

UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

JOSEMEYRE BONIFÁCIO DA SILVA

**Características de cultivares de soja convencionais e para  
consumo humano: análises físicas, químicas e sensoriais (sentidos  
humano e sensores eletrônicos)**

---

Londrina  
2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JOSEMEYRE BONIFÁCIO DA SILVA

**Características de cultivares de soja convencionais e para  
consumo humano: análises físicas, químicas e sensoriais (sentidos  
humano e sensores eletrônicos)**

Tese apresentada ao Programa de Mestrado e  
Doutorado em Ciência de Alimentos do  
Departamento de Tecnologia de Alimentos e  
Medicamentos da Universidade Estadual de  
Londrina, como requisito à obtenção do título  
de Doutor em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Prof.(a) Dra. Sandra Helena Prudêncio  
Co-orientadora: Dra. Mercedes C. Carrão-Panizzi

Londrina  
2009

JOSEMEYRE BONIFÁCIO DA SILVA

**Características de cultivares de soja convencionais e para consumo humano: análises físicas, químicas e sensoriais (sentidos humano e sensores eletrônicos)**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof(a). Dra. Sandra Helena Prudêncio

(Orientadora)

---

Dr. Marcelo Álvares de Oliveira

---

Prof. (a) Dra. Lúcia Helena Pereira Nóbrega

---

Prof. (a). Dra Elza Iouko Ida

---

Prof. (a). Dra. Marta de Toledo Benassi

Londrina, Novembro de 2009

## *Aprendi e Decidi ...*

*E assim, depois de muito esperar, num dia como outro qualquer, decidi triunfar...Decidi não esperar as oportunidades e sim, eu mesmo buscá-las. Decidi ver cada problema como uma oportunidade de encontrar uma solução...Decidi ver cada deserto como uma possibilidade de encontrar um oásis...Decidi ver cada noite como um mistério a resolver...Decidi ver cada dia como uma nova oportunidade de ser feliz...Naquele dia descobri que meu único rival não era mais que minhas próprias limitações e que enfrentá-las era a única e melhor forma de superá-las...Naquele dia, descobri que eu não era o melhor. E que talvez eu nunca tenha sido...Deixei de me importar com quem ganha ou perde...Agora, me importa simplesmente saber melhor o que fazer...Aprendi que o difícil não é chegar lá em cima, e sim deixar de subir...Aprendi que o melhor triunfo que posso ter é ter o direito de chamar a alguém de "Amigo"...Descobri que o amor é mais que um simples estado de enamoramento, "o amor é uma filosofia de vida"...Naquele dia, deixei de ser um reflexo dos meus escassos triunfos passados e passei a ser a minha própria tênue luz deste presente...Aprendi que de nada serve ser luz se não vai iluminar o caminho dos demais...Naquele dia, decidi trocar tantas coisas...Naquele dia, aprendi que os sonhos são somente para fazer-se realidade...E desde aquele dia já não durmo para descansar...Agora simplesmente durmo para sonhar.*

*(Walt Disney)*

## *Agradecimentos*

Aos professores e pesquisadores:

Dra. Mercedes C. Carrão-Panizzi (Embrapa Soja).

Profa. Dra. Sandra Helena Prudêncio (UEL).

Dr. Luiz Henrique C. Mattoso (Embrapa, CNPDIA).

Prof. Dr. Fernando G. Fonseca (USP).

Ms. José Marcos G. Mandarinó (Embrapa Soja)

Às instituições:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq.

Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciência dos Alimentos.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa da Soja, Embrapa Soja.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Instrumentação Agropecuária, Embrapa CNPDIA.

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Microeletrônica.

Aos provadores da Embrapa Soja.

Às pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

DA SILVA, Josemeyre Bonifácio. **Características de cultivares de soja convencionais e para consumo humano: análises físicas, químicas e sensoriais (sentidos humano e sensores eletrônicos)**. Universidade Estadual de Londrina. 2009. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)

## RESUMO

A soja tipo grão (convencional) é usualmente utilizada para obtenção de óleo e farelo e, a tipo alimento, que apresenta características especiais, como o sabor agradável, é direcionada para o consumo humano. O trabalho teve como objetivo geral estudar e comparar as características físicas, químicas e sensoriais de cultivares de soja convencionais (BRS 133 e BRS 258) e para consumo humano (BRS 213, BRS 216 e BRS 267) desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Soja, Londrina/PR. As cultivares de soja estudadas podem desempenhar diversas funções desejáveis em diferentes alimentos de soja de acordo com suas características químicas, físicas e sensoriais. As cultivares de soja BRS 216 e BRS 267 apresentaram o maior teor de proteínas podendo promover valor nutricional superior em alimentos de soja. As cultivares de soja convencionais são mais adequadas para obtenção de óleo e farelo por apresentarem maior atividade de lipoxigenases e teor de hexanal, características que podem prejudicar o sabor de alimentos de soja. As cultivares de soja analisadas apresentaram teores de Ca e Fe superiores ao arroz e feijão. A cultivar de soja BRS 213 apresentou a menor atividade de lipoxigenases confirmando a ausência das enzimas e a BRS 267 apesar da presença das lipoxigenases mostrou o menor teor de hexanal. Essas características podem resultar em sabor mais agradável em alimentos de soja. A cultivar tipo hortaliça BRS 267 apresentou o maior teor de agliconas (forma biologicamente mais ativa das isoflavonas), de ácido oléico, de frutose e dos aminoácidos, ácido glutâmico e alanina que a torna matéria-prima adequada para alimentos funcionais, com melhor estabilidade para processamento de alimentos e, com sabor suave e adocicado. Devido ao menor tamanho de grãos, a cultivar BRS 216 é apropriada para natto e brotos de soja e a cultivar BRS 267 com maior tamanho é adequada para tofu, salada e edamame. As cultivares BRS 216 e BRS 213 apresentaram menor tempo de cozimento dos grãos que pode ser eficaz para reduzir os custos do processamento. O perfil sensorial demonstrou que os grãos cozidos da cultivar de soja tipo hortaliça BRS 267 foram caracterizados pelos atributos sensoriais: maior tamanho do grão, cor creme mais intensa, aroma adocicado, gosto doce e umami. Os grãos cozidos da cultivar de soja convencional BRS 133 foram qualificados pelos descritores: cor do hilo mais escura, aroma de feijão cozido e de ranço, sabor de feijão cozido e de ranço, gosto amargo e adstringente. A cultivar BRS 216 foi classificada pelos atributos sensoriais: menor tamanho do grão, cor creme menos intensa e formato do grão mais redondo enquanto que a cultivar BRS 258 apresentou formato do grão mais alongado em comparação às demais e textura dura. Os grãos cozidos da cultivar de soja desprovida das enzimas lipoxigenases BRS 213 foram caracterizados, de um modo geral, pelo sabor neutro. Na forma de grãos cozidos, as cultivares de soja estudadas apresentaram moderado índice de aceitação. Os sensores eletrônicos discriminaram as cinco cultivares de soja de modo semelhante à equipe de provadores treinados podendo, portanto ser um método eficaz e rápido para diferenciação de cultivares.

**Palavras-chave:** soja, hexanal, isoflavonas, açúcares, ácidos graxos, aminoácidos, análise sensorial, “língua eletrônica”

DA SILVA, Josemeyre Bonifácio. **Conventional soybean cultivars and for human consumption characteristics: physical, chemical and sensory analysis (human sense and electronic tongue** Universidade Estadual de Londrina. 2009. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)

## ABSTRACT

According to different utilizations, soybean is classified as grain type (conventional cultivars) for oil and animal feeding, and as food type with special characteristics for human consumption. The objective of this work was to study and to compare the physical, chemical and sensory characteristics of conventional soybean cultivars (BRS 133 and BRS 258) and for human consumption (BRS 213, BRS 216 and BRS 267) development by Embrapa Soybean. Seeds of conventional soybean cultivars (BRS 133 and BRS 258) and from cultivars for human consumption (BRS 213, BRS 267 and BRS 216) were evaluated. The soybean cultivars may be desirable to perform multiple functions in different soy foods according to their chemical, physical and sensory characteristics. Cooked grains of special soybean cultivars BRS 216 and BRS 267 showed the highest content of proteins that can improve the nutritional value of soy foods. Conventional soybean cultivars BRS 133 and BRS 258 have characteristics more suitable for oil and meal had higher lipoxygenase activity and content of hexanal, characteristics that can affect the flavor of soy foods. Raw and cooked grains of soybean cultivars showed higher levels of Ca and Fe than other food sources. Soybean cultivar BRS 213 showed the lowest activity of lipoxygenase, as consequence of the absence of enzyme, while BRS 267 despite the presence of lipoxygenase showed the lowest levels of hexanal, compound related to beany flavor in soybean, due to lipoxygenase activity. Cooked grains of BRS 267 showed higher content of oleic acid and aglycones the most biologically active form of isoflavone. Because of these characteristics this cultivar is suitable raw material for functional foods and oil stability. Cooked grains of BRS 267, also presented high content of fructose, glutamic acid and alanine, that are related to soybean mild flavor. Large seed size of BRS 267 makes it suitable for tofu, salad and edamame, while BRS 216 that present small seed size is good for natto and soybean sprouts. BRS 213 and BRS 216 cultivars showed less cooking time that may be effective in reducing processing costs. Through sensory analysis, cooked grains of soybean cultivar BRS 267 were characterized by sensory attributes as large seed size, intense cream color, sweet aroma, sweet and umami taste. The cooked grains of conventional cultivar BRS 133 were qualified as darker hilum color, beany and rancid flavor, beany and rancid aroma, bitter and astringency taste. BRS 216 presented smaller grain size, less intense cream color, and round grains form. BRS 258 showed elongated grain form and hard texture. Cooked grains of null lipoxygenase cultivar BRS 213 were characterized by neutral flavor. The cooked grains of soybean cultivars were moderate accepted. Electronic tongue discriminate soybean cultivars in a similar manner to the trained panel may therefore be an effective and rapid method for differentiation of cultivars.

**Key-words:** soybean, hexanal, isoflavones, aminoacids, sugars, fatty acids, sensory analysis, electronic tongue

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Soja tipo grão e tipo alimento.....	21
2.2 Características químicas .....	22
2.2.1 Composição centesimal.....	22
2.2.2 Composição mineral.....	23
2.2.3 Ácidos graxos .....	24
2.2.4 Lipoxigenases .....	26
2.2.5 Isoflavonas.....	27
2.2.6 Açúcares e aminoácidos .....	30
2.3 Características físicas .....	33
2.4 Características sensoriais.....	37
2.4.1 Análise sensorial.....	38
2.4.2. O sentido humano do gosto .....	40
2.4.3 Sensores artificiais.....	45
2.4.3.1 Sensores gustativos eletrônicos (“línguas eletrônicas”) .....	45
2.4.3.2 “Língua eletrônica” na avaliação de alimentos .....	51
2.4.3.3 Análise de componentes principais (ACP).....	53
3 OBJETIVOS .....	55
3.1 Objetivos gerais .....	55
3.2 Objetivos específicos .....	55

4 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
4.1 Material.....	57
4.2 Preparo do material para as análises.....	57
4.3 Características químicas .....	58
4.3.1 Composição centesimal .....	58
4.3.2 Composição mineral .....	58
4.3.3 Determinação da atividade das enzimas lipoxigenases .....	58
4.3.4 Determinação e quantificação do constituinte volátil n-hexanal.....	59
4.3.5 Determinação e quantificação dos ácidos graxos .....	60
4.3.6 Determinação e quantificação das isoflavonas .....	61
4.3.7 Determinação e quantificação dos açúcares .....	62
4.3.8 Determinação e quantificação dos aminoácidos.....	63
4.4 Características físicas .....	66
4.4.1 Tamanho dos grãos .....	66
4.4.2 Capacidade de absorção de água durante a maceração .....	66
4.4.3 Tempo ótimo de cozimento .....	66
4.4.4 Integridade dos grãos após o cozimento.....	67
4.4.5 Cor dos grãos .....	67
4.4.6 Dureza dos grãos .....	67
4.5 Características sensoriais.....	68
4.5.1 Análise sensorial.....	68
4.5.1.1 Análise descritiva quantitativa (ADQ) .....	68
4.5.1.2 Recrutamento e pré-seleção dos provadores .....	69
4.5.1.3 Desenvolvimento da terminologia descritiva, treinamento e seleção final de provadores .....	75
4.5.1.4 Perfil sensorial das cultivares de soja.....	83

4.5.2 Aceitabilidade dos grãos de soja cozidos .....	83
4.5.3 Avaliação sensorial dos grãos de soja cozidos utilizando o sensor gustativo eletrônico (“língua eletrônica”) .....	84
4.5.3.1 Fabricação dos sensores .....	85
4.5.3.2 Preparo das amostras .....	89
4.5.3.3 Análise das amostras .....	89
4.6 Delineamento experimental e análise estatística .....	93
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	94
5.1 Características químicas .....	94
5.1.1 Composição química .....	94
5.1.2 Composição mineral .....	97
5.1.3 Atividade das enzimas lipoxigenases e teor de hexanal.....	100
5.1.4 Teor dos ácidos graxos.....	102
5.1.5 Teor de isoflavonas.....	104
5.1.6 Teor dos açúcares e aminoácidos.....	106
5.2 Características físicas.....	111
5.3 Características sensoriais.....	115
5.3.1 Perfil sensorial das cultivares de soja.....	115
5.3.2 Análise de correlação das características químicas, físicas e sensorial descritiva.....	126
5.3.3 Aceitabilidade dos grãos de soja cozidos.....	129
5.3.4 Análise dos grãos de soja cozidos utilizando a “língua eletrônica”.....	131
5.3.5 Análise de correlação dos sensores eletrônicos com as características sensoriais e químicas.....	140

6 CONCLUSÕES.....	145
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147
ANEXOS.....	168

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação geral das quatro formas químicas das isoflavonas da soja .....	.28
Figura 2 - Sistema de coordenadas do sistema CIELAB.....	.34
Figura 3 - Unidade repetitiva da polianilina.....	.48
Figura 4 - Representação esquemática do processo de automontagem.....	.50
Figura 5 - Ficha utilizada na seleção de provadores para o reconhecimento dos gostos básicos.....	.70
Figura 6 - Ficha utilizada na seleção de provador para o reconhecimento de odores .....	.71
Figura 7 - Ficha utilizada na seleção de provador referente ao teste de ordenação de intensidade de dureza.....	.72
Figura 8 - Ficha utilizada para a seleção de provador referente ao teste de ordenação de intensidade de cor.....	.73
Figura 9 - Ficha utilizada para avaliação da capacidade dos provadores em reconhecer o gosto amargo e a sensação de adstringência .....	.75
Figura 10 - Ficha utilizada para o método rede .....	.77
Figura 11 - Ficha utilizada no treinamento, seleção final dos provadores e na avaliação das amostras.....	.81
Figura 12 - Ficha de avaliação da aceitabilidade dos grãos de soja cozidos.....	.84
Figura 13 – “Língua eletrônica”contendo os sensores poliméricos .....	.86
Figura 14 – Sistema automático de deposição por automontagem dos filmes poliméricos para os sensores da “língua eletrônica” .....	.87
Figura 15 – Deposição dos filmes condutores pela técnica de automontagem .....	.88
Figura 16 - Sensores poliméricos sendo mergulhados na amostra.....	.90
Figura 17 - Sistema de medida da “língua eletrônica”: medidor de impedância (HP LCR Meter modelo 4263A).....	.91
Figura 18 - Sistema completo da “língua eletrônica” .....	.92
Figura 19 - Caixa de diálogos do programa da “língua eletrônica” .....	.92

Figura 20 - Comparação da composição média dos aminoácidos essenciais das cultivares de soja com o padrão da FAO (1985) em g / 100 g de proteína.....	110
Figura 21 - Projeções dos atributos sensoriais (A) sobre o plano fatorial (CP1 e CP2) e das cultivares de soja (B).....	116
Figura 22 - Medida de capacitância (F), frequência de 1 kHz, para os oito sensores eletrônicos utilizados na avaliação dos grãos cozidos das cultivares de soja sendo A, B e C as repetições das medidas.....	131
Figura 23 - Medida de capacitância (F), frequência de 100 kHz, para os oito sensores eletrônicos utilizados na avaliação dos grãos cozidos das cultivares de soja sendo A, B e C as repetições das medidas.....	132
Figura 24 - Medida de capacitância (F), frequência de 100 Hz, para os oito sensores eletrônicos utilizados na avaliação dos grãos cozidos das cultivares de soja sendo A, B e C as repetições das medidas.....	132
Figura 25 - Projeção dos sensores eletrônicos (A) sobre o plano fatorial (CP1 e CP 2) na frequência de 1 kHz e, das cultivares de soja (B), em três repetições.....	134
Figura 26 - Projeção dos sensores eletrônicos (A) sobre o plano fatorial (CP1 e CP 2) na frequência de 100 kHz e, das cultivares de soja (B), em três repetições.....	136
Figura 27 - Projeção dos sensores eletrônicos (A) sobre o plano fatorial (CP1 e CP 2) na frequência de 100 Hz e, das cultivares de soja (B), em três repetições.....	138

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Amostras utilizadas para o teste de ordenação de intensidade de dureza e os resultados medidos em texturômetro.....	72
Tabela 2 - Amostras utilizadas para o teste de ordenação de cor e os resultados obtidos em colorímetro digital.....	74
Tabela 3 - Definições e referências para os termos descritores ou atributos sensoriais levantados pelos provadores.....	78
Tabela 4 - Amostras utilizadas para a seleção final dos provadores.....	82
Tabela 5 - Conteúdo de proteínas, lipídeos e carboidratos de grãos de soja crus e cozidos.....	95
Tabela 6 - Composição mineral de grãos de soja crus e cozidos.....	97
Tabela 7 - Atividade das enzimas lipoxigenases e teor de hexanal de grãos de soja crus e cozidos.....	100
Tabela 8 - Conteúdo de ácidos graxos de grãos de soja crus e cozidos.....	102
Tabela 9 - Teor de isoflavonas de grãos de soja crus e cozidos.....	104
Tabela 10 - Conteúdo de açúcares de grãos de soja crus e cozidos.....	106
Tabela 11 - Teor de aminoácidos de grãos de soja cozidos.....	108
Tabela 12 - Massa de 100 grãos (g), capacidade de absorção de água (g / 100 g de amostra), tempo de cozimento (minutos) e integridade dos grãos de soja (%).....	111
Tabela 13 – Parâmetros de cor de grãos de soja crus e cozidos.....	113
Tabela 14 – Parâmetros de dureza de grãos de soja crus e cozidos.....	114
Tabela 15 - Correlações de cada atributo sensorial com a componente principal I e componente principal II .....	118
Tabela 16 - Matriz de correlação dos atributos para aparência do grão, aroma, sabor e textura.....	119
Tabela 17 - Valores obtidos de F da análise de variância (ANOVA) para cada atributo sensorial, considerando como fonte de variação provadores, cultivares e a interação entre eles.....	121

Tabela 18 - Valores da estatística $F_{\text{cultivares}}$ ajustado.....	123
Tabela 19 - Intensidades médias dos atributos sensoriais relacionados à aparência, ao aroma, sabor e textura dos grãos de soja cozidos.....	124
Tabela 20 - Correlação das características químicas e físicas com a sensorial descritiva.....	127
Tabela 21 - Valores médios do teste de aceitação de atributos e global realizado com os grãos de soja cozido e com 30 provadores.....	130
Tabela 22 - Análise de correlação dos atributos sensoriais com os sensores eletrônicos na frequência de 1 kHz.....	141
Tabela 23 - Análise de correlação dos atributos sensoriais com os sensores eletrônicos na frequência de 100 kHz.....	141
Tabela 24 - Análise de correlação dos atributos sensoriais com os sensores eletrônicos na frequência de 100 Hz.....	142
Tabela 25 - Análise de correlação das características químicas com os sensores eletrônicos na frequência de 1 kHz.....	143
Tabela 26 - Análise de correlação das características químicas com os sensores eletrônicos na frequência de 100 kHz.....	143
Tabela 27 - Análise de correlação das características químicas com os sensores eletrônicos na frequência de 100 Hz.....	144

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Folha de rosto do projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos.....	169
Anexo 2 - Termo de consentimento livre e esclarecido.....	170
Anexo 3 – Questionário de pré-seleção dos provadores.....	171
Anexo 4 - Avaliação do poder de discriminação das amostras (“p” para F amostras) para cada provador em relação a cada atributo.....	175
Anexo 5 - Avaliação da repetibilidade (“p” para F repetição) para cada provador em relação a cada atributo.....	176
Anexo 6 - Concordância de cada provador com a equipe sensorial.....	177
Anexo 7 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo tamanho do grão.....	179
Anexo 8 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo formato do grão.....	179
Anexo 9 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo cor do grão.....	179
Anexo 10 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo cor do hilo.....	180
Anexo 11 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo aroma de ranço.....	180
Anexo 12 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo aroma de feijão cozido.....	180
Anexo 13 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo aroma adocicado.....	181
Anexo 14 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo sabor de feijão cozido.....	181
Anexo 15 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo sabor de ranço.....	181

Anexo 16 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo gosto doce.....	182
Anexo 17 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo gosto amargo.....	182
Anexo 18 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo adstringência.....	182
Anexo 19 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo gosto umami.....	183
Anexo 20 - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo dureza.....	183
Anexo 21 - Gráfico da intensidade do atributo tamanho do grão x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	184
Anexo 22 - Gráfico da intensidade do atributo formato do grão x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	184
Anexo 23 - Gráfico da intensidade do atributo cor creme do grão x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	184
Anexo 24 - Gráfico da intensidade do atributo cor do hilo cozido x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	185
Anexo 25 - Gráfico da intensidade do atributo aroma de ranço x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	185
Anexo 26 - Gráfico da intensidade do atributo aroma adocicado x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	185
Anexo 27 - Gráfico da intensidade do atributo sabor de feijão cozido x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	186
Anexo 28 - Gráfico da intensidade do atributo sabor de ranço x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	186
Anexo 29 - Gráfico da intensidade do atributo gosto doce x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	186
Anexo 30 - Gráfico da intensidade do atributo adstringência x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	187

Anexo 31 - Gráfico da intensidade do atributo textura dureza x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador.....	187
--	-----

## 1 INTRODUÇÃO

Cultivares de soja apresentam diferentes características químicas, físico-químicas e sensoriais que podem influenciar diretamente a qualidade do produto final para o consumo humano.

De acordo com Sbardelotto e Leandro (2008), as indústrias processadoras de soja adquirem a matéria-prima com base no peso e nos fatores relacionados à umidade, impurezas e avaria dos grãos, portanto não consideram a composição química, a aparência física e a qualidade sensorial das diferentes cultivares de soja. Informações sobre essas características podem colaborar na obtenção de alimentos de soja com melhores qualidades funcionais, nutricionais e sensoriais para os consumidores e conseqüentemente, no retorno financeiro para a indústria.

As cultivares de soja convencionais são usualmente direcionadas para alimentação animal e fabricação de óleo, não apresentando características químicas, físicas e sensoriais adequadas para a produção de alimentos (CHEN; BUSS, 2004). Assim, alguns programas de melhoramento genético de plantas têm desenvolvido cultivares de soja com características que são apropriadas para a elaboração de alimentos, como os tradicionais fermentados (misô, tempeh e natto); alimentos tradicionais não fermentados (tofu, farinha torrada ou kinako), extrato solúvel, broto de soja e o edamame; os obtidos a partir da farinha de soja desengordurada como os concentrados e isolados protéicos e a proteína texturizada e alimentos de segunda geração como o sorvete, o iogurte, o hambúrguer de soja, entre outros (LIU, 1999).

Os programas de melhoramento genético de cultivares de soja destinadas à alimentação humana visam à obtenção de grãos com características especiais como maior teor de proteínas, de isoflavonas e de minerais essenciais; menor conteúdo de óleo e dos ácidos graxos linoléico e linolênico; ausência das enzimas lipoxigenases; elevado teor de carboidratos; tamanho dos grãos apropriados e rápido tempo de cozimento (KITAMURA, 1993; MENEGUCE et al., 2005). Essas características devem ser confirmadas por meio de análises químicas, físicas e sensoriais para direcionar futuros programas de melhoramento genético que poderão atender a crescente demanda de um mercado especializado, que envolve produtores, processadores de alimentos de soja e exportadores (CARRÃO-PANIZZI, 2000).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa da Soja (Embrapa Soja) desenvolveu, por meio do seu programa de melhoramento genético, cultivares de soja com sabor melhorado (cultivar tipo hortaliça BRS 267 e BRS 213 com ausência de enzimas lipoxigenases), alto teor de proteínas (44 – 46 %), grãos graúdos (massa de 100 grãos igual a 20 g), grãos pequenos (cultivar BRS 216 com massa de 100 grãos igual a 10 g), com tegumento e hilo amarelos, que podem atender a indústria de alimentos devido a essas características especiais (CARRÃO-PANIZZI et al., 2001).

