningen, 130, 1865S – 1867S, 2000.

SPADA, J. C. **Sobremesas à base de soja: estudo de diferentes variáveis de processo, busca de correlações entre propriedades e análise de interações entre componentes da formulação**. 2015. 219 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Grain: world markets and trade**. Washington: Dec. 2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Oilseeds: world markets and trade**. Washington: Dec. 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Protein and amino acid requirements in human nutrition**. Geneva: 2007.

7 Apêndice A

Figura A.1. Evolução da produção mundial de arroz, trigo, milho e soja, em milhões de toneladas (adaptado de USDA, 2017).

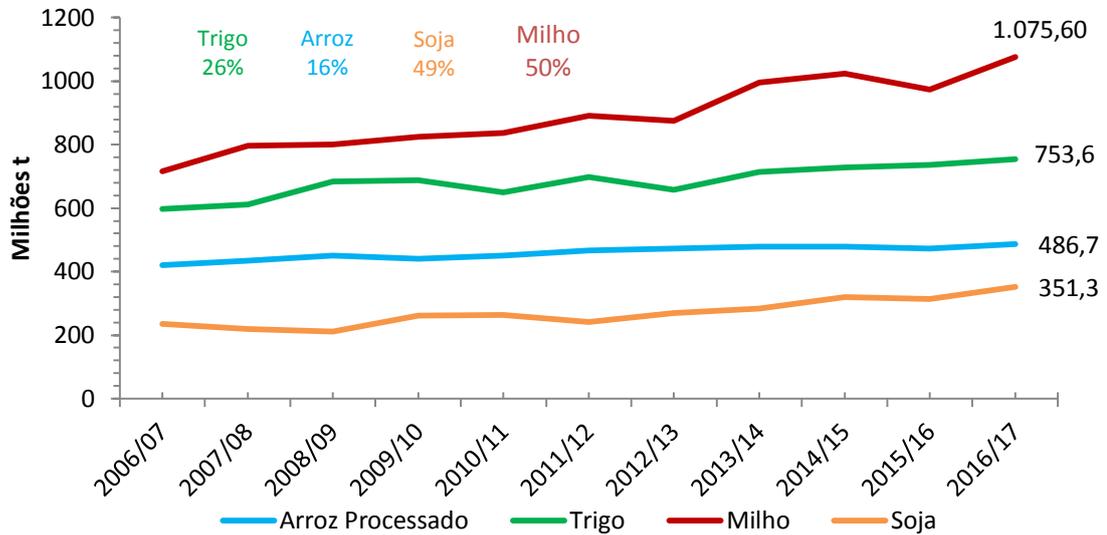


Figura A.2. Evolução da produção de soja no mundo e nos três maiores países produtores, em milhões de toneladas (adaptado de USDA, 2017).

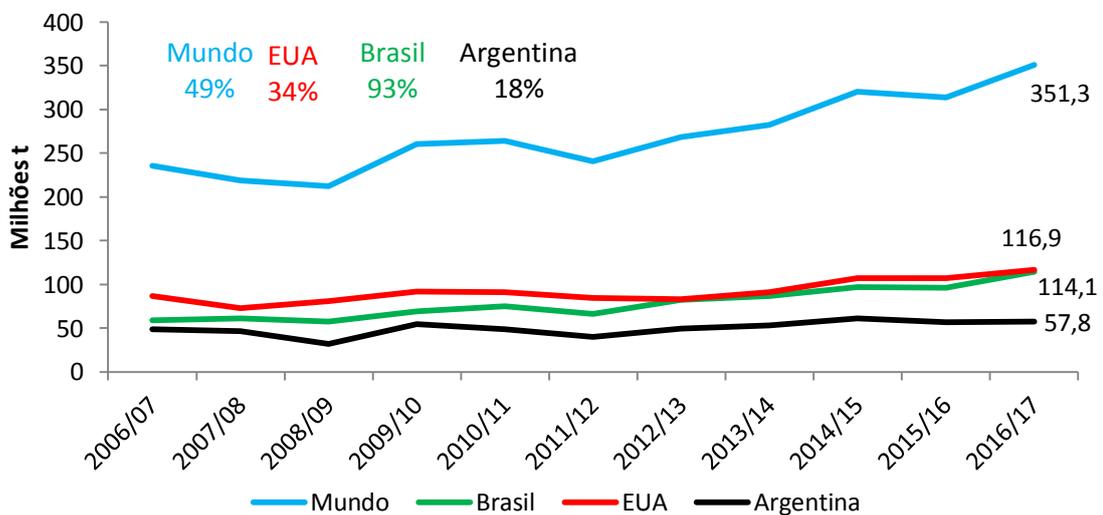


Figura A.3. Evolução da área de soja plantada no mundo e nos três maiores países produtores, em milhões de hectares (adaptado de USDA, 2017).