A cultivar de soja tipo hortaliça BRS 267 é colhida no estágio de desenvolvimento R6, no qual os grãos estão verdes e imaturos, porém desenvolvidos. Nesse estágio, os grãos apresentam sabor agradável devido à maior quantidade de sacarose e dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina (CARRÃO-PANIZZI et al., 2001; MASUDA, 1991; SHANMUGASUNDARAM et al., 1991).

A soja BRS 213 foi a primeira cultivar desenvolvida pela Embrapa Soja com sabor superior, característica importante para aumentar a aceitabilidade da soja como alimento humano. A cultivar BRS 213 não apresenta as enzimas lipoxigenases que são responsáveis pelo desenvolvimento dos sabores de ranço ou de feijão cru (beany flavor) em produtos de soja (CARRÃO-PANIZZI et al., 2001).

A soja BRS 216 foi a primeira cultivar desenvolvida no Brasil com características adequadas para o processamento de “natto”, alimento fermentado japonês e, de brotos de soja. Os grãos pequenos dessa cultivar, permitem maior exposição de superfície facilitando a absorção de água e cozimento. Apresenta também, tegumento e hilo amarelos que são aspectos importantes no processamento de alimentos para melhor coloração no produto final.

Segundo Giami (2002) o processo de cocção dos grãos compreende uma das etapas iniciais na produção de alimentos de soja. Em nível industrial ou doméstico, esse processo pode facilitar a obtenção de bebidas, o preparo do nimame (grãos cozidos) e do edamame e ainda, colaborar para reduzir fatores antinutricionais e melhorar a qualidade protéica dos alimentos obtidos a partir dos grãos da leguminosa.

Dessa forma, o trabalho teve como objetivo geral estudar e comparar as características físicas, químicas e sensoriais de grãos de soja crus e cozidos de cultivares de soja convencionais (BRS 133 e BRS 258) e para consumo humano (BRS 213, BRS 216 e BRS 267) desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Soja, Londrina – PR.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Soja tipo grão e tipo alimento**

De acordo com Liu (1999) os grãos de soja podem ser empregados para a elaboração de diversos alimentos como os tradicionais fermentados (misô, tempeh e natto), os tradicionais não fermentados (extrato solúvel, tofu, farinha torrada (kinako), brotos de soja e edamame), os obtidos a partir da farinha de soja desengordurada (os concentrados e isolados protéicos e a proteína texturizada) e, os de segunda geração que são produzidos a partir dos alimentos tradicionais de soja, como o iogurte que é obtido da fermentação do extrato de soja.

A soja pode ser classificada em dois grupos principais: soja tipo grão (convencional) e soja tipo alimento (para consumo humano) (VELLO, 1992; FEHR, 1977).

A soja tipo grão é cultivada principalmente para atender às indústrias processadoras de farelo e óleo e suas características compreendem: tamanho médio dos grãos representado pela massa de 100 grãos entre 10 e 19 g e, sabor desagradável (VELLO, 1992; FEHR, 1977).

A soja tipo alimento pode apresentar grãos de tamanho pequeno com massa de 100 grãos igual ou menor que 10 g e, grãos de tamanho grande com massa de 100 grãos igual ou maior que 20 g (VELLO, 1992; FEHR, 1977).

Os grãos de tamanho pequeno podem ser destinados ao consumo na forma de brotos de soja e natto. Já os grãos de tamanho grande podem ser utilizados como hortaliça e consumidos na forma de edamame em que os grãos desenvolvidos, mas ainda verdes e imaturos são cozidos dentro das vagens em água e sal e servidos como aperitivos; como doce (kuromame), com grãos maduros de tegumento preto e como salada, com grãos maduros, de tegumento e hilo de coloração clara (VELLO, 1992).

As cultivares de soja tipo hortaliça que apresentam teores mais elevados de sacarose e dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina e, as cultivares desprovidas das enzimas lipoxigenases são direcionadas para o consumo humano (tipo alimento) por apresentarem melhores características sensoriais em relação às convencionais (tipo grão) (MASUDA, 1991; CARRÃO-PANIZZI et al., 2001).

## 2.2 Características químicas

### 2.2.1 Composição centesimal

A composição química dos grãos de soja, em base seca, é de 40 % de proteínas, 21 % de lipídeos e 34 % de carboidratos. Essa composição pode variar com o genótipo da planta e com as condições edafoclimáticas (LIU, 1999).

Sbardelotto e Leandro (2008) ao estudarem a composição química de diferentes cultivares de soja visando maximizar os lucros para a indústria processadora observaram teores médios de 376 g kg<sup>-1</sup> de proteínas, 221 g kg<sup>-1</sup> de lipídeos e 213 g kg<sup>-1</sup> de carboidratos.

Redondo-Cuenca et al. (2006) encontraram nos grãos verdes (tipo hortaliça) e nos maduros, provenientes da mesma cultivar de soja, concentrações de proteínas variando de 368 a 418 g kg<sup>-1</sup>, de lipídeos de 9,3 a 216,6 g kg<sup>-1</sup> e de carboidratos de 89,2 a 386 g kg<sup>-1</sup>, em base seca, respectivamente. Segundo os autores, os resultados estão de acordo com os relatados por Guillon e Champ (2002) que descreveram, em grãos de soja maduros, teores protéicos variando de 380 a 420 g kg<sup>-1</sup> e de lipídeos de 180 a 220 g kg<sup>-1</sup>, resultados expressos em base seca.

Em cultivares de soja destinadas à alimentação humana, Vieira et al. (1999) observaram concentrações, em base seca, variando de 385,6 a 419,5 g kg<sup>-1</sup> para proteínas, de 222,4 a 238 g kg<sup>-1</sup> para lipídeos e de 298,1 a 333,3 g kg<sup>-1</sup> para carboidratos.

Ciabotti et al. (2006) não observaram diferença na composição centesimal das cultivares brasileiras de soja convencional BRS 133 e desprovida de lipoxigenases BRS 213. A cultivar convencional apresentou conteúdo médio de 327,7 g kg<sup>-1</sup> de proteínas, 157,4 g kg<sup>-1</sup> de lipídeos e 300,9 g kg<sup>-1</sup> de carboidratos e a desprovida de lipoxigenases 332,9 g kg<sup>-1</sup>, 153 g kg<sup>-1</sup> e 311,9 g kg<sup>-1</sup> respectivamente e, em base seca.

Segundo Liu (1999) a utilização de cultivares de soja com maiores concentrações de proteínas pode colaborar para a obtenção de alimentos de soja com elevado valor nutricional e também, garantir maior rendimento de produtos processados tais como o extrato solúvel e tofu.

Quando comparada com outras culturas produtoras de grãos, a soja apresenta o teor mais elevado de proteínas (40 %), sendo que o feijão, por exemplo, apresenta teor médio de

32 % (SILVA; LACHAN, 1975). Entretanto é ainda, de qualidade inferior à proteína de origem animal devido ao baixo teor dos aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína). O teor de metionina e cisteína nos grãos de soja é, em média, de 18 mg de aminoácido g<sup>-1</sup> de proteína sendo, portanto considerado um valor baixo pelos padrões da FAO (25 mg de aminoácido g<sup>-1</sup> de proteína) (FAO, 1985).

Ogawa et al. (1989), por meio de modificação genética via diminuição do teor da proteína globulina 7S, desenvolveram cultivares de soja com conteúdo de aminoácidos sulfurados 20 % superior aos das convencionais. Os autores concluíram que a qualidade da proteína de soja pode ser melhorada sem alterar o conteúdo do grão.

Em relação à concentração, o programa de melhoramento genético da Embrapa Soja, Londrina – PR, já desenvolveu linhagens de soja com teores médios de proteínas de 48,70 % (BR80 – 14887), 48,60 % (BR80 – 14853) e 47 % (BR80 – 15000) (CARRÃO-PANIZZI, 2000).

### **2.2.2 Composição mineral**

Os grãos de soja podem ser considerados excelentes fontes de minerais por apresentar elevados teores de Fe, Cu, Mg, Mn, P, K e Zn. O conteúdo desses constituintes pode ser influenciado pelas características físico-químicas do solo, aplicação de fertilizantes, condições ambientais e diferenças genéticas entre as cultivares de soja (SMITH; CIRCLE, 1978).

Vieira et al. (1999) relataram em cultivares de soja para consumo humano teores de K variando de 15,67 a 18,24 g kg<sup>-1</sup>, P de 4,54 a 5,03 g kg<sup>-1</sup>, Ca de 1,7 a 3,13 g kg<sup>-1</sup>, Mg de 2,14 a 2,59 g kg<sup>-1</sup> e Fe de 0,13 a 0,19 g kg<sup>-1</sup>, em base seca.

Ciabotti et al. (2006) não encontraram diferenças nos teores médios de P (6,6 g kg<sup>-1</sup>) entre as cultivares de soja brasileiras convencional (BRS 133) e desprovida de lipoxigenases (BRS 213). Para cultivar convencional foi observado teor médio de Ca de 1,7 g kg<sup>-1</sup> e de Fe de 7,22 g kg<sup>-1</sup> e, para cultivar desprovida de lipoxigenases, conteúdo de 1,6 g kg<sup>-1</sup> para o Ca e de 7,89 g kg<sup>-1</sup> para o Fe, resultados expressos em base seca.

Lazzari (2006) observou nos grãos de soja crus, macerados e cozidos variação de 6,60 a 8,90; 6,10 a 10,60 e 7,10 a 8,70 g kg<sup>-1</sup> no teor de P, de 1,40 a 2,90; 1,60 a 3,80 e de

2,10 a 3,90 g kg<sup>-1</sup> no de Ca, de 2,30 a 2,60; 2,90 a 4,00 e de 2,50 a 3,10 g kg<sup>-1</sup> no de Mg. O conteúdo de Fe variou de 0,09 a 0,13 g kg<sup>-1</sup> nos grãos crus; 0,13 a 0,17 g kg<sup>-1</sup> nos grãos macerados e de 0,11 a 0,15 g kg<sup>-1</sup> nos grãos cozidos concluindo que, a redução na concentração dos minerais foi significativa somente durante a maceração dos grãos.

Entre os diversos produtos de soja podem ocorrer variações nos teores dos minerais. Segundo dados da USDA (2006) o extrato solúvel pode conter 0,006 g kg<sup>-1</sup> de Fe, 0,49 g kg<sup>-1</sup> de P, 1,41 g kg<sup>-1</sup> de K e 0,04 g kg<sup>-1</sup> de Ca. Já a farinha de soja (kinako) pode apresentar teores médios de 0,09 g kg<sup>-1</sup> de Fe, 6,74 g kg<sup>-1</sup> de P, 23,84 g kg<sup>-1</sup> de K e 2,14 g kg<sup>-1</sup> de Ca.

### 2.2.3 Ácidos Graxos

Como descrito anteriormente a soja contém aproximadamente 20 % de lipídeos. A fração lipídica é composta essencialmente de triacilgliceróis e a composição e a distribuição dos ácidos graxos nas moléculas dos triacilgliceróis determinam a qualidade do óleo, seu valor nutricional, propriedades físicas e sabor, como também, sua estabilidade e ponto de fusão (LANNA et al., 2005). O óleo de soja é composto de 11 % de ácido palmítico (C16:0), 14 % de esteárico (C18:0), 24 % de oléico (C18:1), 54 % de linoléico (C18:2) e 7 % de linolênico (C18:3) (KINNEY, 1996).

As concentrações elevadas dos ácidos graxos poliinsaturados (linoléico e linolênico) no óleo de soja o torna inadequado para propósitos industriais principalmente, devido à baixa estabilidade à oxidação (LANNA et al., 2005). Para garantir a estabilidade do produto e proporcionar maior vida útil, as indústrias processadoras realizam a hidrogenação química que consiste na incorporação de hidrogênio à ligação dupla dos ácidos graxos insaturados. Contudo, durante o processo são formados os ácidos graxos trans em quantidades significativas que podem contribuir para o aumento do colesterol ruim (LDL) em humanos além de, promover a reversão de sabor no óleo de soja produzindo os “off-flavors” (LIU, 1999). Atualmente, o processo de transesterificação (interesterificação) visa à diminuição da formação dos ácidos graxos trans apresentando-se como excelente substituto do tratamento de hidrogenação. Na interesterificação consegue-se modificar a posição dos ácidos graxos entre diferentes posições na hidroxila, seja no mesmo triglicerídeo (transesterificação intramolecular) ou em triglicerídeos diferentes (transesterificação intermolecular). Trata-se,

portanto, de uma redistribuição aleatória que melhora a consistência e a utilidade das gorduras (ORDÓÑEZ et al., 2005).

A eliminação do processo de hidrogenação química e consequente formação dos ácidos graxos trans e a diminuição do desenvolvimento dos “off-flavors” também pode ser conseguida por meio da obtenção de cultivares de soja com teores elevados do ácido graxo oléico (80 %) e baixos conteúdos do ácido linolênico (1%) (FEHR, 2007).

Quanto à reversão de sabor e consequente formação dos indesejáveis “off-flavors” durante o processo de hidrogenação química do óleo de soja, Mounts et al. (1988) observaram que os produtos com baixo teor do ácido linolênico (33, 42 e 48 g kg<sup>-1</sup>) apresentavam melhores características sensoriais que aqueles com teor médio (77 %).

A variação na composição dos ácidos graxos em grãos de soja pode ser atribuída à temperatura durante o desenvolvimento da semente e principalmente, como resultado do melhoramento genético de cultivares de soja (LIU, 1999).

Liu et al. (1995) encontraram em diferentes cultivares de soja variação no teor dos ácidos graxos de 57 a 132 g kg<sup>-1</sup> para o ácido palmítico, de 32 a 223 g kg<sup>-1</sup> para o esteárico, de 272 a 362 g kg<sup>-1</sup> para o oléico, de 436 a 597 g kg<sup>-1</sup> para o linoléico e de 39 a 83 g kg<sup>-1</sup> para o linolênico. Esses resultados foram idênticos aos relatados por Liu e Edward (1995). Em 2000, Liu encontrou, para o ácido oléico, teor médio de 230 g kg<sup>-1</sup>, para o linoléico 540 g kg<sup>-1</sup> e para o linolênico 80 g kg<sup>-1</sup>.

Tsukamoto et al. (1995) observaram em cultivares de soja que o conteúdo médio do ácido oléico variou de 170 a 520 g kg<sup>-1</sup>, do ácido linoléico de 319 a 592 g kg<sup>-1</sup> e do linolênico de 11 a 39 g kg<sup>-1</sup>. Os autores concluíram que a composição dos ácidos graxos foi afetada pelas temperaturas elevadas durante o estágio de desenvolvimento das sementes.

Sharma et al. (2004) relataram em diferentes genótipos de soja teores médios de 245,9 g kg<sup>-1</sup> para o ácido oléico, 536,3 g kg<sup>-1</sup> para o linoléico e 99,7 g kg<sup>-1</sup> para o linolênico.

De acordo com os resultados de Vieira et al. (1999) os teores dos ácidos graxos em cultivares de soja destinadas à alimentação humana variaram de 80,6 a 118,4 g kg<sup>-1</sup> para o ácido palmítico, 28,7 a 45,2 g kg<sup>-1</sup> para o esteárico, 211,5 a 399,3 g kg<sup>-1</sup> para o oléico, 424,6 a 571,9 g kg<sup>-1</sup> para o linoléico e de 46,4 a 76,9 g kg<sup>-1</sup> para o linolênico, em base seca.

## 2.2.4 Lipoxigenases

As enzimas lipoxigenases são catalisadores da reação de hidroperoxidação dos ácidos graxos poliinsaturados, principalmente dos ácidos linoléico e linolênico, e seus derivados que possuem em sua estrutura química, o sistema cis, cis-1-4 pentadieno, formando os hidroperóxidos correspondentes 9- ou 13-cis, trans. Esses hidroperóxidos se decompõem em aldeídos, cetonas, ácidos, hidrocarbonetos e outros produtos secundários voláteis ou não, relacionados ao desenvolvimento dos sabores característicos da soja (WOLF; COWAN, 1975; AXEROLD et al., 1981; RACKIS et al., 1979).

Quatro enzimas lipoxigenases foram identificadas nos grãos de soja sendo denominadas de lipoxigenase 1 (Lox 1), lipoxigenase 2 (Lox 2), lipoxigenase 3a (Lox 3a) e lipoxigenase 3b (Lox 3b). As enzimas lipoxigenases 3a e 3b, por serem similares, são consideradas idênticas e denominadas lipoxigenase 3 (AXEROLD et al., 1981). As enzimas apresentam peso molecular ao redor de 100 kDa sendo que, a lipoxigenase 1 apresenta pH ótimo entre 9 e 10 e as demais entre 6 e 7 (HILDEBRAND; KITO, 1984).

Outras três isoenzimas lipoxigenases também foram identificadas e caracterizadas em cultivares de soja. Pfeiffer et al. (1992) identificaram diferentes lipoxigenases nos diversos tecidos da planta de soja, sendo que na casca e nas paredes da vagem foram encontradas as lipoxigenases L4, L5 e L6 todas com peso molecular semelhantes, mas com distintos pontos isoelétricos. Saravitz e Siedow (1995) observaram em folhas de soja a presença de duas enzimas lipoxigenases com diferentes pontos isoelétricos sendo, uma neutra e outra ácida.

Durante o processamento e / ou armazenamento, os grãos danificados liberam as enzimas lipoxigenases que em meio aquoso reagem com os substratos (ácidos graxos poliinsaturados) formando os constituintes voláteis que são os responsáveis pelos sabores característicos da soja (NELSON et al., 1976). De acordo com a literatura, o n-hexanal é o composto formado em maior quantidade e o que mais contribui para o aparecimento do sabor de ranço ou de “feijão cru” (“beany flavor”) (LIU, 1999; FURUTA et al., 1996; TORRES-PENARANDA et al., 1998).

Com o objetivo de melhorar o sabor da soja e de seus produtos têm sido estudados vários métodos de inibição ou inativação das enzimas lipoxigenases. Muitos dos processamentos tecnológicos fazem uso, por exemplo, da sensibilidade das enzimas ao calor (LIU, 1999). Porém, esses processos podem resultar na insolubilização das proteínas, são

frequentemente dispendiosos para a indústria de alimentos além de, gerarem outros sabores indesejáveis, como tostado e cozido.

De acordo com Liu (1999) a utilização de cultivares desprovidas das enzimas lipoxigenases é uma das alternativas mais viáveis para a produção de alimentos de soja com melhores características sensoriais.

Utumi et al. (1998) verificaram, por cromatografia gasosa, que a cultivar convencional Cristalina apresentou produção média de hexanal de 497 mV (área do pico) enquanto que a PBTN (desprovida das três isoenzimas lipoxigenases) mostrou área do pico de hexanal igual a 0 mV.

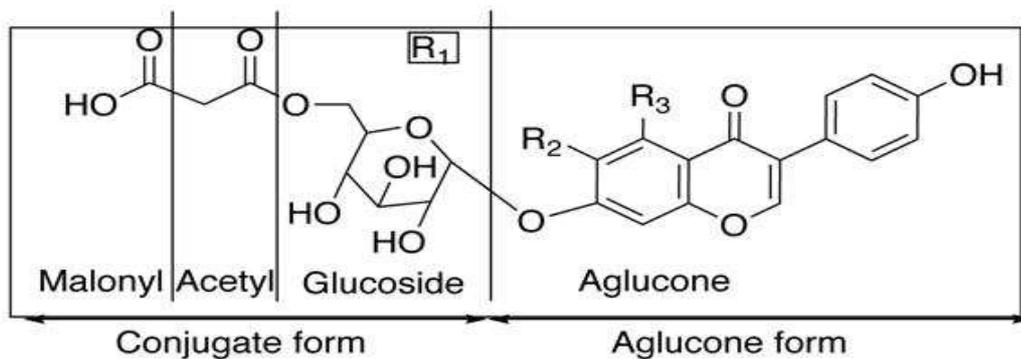
Furuta et al. (1996) também encontraram em cultivares de soja desprovidas das lipoxigenases baixos teores de n-hexanal quando comparadas com as convencionais concluindo que, as cultivares sem as enzimas poderiam contribuir para melhorar o sabor da soja.

Kobayashi et al. (1995) verificaram, por meio da técnica de cromatografia gasosa, que os extratos de soja obtidos a partir dos grãos provenientes da cultivar desprovida de lipoxigenases apresentaram menor porcentagem relativa da área dos picos dos compostos voláteis e, as melhores qualidades sensoriais.

### **2.2.5 Isoflavonas**

As isoflavonas são compostos fenólicos pertencentes ao grupo dos flavonóides que apresentam estrutura química composta por dois anéis benzenos ligados a um terceiro anel na posição do carbono 3 (LIU, 1999).

A soja apresenta três tipos de isoflavonas com quatro formas químicas (Figura 1). Os glicosídeos daidzina, genistina e glicitina; as agliconas correspondentes daidzeína, genisteína e gliciteína; as formas malonil-glicosídicas, 6''O-malonil-daidzina, 6''O-malonil-genistina e 6''O-malonil-glicitina e as acetil-glicosídicas com os conjugados 6''O-acetil-daidzina, 6''O-acetil-genistina e 6''O-acetil-glicitina (LIU, 1999; KUDOU et al., 1991).



**Figura 1** – Representação geral das quatro formas químicas das isoflavonas da soja (LIU, 1999)

O teor de isoflavonas nos grãos de soja pode variar entre as diferentes cultivares de soja e com as condições ambientais (ELDRIDGE; KWOLEK, 1983). Nos produtos de soja pode diferir em decorrência das diferenças na matéria-prima utilizada, condições de processamento e diluição com ingredientes que não são soja (COWARD et al., 1998).

Eldridge e Kwolek (1983) verificaram que o teor total de isoflavonas entre as cultivares de soja analisadas variou de 1,16 a 3,09 g kg<sup>-1</sup>. Quando os autores analisaram o conteúdo total, somente das cultivares Hardin e Corsoy-79, nos diferentes locais de plantio foi observado variação de 4,6 a 19,5 g kg<sup>-1</sup>, confirmando que o teor de isoflavonas pode diferir entre as cultivares de soja e com as condições ambientais.

Wang e Murphy (1994a) também encontraram variação no teor de isoflavonas de 1,17 a 3,30 g kg<sup>-1</sup> entre as diferentes cultivares de soja. Quando analisado o conteúdo de isoflavonas da cultivar Vinton 81 foi observada variação de 1,17 a 1,74 g kg<sup>-1</sup> entre os diferentes locais de plantio.

Carrão-Panizzi et al. (1999a) observaram conteúdo médio de isoflavonas variando de 1,48 a 1,80 g kg<sup>-1</sup> em diversas cultivares de soja e concluíram que o teor das isoflavonas é determinado geneticamente, mas também influenciado por fatores ambientais.

Nos produtos de soja, Lajolo e Genovese (2002) encontraram variações no teor de isoflavonas de 0,02 a 1 g kg<sup>-1</sup> e, em base seca. Nas bebidas de soja foi observada variação de 12 a 83 mg / L; o shoyo apresentou conteúdo médio de isoflavonas de 5,7 mg / L, o misô de 0,2 g kg<sup>-1</sup> e o tofu de 0,7 g kg<sup>-1</sup>.

Wang e Murphy (1994b) verificaram nos grãos de soja tostados teor médio de isoflavonas de 1,62 g kg<sup>-1</sup> de isoflavonas, nos produtos fermentados, como o misô, de 2,94 g

kg<sup>-1</sup> de isoflavonas, no tempeh de 6,25 g kg<sup>-1</sup> de isoflavonas e, nas bebidas de soja de 1 a 1,2 g kg<sup>-1</sup> de isoflavonas, resultados em base seca. Os autores observaram teores mais elevados das agliconas daidzeína, genisteína e gliciteína nos alimentos fermentados.

As isoflavonas podem apresentar atividades estrogênicas, antifúngicas, antitumoral em mama e próstata, e antioxidante. As atividades biológicas mais acentuadas são devido às formas agliconas genisteína e daidzeína (LIGGINS et al., 2000).

Jacobsen et al. (1998) ao estudarem a relação entre o consumo de extrato de soja por um período de 20 anos e a incidência de câncer de próstata notaram redução de 70 % no risco desta enfermidade em homens que consumiram o produto mais de uma vez ao dia.

Messina e Hudges (2003) concluíram que as isoflavonas da soja foram efetivas na redução da frequência das ondas de calor entre mulheres que estavam no período da menopausa.

Com a comprovação de que a soja é um alimento funcional, em 1999, a FDA (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION) (USFDA, 1999) aprovou a declaração de que o consumo de 25 g de proteína de soja ao dia, como parte de uma dieta pobre em gorduras saturadas, pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares.

Para alguns autores as isoflavonas associadas às saponinas são responsáveis pelo gosto amargo e a sensação de adstringência percebidos na soja e em seus produtos (HUANG et al., 1981; MATSUURA et al., 1989; TSUKAMOTO et al., 1990; SHIRAIWA et al., 1991).

No entanto, Kudou et al. (1991) e Okubo et al. (1992) concluíram que somente as isoflavonas presentes nos grãos de soja são responsáveis por essas duas sensações sendo que, as formas agliconas estão associadas com o desenvolvimento de forma mais intensa do gosto amargo e da sensação de adstringência.

As agliconas (daidzeína e genisteína) são formadas durante o processamento da soja por ação das enzimas  $\beta$ -glicosidases sobre as formas glicosídicas. A utilização de inibidores da atividade das enzimas  $\beta$ -glicosidases pode contribuir para diminuição da intensidade do gosto amargo e da adstringência causados pelas isoflavonas (ARAI et al., 1966; OKUBO et al., 1983). As sensações desagradáveis provocadas pelas saponinas podem ser reduzidas pela remoção mecânica do hipocótilo (MCLEODS; AMES, 1988).

Matsuura et al. (1989) verificaram em extratos de soja maior intensidade do gosto amargo com o aumento dos teores das agliconas daidzeína e genisteína e assim, concluíram

também que as agliconas da soja são responsáveis pelo sabor mais intenso e desagradável que as formas glicosídicas.

Huang et al. (1981) ao caracterizarem os constituintes não voláteis responsáveis pelos gostos indesejáveis de farinhas de soja desengorduradas, observaram por meio de análise sensorial que as agliconas daidzeína e genisteína foram os constituintes que mais contribuíram para o gosto amargo e a adstringência.

Carrão-Panizzi et al. (1999b) ao determinarem o efeito das isoflavonas sobre o sabor da soja, verificaram que a pré-maceração dos grãos intensificou o sabor de “feijão cru” e reduziu a adstringência nos extratos de soja analisados. Em grãos inteiros e cozidos não ocorreu a formação de agliconas assim, não foi detectada a sensação de adstringência, sugerindo que os tratamentos como pré-aquecimento dos grãos favoreceram a obtenção de produtos de soja com melhor sabor.

Ao contrário dos trabalhos descritos acima, Mahfuz et al. (2004) encontraram relação inversa entre o teor de isoflavonas e a sensação de adstringência em tofu. Os autores demonstraram que a menor intensidade do atributo avaliado foi observada no produto com altas concentrações de isoflavonas.

### **2.2.6 Açúcares e aminoácidos**

O desenvolvimento de cultivares de soja com teores mais elevados de açúcares e de aminoácidos pode garantir o sucesso, por exemplo, na fabricação do natto e tofu por contribuir no processo de fermentação e doçura dos produtos (CHEN; BUSS, 2004).

O conteúdo total dos açúcares presentes nos grãos de soja pode variar de 41 a 151 g kg<sup>-1</sup>, em base seca. A sacarose é o constituinte principal, compreende 60 % do peso total de açúcares e pode variar, em base seca, de 15 a 102 g kg<sup>-1</sup>. O amido perfaz um total de 1,0 % do peso seco dos grãos, sendo considerada baixa concentração. O teor dos oligossacarídeos (1 - 9 g kg<sup>-1</sup> de rafinose e 14 - 41 g kg<sup>-1</sup> de estaquiose) também é baixo, mas por serem açúcares complexos podem causar problemas de flatulência em animais monogástricos. Em humanos, alguns estudos clínicos têm sugerido que os oligossacarídeos da soja podem contribuir para o crescimento benéfico de bactérias do intestino, prevenção de câncer, redução dos níveis de

colesterol sanguíneo e de doenças cardiovasculares (TOMOMATSU, 1994; VORAGEN, 1998).

Mandarino et al. (2000) encontraram variação significativa no conteúdo de sacarose, frutose e dos oligossacarídeos rafinose e estaquiose em cultivares brasileiras de soja. A cultivar Embrapa 58 apresentou o maior conteúdo de sacarose ( $0,09 \text{ g kg}^{-1}$ ) enquanto que, a cultivar BRS MG Renascença o menor ( $0,03 \text{ g kg}^{-1}$ ). Para as cultivares BRS Sambaíba e Tamahomare foram encontrados os menores teores dos oligossacarídeos (rafinose e estaquiose) sendo o total de  $0,02 \text{ g kg}^{-1}$  e  $0,03 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente.

Wang et al. (2007) relataram para grãos de soja crus teores de  $43,05 \text{ g kg}^{-1}$  de sacarose, de  $7,52 \text{ g kg}^{-1}$  de rafinose e de  $41,32 \text{ g kg}^{-1}$  de estaquiose, em base seca. Após a maceração dos grãos foi observada perdas de 0,74 % no conteúdo total de açúcares.

Quanto aos teores de aminoácidos, Vieira et al. (1999) não encontraram diferenças entre as cultivares de soja destinadas à alimentação humana. Os autores verificaram que os aminoácidos mais abundantes foram o ácido glutâmico e o ácido aspártico, com conteúdo variando de 183 a 236 g / 100 g de proteína e de 12,8 a 14,7 g / 100 g de proteína, respectivamente. Já os aminoácidos presentes em menores quantidades foram metionina (1,2 a 1,4 %) e o triptofano (1,5 a 1,7 %). Os resultados encontrados foram semelhantes aos relatados por Vasconcelos et al. (1997) e Zarcadas et al. (1997).

A utilização de cultivares de soja tipo hortaliça que apresentam sabor suave e adocicado em relação às convencionais pode também ser uma alternativa para produção de alimentos de soja com características sensoriais agradáveis e conseqüentemente, mais aceitáveis para os consumidores. De acordo com Masuda (1991) o sabor diferenciado de cultivares de soja tipo hortaliça se deve aos teores mais elevados de sacarose e dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina.

A cultivar de soja tipo hortaliça é aquela colhida no estágio de desenvolvimento R6, no qual os grãos estão totalmente desenvolvidos, mas ainda verdes imaturos. É rica em proteínas ( $12,95 \text{ g / 100 g}$ ), vitaminas A ( $180 \text{ IU / 100 g}$ ), C ( $29 \text{ mg / 100 g}$ ), B<sub>1</sub> ( $0,435 \text{ mg / 100 g}$ ), B<sub>2</sub> ( $0,175 \text{ mg / 100 g}$ ), minerais como K com  $620 \text{ mg / 100 g}$ , P ( $194 \text{ mg / 100 g}$ ) e Ca ( $197 \text{ mg / 100 g}$ ) além de, fibras alimentares ( $4,2 \text{ g / 100 g}$ ) (USDA, 2005) e, suas características de sabor são largamente, apreciadas no Japão aonde são consumidas na forma de edamame.

Os requerimentos de qualidade para a soja tipo hortaliça em termos de palatabilidade incluem, a aparência das vagens que devem apresentar coloração verde brilhante, forma regular e sem manchas, já que as condições da superfície das vagens indicam a quantidade de compostos químicos presentes nos grãos. Por exemplo, a coloração amarelada sugere o declínio e degradação dos açúcares, aminoácidos e ácido ascórbico (AKIMOTO; KURODA, 1981).

O sabor é um requerimento de qualidade, que também está relacionado à quantidade de açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, sais inorgânicos, isoflavonas e saponinas sendo que, os principais compostos relacionados com a característica compreendem a sacarose, o ácido glutâmico e a alanina (MASUDA, 1991).

Segundo Lee e Hwang (1998) o edamame possui um sabor único descrito como suave e neutro devido à combinação distinta da doçura, da sensação de adstringência e dos gostos amargo e umami (oriundo do glutamato monossódico). Os sabores descritos na literatura para este tipo de soja incluem frequentemente de noz, amanteigado, de feijão, oleoso e floral (JOHNSON et al., 1999).

A qualidade do edamame pode ser influenciada por fatores ambientais como local de plantio, condições climáticas, intensidade de luz e disponibilidade de água (SHANMUGASUNDARAM et al., 1991).

Para o edamame em que o teor dos aminoácidos, principalmente do ácido glutâmico e da alanina, contribui juntamente com os açúcares para o sabor suave e adocicado, a USDA (2005) descreve teores médios de 0,150 g / 100 g de triptofano; 0,492 g / 100 g de treonina; 0,543 g / 100 g de isoleucina; 0,883 g / 100 g de leucina; 0,739 g / 100 g de lisina; 0,150 g / 100 g de metionina; 0,113 g / 100 g de cistina; 0,559 g / 100 g de fenilalanina; 0,443 g / 100 g de tirosina; 0,549 g / 100 g de valina; 0,994 g / 100 g de arginina; 0,332 g / 100 g de histidina; 0,555 g / 100 g de alanina; 1,439 g / 100 g de ácido aspártico; 2,320 g / 100 g de ácido glutâmico; 0,514 g / 100 g de glicina; 0,579 g / 100 g de prolina e de 0,688 g / 100 g de serina, em base seca.

## 2.3 Características físicas

O tamanho, dureza, cor da casca e do hilo, capacidade de absorção de água e tempo de cozimento são parâmetros de qualidade considerados essenciais para a produção de alimentos de soja (CHEN; BUSS, 2004).

Segundo Yokomizo et al. (2000) o tamanho dos grãos de soja é considerado um fator de qualidade importante para a indústria de alimentos. Os autores aconselham a utilização de grãos de tamanho pequeno no qual a massa de 100 grãos varie de 7 a 10 g para a obtenção de produtos fermentados como o natto e brotos de soja e o uso de grãos grandes (massa de 100 grãos de 25 a 30 g) para alimentos não fermentados como o tofu e o extrato de soja.

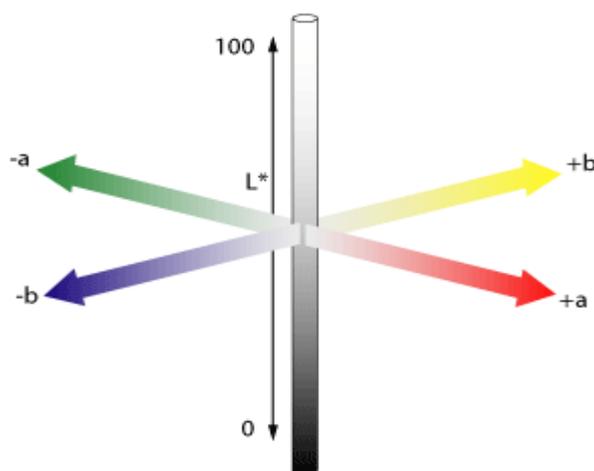
Para a produção de ingredientes ou alimentos de soja deve-se optar por grãos provenientes de cultivares que apresentem coloração da casca e do hilo amarelo-claras. Grãos que possuem o hilo escuro podem produzir alimentos, como a farinha de soja, com pontos escuros que são uma característica visual indesejável quando direcionada ao consumo humano (LIU et al., 1995).

Saito et al. (2004) relataram que as diferenças entre as cultivares de soja podem afetar a cor do produto final e concluíram que as cultivares que apresentam a coloração amarela são as mais indicadas para o preparo de alimentos como o extrato de soja.

A cor é uma propriedade da aparência de um objeto distinto da forma, tamanho, posição ou brilho que depende da composição espectral da luz incidente, da reflectância ou da transmitância do objeto (ANZALDUA-MORALES, 1994). A cor é uma propriedade sensorial que pode ser medida instrumentalmente com resultados exatos e precisos.

A cor pode variar em três dimensões: tonalidade cromática (“hue”), luminosidade ou brilho (“lightness”, “value” ou “brightness”) e croma, saturação ou pureza (“chroma”, “saturation” ou “purity”). A tonalidade cromática é um atributo pelo qual se identificam as cores (violeta, azul, amarelo, laranja, vermelho e púrpura), essa percepção é resultado de diferenças na absorção da energia radiante em vários comprimentos de onda. A luminosidade é o atributo que descreve a relação entre a luz refletida ou absorvida e caracteriza a cor como a mais clara ou a mais escura (de branco a preto). O croma é o atributo que indica a pureza da cor, o quanto esta é diferente do cinza (ABNT, 1992).

No sistema CIELAB, a cor é descrita por um diagrama tridimensional, onde o espaço é definido pelas coordenadas retangulares ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) (Figura 2).  $L^*$ , a luminosidade, varia de 0 a 100, em que o valor 0 indica o preto e o valor 100, o branco. O valor  $a^*$  define o componente vermelho-verde, variando do vermelho ( $+a^*$ ), localizado de  $0^\circ$  ou  $360^\circ$ , ao verde ( $-a^*$ ), que está a  $180^\circ$  (na ausência dos componentes amarelo ou azul). O valor  $b^*$  define o componente amarelo-azul, na ausência dos componentes verde ou vermelho, variando do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ), localizado a  $90^\circ$  e  $270^\circ$ , respectivamente (SHEWFELT et al., 1988). Os parâmetros croma ( $C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ ) e tonalidade cromática ( $H^*=\text{arc tang}(b^*/a^*)$ ) são coordenadas cilíndricas do mesmo espaço. O  $H^*$  mostra a localização da cor em um diagrama, aonde o ângulo  $0^\circ$  representa vermelho puro; o  $90^\circ$ , o amarelo puro; o  $180^\circ$ , o verde puro; e o  $270^\circ$ , o azul puro. O croma é definido pela distância de  $H^*$  ao centro do diagrama tridimensional, sendo o 0 no centro e aumentando de acordo com a distância (LAWLESS; HEYMANN, 1998).



**Figura 2** – Sistema de coordenadas do sistema CIELAB

Uma outra característica que deve ser considerada importante para produção de alimentos de soja visando o consumo humano, se refere à textura dos grãos. Por exemplo, durante o processo de fermentação para o preparo de natto é formado o gás amônia que contribui para o sabor característico do produto. Os grãos de soja com a textura dura apresentam etapa de fermentação mais longa e com isto, há produção do gás amônia em concentrações superiores a 0,2 % prejudicando a qualidade sensorial do natto. O uso de grãos de soja com a textura dura também pode interferir na capacidade de absorção de água durante

a maceração e aumentar o tempo de cozimento dos grãos resultando num alto custo de produção (CHEN; BUSSS, 2004; LIU, 1999).

De acordo com Szczesniak (2002) a textura é um atributo sensorial que compreende as características mecânicas, geométricas e de superfície e residuais de um produto, perceptível pelos receptores mecânicos, táteis e em alguns casos visuais e auditivos. As propriedades mecânicas se referem à reação do alimento à pressão ou força aplicada para sua deformação e compreendem as características primárias de dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade e adesividade e, as secundárias de fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade. As propriedades estruturais geométricas compreendem tamanho, formato e orientação das partículas dentro do alimento (fibroso, celular, cristalino, granuloso) e, as de superfície se referem à umidade, oleosidade e suculência. Já as propriedades residuais são as sensações produzidas na boca relacionadas com a presença, liberação e absorção da gordura ou óleo e da umidade e também o som, já que certos alimentos produzem sons quando mastigados.

A medida instrumental da textura foi proposta como uma alternativa para superar as limitações da análise sensorial como a grande variabilidade de resultados e as dificuldades na execução devido ao trabalho realizado com humanos (BOURNE, 1982). Existe uma grande variedade de métodos e equipamentos para medida instrumental, porém todos se baseiam em três elementos: um probe ou sensor (objeto de aplicação da força); uma fonte de movimento e um elemento registrador. As propriedades mecânicas do alimento são estudadas submetendo-o a uma força de tração ou compressão, corte ou cisalhamento, punção ou extrusão e observando a deformação produzida pelo esforço correspondente (ANZALDUA-MORALES, 1994).

Quanto aos parâmetros tempo de cocção e capacidade de absorção de água durante a maceração, Meneguice et al. (2005) concluíram que o rápido tempo de cozimento dos grãos de soja e a maior capacidade de absorção de água podem colaborar para processos industriais mais rápidos, efetivos e econômicos. Os autores observaram em diferentes cultivares de soja tipo alimento (para consumo humano) variação de 79,87 a 158,91 % para a capacidade de absorção de água durante a maceração dos grãos e de 24,57 a 75,26 minutos para o tempo de cozimento.

Ao determinar as características físico-químicas e de qualidade de cozimento de grãos de soja, Sharma et al. (2004) encontraram variações para a capacidade de absorção de água durante a maceração dos grãos de 106,10 a 133,10 % e para o tempo de cozimento de 58 a 66 minutos.

Vieira et al. (1997) trabalhando com cultivares de soja destinadas à alimentação humana relataram variação de 125,67 a 132,54 g / 100 g para a capacidade de absorção de água durante a maceração dos grãos e tempos de cocção variando de 155 a 219 minutos.

## 2.4 Características sensoriais

A sensação de sabor é percebida utilizando simultaneamente os sentidos corporais do gosto, detectado na boca, principalmente na língua, e do olfato, situado nas fossas nasais, onde é percebido o aroma (DURÁN; COSTELL, 1999). Ambos são sentidos que respondem a estímulos químicos que são essencialmente moléculas com capacidade de ativar os receptores presentes nas células sensoriais. O gosto é atribuído aos compostos não voláteis encontrados nos alimentos, tais como açúcares, sais, fenóis e ácidos que assim, determinam os cinco gostos básicos doce, salgado, amargo, ácido e o umami (FUKE; UEDA, 1996). O aroma é associado a uma variedade de substâncias voláteis, representantes de várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas. O sabor, portanto inclui os aromas provocados pela presença de substâncias voláteis percebidas através da via retronasal; os gostos provocados pelas substâncias solúveis na boca e, as sensações ou fatores táteis de sensibilidade química estimulantes das terminações nervosas das cavidades oral e nasal (adstringência, pungência, frescor, metálico, entre outros) (THOMAZINI; FRANCO, 2000; MEILGAARD et al., 1999).

Na soja as substâncias voláteis como o n-hexanal são responsáveis pelo desenvolvimento dos sabores característicos. Os constituintes voláteis são formados por auto-oxidação dos ácidos graxos ou por ação enzimática das lipoxigenases sobre os ácidos linoléico e linolênico durante o armazenamento e / ou processamento dos grãos de soja. As saponinas e as isoflavonas, os açúcares e os aminoácidos são substâncias não-voláteis associadas ao gosto amargo e a sensação de adstringência, ao doce, salgado e umami respectivamente (MACLEOD; AMES, 1988; LIU, 1999; MASUDA, 1991).

Poucos estudos têm sido conduzidos para descrever as características sensoriais da soja e de seus produtos. Verifica-se, na literatura, grande dificuldade na descrição dos sabores e dos odores presentes, isso se deve em parte ao treinamento insuficiente dos provadores e aplicação de testes subjetivos e empíricos para a descrição e quantificação dos atributos. Com isto, por exemplo, muitos pesquisadores têm adotado o termo “feijão cru” (“beany flavor”) para representar, de maneira geral, o sabor da soja (TORRES-PENARANDA et al., 1998; TORRES-PENARANDA; REITMEIER, 2001; KOBAYASHI et al., 1995; LIU, 1999).

Contudo, Torres-Penaranda et al. (1998) ao utilizarem o termo “feijão cru” (“beany flavor”) para descrever o sabor da soja verificaram que o atributo sensorial representava

diferentes significados e concluíram a necessidade do desenvolvimento de uma metodologia própria para produtos de soja. Torres-Penaranda e Reitmeier (2001) também constataram que o termo “feijão cru” utilizado para descrever sensorialmente extratos de soja estava associado a uma variedade de atributos relacionados entre si e, portanto deveria ser corretamente definido antes de ser empregado em análise sensorial.

Devido às dificuldades encontradas por vários pesquisadores para qualificar e quantificar o sabor da soja, N’Kouka et al. (2004) utilizando a análise descritiva quantitativa desenvolveram um vocabulário com termos descritores e referências para a soja e seus produtos. Os atributos levantados pela equipe sensorial treinada foram sabor e aroma de soja cozida, de grão cozido, de soja crua, de verde, de leite cozido e de soja tostada; gosto doce, salgado, amargo, ácido e adstringente e textura arenosa e oleosa.

#### **2.4.1 Análise sensorial**

A análise sensorial pode ser definida como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de alimentos e materiais quando percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (DA SILVA; DAMÁSIO; 1994; STONE; SIDEL, 2004).

É possível identificar, por meio da análise sensorial de alimentos, pequenas diferenças entre os produtos, sendo possível definir atributos importantes que não podem ser facilmente detectados por outros procedimentos analíticos. A análise sensorial também é uma ferramenta importante para avaliação da preferência do consumidor em relação a um determinado produto (STONE; SIDEL, 2004).

Os métodos sensoriais podem ser classificados em discriminativos, descritivos e afetivos.

Os métodos discriminativos estabelecem a diferenciação qualitativa e / ou quantitativa entre as amostras e englobam os testes de diferenças (comparação pareada, duo-trio, triangular, comparação múltipla, A ou não A, dois em cinco e ordenação) e os testes de sensibilidade (teste de limite, estímulo constante e de diluição) (ABNT, 1993).

Os métodos descritivos são de identificação e quantificação de atributos sensoriais incluindo testes como de perfil de sabor, perfil de textura e análise descritiva quantitativa (ADQ) (ABNT, 1993).

Os testes afetivos podem avaliar o grau com que os consumidores gostam ou desgostam de um ou mais produto(s) (testes de aceitação) e / ou avaliar a preferência do consumidor de um produto em relação a outro(s) (testes de preferência) (MEILGAARD et al., 1999).

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) foi desenvolvida por Stone e colaboradores da Tragon Corporation em 1974. É um método sensorial em que indivíduos treinados identificam e quantificam, em ordem de ocorrência, os atributos, proporcionando uma completa descrição das propriedades sensoriais e representando um dos métodos mais completos e sofisticados para caracterizar sensorialmente diferentes alimentos e bebidas (STONE; SIDEL, 2004).

O método sensorial descritivo quantitativo apresenta como características básicas a completa descrição das propriedades sensoriais de um produto (aparência, odor, sabor e textura); a capacidade para avaliar múltiplos produtos; a utilização de um número limitado de provadores (10 a 12); o desenvolvimento de uma linguagem sensorial descritiva; a seleção e treinamento de provadores; a informação quantitativa e repetição de provas e a utilização de testes estatísticos para avaliar os resultados finais (STONE; SIDEL, 2004).

Na ADQ os testes são realizados em cabines individuais, as amostras são codificadas e são utilizadas escalas de intervalos para medir a intensidade de percepção dos atributos sensoriais. Os resultados são avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) e coeficientes de correlação são utilizados para determinar relações entre as várias escalas de medida (STONE; SIDEL, 2004; STONE et al., 1974).

Também, é possível analisar os resultados da ADQ utilizando a técnica multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP) que permite a análise global dos resultados mostrando as relações existentes entre as amostras e evidenciando os atributos que melhor caracterizam cada amostra (DA SILVA; DAMÁSIO, 1994; FERREIRA, 2008).

Em um teste de aceitação é possível avaliar o grau com que os consumidores não treinados gostam ou não de um ou mais produto(s). Nos testes de aceitabilidade dos alimentos utilizam-se escalas (estruturadas ou não estruturadas), como a hedônica, que avalia o quanto o provador gostou ou desgostou de uma determinada amostra (DA SILVA; DAMÁSIO, 1994).

Os dados obtidos em um teste sensorial utilizando a escala hedônica podem ser submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida de outros procedimentos estatísticos, dentre os quais o teste de comparação de médias de Tukey, que permite verificar se há diferença significativa entre duas médias de aceitação, em um dado nível de significância, normalmente 95 % (DA SILVA; DAMÁSIO, 1994).

Os resultados dos valores hedônicos obtidos nas amostras também podem ser dispostos em histogramas de frequência de respostas, que permitem a visualização da segmentação dos valores hedônicos de cada amostra, revelando seu nível de aceitação ou rejeição (DA SILVA; DAMÁSIO, 1994).

#### **2.4.2 O sentido humano do gosto**

A percepção sensorial envolve quatro etapas básicas. O estímulo atinge as células receptoras do órgão do sentido (receptor sensorial) e é convertido em sinal elétrico. Esse sinal é transmitido ao cérebro através dos nervos e, então ocorre a sensação que é a reação fisiológica de um indivíduo resultante da estimulação sensorial. A percepção ocorre quando o indivíduo torna-se consciente da sensação. Devido a experiências prévias contidas na memória, o cérebro interpreta, organiza e integra as sensações recém-chegadas (novas) em percepções. Por último, uma resposta é formada tendo como base as percepções do indivíduo. Portanto, somente o cérebro humano tem a capacidade de interpretar, organizar e integrar as sensações sensoriais dos alimentos (MEILGAARD et al., 1999; LAING; JINKS, 1996).

O gosto é um sentido químico e envolve a detecção do estímulo, solúvel em água, óleo ou saliva, pelos receptores do gosto localizados primariamente na superfície da língua e também na mucosa do palato e áreas da traquéia. Cinco modalidades de gosto foram identificadas em humanos: doce, amargo, ácido, salgado e umami (saboroso) (TEMUSSI, 2006 apud MEYWES; BREWER, 2008). A sensibilidade aos diferentes gostos é percebida uniformemente por toda a língua (LAING; JINKS, 1996; MEILGAARD et al., 1999; DURÁN; COSTELL, 1999; LAWLESS; HEYMANN, 1998).

A cavidade oral é revestida por áreas sensíveis aos gostos primários, as papilas fungiformes, as circunvaladas, as foliáceas e uma região conhecida como Geschmackstreifen. Nessas áreas são encontrados os botões gustativos, pequenos corpos de cerca de 100 células arranjadas de um modo característico ao redor do poro gustativo que se abre para a superfície.

Cada botão gustativo consiste de 30 a 100 células receptoras dos gostos. As células são longas, finas e orientadas perpendicularmente para a superfície da língua. Uma extremidade da célula receptora está exposta para a cavidade oral e possui microvilosidades para a superfície aumentando assim, o contato com o estímulo. Os pontos de entrada molecular para todos os estímulos gustativos são receptores específicos aos gostos integrados à membrana citoplasmática das células gustativas no botão gustativo com acesso ao poro. O lado oposto da célula contacta fibras nervosas que alimenta os nervos glossofaríngeo, facial ou vago dependendo da localização do botão gustativo (LE COUTRE, 2003; DA CONCEIÇÃO NETA et al., 2007).

Quando os estímulos entram na cavidade oral, podem ligar-se aos receptores da membrana da célula e inicia-se a transdução intramolecular em cascata do sinal, que passa através de canais específicos. Esse processo faz com que a célula do gosto libere neurotransmissores, e em seguida os nervos transmitem informações do gosto-específico para o cérebro (ROPER, 2007; LE COUTRE, 2003).

Todos os receptores gustativos são canais de íons ou receptores ligados à proteína-G (GPCRs). Canais de íons transmitem seus substratos através da membrana celular gustativa e diretamente altera o equilíbrio iônico através da membrana, conduzindo a liberação do neurotransmissor (COUTRE; KABACK, 2001). Em contraste, a proteína GPCRs ligada à membrana recebe o sinal (ligante) do lado de fora e, a informação é transduzida para o lado de dentro da célula, onde uma cadeia de transdução específica de sinal químico é empregada para gerar a liberação de neurotransmissor. Os ligantes dos alimentos geram sensações de gostos específicos exibindo propriedades bioquímicas distintas. Em cada caso, uma consequência metabólica direta está ligada à informação sentida por estes receptores (ROPER, 2007).

O mecanismo de percepção do gosto doce é o mais estudado devido ao efeito que o consumo de alimentos causa a saúde do consumidor. O estímulo típico do gosto doce é a sacarose. Humanos podem detectar sacarose na concentração de 6-7 mM e reconhecê-la como gosto doce a concentração aproximada de 25 mM, embora estes valores possam variar de estudo para estudo. Conforme mencionado por Roper (2007) uma ampla diversidade de compostos induz o gosto doce, tais como açúcares, aminoácidos, proteínas, álcoois e adoçantes artificiais.

Um receptor responsável pelo gosto doce foi identificado recentemente por 6 grupos de pesquisadores independentes (KITAGAWA et al., 2001; LYALL et al., 2001; LI et al., 2002; MAX et al., 2001; MONTMAYEUR et al., 2001; SAINZ et al., 2001) baseado na

análise de bioinformática dos dados do genoma humano. Este é um receptor ligado à proteína-G (GPCR) dimérico compreendendo subunidades T1R2 e T1R3 (LE COUTRE, 2003; MEYERS; BREWER, 2008; ROPER, 2007).

Antes da descoberta do receptor humano para o gosto doce, os pesquisadores tentaram explicar o mecanismo de interação substância-receptor com base na estrutura da ligação do ligante (substância doce), não sobre a estrutura do receptor. A teoria AH-B para interação adoçante / sítio ligante do adoçante foi o modelo mais aceito. Inicialmente proposto por Shallenberger e Acree (1967), este modelo propunha que um composto de gosto doce devia conter um doador do ligante de hidrogênio (AH) e também um receptor ligante de hidrogênio (B). Em uma distância de 2,5 a 4 Å, a unidade AH-B na molécula doce (denominada glicoforo), poderia reagir com uma unidade complementar AH-B do receptor gustativo, formando um par de ligações de hidrogênio. Os autores também propuseram que o gosto doce de aminoácidos, que difere grandemente na estrutura química de adoçantes sacarídeos, exibe uma barreira espacial, de dada distância, perpendicular ao receptor que permite ligação de cadeias laterais de conformação específica enquanto excluem outras. Estas interações entre os receptores e as cadeias laterais foram sugeridas como potenciadores do gosto doce destes compostos.

Kier (1972) propôs a adição do terceiro componente “ $\delta$ ” ao modelo glicoforo que modula a potência doce da ligação ligante por meio da interação hidrofóbica. Esse efeito modulante-potência ocorre devido ao efeito dos grupos hidrofóbicos sobre o potencial elétrico na subunidade AH-B. Embora esse modelo expandido sobre a teoria prévia seja importante para diferenças nas potências adoçantes, ele especificamente não requer o componente hidrofóbico sobre o glicoforo para desencadear o caminho da transdução (EGGERS et al., 2000).

Nofre e Tinti (1996) propuseram um modelo mais complexo compreendendo 8 categorias funcionais, organizadas em sítios de alta afinidade e secundárias, que contribuem para o gosto doce. Chamados B-, AH, XH-, G1-, G2-, G3-, G4-, e D, esses 8 sítios de reconhecimento interagem com os 8 sítios de interação do adoçante de mesmo nome, respectivamente. Essa teoria sugere que mudanças conformacionais profundas ocorrem dentro do receptor e seus sítios de ligação devido às ligações de hidrogênio. O número de sítios de ligação envolvido dita a potência do adoçante. Goodman et al. (2002) teorizaram que as interações dos aromáticos com a zona D do receptor doce eram responsáveis pela doçura intensa de ligantes a base de peptídeos (neotame, aspartame).

Os trabalhos de Max et al. (2001), Nelson et al. (2001), Li et al. (2001) e Zhao et al. (2003) demonstraram que o complexo T1R2 / T1R3 é provavelmente responsável pela recepção de ligantes doces em humanos. Esse receptor é definido como da classe C GPCR que existe como um heterodímero de subunidades T1R2 e T1R3. Esses receptores (T1R2 e T1R3) respondem a açúcares (sacarose, frutose, galactose, glicose, lactose, maltose), aminoácidos (glicina, D-triptofano), proteínas doces (monelina, taumatina) e adoçantes de alta potência (acesulfame de potássio, aspartame, ciclamato, dulcina, neotame, sacarina, sucralose) (LI et al., 2001).

Os pré-requisitos químicos para a percepção do gosto doce não são uniformes. Enquanto açúcares ativam um caminho de transdução de sinal adenosina monofosfato cíclica (cAMP)-dependente, parece que adoçantes sintéticos ativam o mesmo receptor, mas a sinalização de ativação ocorre via cascata inositol 1,4,5 trifosfato (IP3) (LE COUTRE, 2003).

A substância típica que resulta em gosto ácido é o ácido cítrico. A percepção do gosto ácido esteve originalmente ligada à concentração de íons de hidrogênio. Contudo, verificou-se que não há relação direta entre pH, acidez titulável e o gosto ácido. Soluções de ácidos orgânicos de mesmo pH evocam diferentes respostas ao gosto ácido. Igualmente, soluções de ácidos orgânicos de mesma normalidade também, resultam em diferentes respostas ao gosto ácido. É óbvio, que ácidos não dissociados representam um papel no gosto ácido, mas o mecanismo ainda não está totalmente claro (DA CONCEIÇÃO NETA et al., 2007). Os canais de íons ácido-sensíveis (ASIC – acid-sensing ion channel) e HCN (hyperpolarization-activated channels), poros próton-seletivos na microvilosidade apical do botão gustativo, provavelmente formam a base molecular da transdução do gosto ácido (STEVENS et al. 2001).

O NaCl é o composto típico do gosto salgado. O cátion sódio é detectado como componente de gosto salgado de sal. O gosto salgado é estimulado via canal de sódio epitelial (ENaC), um heterotetrâmero compreendendo uma subunidade estequiométrica  $\alpha_2\beta_\gamma$ . Quando a concentração de cátion na cavidade oral aumenta, cátions fluem para células receptoras de sal, resultando na despolarização, e eventualmente na liberação de neurotransmissores. Respostas variadas para concentrações semelhantes de diferentes compostos salgados indicam que pode haver mais canais para o gosto salgado do que canais de cátions sobre a superfície da língua (ROPER, 2007; LE COUTRE, 2003).

O gosto amargo pode ser evocado por grande número de substâncias como aminas, alcalóides (cafeína), quininas, fenóis e ésteres. A grande variedade de compostos amargos

indica que não há um único receptor responsável por todos compostos amargos. Recentemente, uma família de proteínas GPCRs foi descoberta com cerca de 25 membros em humanos além de, inúmeros pseudogenes não funcionais (família T2R) (ADLER et al., 2000; CHANDRASHEKAR et al., 2000). Membros específicos dessa família (T3R4, T2R16, T2R10) foram identificados como receptores para compostos com gosto amargo tais como ciclohexamida,  $\beta$ -glucopiranosídeos e estricnina (BUFE et al., 2002; CHANDRASHEKAR et al., 2000). Contudo, isoformas naturais de T2R5 em ratos mostraram diferentes sensibilidades para ciclohexamida. A maioria, mas nem todas, as substâncias amargas compartilham caráter molecular hidrofóbico, e a sequência do T2R sugere um sítio anfifílico de ligação-ligante (LE COUTRE, 2003; ROPER, 2007).

O gosto umami (palavra de origem japonesa que significa saboroso) é evocado por moléculas pequenas incluindo aminoácidos (glutamatos e aspartatos) e nucleotídeos (monofosfato de inosinato ou guanilato, inosina 5-monofosfato e guanósina 5-monofosfato). As células gustativas respondem a esses diversos compostos via receptores da membrana. Vários receptores foram propostos para compreender a percepção do gosto umami pelas células gustativas. Esses receptores incluem a proteína G2 glutamato, mGluR4 e mGluR1 sendo o gosto expresso pelo heterodímero T1R1 e T1R3. Os receptores mGluRs são ativados por glutamatos e análogos e, o heterodímero T1R1 e T1R3 é ativado por aminoácidos e, apresenta uma forte resposta na presença de nucleotídeos. Assim, a detecção do gosto umami pode envolver múltiplos receptores expressos nos vários subgrupos das células gustativas. Essa diversidade de receptores pode ser a base da percepção complexa do gosto umami, com misturas diferentes de aminoácidos, peptídeos e nucleotídeos que originam qualidades de gosto sutilmente distinto (CHAUDHARI et al., 2009; LE COUTRE, 2003; ROPER, 2007).

Ao sentir as cinco modalidades de gosto, o aparelho sensorial humano pode atuar como laboratório de química analítica, fazendo medidas independentes de composição iônica, toxicidade e valor nutricional. Subseqüentemente, seguindo o processo gustativo das medidas, um perfil integrado dos gostos percebidos no alimento ingerido é gerado, e eventualmente conduzido para classificação hedônica (LE COUTRE, 2003).

### **2.4.3 Sensores artificiais**

A utilização dos sensores artificiais para avaliar os constituintes químicos dos alimentos é considerada uma importante ferramenta para otimizar o controle de qualidade das indústrias de bebidas e de gêneros alimentícios (MATTOSO et al., 2002). Os sensores eletrônicos são capazes de discriminar e quantificar os gostos básicos em quantidades muito inferiores ao limite de detecção humano ou limiar (“threshold”) e por isto, os sistemas recebem o nome de sensores gustativos ou “línguas eletrônicas”. Entre as funções do sensor encontram-se o monitoramento da qualidade da água potável, o da poluição industrial e da agricultura; controle da qualidade de bebidas durante a produção; avaliação do sabor de remédios; detecção de substâncias tóxicas e o reconhecimento de diferentes espécies de microrganismos (ANDERSSON, 2003; PALADAR, 2003; RIUL JR et al., 2003).

#### **2.4.3.1 Sensores gustativos eletrônicos (“línguas eletrônicas”)**

Para imitar a percepção humana dos gostos, os sensores eletrônicos (“línguas eletrônicas”) devem possuir a capacidade de distinguir os tipos de gostos básicos (doce, salgado, ácido, amargo e umami) detectados pela língua humana. Diferentes dos sensores que imitam a visão, a audição e o tato que podem em princípio responder a um estímulo físico único, a “língua eletrônica” deve decompor o sinal recebido em seus gostos básicos, referindo-se ao conceito de seletividade global, ou seja, o sistema biológico não identifica uma substância específica, mas agrupa toda informação em padrões que o cérebro decodifica. Assim, o ser humano reconhece o sabor do café, mas não reconhece que é composto de mil moléculas diferentes. O sensor artificial trabalha da mesma forma, fornecendo uma resposta global (impressão digital) para caracterizar e reconhecer certa substância (TOKO, 1998; PESQUISADORES, 2003).

De acordo com a literatura existem três tipos de sensores gustativos eletrônicos.

O primeiro tipo de sensor gustativo eletrônico, baseado em voltametria, foi idealizado por Winqvist et al. (1997). A configuração deste sistema compreende um arranjo de eletrodos de diferentes metais nobres (ouro, platina, irídio, paládio, ródio) atuando como eletrodos de trabalho, ao invés da utilização de um único, como no caso da voltametria

tradicional. Os valores de corrente medidos para cada eletrodo, conforme o líquido esteja sendo analisado, são então processados por ferramentas computacionais e depois usados para calibração do sensor e para o reconhecimento de líquidos. Entre as desvantagens do sistema, a voltametria fornece espectros de difícil interpretação, principalmente em se tratando de líquidos complexos, como bebidas. Com isso, torna-se difícil identificar as reações eletroquímicas ocorrentes e associá-las a um determinado analito. Outra desvantagem está associada à necessidade de equipamentos sofisticados (potenciostato) e a preparação da amostra, que podem limitar a sua utilização em alguns setores, como, por exemplo, no campo.

O segundo sistema, introduzido por Toko (1998), é baseado num arranjo de sensores não-específicos para análise de líquidos. O sistema utiliza um conjunto de eletrodos modificados com membranas de PVC contendo lipídios, de diferentes composições, interrogados com medidas potenciométricas. A modificação dos eletrodos com membranas poliméricas contendo lipídios visa reproduzir a estrutura do sistema gustativo humano, partindo de resultados prévios de que membranas desse tipo apresentam seletividade para íons. Os valores de potencial são medidos em relação a um eletrodo convencional de Ag / AgCl. O sistema mede a qualidade e a intensidade do gosto nos líquidos classificando-os de acordo com o princípio de seletividade global e reconhecendo cinco padrões básicos de gosto (doce, salgado, amargo, azedo e umami). As desvantagens desse sistema estão relacionadas à baixa reprodutibilidade das respostas elétricas das membranas, a pequena sensibilidade por analitos não-eletrólitos e a necessidade de se utilizar um sensor de referência (VLASOV et al., 2002).

O terceiro tipo de “língua eletrônica”, baseada em potenciometria, foi desenvolvido por Vlasov et al. (2002). O conjunto de materiais usados como sensores nesse tipo de “língua” inclui vidros calcogênicos dopados com diferentes metais e membranas de PVC plastificado e modificado com substâncias ativas, tais como ionóforos e metaloporfirinas. O princípio de funcionamento do sistema é baseado na utilização de um conjunto de vários sensores e medidas de potencial elétrico em relação a um eletrodo de referência de Ag / AgCl. Os valores de potencial fornecidos por cada sensor são avaliados por ferramentas computacionais, como análise de componentes principais e diferentes tipos de redes neurais artificiais. O sistema pode ser utilizado tanto para análise quantitativa quanto para a identificação de líquidos. Este tipo de “língua eletrônica” apresenta como desvantagem o fato de que a potenciometria necessita de um eletrodo de referência, o que dificulta a miniaturização de um dispositivo.

Mattoso et al. (2003) ao utilizarem polímeros condutores para fabricação da “língua eletrônica” verificaram a capacidade desses materiais em distinguir soluções salgadas, doces, ácidas e amargas. Utilizando uma série de sensores produzidos a partir de filmes não estruturados e depositados pela técnica de Langmuir – Blodgett (LB), os autores observaram que estes foram capazes de identificar soluções de sacarose, quinina, NaCl e HCl em partes por bilhão (ppb) sendo que, as três primeiras soluções foram detectadas abaixo do valor do limiar de detecção humano.

A “língua eletrônica”, baseada em filmes ultrafinos de polímeros condutores e operada em regime de corrente alternada a qual distingue líquidos de acordo com as diferenças de gosto, é composta de microeletrodos interdigitados de ouro, recobertos com filmes ultrafinos de polímeros condutores, como polianilina e polipirrol, azopolímeros e um complexo de rutênio, cuja impedância é medida na presença do líquido analisado. O sistema gustativo eletrônico não necessita de um eletrodo de referência em sua composição, apresenta grande reprodutibilidade e reversibilidade e alta sensibilidade, inclusive para não-eletrólitos, como sacarose e quinina. Essa última característica é muito importante e está diretamente relacionada com a operação da “língua” em modo de corrente alternada (MATTOSO et al., 2002).

Polímeros condutores formam uma classe de polímeros cuja principal característica é a sua capacidade de conduzir eletricidade. Descobertos em 1977 por Chiang et al., esses materiais despertaram o interesse tanto da comunidade científica quanto do setor industrial, devido à capacidade de combinar num único material, as propriedades comuns de plásticos, como flexibilidade e leveza, e as propriedades encontradas em materiais metálicos e inorgânicos, como condutividade elétrica, eletrocromismo e eletroluminescência. Esta combinação ímpar de propriedades tem sido explorada em diferentes aplicações tecnológicas, que incluem dispositivos de microeletrônica (diodos e transistores), sensores químicos e biológicos, nervos e músculos artificiais, recobrimentos anti-estáticos e anti-corrosivos.

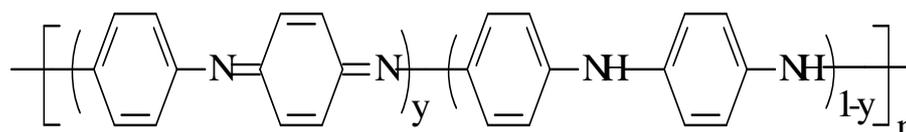
Estruturalmente, os polímeros condutores são polímeros conjugados formados por ligações químicas simples e duplas alternadas, ao longo da sua cadeia principal, que depois de dopados tornam-se condutores. A dopagem leva à formação de portadores de carga positiva, conhecidos como polarons e bipolarons. Após a dopagem, estes polímeros podem atingir níveis de condutividade elétrica significativos, em alguns casos da ordem de milhares de S / cm (Siemens / cm). Em particular, o *trans*-poliacetileno pode atingir níveis de condutividade da mesma ordem de grandeza da condutividade exibida pelo cobre. Por outro lado, devido à

sua estrutura conjugada, os polímeros condutores são materiais infusíveis o que restringe o seu processamento (CHIANG et al., 1977).

O processamento por solução e a fabricação de filmes tem sido a alternativa encontrada para viabilizar a aplicação prática destes materiais. A introdução de grupos alquil na cadeia polimérica e a utilização de certos tipos de dopantes são algumas das estratégias investigadas para obter polímeros condutores mais solúveis (MATTOSO et al., 1995).

O desenvolvimento de sensores químicos e biológicos depende decisivamente da disponibilidade de materiais sensíveis e com estabilidade. Os polímeros condutores atendem essas exigências já que sua resposta elétrica pode ser modificada pela presença de pequenas quantidades de um analito específico. Esta mudança é em muitos casos reversível e pode ser precisamente quantificada, dependendo basicamente da configuração e do modo de operação do sistema sensor (MATTOSO et al., 1995).

Entre os polímeros condutores mais investigados, a polianilina-PAni e seus derivados, poli(o-metoxianilina)-POMA e poli(o-etoxianilina)-POEA destacam-se por sua excelente estabilidade química, são facilmente sintetizadas e podem ser dopadas de maneira controlada (MATTOSO et al., 1995). A Figura 3 ilustra a estrutura química da PAni.



**Figura 3** – Unidade repetitiva da polianilina

A estrutura química da PAni é composta por  $y$  e  $(1-y)$  unidades repetitivas das espécies reduzidas e oxidadas, respectivamente. O valor de  $y$  pode variar continuamente entre 1, para o polímero completamente reduzido (contendo somente nitrogênios do tipo amina), e 0, no caso do polímero completamente oxidado (contendo somente nitrogênios do tipo imina). Os diferentes graus de oxidação da PAni são designados por nomes, como leucoesmeraldina, protoesmeraldina, esmeraldina, nigranilina e pernigranilina, quando  $y$  assume os valores de 1; 0,75; 0,5; 0,25 e 0, respectivamente.

O estado de oxidação esmeraldina é o mais importante dentre os encontrados para a PAni, assim como para os seus derivados, pois depois de dopado o polímero atinge os

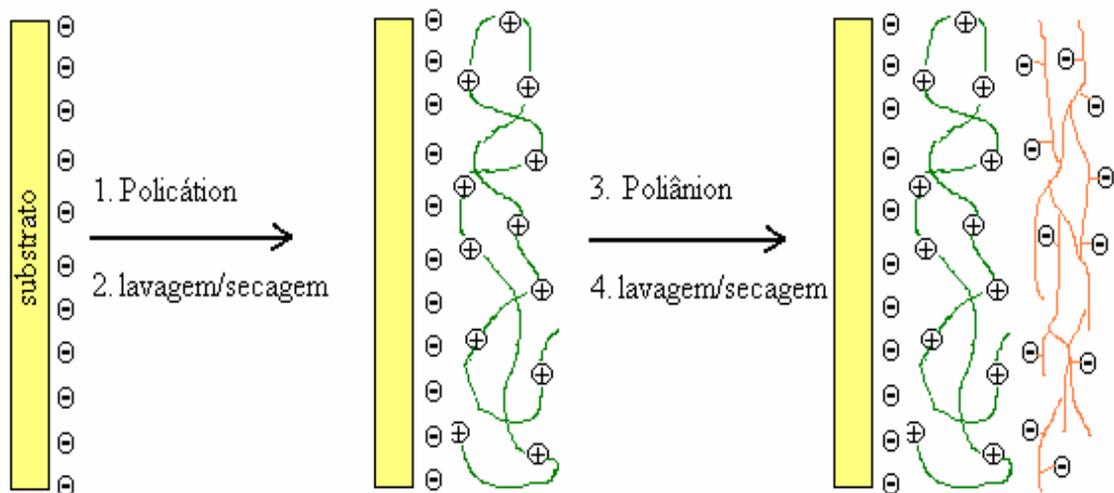
maiores valores de condutividade entre 1 e 5 S / cm. A dopagem da esmeraldina é feita por meio da protonação do polímero em solução ácida aquosa, sendo os átomos de nitrogênio protonados através de uma reação do tipo ácido-base.

A utilização de polianilinas como materiais sensíveis e / ou transdutores em sistemas sensores data do início da década de 90, com a fabricação de sensores para gases, como amônia. A amônia, uma base, desprotona e, portanto desdopa o polímero que passa de condutor para isolante elétrico. Este seria um dos principais mecanismos de detecção realizado pela PANi. Outros gases podem também ser detectados por este polímero, tais como NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, CO e CH<sub>4</sub>. O mecanismo de sensoriamento desses gases não é completamente entendido, mas acredita-se que gases eletrofílicos tendem a retirar elétrons do polímero e aumentam sua condutividade elétrica (MATTOSO et al., 1995).

O processamento destes materiais ainda é um desafio para os pesquisadores e muitos esforços têm sido feitos para desenvolver métodos de processamento eficientes. Contudo, resultados da literatura têm demonstrado que as técnicas de fabricação de filmes ultrafinos, como a de Langmuir-Blodgett (LB) e a de automontagem (AM), são promissoras com relação ao processamento de polímeros condutores (MATTOSO et al., 1995). No caso dos sensores, filmes ultrafinos são de grande interesse, uma vez que a sensibilidade dos dispositivos pode ser aumentada consideravelmente devido à espessura reduzida até escala nanométrica dos filmes fabricados. Apesar de serem técnicas complementares, a técnica de automontagem apresenta algumas vantagens quando comparada à técnica LB, como por exemplo, os substratos podem ter qualquer forma, o que facilita a fabricação dos filmes e o tempo de deposição independe da área do substrato.

A técnica de automontagem-AM, foi proposta pela primeira vez no início da década de 80, no trabalho pioneiro de Sagiv (MATTOSO et al., 1995) e, anos mais tarde, reformulada por Decher (MACDIARMIND, 1997). Esta técnica recebe este nome, pois consiste da adsorção espontânea, química ou física, de camadas ultrafinas (10-100 Å) de materiais sobre a superfície de um suporte sólido, a partir de suas soluções. O tipo de adsorção depende da afinidade entre o suporte e o material, o que está diretamente relacionado com a estrutura química dos materiais empregados. A Figura 4 ilustra de forma esquemática a fabricação de um filme nanoestruturado por AM, através de adsorção física via atração eletrostática. Na etapa 1, um suporte sólido (substrato) contendo cargas negativas em sua superfície é imerso numa solução contendo um polieletrólito com cargas positivas (polication), por um tempo previamente determinado. Após esse tempo de imersão, uma camada de material é adsorvida,

através da atração eletrostática entre as cargas do suporte e as cargas do polícatión. Esse tempo é no geral bastante curto, cerca de alguns minutos. Com a adsorção da camada, a carga da superfície do suporte passa a ser a mesma do polícatión e com isso, o processo de adsorção é interrompido, já que a camada de polícatión adsorvida impede que mais polícatión adsorva, por conta da repulsão eletrostática. Terminada a adsorção, o suporte é imerso numa solução de lavagem, a fim de remover o excesso de material e, então, seco, normalmente com um fluxo suave de ar comprimido ou de nitrogênio. Na etapa 3, realiza-se a adsorção de uma nova camada, agora de um poliânion, da mesma maneira que para o polícatión, formando uma bicamada. Filmes multicamadas podem ser fabricados pela repetição sucessiva das etapas 1 a 4, não apresentando qualquer limitação com relação ao número de camadas. Diferentes tipos de materiais podem servir de suporte sólido (substrato) para os filmes, tais como vidro, plástico, metal, cerâmica e, em diferentes formatos, como em lâminas e esferas (MATTOSO et al., 1995). A superfície do suporte pode ser carregada por diferentes métodos como tratamento químico.



**Figura 4** – Representação esquemática do processo de automontagem de um filme nanoestruturado

### **2.4.3.2 “Língua eletrônica” na avaliação de alimentos**

Os provadores humanos quando bem treinados podem fornecer informações completas em relação às características sensoriais dos alimentos, já que somente o cérebro humano tem a habilidade de interpretar, organizar e integrar as sensações percebidas. E somente o provador / consumidor pode ou não decidir pela aceitação / preferência de determinado alimento ou produto.

A utilização dos sensores gustativos para avaliar os alimentos ao invés dos provadores humanos é uma prática mais econômica, precisa e rápida; pode evitar a exposição dos seres humanos às substâncias tóxicas ou de sabor desagradável e não perde a sensibilidade como acontece com o homem quando exposto a determinada substância por um longo período de tempo (PESQUISADORES, 2003).

Segundo Silva (2001) o uso da “língua eletrônica” permite fazer testes contínuos na linha de produção em tempo real e em segundos. O equipamento é uma ferramenta para auxiliar o provador, permitindo medidas contínuas e de maior precisão.

Andersson (2003) utilizou a “língua eletrônica” para distinguir entre vinho tinto e vinho branco e avaliar alterações no leite estocado a frio e em temperatura ambiente durante o período de duas semanas. O sensor separou, utilizando a Análise de Componentes Principais (ACP), o vinho branco do vinho tinto, e também foram observadas mudanças do leite mantido em temperatura ambiente após 4 horas.

Muitas bebidas nutritivas são comercializadas no Japão para combater a fadiga crônica e suplementação de nutrientes. Essas bebidas contêm diferentes combinações de ingredientes nas suas formulações, incluindo vitaminas, minerais, aminoácidos e componentes de plantas medicinais e também, diferem consideravelmente de sabor. Kataoka et al. (2004) estudaram o sabor de vinte bebidas nutritivas engarrafadas e vendidas no Japão, utilizando um sensor eletrônico para gosto e uma equipe sensorial de sete provadores treinados. Foram avaliados os quatro gostos básicos (doce, salgado, ácido e amargo), a palatabilidade (fácil de beber) e nove atributos de sabor (adstringência, pungência, sabor de fruta, gosto de planta medicinal, frescor, irritação na garganta, aparência salutar, gosto residual e desejo de beber novamente). Os dados foram analisados e determinados os fatores críticos para a palatabilidade geral. As bebidas foram agrupadas de acordo com o preço. A relação entre o preço e a palatabilidade foi examinada usando ACP. Houve uma boa correlação entre os

resultados da equipe sensorial com o sensor gustativo, demonstrando que o equipamento é potencialmente útil para avaliação da palatabilidade de bebidas nutritivas.

Legin et al. (2002) utilizaram a “língua eletrônica” para diferenciar tipos de águas minerais e cafés. Para análise dos dados utilizaram ACP e redes neurais. Na análise de água o objetivo foi distinguir entre quatro amostras diferentes de água natural e três preparadas artificialmente. A “língua eletrônica” foi capaz de distinguir entre os dois tipos de água mineral e as diferentes amostras de cada tipo de água. Na análise de café, o objetivo era separar entre sete misturas de marcas comerciais. Foram analisadas onze amostras de café (oito tipos individuais e três misturas comerciais). O sensor gustativo eletrônico distinguiu todos os tipos de amostras. Os resultados obtidos pelo equipamento foram semelhantes ao obtido pela equipe sensorial.

Dyminski et al. (2006) avaliaram o sabor de onze formulações diferentes de adoçantes comerciais em água mineral utilizando uma equipe de provadores treinados e um sistema de “língua eletrônica” e verificaram que o sistema eletrônico apresentou alta sensibilidade para as amostras e correlação com a avaliação dos provadores.

Lindquist e Wide (2001) utilizaram a “língua eletrônica” para monitorar as mudanças na qualidade da água numa planta industrial. Foram analisadas amostras de água do rio, antes e depois da purificação, e a água do reservatório antes de ir para o consumidor. O equipamento utilizando a ACP foi capaz de detectar mudanças na qualidade, distinguindo cada tipo de água (destilada - referência, água do rio, água após tratamento e água do reservatório).

He et al. (2009) verificaram que os sensores eletrônicos utilizados na avaliação de chá (preto e verde) foram capazes de identificar e discriminar as bebidas provenientes de diferentes regiões geográficas e níveis de qualidade e, apresentaram altas correlações com os atributos sensoriais levantados por uma equipe de provadores treinados.

### 2.4.3.3 Análise de componentes principais (ACP)

Os resultados da Análise Descritiva Quantitativa e dos sensores gustativos eletrônicos podem ser analisados pela técnica multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP).

A ACP permite a análise global dos resultados mostrando as relações existentes entre as amostras e evidenciando os atributos que melhor caracterizam cada amostra (DA SILVA; DAMÁSIO, 1994; MEILGAARD et al., 1999).

A ACP é uma técnica de transformação dos dados, onde se constrói um novo conjunto de variáveis, menos numerosos que o original e que resume adequadamente a informação contida nas variáveis originais. A técnica busca reduzir o espaço das variáveis, criando eixos ortogonais que são combinações lineares das variáveis originais denominadas componentes principais. É medido o poder de cada variável no seu respectivo componente, o que permite diminuir a estrutura de variáveis originais numa nova estrutura menor que a inicial (FERREIRA, 2008).

Portanto, na ACP é gerado um conjunto de variáveis através da combinação linear das variáveis iniciais que mais contribuem para tornar as amostras diferentes umas das outras. Essas combinações lineares são chamadas de Componentes Principais (CP), e são computadas de tal forma que a CP1 (Primeira Componente Principal) seja aquela que contenha a maior quantidade de informações importantes, a CP2 (Segunda Componente Principal) contenha a segunda maior quantidade de informações importantes e, assim sucessivamente. Cada componente principal é ortogonal entre si para evitar a redundância de informação (FERREIRA, 2008).

De uma maneira geral, a ACP ajuda a correlacionar estaticamente os dados, indicando se determinada amostra é semelhante ou não a outra, qual variável contribui mais para essa diferenciação, se as variáveis estão correlacionadas ou independentes umas das outras, permitindo estabelecer similaridades entre as amostras. A importância de cada CP é expressa em termos de sua respectiva variância, que informa quanta informação é retirada por cada CP. Geralmente, 70% da variância estão contidas nas duas primeiras componentes principais. As direções dos eixos das CPs são especificadas por vetores denominados “loadings”, e a localização dos dados é dada por vetores “scores”. Os “scores” descrevem a estrutura dos dados em termos dos padrões das amostras. Esses vetores mostram as diferenças

ou semelhanças entre os dados estatísticos, ou seja, amostras com “scores” muito próximos na mesma componente principal são similares (JACKSON, 2003; JOLLIFFE, 2002).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

O trabalho teve como objetivo geral estudar e comparar as características físicas, químicas e sensoriais de grãos de soja crus e cozidos de cultivares de soja convencionais (BRS 133 e BRS 258) e para consumo humano (BRS 213, BRS 216 e BRS 267) desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Soja, Londrina – PR.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- ❖ Determinar a composição química e mineral nos grãos de soja (crus e cozidos) das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano;
- ❖ Determinar a atividade das enzimas lipoxigenases nos grãos de soja (crus e cozidos) das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano;
- ❖ Determinar o conteúdo de n-hexanal nos grãos de soja (crus e cozidos) das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano pela técnica de Cromatografia Gasosa (CG) por “headspace”;
- ❖ Quantificar o teor dos ácidos graxos palmítico, oléico, linoléico e linolênico nos grãos de soja (crus e cozidos) das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano pela técnica de Cromatografia Gasosa (CG);
- ❖ Identificar e quantificar o teor das isoflavonas, dos açúcares e dos aminoácidos nos grãos de soja (crus e cozidos) das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE);
- ❖ Determinar as características físicas relacionadas ao tamanho dos grãos, capacidade de absorção de água durante a maceração, integridade e tempo de cozimento nos grãos crus, cor e textura nos grãos de soja crus e cozidos das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano;

- ❖ Identificar e quantificar as características sensoriais nos grãos de soja cozidos das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ);
- ❖ Medir a aceitabilidade nos grãos de soja cozidos das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano utilizando escala hedônica;
- ❖ Identificar os sabores e os gostos básicos nos grãos de soja cozidos das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano utilizando os sensores gustativos eletrônicos (“língua eletrônica”);
- ❖ Correlacionar às respostas das análises químicas, físicas, sensorial descritiva e eletrônica (“língua eletrônica”) dos grãos de soja cozidos das cultivares convencionais e das cultivares para consumo humano;
- ❖ Sugerir o uso mais adequado de cada cultivar visando o preparo de alimentos de soja.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Material**

Os grãos de soja foram fornecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa da Soja (Embrapa Soja). Foram utilizados grãos provenientes das cultivares convencionais BRS 133 e BRS 258 e das cultivares indicadas para consumo humano BRS 213, BRS 216 e BRS 267 desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Soja (Londrina / PR).

Os grãos de soja das cultivares da safra 2005 / 2006 foram cultivados na região de Ponta Grossa – PR (Latitude 25°09', Longitude 50°16', a 975 m de altitude, com temperatura média anual de 17,6 °C).

### **4.2 Preparo do material para as análises**

Foram analisados grãos de soja crus e cozidos.

Os grãos crus foram mantidos em câmara fria a temperatura de 4 °C e no momento da análise foram moídos em moinho de facas (marca TECNAL, modelo TE 631) obtendo-se um pó de granulometria fina em peneira de latão de abertura de 0,150 mm (100 mesh), acondicionados em tubos de plástico de 50 mg e.

Para o processo de cocção primeiramente, os grãos foram dispostos em béqueres de 400 mL e macerados com 200 mL de água destilada a temperatura ambiente (25 °C) durante 16 horas. Logo após, o volume dos béqueres foi completado para 400 mL com água destilada e os materiais foram levados à autoclave (autoclave vertical marca FABRE, modelo 103) durante 5 minutos a temperatura de 121 °C. A água de cocção foi descartada e os grãos cozidos foram colocados em placas de Petri e levados à estufa ventilada (marca FANEM, modelo 320 – SE) a 50 °C durante 72 horas. A seguir, os grãos foram moídos em um moinho de facas (marca TECNAL, modelo TE 631) obtendo-se um pó de granulometria fina em peneira de latão de abertura de 0,150 mm (100 mesh).

### **4.3 Características químicas**

#### **4.3.1 Composição centesimal**

As análises de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas nos grãos de soja crus e nos grãos cozidos foram realizadas segundo os métodos do Instituto Adolfo Lutz (2005). O fator de correção para o cálculo do teor de proteínas foi de 6,25. O conteúdo de carboidratos totais foi calculado por diferença dos demais constituintes. Os resultados foram expressos em  $\text{g kg}^{-1}$  e, em base seca.

#### **4.3.2 Composição mineral**

A composição dos minerais P, Ca, K e Fe presentes nos grãos de soja crus e nos grãos cozidos foi realizada conforme metodologia descrita pelo Instituto Agronômico de Campinas (2001). Os resultados foram expressos em  $\text{g kg}^{-1}$  e, em base seca.

#### **4.3.3 Determinação da atividade das enzimas lipoxigenases**

Para determinar a atividade das enzimas lipoxigenases foram utilizados 100 mg dos grãos de soja crus ou dos grãos cozidos. O material foi homogeneizado em 3 mL de tampão Tris HCl 60 mM a pH 8,2;  $\text{CaCl}_2$  15 mM e sacarose a 13 % em almofariz previamente resfriado a 4 °C, conforme descrito por Hildebrand e Hymowitz (1981). O homogeneizado foi mantido a 4 °C por 30 minutos e então, centrifugado (centrífuga modelo SORVAL SUPER T21) a 35 396 G durante 15 minutos a 4 °C.

A análise da atividade das enzimas lipoxigenases sobre o ácido linoléico foi realizada segundo a metodologia de Axerold et al. (1981), com algumas modificações.

Preparou-se uma solução estoque de linoleato de sódio por meio da homogeneização, com auxílio de espátula de plástico, de 70 mg do ácido linoléico, 70 mg de Tween 20 e 4 mL de água destilada livre de oxigênio obtida em banho de ultra-som sob vácuo por 20 minutos. Para o clareamento da solução, adicionou-se aos poucos NaOH a 0,1 N. A solução foi

transferida para balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com água destilada livre de oxigênio. O balão foi envolvido com papel alumínio e armazenado sob refrigeração a 4 °C até o momento do uso.

A atividade das enzimas lipoxigenases foi determinada em espectrofotômetro (marca CECIL, modelo 3000 Series) misturando-se em cubeta de vidro, 5 µL de extrato e 50 µL da solução estoque de linoleato com 2 mL de tampão fosfato de sódio 50 mM a pH 6. A leitura da atividade das lipoxigenases foi realizada medindo-se o aumento da absorvância a 234 nm ao longo de 1 minuto. Sob as mesmas condições, procedeu-se com o branco, que consistiu da mesma quantidade de substrato e tampão. O resultado da atividade das enzimas foi definido como 1 µmol de hidroperóxido de ácido linolênico minuto<sup>-1</sup>.

#### **4.3.4 Determinação e quantificação do constituinte volátil n-hexanal**

O teor do constituinte n-hexanal foi determinado pela técnica de Cromatografia Gasosa por “headspace” de acordo com Utumi et al. (1998) e Min et al. (2005), com algumas modificações.

Alíquotas de 500 mg dos grãos de soja crus ou dos grãos cozidos foram transferidas para frascos de vidro do tipo “penicilina” adicionando-se em seguida, 10 mL de água Mili-Q. Os frascos foram tampados com tampas de borracha e lacrados com lacres de alumínio com auxílio de uma recravadeira, agitados e levados à estufa (marca FANEM, modelo S.E) a temperatura de 105 °C durante 30 minutos.

O constituinte foi analisado em cromatógrafo a gás (marca HEWLETT PACKARD, modelo 6890) equipado com coluna capilar de sílica de 30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e filme com 0,2 µm de espessura (marca SUPELCO, modelo SP 2340). A injeção manual de 1 mL do “headspace” de cada frasco contendo a amostra foi realizada com auxílio de uma seringa do tipo “gas-tight” (marca AGS, modelo 5182-9604).

As condições de análise foram as seguintes: temperatura inicial da coluna de 45 °C, com acréscimos de 9 °C / minuto até atingir 70 °C, esta temperatura foi mantida constante por 5 minutos e a seguir, atingiu 200 °C no minuto seguinte. A temperatura do injetor foi mantida constante a 150 °C durante toda a análise. Para a detecção do constituinte foi utilizado o

detector de ionização de chamas com temperatura programada em 220 °C. A vazão do gás de arraste (hidrogênio ultrapuro) foi regulado em 20 mL / minuto.

A quantificação foi realizada por padronização externa (área dos picos) através da diluição do padrão (marca SIGMA) em água Milli-Q. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol}$  de hexanal  $\text{mg}^{-1}$  de soja.

#### **4.3.5 Determinação e quantificação dos ácidos graxos**

Os ácidos graxos palmítico, oléico, linoléico e linolênico foram analisados por Cromatografia Gasosa (CG) conforme a metodologia de Rayford et al. (1994).

Alíquotas de 200 mg dos grãos de soja crus ou dos grãos cozidos foram colocadas em tubos de ensaio com capacidade de 25 mL. Após a adição de 5,0 mL de solução de metóxido de sódio ( $\text{NaCH}_3\text{OH}$ ), os tubos de ensaio com as amostras foram tampados e homogeneizados em agitador de tubos do tipo “vortex” (marca PHOENIX, modelo AP 56). Para ocorrer a reação de esterificação, as amostras preparadas foram deixadas em repouso por uma hora a temperatura ambiente (25 °C). Durante este período os tubos de ensaio foram novamente, agitados. A seguir, foram adicionados em cada tubo de ensaio contendo as amostras 1,0 mL da solução aquosa de ácido acético glacial a 10 % e 10 mL de heptano. Os tubos de ensaio foram agitados e 2,0 mL da camada de heptano de cada amostra foram transferidos para os recipientes (vials) próprios para injeção no cromatógrafo gasoso.

A análise dos ácidos graxos foi realizada por meio da injeção manual de 3  $\mu\text{L}$  de cada amostra com auxílio de uma seringa (marca HP, modelo 5181-1267) em cromatógrafo a gás (marca HEWLETT PACKARD, modelo 6890) equipado com coluna capilar de sílica (30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e filme com 0,2  $\mu\text{m}$  de espessura) (marca SUPELCO, modelo SP 2340) e, conduzida por cromatografia isotérmica a 190 °C. Para a detecção foi utilizado o detector de ionização de chamas com a temperatura programada a 300 °C e, a do injetor a 250 °C durante toda a análise. O fluxo de gases foi regulado para o hélio em 40  $\text{mL minuto}^{-1}$ , para o hidrogênio em 40  $\text{mL minuto}^{-1}$  e para o ar sintético em 450  $\text{mL minuto}^{-1}$ .

Para quantificar o teor dos ácidos graxos, foram construídas curvas de calibração (padronização externa) com a diluição de diferentes concentrações do padrão FAME em heptano. Os resultados foram expressos em  $\text{g kg}^{-1}$  e, em base seca.

#### **4.3.6 Determinação e quantificação das isoflavonas**

As análises para determinar e quantificar o teor das isoflavonas nos grãos de soja crus e nos grãos cozidos foram realizadas de acordo com a metodologia preconizada por Berhow (2002). A extração das amostras foi conduzida conforme Carrão-Panizzi et al. (2002).

Cada amostra foi desengordurada com N-hexano a frio. Alíquotas de 100 mg de cada amostra foram transferidas para tubos de ensaio de 10 mL com tampa rosqueável e a seguir, foram adicionados 4 mL da solução extratora (etanol a 70 % contendo 0,1 % de ácido acético). Os tubos foram tampados, homogeneizados e a extração realizada por uma hora a temperatura ambiente (25 °C). Em intervalos de 15 minutos os tubos foram agitados com auxílio de um agitador de tubos tipo “vortex” (marca PHOENIX, modelo AP 56). Após a extração, as amostras foram transferidas para tubos de centrífuga tipo “eppendorff” e mantidas em geladeira (4 °C) para posterior análise por CLAE.

Antes da análise, cada amostra foi centrifugada em microcentrífuga refrigerada (marca EPPENDORFF, modelo 5417 R) por 4 minutos a 35 396 G e a temperatura de 4 °C. O sobrenadante foi então, filtrado em filtros Millex - LH (0,45  $\mu\text{m}$ ). Para a injeção direta no cromatógrafo líquido foram utilizados 20  $\mu\text{L}$  de cada amostra.

A separação e quantificação das isoflavonas foram realizadas em coluna de fase reversa do tipo ODS C18 (YMC-Pack ODS-AM, S-5 mm, 120 A, com diâmetro de 4,6 mm e 250 mm de comprimento), utilizando-se cromatógrafo líquido (HPLC) da marca WATERS, modelo 2690, com injetor automático de amostras. Para a separação das isoflavonas foi usado o sistema de gradiente linear binário tendo-se como fases móveis metanol grau cromatográfico contendo 0,025 % de ácido TFA (ácido trifluoroacético) (solvente A) e  $\text{H}_2\text{O}$  destilada deionizada ultrapura contendo 0,025 % de ácido TFA (solvente B). A condição inicial do gradiente foi de 20 % para o solvente A, atingindo-se 90 % em 35 minutos e retornando a 20 % novamente a 40 minutos. O tempo total de corrida foi de 50 minutos. A vazão da fase móvel foi de 1  $\text{mL minuto}^{-1}$  e a temperatura durante a corrida mantida constante a 25 °C.

Para a detecção das isoflavonas foi utilizado o detector de arranjo de diodos da marca WATERS, modelo 996, ajustado para o comprimento de onda de 254 nm. A identificação das isoflavonas foi realizada pela mistura dos padrões de daidzina, daidzeína, genistina e genisteína (marca SIGMA) em metanol (grau HPLC) nas seguintes concentrações: 0,00625 mg mL<sup>-1</sup>; 0,0125 mg mL<sup>-1</sup>; 0,0250 mg mL<sup>-1</sup>; 0,0500 mg mL<sup>-1</sup> e 0,1000 mg mL<sup>-1</sup>.

A quantificação das isoflavonas por padronização externa (área dos picos) foi feita utilizando as referências dos padrões. Todos os resultados foram expressos em g kg<sup>-1</sup>, em base seca.

#### **4.3.7 Determinação e quantificação dos açúcares**

Os açúcares presentes nos grãos de soja crus e nos grãos cozidos foram determinados de acordo com o método descrito por Masuda et al. (1996) e Mandarino et al. (2000).

Para a extração dos açúcares, foram transferidas alíquotas de 2000 mg de cada amostra para tubos de plástico de cultura de células de fundo cônico (tipo falcon) com tampa rosqueável e graduados com volume de 50 mL. Em cada tubo foram adicionados 20 mL da solução de etanol a 80 %, homogeneizando-se as amostras com auxílio de um triturador de tecidos de haste longa (tipo polytron) por 2 minutos, em alta rotação. A seguir, as amostras foram centrifugadas (centrífuga marca SORVAL, modelo TC) durante 5 minutos a 9 439 G e o sobrenadante transferido para novos tubos. A operação de extração foi novamente repetida com 20 mL da solução de etanol, lavando-se a haste do polytron com etanol a 80 %. Os sobrenadantes obtidos na primeira e na segunda extração foram adicionados juntos ao tubo de plástico do tipo falcon completando-se o volume até 45 mL com a solução de etanol a 80 %.

Foram pipetados 300 µL de cada extrato obtido e transferido para tubos de plástico tipo “ependorff”, adicionando-se 1,0 mL da solução de diluição do extrato preparada em balão de 50 mL com 5,0 mL da solução de etanol a 80 % e 45 mL de água Mili-Q. Os tubos foram centrifugados (centrífuga refrigerada, marca EPPENDORF, modelo 5417R) a 14 000 rpm por 10 minutos e a temperatura de 4 °C. O sobrenadante foi filtrado em filtros Millex - LH (0,45 µm), coletado em recipientes (vials) próprios do cromatógrafo e armazenado a 4 °C para posterior análise dos açúcares por Cromatografia de Troca Iônica.

A separação e a quantificação dos açúcares foram realizadas em cromatógrafo de troca iônica (marca DIONEX BIO LC) equipado com detector amperométrico, eletrodo de AgCl (marca DIONEX, modelo ED 50), cela amperométrica de ouro e auto-injetor de amostras. Para a separação foi usada a pré-coluna CarboPac PA 10 (DIONEX com 100 mm de comprimento x 4 mm de diâmetro interno) e a coluna CarboPac PA 10 (250 mm de comprimento x 4 mm de diâmetro interno e partículas de 5  $\mu\text{m}$ ) adotando-se o sistema isocrático, tendo-se como fase móvel a solução de NaOH a 50 mM na vazão de 1,0 mL  $\text{minuto}^{-1}$  a 25 °C. O volume de injeção de cada amostra foi de 10  $\mu\text{L}$ .

A identificação dos açúcares foi realizada utilizando a referência dos padrões e a quantificação por padronização externa (área dos picos) com a diluição dos padrões (marca SIGMA) em solução de etanol a 80 % e, em diferentes concentrações. Os resultados foram expressos em  $\text{g kg}^{-1}$ , em base seca.

#### **4.3.8 Determinação e quantificação dos aminoácidos**

A determinação dos aminoácidos nos grãos de soja cozidos foi realizada pela técnica de Cromatografia de Troca Iônica com derivação pós-cromatográfica por ninidrina pelo método de Spackman et al. (1963). As análises foram realizadas na Universidade de São Paulo (USP) pelo Departamento de Química de Proteínas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto.

Para a extração dos aminoácidos, primeiramente os grãos de soja cozidos foram desengordurados com N-hexano a frio. A seguir, procedeu-se à hidrólise ácida e alcalina de cada amostra.

Para a hidrólise ácida, alíquotas contendo 0,5 a 10 nmol em proteína foram transferidas para tubos de borossilicato (10 x 150 mm) (marca PYREX). Foi então, adicionado 0,5 mL de HCl 6 N. As ampolas foram colocadas em atmosfera de nitrogênio, seladas a vácuo e mantidas a 110 °C por 22 horas. Após este período, o HCl foi evaporado em dessecador e o conteúdo da ampola diluído em tampão citrato de sódio (marca MERCK) a 0,17 M e pH 2,2 contendo 15 % de polietilenoglicol 400 (v/v) (Becto) e tioglicol a 0,12 % (v/v).

Para quantificação do triptofano foi feita uma hidrólise alcalina com LiOH 4 N, de acordo com a técnica descrita por Lucas e Sotelo (1980). Foi adicionado às amostras 0,5 mL de LiOH 4 N em ampolas de borossilicato (10 x 150 mm) (marca PYREX). As ampolas foram seladas a vácuo como descrito anteriormente e mantidas a 110 °C por 24 horas. Terminado este período, o conteúdo das ampolas foi neutralizado (pH 7 a 7,5) com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 85% e a solução foi centrifugada e filtrada em membrana Millipore de 0,22 µm. O filtrado foi então, transferido quantitativamente para um volume final conhecido com solução tampão de citrato de sódio a 0,17 M e pH 2,2 contendo 15 % de polietilenoglicol 400.

A separação e a quantificação dos aminoácidos foram realizadas em cromatógrafo de troca iônica (marca DIONEX BIO LC) utilizando-se um analisador automático (ALONSO; HIRS, 1968). O analisador automático consiste de duas colunas, sendo uma curta (0,6 x 17 cm) usada para fracionar aminoácidos básicos e uma coluna longa (0,6 x 42 cm) para fracionar aminoácidos ácidos e neutros. Ambas contêm a mesma resina trocadora catiônica (marca AMINO ACID ANALYSIS RESIN – PIERCE, modelo PC - 6A) e são equilibradas e eluídas com tampões de diferentes pH e força iônica. O eluato da coluna entra em contato com a solução de ninidrina por 10 minutos a aproximadamente 100 °C (banho de água fervente). A ninidrina reage com os aminoácidos formando produtos que são detectados colorimetricamente em dois comprimentos de onda: 440 nm para prolina (cubeta de 6 mm de caminho óptico) e 570 nm para os demais aminoácidos (cubeta de caminho óptico de 12 mm) e então, registrados graficamente. A temperatura inicial das colunas foi programada a 55 °C e, posteriormente a 75 °C, durante toda a análise. A eluição iniciou-se com o tampão citrato de sódio em pH 3,25 elevando-se para 4,25 e depois para 5,28 até o final da corrida.

A identificação dos aminoácidos foi realizada conhecendo-se o tempo de retenção dos picos e comparando-se com um padrão e, a quantificação foi feita calculando-se a área dos picos. O cálculo da área sob os picos forneceu a concentração de aminoácidos (nmoles) existente no volume de amostra aplicada. Com a concentração da solução de amostra aplicada, foi calculado o número de nmoles de aminoácidos por miligrama de amostra. Este valor foi transformado em miligramas de aminoácidos por miligrama de amostra, uma vez que o peso molecular de cada aminoácido é conhecido. Com o valor da quantidade de todos os aminoácidos em miligramas de aminoácido por miligrama de amostra, calculou-se a porcentagem de proteína da amostra. Os resultados foram expressos em µmol mg<sup>-1</sup> de amostra, em base seca. Para a comparação com os padrões estabelecidos pela FAO (1985) os resultados dos aminoácidos essenciais (triptofano, lisina, histidina, leucina, treonina,

sulfurados (metionina e cistina), aromáticos (fenilalanina e tirosina), valina e isoleucina) foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup> de proteína.

## **4.4 Características físicas**

### **4.4.1 Tamanho dos grãos**

O tamanho dos grãos de soja crus foi estabelecido de acordo com a massa (g) de 100 unidades e classificado conforme descrito por Yokomizo et al. (2000) em:

- Pequeno < 10 gramas;
- Médio de 10 a 20 gramas;
- Grande > 20 gramas.

### **4.4.2 Capacidade de absorção de água durante a maceração**

Os grãos de soja crus foram macerados em água destilada durante 16 horas a temperatura ambiente (25 °C) na proporção de 1 : 5 (p / v). A diferença de peso do grão antes e após a maceração foi calculada como capacidade de absorção de água e expressa em massa (g) de água absorvida por 100 g de amostra. Os resultados, portanto foram expressos em g de água absorvida / 100 g de amostra.

### **4.4.3 Tempo ótimo de cozimento**

O tempo de cozimento dos grãos de soja crus foi medido de acordo com Meneguice et al. (2005) utilizando o equipamento de MATTSON adaptado. O equipamento é composto por 25 hastes verticais, com peso de 90 g, cuja ponta fica apoiada sobre o grão de soja durante o teste. Assim, quando o grão apresenta-se cozido é penetrado pela haste.

Primeiramente, os grãos de soja foram macerados durante 16 horas em água destilada e a temperatura ambiente (25 °C). Logo após, foram colocados no equipamento e o tempo ótimo de cozimento foi determinado quando 50 % e mais um dos cilindros penetraram nos grãos.

Os resultados foram expressos em minutos.

#### **4.4.4 Integridade dos grãos após o cozimento**

Para avaliar a integridade, 20 g de grãos de soja crus foram macerados por 16 horas a temperatura ambiente (25 °C) em béqueres de 400 mL contendo 200 mL de água destilada. A seguir, completou-se o volume dos béqueres e então, as amostras foram levadas à autoclave (marca FABRE, modelo 103) durante 5 minutos a temperatura de 121 °C para o cozimento dos grãos. Após a cocção foi verificada a quantidade de grãos com perda da casca e com os cotilédones partidos. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de grãos íntegros.

#### **4.4.5 Cor dos grãos**

Os parâmetros de cor L\*(luminosidade); a\*(componente vermelho – verde); b\*(componente amarelo – azul) dos grãos de soja crus e cozidos foram determinados utilizando colorímetro (marca MINOLTA CO., JAPAN, modelo CR – 13) com ângulo do observador de 10 ° e iluminante D65. Os grãos foram dispostos em placas de Petri tomando-se cinco medidas em cinco pontos da placa (no lado superior, inferior, direito, esquerdo e no meio).

#### **4.4.6 Dureza dos grãos**

A dureza dos grãos de soja crus e cozidos foi determinada em Newton (N) utilizando o Texturômetro TA – XT2 (Texture Technologies Crop., White Plains) com 30 repetições por amostra, sendo cada repetição um grão.

Os grãos, selecionados ao acaso, foram submetidos à força de compressão a uma velocidade constante de 2,0 mm / segundo, com a compressão realizada com 70 % da altura inicial utilizando-se o cilindro de alumínio (P25 L com 2,5 de diâmetro).

## **4.5 Características sensoriais**

### **4.5.1 Análise sensorial**

A análise sensorial foi realizada após a aprovação do projeto (n° 326/06-CEP/UEL) pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR (Anexo 1) e o modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelos provadores está no Anexo 2.

Os testes foram conduzidos no laboratório de análise sensorial da Embrapa Soja, Londrina – PR.

Nas sessões individuais, os provadores avaliaram as amostras em cabines individuais, sob luz branca fluorescente e à temperatura ambiente (25 °C).

Para avaliar as amostras durante as sessões de treinamento da terminologia descritiva e durante as sessões individuais da avaliação do perfil sensorial e da aceitação dos grãos de soja cozidos, os provadores foram instruídos a enxaguar a boca com água mineral a temperatura ambiente (25 °C) antes da primeira amostra e entre cada amostra e, fazer uma pausa de aproximadamente 5 minutos entre as avaliações. As amostras, codificadas com números de 3 dígitos, durante as sessões em grupo e individuais, foram apresentadas em copos plásticos de 50 mL com tampas contendo 10 grãos de soja cozidos e caldo de cozimento para melhor percepção do aroma. As amostras foram mantidas em banho-maria durante as avaliações e servidas à temperatura de 45 °C.

#### **4.5.1.1 Análise descritiva quantitativa (ADQ)**

A análise descritiva quantitativa dos grãos de soja cozidos foi conduzida de acordo com os procedimentos propostos por Stone e Sidel (2004).

#### **4.5.1.2 Recrutamento e pré-seleção dos provadores**

Os provadores foram recrutados dentre os funcionários da Embrapa Soja e selecionados em função de seus desempenhos em testes de reconhecimento de gostos e odores básicos e de ordenação de intensidade de dureza e cor (PENNA, 1980; MEILGAARD et al., 1999).

No recrutamento foi solicitado o preenchimento de um questionário (Anexo 3) para a obtenção de informações sobre os provadores quanto ao interesse, disponibilidade de tempo para a realização dos testes, saúde, afinidade com o produto a ser avaliado e facilidade de expressão.

A capacidade dos voluntários em reconhecer os gostos básicos foi avaliada por meio do teste proposto por Caul apud Penna (1980), onde cada indivíduo avaliou o gosto de uma série de soluções aquosas contendo sacarose (0,2 e 0,5 %), ácido tânico (0,05; 0,10 e 0,15 %), cloreto de sódio (0,02 e 0,08 %), cafeína (0,05; 0,10 e 0,15 %) e glutamato monossódico (0,1 e 0,008 %) (Figura 5). Os indivíduos que não conseguiram identificar pelo menos uma das soluções referentes a cada gosto básico foram eliminados da equipe sensorial a ser formada.



### TESTE DE RECONHECIMENTO DOS GOSTOS BÁSICOS

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Por favor, prove cada solução duas vezes e descreva a qualidade do gosto (doce, ácido, salgado, amargo, umami e outros). Enxágüe a boca entre uma amostra e outra.

Amostra	Doce	Ácido	Salgado	Amargo	Umami	Outros
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

**Figura 5** – Ficha utilizada na seleção de provadores para o reconhecimento dos gostos básicos

A capacidade dos indivíduos em reconhecer os odores foi avaliada em teste sensorial onde foi solicitado a cada voluntário descrever a qualidade do odor de uma série de 15 substâncias aromáticas diferentes encontradas no cotidiano (Figura 6). As amostras foram colocadas sobre algodão contido no fundo de erlenmeyer recobertos com papel alumínio, codificados e tampados com papel alumínio perfurado. A porcentagem de acerto para cada aroma específico foi calculada por meio de contagem de pontos (3 pontos = termo correto; 2 pontos = termo descritivo ou associativo; 1 ponto = termo errado; 0 = sem resposta). Os indivíduos que não atingiram o mínimo de 60 % de acerto foram excluídos da equipe sensorial a ser formada (MEILGAARD et al., 1999).



dureza de cada produto foi confirmada pela medida em texturômetro TA-XT2. As amostras foram comprimidas a 25 % da altura inicial com uma força de 0,05 N utilizando um ciclo de compressão à velocidade constante de 2,0 mm / s com sensor (“probe”) cilíndrico P25 / L (Tabela 1).



**TESTE DE ORDENAÇÃO DE INTENSIDADE DE DUREZA**

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Por favor, ordene as amostras de acordo com a dureza (força requerida para romper um alimento entre os dentes molares). Ordene a amostra menos dura como a primeira e a amostra mais dura como a última.

Primeira: \_\_\_\_\_

Segunda: \_\_\_\_\_

Terceira: \_\_\_\_\_

**Figura 7** – Ficha utilizada na seleção de provador referente ao teste de ordenação de intensidade de dureza

**Tabela 1** – Amostras utilizadas para o teste de ordenação de intensidade de dureza e os resultados medidos em texturômetro.

<i>Produto</i>	<i>Tipo</i>	<i>Marca</i>	<i>Tamanho</i>	<i>Dureza (N)*</i>
Castanha de caju	Torrada	Iracema	1 unidade	24,56
Cenoura	Crua	“In natura”	Cubo de 2,0 cm	284,14
Bala	Dura	Bollete	1 unidade	281,43
Amendoim	Torrado	Iracema	1 unidade	41,55
Ervilha	Em conserva	Jurema	1 unidade	0,50
Milho	Em conserva	Jurema	1 unidade	2,12

\* média de quatro repetições; as amostras foram avaliadas a temperatura ambiente (25 °C)

Também, foi aplicado aos voluntários um teste de ordenação para verificar a capacidade em discriminar a intensidade de cor. Foi solicitado aos provadores que indicassem a ordem crescente de coloração das amostras de leite de vaca com adição de diferentes concentrações de corante alimentício caramelo (Figura 8). Os candidatos que atingiram 100 % de acertos foram selecionados (MEILGAARD et al., 1999).

A coloração de cada amostra foi confirmada utilizando colorímetro digital (marca COLOR READER MINOLTA Co. LTD, Japan) (Tabela 2 ).



**TESTE DE ORDENAÇÃO DE INTENSIDADE DE COR**

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_/\_\_/\_\_

Por favor, ordene as amostras de acordo com a coloração. Ordene a amostra mais clara como a primeira e a amostra mais escura como a última.

Primeira: \_\_\_\_\_

Segunda: \_\_\_\_\_

Terceira: \_\_\_\_\_

**Figura 8** – Ficha utilizada para a seleção de provador referente ao teste de ordenação de intensidade de cor

**Tabela 2** – Amostras utilizadas para o teste de ordenação de cor e os resultados obtidos em colorímetro digital.

<i>Produto</i>	<i>Tipo</i>	<i>Marca</i>	<i>Concentração</i>	<i>Cor<sup>1</sup></i>
Leite de vaca	Integral	Parmalat	1:20 (v/v)	L* = 45,57 a* = - 6,9 b* = 18,37
Leite de vaca	Integral	Parmalat	2:20 (v/v)	L* = 59,12 a* = - 9,65 b* = 38,75
Leite de vaca	Integral	Parmalat	3:20 (v/v)	L* = 67,85 a* = - 11,10 b* = 52,75

<sup>1</sup>média de quatro repetições, sendo: L\* = luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a\* = componente vermelho (+) e verde (-) e b\* = componente amarelo (+) e azul (-); as amostras foram avaliadas a temperatura ambiente (25 °C).

Devido à dificuldade que a maioria dos provadores apresentam quanto à percepção do gosto amargo e da sensação de adstringência em produtos de soja (CARRÃO-PANIZZI et al., 1999) foi aplicado um teste de intensidade utilizando soluções do ácido tânico (adstringência) nas concentrações de 0,25; 0,5 e 0,75 g / L e da cafeína (amargo) nas concentrações de 0,3; 0,6 e 1,3 g / L (Figura 9). As soluções foram colocadas em copos plásticos de 50 mL com tampas contendo 20 mL de cada, codificadas com números de três dígitos e servidas aleatoriamente a cada voluntário. Os provadores que obtiveram 100 % de acertos foram selecionados para participar da equipe sensorial a ser formada.



### TESTE DE RECONHECIMENTO DOS GOSTOS

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Por favor, prove cada solução duas vezes e marque com um (x) a qualidade do gosto (amargo ou adstringente). Enxágüe a boca entre uma amostra e outra.

AMOSTRA	AMARGO	ADSTRINGENTE
_____	( )	( )
_____	( )	( )
_____	( )	( )
_____	( )	( )
_____	( )	( )
_____	( )	( )

**Figura 9** – Ficha utilizada para avaliação da capacidade dos provadores em reconhecer o gosto amargo e a sensação de adstringência

Após o recrutamento e avaliação dos candidatos quanto à capacidade de reconhecer os cinco gostos e sensação de adstringência, odores básicos, ordenar diferentes amostras quanto à intensidade de dureza e cor, foram pré-selecionados 10 provadores, sendo 4 do sexo masculino e 6 do sexo feminino com idades entre 28 e 45 anos.

#### **4.5.1.3 Desenvolvimento da terminologia descritiva, treinamento e seleção final de provadores**

O desenvolvimento da terminologia descritiva foi conduzido utilizando-se o Método Rede (MOSKOWITZ, 1983). Em cabines individuais de avaliação sensorial, foram apresentados aos pares, aos voluntários previamente selecionados, os grãos cozidos provenientes das cultivares de soja convencionais BRS 133 e BRS 258 e das cultivares de soja indicadas para consumo humano BRS 213, BRS 216 e BRS 267. A cada provador foi solicitado para que descrevesse as semelhanças e as diferenças entre as amostras de cada par com relação à aparência, aroma, sabor e textura (Figura 10). Um par de amostras foi avaliado

em cada sessão. Na primeira sessão foram apresentados aos provadores os grãos de soja cozidos das cultivares BRS 133 e BRS 213, na segunda os grãos cozidos das cultivares BRS 216 e BRS 267 e, na última sessão os pares das amostras provenientes das cultivares de soja BRS 258 e Embrapa 48.

Uma discussão em grupo foi conduzida com o objetivo de selecionar os termos descritivos mais citados, agrupar os semelhantes e sugerir amostras de referência representando os aspectos qualitativo (significado) e quantitativo de cada um para serem utilizadas durante o treinamento.

Sessões suplementares de avaliação das amostras de referência e de discussão em grupo foram realizadas para que os provadores pudessem se familiarizar com os termos descritivos. E em consenso, elaborar o glossário com indicação das amostras de referência (Tabela 3) e a ficha de avaliação das amostras (Figura 11). A escala utilizada foi a não estruturada de 9 cm ancorada nos extremos com as palavras que indicavam o aumento da intensidade de cada atributo da esquerda para a direita (STONE; SIDEL, 2004).



**FICHA PARA O LEVANTAMENTO DA TERMINOLOGIA DESCRITIVA  
(MÉTODO REDE)**

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Por favor, compare as duas amostras quanto à aparência, aroma, sabor e textura e, descreva em que elas são semelhantes e em que são diferentes.

Semelhanças	Diferenças
-------------	------------

Aparência:

Aroma:

Sabor:

Textura:

**Figura 10** – Ficha utilizada para o Método Rede

**Tabela 3** – Definições e referências para os termos descritores ou atributos sensoriais levantados pelos provadores.

<b>Atributos</b>	<b>Definição</b>	<b>Referência</b>
<b>Aparência</b>		
Tamanho do grão	Refere-se à dimensão dos grãos.	<b>Pequeno:</b> grãos crus de lentilha da marca Yoki, do tipo 1, classe graúdo. <b>Grande:</b> grãos crus de feijão branco da marca Stival, do tipo 1.
Formato dos grãos	Refere-se à aparência dos grãos (alongado ou redondo).	<b>Alongado:</b> grãos crus de feijão branco da marca Stival, do tipo 1. <b>Redondo:</b> grãos de ervilha verde enlatada da marca Quero.
Cor Creme do grão	Intensidade de cor branco-amarelada como a cor creme.	<b>Clara:</b> mini milho verde em conserva da marca Fine Food Sabori. <b>Intensa:</b> grãos de bico da marca Kisabor, cozidos em água destilada durante 50 minutos.
Cor do hilo	Intensidade de cor da área da superfície dos grãos na qual se prende o funículo.	<b>Clara:</b> grãos de soja da cultivar BRS 213 cozidos em água destilada e, em autoclave a 121°C durante 5 minutos. <b>Escuro:</b> grãos de soja da cultivar BRS 133 cozidos em água destilada e, em autoclave a 121°C durante 5 minutos.
<b>Aroma</b>		
De ranço	Refere-se ao aroma ou cheiro de óleo de fritura velho.	<b>Nenhum:</b> água destilada. <b>Forte:</b> 2 gotas de óleo de soja (marca Liza) diluídas em 50 mL de água destilada e, aquecidas em microondas durante 10 minutos.
De feijão cozido	Aroma ou cheiro semelhante ao do feijão comum cozido.	<b>Nenhum:</b> água destilada. <b>Forte:</b> grãos de feijão carioca da marca Kisabor, do tipo 1, cozidos em água destilada e, em panela de pressão durante 50 minutos.
Adocicado	Aroma associado a alimentos doces.	<b>Fracos:</b> grãos de lentilha da marca Yoki, do tipo 1, classe graúdo, cozidos em água destilada durante 30 minutos. <b>Forte:</b> mini milho verde em conserva da marca Fine Food Sabori fervido em água destilada durante 50 minutos.
<b>Sabor</b>		
De feijão cozido	Sabor relacionado ao do feijão comum cozido.	<b>Nenhum:</b> água destilada. <b>Forte:</b> grãos de feijão carioca da marca Kisabor, do tipo 1, cozidos em água destilada e, em panela de pressão durante 50 minutos.

De ranço	Sabor relacionado a óleo de fritura velho.	<b>Nenhum:</b> água destilada. <b>Forte:</b> 2 gotas de óleo de soja diluídas em 50 mL de água destilada e, aquecidas em microondas durante 10 minutos.
Doce	Gosto associado à solução de sacarose.	<b>Nenhum:</b> água destilada. <b>Forte:</b> solução de sacarose em água destilada a 0,5 %.
Amargo	Gosto associado à solução de cafeína.	<b>Nenhum:</b> água destilada. <b>Forte:</b> solução de cafeína em água destilada a 0,02 %.
Adstringente	Associado à solução de ácido tânico que provoca a sensação de “amarrar” a boca.	<b>Nenhum:</b> água destilada. <b>Forte:</b> solução de ácido tânico em água destilada a 0,01 %.
Umami	Gosto associado à solução de glutamato monossódico que lembra um alimento salgado e adocicado ao mesmo tempo.	<b>Nenhum:</b> água destilada. <b>Forte:</b> solução de glutamato monossódico em água destilada a 0,08 %.
<b>Textura</b>		
Dureza	Força necessária para comprimir os grãos entre os dentes.	<b>Pouca:</b> grãos de feijão carioca da marca Kisabor, do tipo 1, cozidos em água destilada em panela de pressão durante 50 minutos. <b>Muita:</b> grãos de bico da marca Kisabor, cozidos em água destilada durante 30 minutos.



Soja

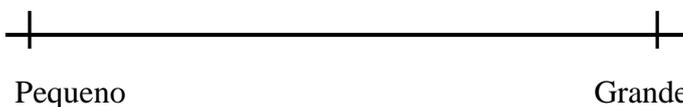
### FICHA PARA AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

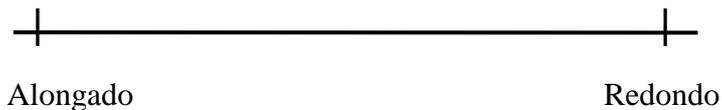
Avalie, por favor, a intensidade de cada descritor utilizando a escala abaixo correspondente.

#### APARÊNCIA

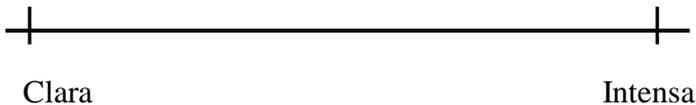
Tamanho do grão



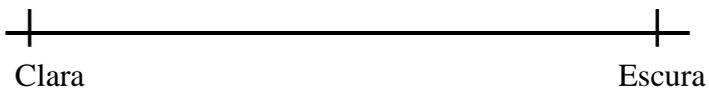
Formato do grão



Cor Creme do grão

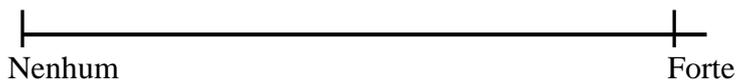


Cor do hilo

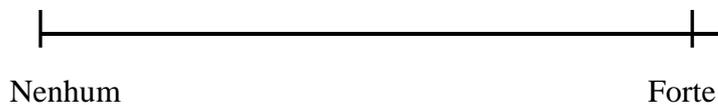


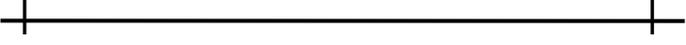
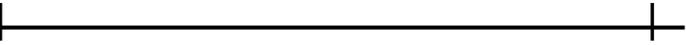
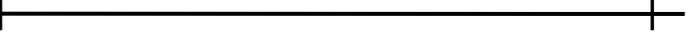
#### AROMA

De ranço



De feijão cozido



Adocicado	
	Fraco <span style="float: right;">Forte</span>
<b>SABOR</b>	
De feijão cozido	
	Fraco <span style="float: right;">Forte</span>
De ranço	
	Nenhum <span style="float: right;">Forte</span>
Doce	
	Nenhum <span style="float: right;">Forte</span>
Amargo	
	Nenhum <span style="float: right;">Forte</span>
Adstringente	
	Nenhum <span style="float: right;">Forte</span>
Umami	
	Nenhum <span style="float: right;">Forte</span>
<b>TEXTURA</b>	
Dureza	
	Pouca <span style="float: right;">Muita</span>

**Figura 11** – Ficha utilizada no treinamento, seleção final dos provadores e na avaliação das amostras

Durante as sessões de treinamento, quanto ao uso da escala, foram apresentados aos provadores os materiais de referência representando os extremos da escala para cada um dos atributos (descritores) e o glossário com as definições. Foram realizadas sete sessões de treinamento com duração de 1 hora.

Para a seleção final dos provadores, avaliou-se o desempenho de cada um quanto ao poder de discriminação, repetibilidade dos resultados e consenso entre os membros da equipe (STONE; SIDEL, 2004; DAMÁSIO; COSTELL, 1991). Foram apresentadas três amostras de grãos cozidos (Tabela 4) utilizando o delineamento de blocos completos casualizados. Foi solicitado aos provadores que avaliassem os atributos definidos utilizando a ficha de avaliação elaborada pela equipe sensorial (Figura 11). O teste foi repetido três vezes.

**Tabela 4** – Amostras utilizadas para a seleção final dos provadores.

<b>Amostras dos grãos de soja cozidos</b>	<b>Tempo de cozimento em autoclave a 121 °C</b>
Embrapa 48	5 minutos
BRS 213	5 minutos
BRS 267	5 minutos

Os dados de cada provador para cada atributo foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de dois fatores (amostra e repetições) e, ao teste F de Snedecor utilizando-se o programa SAS - Statistical Analysis System, versão 8.2 (2001).

Foram computados os níveis de significância (p) dos valores de  $F_{amostra}$  e  $F_{repetição}$ . Os critérios de seleção adotados foram  $p$  de  $F_{amostra} \leq 0,5$  para o poder discriminativo e  $p$  de  $F_{repetição} \geq 0,05$  para repetibilidade nos julgamentos (Anexo 4 e 5). Um provador pode não apresentar boa discriminação ou repetibilidade em até quatro atributos, considerando-se os 14 atributos avaliados. A concordância dos provadores com a equipe foi verificada através da comparação das médias individuais para cada atributo com a média da equipe sensorial (Anexo 6) (DAMÁSIO; COSTELL, 1991; POWERS et al., 1984).

Para seleção dos provadores também foram consideradas as dificuldades para descrição de atributos de sabor de soja e seus produtos (LIU, 1999; TORRES-PENARANDA et al., 1998; TORRES-PENARANDA; REITMEIER, 2001).

Dessa forma permaneceram na equipe final os 10 provadores.

#### **4.5.1.4 Perfil sensorial das cultivares de soja**

Os grãos de soja cozidos, das cinco cultivares em estudo, foram apresentados sequencialmente e em ordem aleatória aos provadores, em cabines individuais, para que avaliassem os atributos referentes à aparência, aroma, sabor e textura utilizando a ficha de avaliação (Figura 11) desenvolvida durante as sessões de treinamento.

#### **4.5.2 Aceitabilidade dos grãos de soja cozidos**

O teste de aceitabilidade quanto aos atributos aparência, cor, aroma, sabor, textura e aceitabilidade global (STONE; SIDEL, 2004) foi conduzido utilizando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos conforme a ficha de avaliação apresentada na Figura 12. Participaram da avaliação 30 consumidores de produtos de soja recrutados dentre os funcionários da Embrapa Soja, Londrina - PR. As amostras foram servidas sequencialmente e, em ordem aleatória.



NOME : \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Por favor, avalie a amostra codificada e utilize a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou da amostra.

- 9 = gostei extremamente
- 8 = gostei muito
- 7 = gostei moderadamente
- 6 = gostei ligeiramente
- 5 = nem gostei / nem desgostei
- 4 = desgostei ligeiramente
- 3 = desgostei moderadamente
- 2 = desgostei muito
- 1 = desgostei extremamente

<i>Amostra</i>	<i>Aparência</i>	<i>Cor</i>	<i>Aroma</i>	<i>Sabor</i>	<i>Textura</i>	<i>Aceitação Global</i>
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

**Figura 12** – Ficha de avaliação da aceitabilidade dos grãos de soja cozidos

#### **4.5.3 Avaliação sensorial dos grãos de soja cozidos utilizando os sensores gustativos eletrônicos (“língua eletrônica”)**

Os grãos de soja cozidos foram analisados no laboratório de Microeletrônica da Escola da Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) com uma “língua eletrônica” (Figura 13) composta de 8 sensores poliméricos.

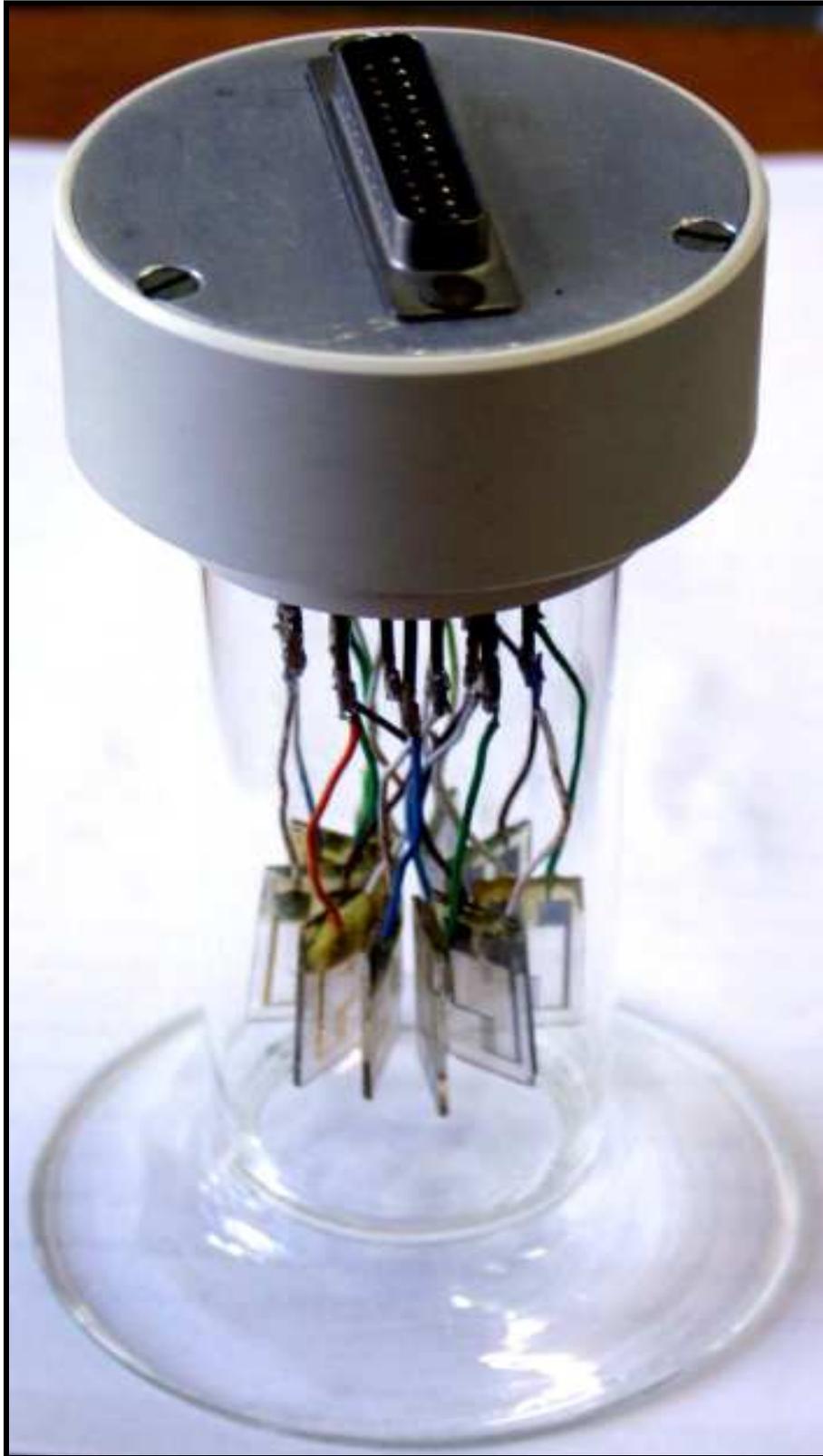
Na análise pela “língua eletrônica”, as substâncias presentes em cada amostra provocam alterações elétricas nos sensores. Essas alterações são transmitidas de cada sensor utilizado para o equipamento medidor de impedância (ohms). Essas mudanças são conduzidas para o computador e, um “software” instalado converte os sinais recebidos em valores numéricos de capacitância (Farad). Os valores de capacitância são posteriormente processados

por métodos de análise multivariada, como a Análise de Componentes Principais (ACP), que permitem visualizar a discriminação e classificação das amostras.

#### **4.5.3.1 Fabricação dos sensores**

Os sensores foram fabricados pela técnica de automontagem empregando-se um sistema automático de deposição de filmes desenvolvido pelo grupo de eletrônica molecular da Escola Politécnica da USP (Figura 14).

Para os filmes foram empregados os polímeros condutores como polianilina, poli(o-etoxianilina), poli(3,4-etileno dioxitiofeno) e polipirrol, em combinações com outros polímeros como poliestireno sulfonado, lignina sulfonada e hidrocloreto de polialilamina. Todos os polímeros foram obtidos no mercado, com exceção das polianilinas que foram sintetizadas segundo procedimento descrito na literatura (MATTOSO et al., 1995).



**Figura 13** – “Língua eletrônica” contendo os sensores poliméricos



**Figura 14** – Sistema automático de deposição por automontagem dos filmes poliméricos para os sensores da “língua eletrônica”

Os filmes foram depositados sobre substratos de placas de vidro ótico (BK7 30 x 10 x 1 mm) contendo o eletrodo interdigitado de ouro. Após a limpeza em solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  /  $\text{H}_2\text{O}_2$  por 1 hora em ultra-som, as placas de vidro foram enxaguadas com água destilada deionizada e, a seguir imersas por 40 minutos em solução  $\text{H}_2\text{O}_2$  /  $\text{H}_2\text{O}_2$  /  $\text{NH}_4\text{OH}$  sob ultra som.

A deposição dos filmes sobre os substratos de placas de vidro ótico foi realizada através da adsorção espontânea dos polímeros em solução a um substrato sólido de vidro contendo um eletrodo interdigitado de ouro, a partir de interações eletrostáticas. A deposição pode ser descrita pelas seguintes etapas: 1) imersão do substrato de vidro contendo o eletrodo interdigitado de ouro na solução do polycation (polímero condutor) por 3 minutos e lavagem do conjunto em solução aquosa de HCl com mesmo pH; 2) secagem do filme com fluxo de nitrogênio gasoso; 3) imersão do substrato de vidro com uma camada na solução do poliânion (outros polímeros) pelo mesmo tempo. Conforme o número de bicamadas desejadas realiza-se a repetição do processo (Figura 15).

Os sensores eletrônicos foram compostos pelos seguintes materiais:

Sensor 1: Hidrocloro de Polialilamina / Lignina Sulfonada;

Sensor 2: Poli(o-etoxianilina) / Poli(estireno-sulfonado de sódio);

Sensor 3: Poli(o-metoxianilina) / Poli(3,4-etilenodioxitiofeno);

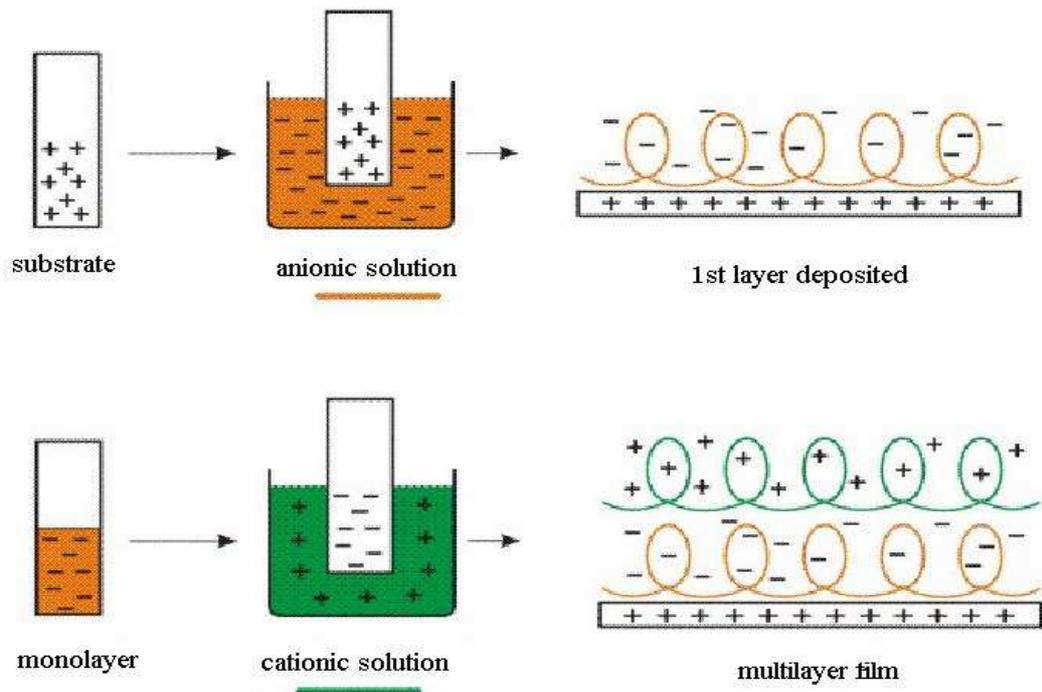
Sensor 4: Polianilina / Ftalocianina de níquel tetrasulfonada;

Sensor 5: Poli(o-metoxianilina) / Polipirrol;

Sensor 6: Sensor de Referência (sem filmes depositados);

Sensor 7: Polianilina / Lignina Sulfonada e

Sensor 8: Hidrocloro de Polialilamina / Ftalocianina de níquel tetrasulfonada.



**Figura 15** – Deposição dos filmes condutores pela técnica de automontagem (Fonte: MATTOSO et al., 2002)

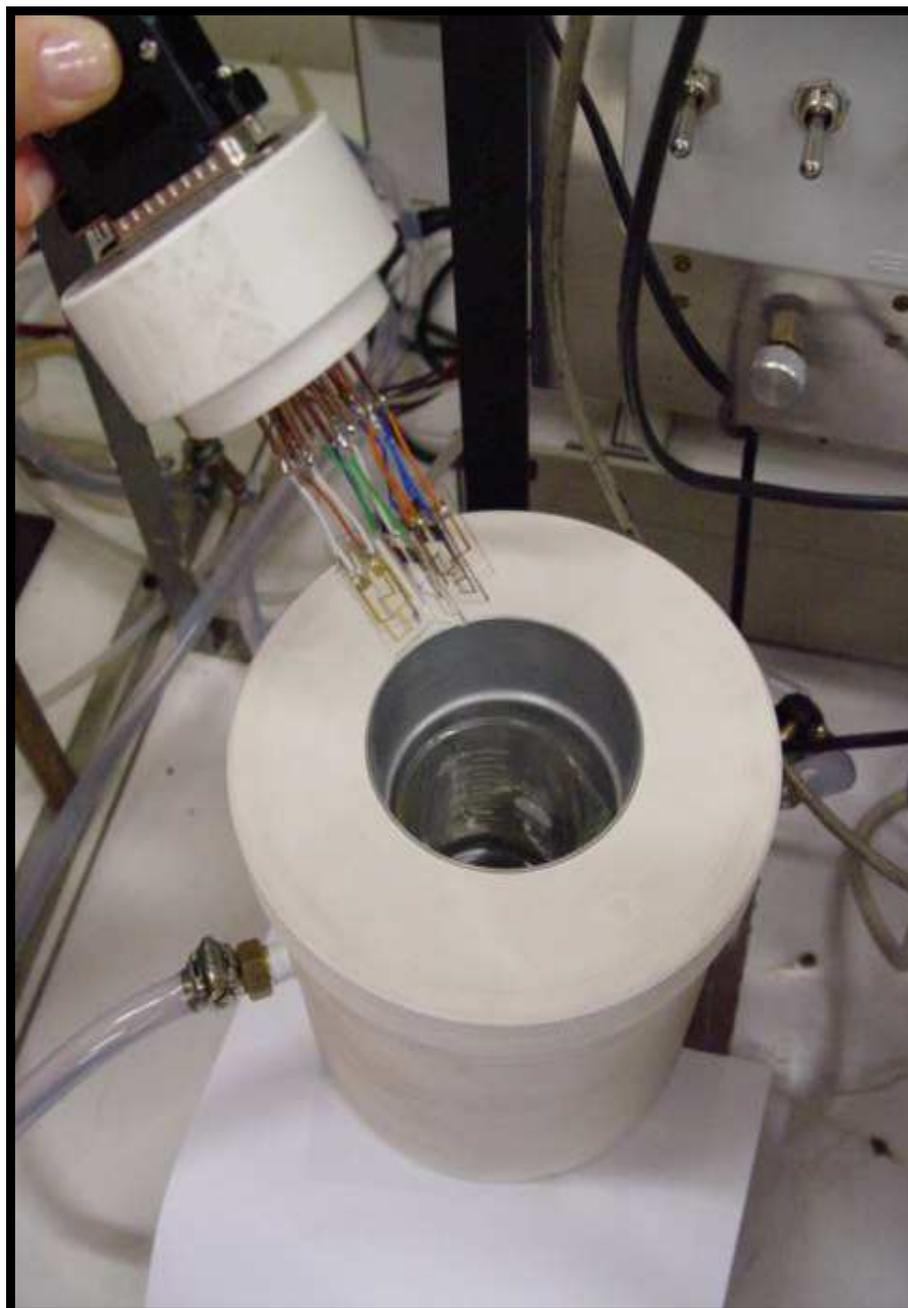
#### **4.5.3.2 Preparo das amostras**

As amostras cozidas de cada cultivar preparadas de acordo com o item 4.2 foram trituradas no próprio meio de cozimento, filtradas em tecido de algodão com auxílio de aplicação de força mecânica. A fase líquida foi congelada para a posterior análise.

Após descongelamento, as amostras foram diluídas em água destilada na proporção de 1 : 10 (v / v), homogeneizadas e em seguida, filtradas com papel filtro (14 µm). Foram realizadas cinco leituras para cada uma das três repetições de cada cultivar em dias diferentes e em sequência aleatória.

#### **4.5.3.3 Análise das amostras**

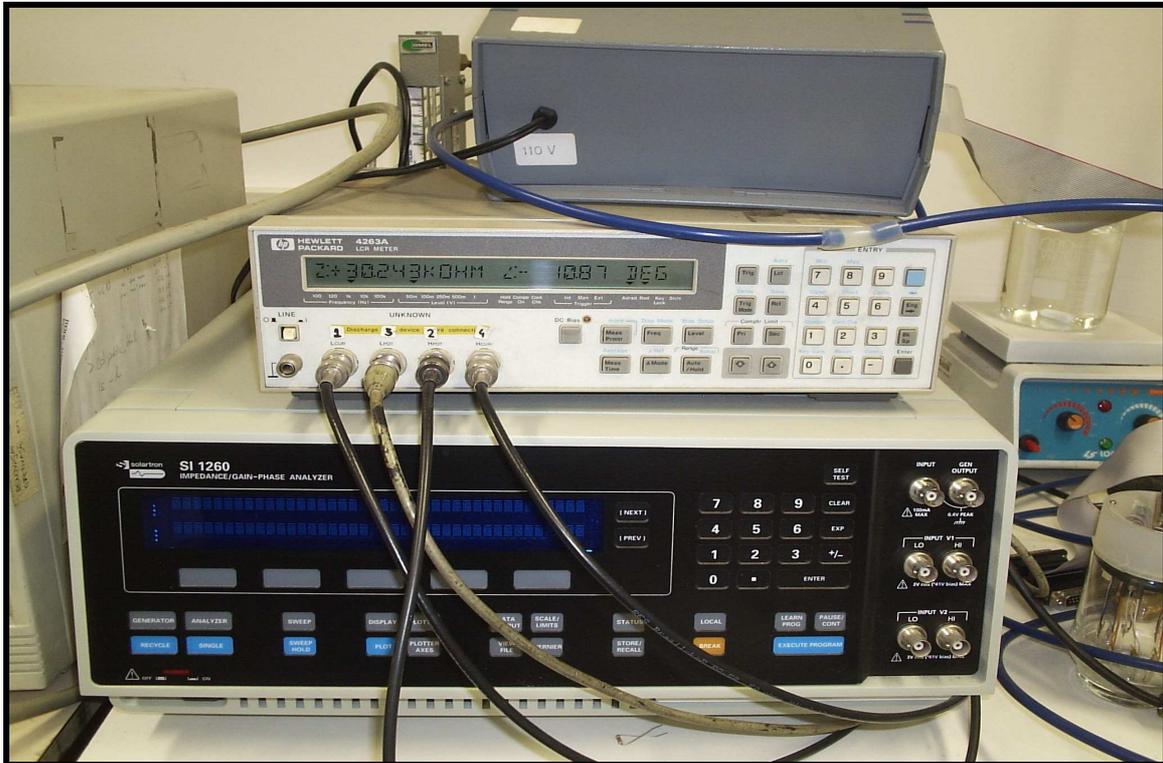
Para a análise, as amostras preparadas foram acondicionadas em béqueres e mantidas a 25 °C com auxílio de um banho termostaticador. Os béqueres com as amostras foram colocados no banho termostaticador somente quando o equipamento atingiu a temperatura de 25 °C e, aguardou-se até que a amostra também atingisse a temperatura de 25 °C. A temperatura foi controlada, pois a variação de 1 °C contribui com um erro de 2 % no valor da impedância elétrica implicando em erros de interpretação. Quando a temperatura desejada foi atingida, mergulharam-se os sensores eletrônicos no béquer contendo a amostra (Figura 16) e, as medições foram iniciadas após 1 minuto, tempo necessário para o condicionamento dos sensores.



**Figura 16** – Sensores poliméricos sendo mergulhados na amostra

As medidas de impedância elétrica foram obtidas a partir de um medidor de impedância do tipo LCR (HP LCR Meter modelo 4263A) (Figura 17) interfaciado com um computador através da placa GPIB. As medidas foram realizadas em frequências previamente fixas em 1 kHz, 100 kHz e 100 Hz e tensão alternada de 50 mV.

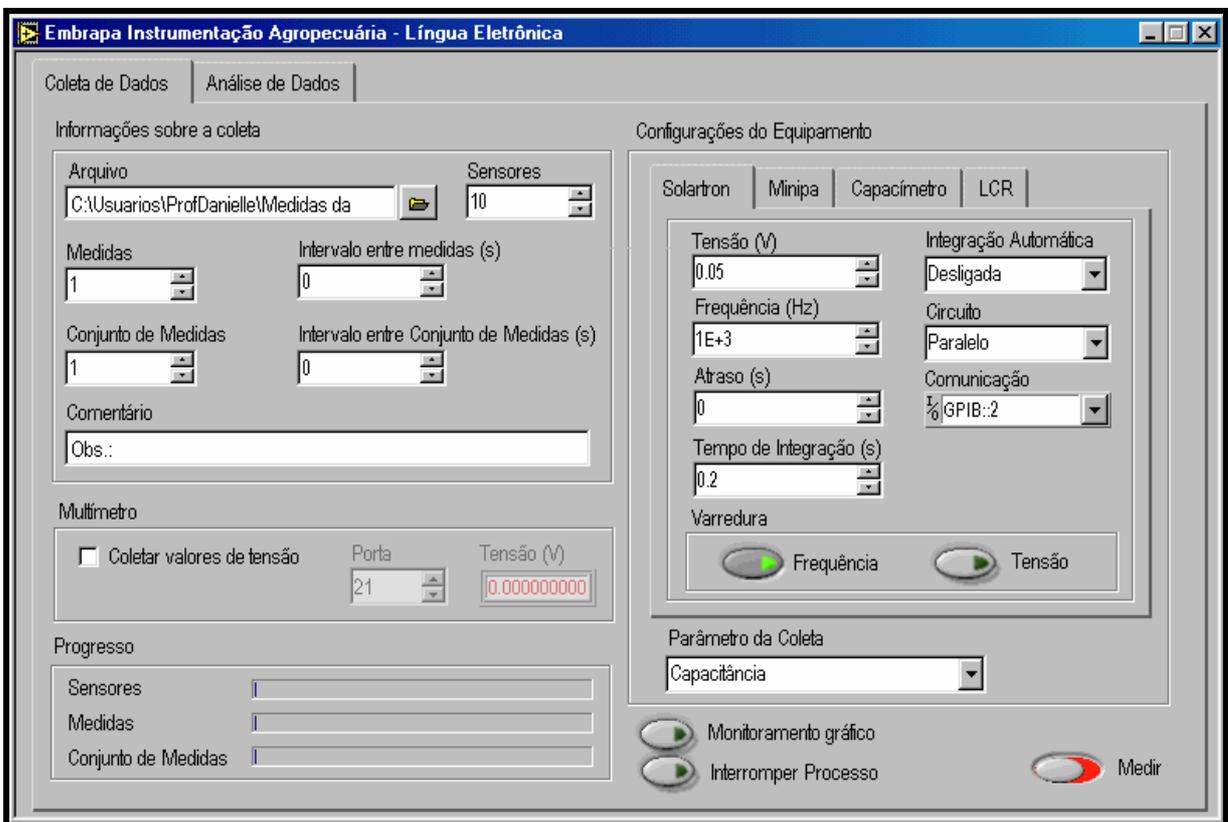
O sistema completo da “língua eletrônica” está apresentado na Figura 18 e a caixa de diálogo do programa utilizado para transformação da impedância para valores numéricos de capacitância está mostrada na Figura 19.



**Figura 17** – Sistema de medida da “língua eletrônica”: medidor de impedância (HP LCR Meter modelo 4263A)



**Figura 18** – Sistema completo da “língua eletrônica” mostrando sequencialmente da esquerda para a direita o banho termostatizador, o medidor de impedância e o computador



**Figura 19** – Caixa de diálogo do programa utilizado pela “língua eletrônica”

#### **4.6 Delineamento Experimental e Análise Estatística**

As análises químicas e físicas seguiram o delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições. Para as análises realizadas nos grãos crus e cozidos, o esquema de tratamentos foi em arranjo fatorial, composto pelas 5 cultivares de soja e 2 métodos de preparo (grãos crus e cozidos). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) foi conduzida de acordo com o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com 3 repetições, sendo tratamentos as cultivares de soja e blocos os provadores. Os resultados submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP) e à análise de variância (ANOVA) considerando duas fontes de variação (cultivares e provadores) e a interação. Calculou-se o valor de F e de F ajustado. O teste t de comparação de médias a 5 % de significância foi aplicado considerando-se como resíduo à interação entre cultivares e provadores.

O delineamento experimental do teste de aceitação dos grãos de soja cozidos foi o de blocos completos casualizados. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de comparação de médias de Tukey a 5 % de significância. O índice de aceitação geral foi calculado considerando como 100 % a nota 9.

A análise dos grãos de soja cozidos utilizando os sensores gustativos eletrônicos (“língua eletrônica”) foi conduzida conforme o delineamento experimental inteiramente casualizado com 3 repetições e 5 medidas para cada repetição. Os resultados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP).

A análise de correlação de Pearson ( $r$ ) ( $p \leq 0,05$ ) foi realizada para determinar as relações existentes entre as características químicas, físicas, sensoriais descritivas e gustativas eletrônicas.

As análises de variância (ANOVA), teste de comparação de médias de Tukey e teste t foram realizadas utilizando-se o programa SAS - Statistical Analysis System, versão 8.2 (2001). Os desdobramentos foram realizados pelo sistema de análise SANEST (1982). As Análises de Componentes Principais (ACP) e, as de correlações foram executadas no programa STATISTICA, versão 6.0 (2001).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Características químicas**

#### **5.1.1 Composição química**

Os grãos de soja crus apresentaram teor médio de umidade de  $62 \text{ g kg}^{-1}$  e não diferiram entre si. Sbardelotto e Leandro (2008) ao analisarem a composição química de grãos de soja, visando maximizar os lucros das indústrias processadoras, relataram teor médio de  $125 \text{ g kg}^{-1}$ . Redondo-Cuenca et al. (2006) encontraram em grãos de soja maduros teor variando de  $98,2$  a  $79,4 \text{ g kg}^{-1}$  e nos grãos verdes (tipo hortaliça) teor médio de  $105 \text{ g kg}^{-1}$ . A variação no teor de umidade pode estar relacionada às diferenças na época de colheita dos grãos, tempo de secagem após a colheita e principalmente devido às características próprias das cultivares de soja.

Com o cozimento a cultivar convencional BRS 258 demonstrou o menor teor de umidade ( $48,80 \text{ g kg}^{-1}$ ) quando comparado com os grãos crus e, com os grãos cozidos das demais cultivares. Os grãos cozidos das outras cultivares de soja analisadas não diferiram entre si apresentando teor médio de  $72,80 \text{ g kg}^{-1}$  sendo, portanto maior que o encontrado nos grãos crus. Lazzari (2006) descreveu, nos grãos de soja crus, teor médio de umidade de  $99 \text{ g kg}^{-1}$  e, após maceração e cozimento dos grãos também encontrou teor de umidade mais elevado ( $615$  e  $647 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente).

Os resultados do conteúdo, em base seca, de proteínas, lipídeos e carboidratos dos grãos de soja crus e cozidos estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Conteúdo de proteínas, lipídeos e carboidratos de grãos de soja crus e cozidos<sup>1</sup>.

Cultivares	Proteínas <sup>2</sup>		Lipídeos <sup>3</sup>		Carboidratos <sup>4</sup>	
	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos
BRS 213	401,20 <sup>bB</sup>	432,36 <sup>bcA</sup>	194,83 <sup>aB</sup>	237,23 <sup>bA</sup>	343,80 <sup>aA</sup>	291,20 <sup>abB</sup>
BRS 216	412,69 <sup>bB</sup>	471,83 <sup>aA</sup>	188,86 <sup>aB</sup>	222,76 <sup>bA</sup>	337,69 <sup>abA</sup>	270,19 <sup>bcB</sup>
BRS 267	444,90 <sup>aB</sup>	469,13 <sup>aA</sup>	181,56 <sup>aA</sup>	191,96 <sup>cA</sup>	311,76 <sup>abA</sup>	300 <sup>abA</sup>
BRS 258	426,96 <sup>bA</sup>	447,83 <sup>abA</sup>	198,69 <sup>aB</sup>	266,67 <sup>aA</sup>	306,46 <sup>bA</sup>	248,03 <sup>cB</sup>
BRS 133	406,59 <sup>bA</sup>	408,80 <sup>cA</sup>	199,76 <sup>aB</sup>	233,56 <sup>bA</sup>	333,43 <sup>abA</sup>	320,53 <sup>aA</sup>

<sup>1</sup>resultados apresentados em g kg<sup>-1</sup> (base seca); médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada componente; <sup>2</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 2,92 %; <sup>3</sup>Coefficiente de Variação (C.V.) igual a 5,5 %; <sup>4</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 4,87 %.

O maior teor de proteínas foi observado nos grãos crus da cultivar tipo hortaliça BRS 267 (444,90 g kg<sup>-1</sup>), as outras cultivares não demonstraram diferenças entre si apresentando conteúdo médio de 411,86 g kg<sup>-1</sup>. Com a cocção, as cultivares para consumo humano BRS 216 e BRS 267 apresentaram o maior teor, com valores de 471,83 g kg<sup>-1</sup> e 469,13 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente e o menor foi verificado nos grãos cozidos da cultivar convencional BRS 133 (408,80 g kg<sup>-1</sup>).

Os grãos crus das cultivares analisadas não apresentaram diferenças quanto ao teor de lipídios com valor médio de 192,74 g kg<sup>-1</sup>. Depois do cozimento o menor teor foi observado nos grãos da cultivar tipo hortaliça BRS 267 (191,96 g kg<sup>-1</sup>) e o maior, nos da cultivar convencional BRS 258 (266,67 g kg<sup>-1</sup>).

O teor de carboidratos, nos grãos crus, variou de 343,80 g kg<sup>-1</sup> (cultivar desprovida de lipoxigenases BRS 213) a 306,46 g kg<sup>-1</sup> (cultivar convencional BRS 258) e, nos grãos cozidos de 320,53 g kg<sup>-1</sup> (cultivar BRS 133) a 248,03 g kg<sup>-1</sup> (cultivar BRS 258).

Entre as cultivares BRS 213 (desprovida de lipoxigenases) e BRS 133 (convencional) não foram observadas diferenças quanto aos teores de proteínas e lipídios. Resultados semelhantes foram obtidos por Ciabotti et al. (2006) indicando que a eliminação genética das enzimas na cultivar BRS 213 não interferiu no teor dos constituintes.

Com o cozimento dos grãos de soja foi observado um aumento ou manutenção nos teores de proteínas e de lipídeos, porém para os carboidratos foi verificada diminuição ou manutenção. Giami (2002) não verificou, em diferentes cultivares de soja, alteração nos teores de proteínas nos grãos crus (424 a 356 g kg<sup>-1</sup>, base seca) e nos tratados termicamente (420 a

354 g kg<sup>-1</sup>, base seca), mas após o tratamento térmico observou diminuição nos teores de lipídeos de 223 a 195 g kg<sup>-1</sup> para 187 a 151 g kg<sup>-1</sup> (base seca) e aumento no conteúdo de carboidratos.

Redondo-Cuenca et al. (2006) observaram que o conteúdo de proteínas (base seca) nos grãos de soja provenientes da cultivar convencional era maior (404 g kg<sup>-1</sup>) do que nos da cultivar tipo hortaliça (371 g kg<sup>-1</sup>), assim como o de lipídios (185,60 g kg<sup>-1</sup> para a convencional e de 93 g kg<sup>-1</sup> para a tipo hortaliça). Ao contrário dos resultados encontrados pelos autores e de acordo com os apresentados na Tabela 5, as cultivares convencionais BRS 133 e BRS 258 apresentaram menor teor de proteínas (406,59 e 426,96 g kg<sup>-1</sup> respectivamente) em relação a tipo hortaliça BRS 267 (444,90 g kg<sup>-1</sup>).

Em diferentes linhagens de soja, Moraes et al. (2006) relataram que o teor, em base seca, de proteínas variou de 406,8 a 477,8 g kg<sup>-1</sup> e verificaram que o aumento no conteúdo protéico foi acompanhado pela redução no de lipídios (de 207,8 a 167,1 g kg<sup>-1</sup>) e no de carboidratos (de 336,1 g kg<sup>-1</sup> a 300,1 g kg<sup>-1</sup>).

Ao estudarem a composição química de cultivares de soja para alimentação humana, Vieira et al. (1999) encontraram variações de 419,50 a 385,60 g kg<sup>-1</sup> para proteínas, de 238,00 a 222,40 g kg<sup>-1</sup> para lipídeos e de 333,30 a 298,10 g kg<sup>-1</sup> para carboidratos, em base seca.

Diferenças nos teores de proteínas, lipídeos e carboidratos podem ser atribuídas às diferenças genéticas entre as cultivares de soja, ao estágio de desenvolvimento em que os grãos foram colhidos e condições de tempo e temperatura durante o processo de maceração e de cozimento dos grãos.

### 5.1.2 Composição mineral

As cultivares de soja analisadas não apresentaram diferenças em relação ao teor de cinzas tanto nos grãos crus (média de 62,2 g kg<sup>-1</sup>) como nos cozidos (média de 37,6 g kg<sup>-1</sup>), em base seca. Wang et al. (2005) ao estudarem as qualidades tecnológicas da mistura de farinha de trigo e de soja para preparação de massa de pizza relataram que os grãos de soja possuíam teor médio de 46,0 g kg<sup>-1</sup>, base seca. Vieira et al. (1999) encontraram em cultivares de soja destinadas à alimentação humana teor médio de 54,10 g kg<sup>-1</sup>, base seca. As diferenças encontradas nos trabalhos podem estar relacionadas com as características próprias de cada cultivar de soja.

Os resultados da composição mineral, em base seca, dos grãos de soja crus e cozidos estão apresentados na Tabela 6.

Os maiores teores de P foram observados nos grãos crus das cultivares tipo hortaliça BRS 267 (6,59 g kg<sup>-1</sup>) e convencional BRS 258 (6,66 g kg<sup>-1</sup>).

A cultivar BRS 267 apresentou os menores teores do mineral Ca nos grãos crus (1,91 g kg<sup>-1</sup>) e nos cozidos (1,93 g kg<sup>-1</sup>) e, os maiores teores de K com 22,16 g kg<sup>-1</sup> nos grãos crus e 18,72 g kg<sup>-1</sup> nos grãos cozidos.

**Tabela 6** – Composição mineral de grãos de soja crus e cozidos<sup>1</sup>.

Cultivares	P <sup>2</sup>		Ca <sup>3</sup>		K <sup>4</sup>		Fe <sup>5</sup>	
	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos
BRS 213	6,04 <sup>bB</sup>	6,63 <sup>abA</sup>	3,41 <sup>ab</sup>	3,86 <sup>aA</sup>	20,87 <sup>abA</sup>	16,55 <sup>abB</sup>	0,08 <sup>cA</sup>	0,07 <sup>cB</sup>
BRS 216	6,20 <sup>abB</sup>	6,54 <sup>abA</sup>	3,01 <sup>bB</sup>	3,23 <sup>bA</sup>	19,10 <sup>bA</sup>	14,37 <sup>bcB</sup>	0,08 <sup>cA</sup>	0,07 <sup>cB</sup>
BRS 267	6,59 <sup>aA</sup>	6,76 <sup>aA</sup>	1,91 <sup>dA</sup>	1,93 <sup>dA</sup>	22,16 <sup>aA</sup>	18,72 <sup>ab</sup>	0,09 <sup>bcA</sup>	0,08 <sup>bcB</sup>
BRS 258	6,66 <sup>aA</sup>	6,68 <sup>aA</sup>	3,29 <sup>abA</sup>	3,34 <sup>bA</sup>	19,58 <sup>abA</sup>	12,33 <sup>cB</sup>	0,13 <sup>aA</sup>	0,11 <sup>aB</sup>
BRS 133	5,91 <sup>bA</sup>	6,19 <sup>bA</sup>	2,36 <sup>cA</sup>	2,45 <sup>cA</sup>	21,08 <sup>abA</sup>	16,09 <sup>abB</sup>	0,09 <sup>bA</sup>	0,08 <sup>bB</sup>

<sup>1</sup> resultados apresentados em g kg<sup>-1</sup> (base seca); médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada componente; <sup>2</sup> Coeficiente de variação (C.V.) igual a 3,11 %; <sup>3</sup> Coeficiente de Variação (C.V.) igual a 4,0 %; <sup>4</sup> Coeficiente de variação (C.V.) igual a 6,33 %; <sup>5</sup> Coeficiente de variação (C.V.) igual a 5,79 %.

Os maiores teores de Fe foram encontrados nos grãos crus ( $0,13 \text{ g kg}^{-1}$ ) e cozidos ( $0,11 \text{ g kg}^{-1}$ ) da cultivar BRS 258.

Após o cozimento dos grãos, verificou-se redução nos teores dos minerais K e Fe, indicando migração dos componentes para a água de maceração. Para o P e Ca foi observado aumento no teor das cultivares BRS 213 e BRS 216 e manutenção desses minerais nas demais.

Lazzari (2006) encontrou nos grãos crus da cultivar BRS 213 teores médios de  $7,86 \text{ g kg}^{-1}$  para o P e de  $2,60 \text{ g kg}^{-1}$  para o Ca, e na cultivar BRS 216 observou conteúdos médios de P de  $7,33 \text{ g kg}^{-1}$  e de Ca de  $2,22 \text{ g kg}^{-1}$ , em base seca. Com o cozimento os teores de P e Ca, para as cultivares BRS 213 e BRS 216, foram de  $6,76 \text{ g kg}^{-1}$  e  $5,80 \text{ g kg}^{-1}$  e de  $2,75 \text{ g kg}^{-1}$  e de  $2,12 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente e, em base seca. Ao contrário do presente trabalho, a autora verificou que os processos de maceração e cocção dos grãos de soja não ocasionaram alterações significativas nos teores dos minerais analisados.

A variação no conteúdo dos minerais pode ser influenciada pelas características físico-químicas do solo, aplicação de fertilizantes, condições ambientais, diferenças entre as cultivares de soja e pelas condições durante o processo de preparo dos grãos (SMITH; CIRCLE, 1978).

Vieira et al. (1999) observaram, entre as cultivares de soja destinadas para alimentação humana, que o K foi o mineral encontrado em maior concentração ( $18,24 \text{ g kg}^{-1}$ , base seca). Os teores dos minerais P, Ca e Fe variaram de  $5,03$  a  $4,54 \text{ g kg}^{-1}$ ; de  $3,13$  a  $1,70 \text{ g kg}^{-1}$  e de  $1,91$  a  $1,33 \text{ g kg}^{-1}$  (base seca), respectivamente. No presente trabalho somente a cultivar BRS 267 (tipo hortaliça), indicada para consumo humano, apresentou maior teor de K ( $22,16 \text{ g kg}^{-1}$ ) em relação às demais. O teor do mineral Ca nos grãos crus das cultivares de soja para consumo humano BRS 213, BRS 216 e BRS 267 foi próximo ao encontrado pelos autores e variou de  $3,41$  a  $1,91 \text{ g kg}^{-1}$ . Já o teor de P, nessas cultivares, foi maior que os relatados por Vieira et al. (1999) ( $6,59$  a  $6,04 \text{ g kg}^{-1}$ ) e, o do mineral Fe foi encontrado em menor concentração ( $0,09$  a  $0,08 \text{ g kg}^{-1}$ ).

O teor médio de Ca observado nos grãos crus e cozidos das cultivares de soja analisadas no trabalho foi de  $2,80 \text{ g kg}^{-1}$  e de  $2,96 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente. Os teores encontrados foram superiores aos de outras fontes alimentares. No arroz e feijão os teores médios são de  $1,0 \text{ g kg}^{-1}$  e de  $1,74 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente. Quanto ao Fe as cultivares de soja apresentaram teor médio de  $0,10 \text{ g kg}^{-1}$  para os grãos crus e de  $0,08 \text{ g kg}^{-1}$  para os cozidos,

sendo também maiores do que no feijão Carioca ( $0,01 \text{ g kg}^{-1}$ ), feijão Pérola ( $0,01 \text{ g kg}^{-1}$ ) e no trigo ( $0,009 \text{ g kg}^{-1}$ ), produtos utilizados com frequência na alimentação humana (DE BARROS, 2006; YAMADA et al., 2003).

### 5.1.3 Atividade das enzimas lipoxigenases e teor de hexanal

Os resultados da atividade das enzimas lipoxigenases e o teor de hexanal presente nos grãos de soja crus e cozidos encontram-se na Tabela 7.

A menor atividade enzimática foi observada nos grãos crus da cultivar BRS 213 confirmando por meio da análise química a ausência das enzimas lipoxigenases L1, L2 e L3, sendo que o valor detectado (0,90 em 1  $\mu\text{mol}$  de hidroperóxidos de ácido linolênico  $\text{minuto}^{-1}$ ) deve-se aos resíduos de metabólitos da reação fisiológica pós-colheita ou da atividade de outras lipoxigenases presentes (L4, L5 e L6) como descrito por Hildebrand (1996). As demais cultivares que possuem as enzimas lipoxigenases apresentaram valores médios iguais a 1,52 em 1  $\mu\text{mol}$  de hidroperóxidos de ácido linolênico  $\text{minuto}^{-1}$  e não diferiram entre si.

Com o cozimento foi verificada redução na atividade das lipoxigenases indicando que o processo inativou as enzimas. Os menores valores foram observados nas cultivares BRS 213 (desprovida de lipoxigenases) e BRS 267 (tipo hortaliça) e, as convencionais BRS 133 e BRS 258 mostraram valores intermediários aos dos grãos crus da cultivar BRS 213.

**Tabela 7** – Atividade das enzimas lipoxigenases e teor de hexanal de grãos de soja crus e cozidos<sup>1</sup>.

Cultivares	Atividade de Lipoxigenases <sup>2</sup>		Teor de hexanal <sup>3</sup>	
	crus	cozidos	crus	cozidos
BRS 213	0,90 <sup>bA</sup>	0,35 <sup>bB</sup>	15,19 <sup>bA</sup>	0,47 <sup>aB</sup>
BRS 216	1,46 <sup>aA</sup>	0,79 <sup>aB</sup>	12,66 <sup>cA</sup>	0,76 <sup>aB</sup>
BRS 267	1,48 <sup>aA</sup>	0,36 <sup>bB</sup>	7,46 <sup>dA</sup>	0,66 <sup>aB</sup>
BRS 258	1,74 <sup>aA</sup>	0,72 <sup>abB</sup>	17,27 <sup>aA</sup>	0,41 <sup>aB</sup>
BRS 133	1,41 <sup>aA</sup>	0,54 <sup>abB</sup>	17,45 <sup>aA</sup>	0,40 <sup>aB</sup>

<sup>1</sup>resultados apresentados em 1  $\mu\text{mol}$  de hidroperóxido de ácido linolênico  $\text{min}^{-1}$  para a atividade de lipoxigenases e  $\mu\text{mol mg}^{-1}$  de soja para o teor de hexanal; médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada componente; <sup>2</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 18,25 %; <sup>3</sup>Coefficiente de Variação (C.V.) igual a 9,03 %.

Os resultados obtidos estão de acordo com os relatados por Nishiba et al. (1995), que verificaram menor atividade enzimática em cultivares de soja com ausência de lipoxigenases. No presente estudo não foi observada diferença entre as cultivares BRS 133 e BRS 258

(convencionais) e BRS 267 (tipo hortaliça) quanto à atividade de lipoxigenases. Contudo, Nishiba et al. (1995) relataram maior atividade das enzimas nas cultivares convencionais em relação as tipo hortaliça.

Mohamed e Rangappa (1992) também verificaram que os valores da atividade de lipoxigenases entre as cultivares de soja tipo hortaliça foram menores que os das convencionais. Segundo Hafez et al. (1985) a atividade das enzimas lipoxigenases pode ser afetada por diversos fatores como teor de lipídeos, temperatura, pH e umidade.

Os maiores teores de hexanal (Tabela 7) foram observados nas amostras cruas das cultivares convencionais BRS 258 (17,27  $\mu\text{mol mg}^{-1}$  de soja) e BRS 133 (17,45  $\mu\text{mol mg}^{-1}$  de soja). O estudo confirmou os dados obtidos por Nishiba et al. (1995) indicando que as diferenças genéticas entre as cultivares de soja quanto à presença de lipoxigenases podem ser observadas nos teores de hexanal presentes no material cru.

As enzimas lipoxigenases são catalisadoras da reação de hidroxidação dos ácidos graxos poliinsaturados principalmente, os ácidos linoléico e linolênico, formando hidroperóxidos que se decompõem em compostos voláteis. Durante o processamento e / ou armazenamento, os grãos danificados liberam as enzimas, que em meio aquoso, reagem com os substratos (ácidos graxos poliinsaturados) e assim, formam os constituintes voláteis que são os responsáveis pelos sabores característicos da soja (NELSON et al., 1976). De acordo com a literatura, o hexanal é o composto formado em maior quantidade e o que mais contribui para o aparecimento do sabor de ranço ou de “feijão cru” (“beany flavor”) (LIU, 1999; FURUTA et al., 1996; TORRES-PENARANDA et al., 1998).

Um resultado importante do presente trabalho foi verificado nos grãos crus da cultivar tipo hortaliça BRS 267 que apresentaram o menor teor de hexanal (7,46  $\mu\text{mol mg}^{-1}$  de soja) mesmo com a presença das enzimas lipoxigenases.

Após o processo de cocção dos grãos, houve redução no teor do volátil e não foram observadas diferenças entre as amostras cozidas indicando que, quando os grãos são macerados e cozidos ocorre à inativação das enzimas, conferindo assim, semelhança entre as cultivares convencionais e desprovidas de lipoxigenases.

De acordo com os resultados apresentados, as cultivares indicadas para consumo humano BRS 213 e BRS 267 podem garantir a obtenção de alimentos de soja com melhores características sensoriais devido à ausência das lipoxigenases e menor teor de hexanal, respectivamente.

### 5.1.4 Teor dos ácidos graxos

Conforme os resultados da composição dos ácidos graxos, em base seca, apresentados na Tabela 8 observa-se que o teor do ácido palmítico nos grãos crus variou de 139,10 g kg<sup>-1</sup> para cultivar BRS 258 a 118,80 g kg<sup>-1</sup> para cultivar tipo hortaliça BRS 267. Não foram encontradas diferenças entre os grãos cozidos que apresentaram teor médio de 126,96 g kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 8** – Conteúdo dos ácidos graxos de grãos de soja crus e cozidos<sup>1</sup>.

Cultivares	Palmítico <sup>2</sup>		Oléico <sup>3</sup>		Linoléico <sup>4</sup>		Linolênico <sup>4</sup>	
	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos
BRS 213	130,20 <sup>aA</sup>	124,30 <sup>aA</sup>	199,30 <sup>bA</sup>	207,40 <sup>bA</sup>	548,00 <sup>bA</sup>	539,40 <sup>bA</sup>	77,20 <sup>aA</sup>	79,10 <sup>bA</sup>
BRS 216	125,50 <sup>abA</sup>	124,40 <sup>aA</sup>	155,80 <sup>cB</sup>	170,30 <sup>cA</sup>	591,40 <sup>aA</sup>	573,70 <sup>aA</sup>	83,80 <sup>aA</sup>	88,30 <sup>abA</sup>
BRS 267	118,80 <sup>bB</sup>	130,70 <sup>aA</sup>	256,20 <sup>aA</sup>	258,60 <sup>aA</sup>	521,60 <sup>cA</sup>	490,60 <sup>cA</sup>	55,40 <sup>cB</sup>	70,90 <sup>bA</sup>
BRS 258	139,10 <sup>aA</sup>	132,80 <sup>aA</sup>	259,10 <sup>aA</sup>	201,30 <sup>bB</sup>	494,30 <sup>dB</sup>	530,80 <sup>bA</sup>	64,30 <sup>bB</sup>	97,50 <sup>aA</sup>
BRS 133	132,00 <sup>aA</sup>	122,60 <sup>aA</sup>	197,00 <sup>bA</sup>	177,00 <sup>cB</sup>	552,20 <sup>bB</sup>	577,60 <sup>aA</sup>	71,10 <sup>abA</sup>	78,40 <sup>bB</sup>

<sup>1</sup>resultados expressos em g kg<sup>-1</sup> (base seca); médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada componente; <sup>2</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 8,83 %; <sup>3</sup>Coefficiente de Variação (C.V.) igual a 5,52 %; <sup>4</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 3,83 %; <sup>5</sup>Coefficiente de Variação (C.V.) igual a 3,24.

As cultivares BRS 267 e BRS 258 apresentaram os maiores teores do ácido oléico com 256,20 g kg<sup>-1</sup> e, 259,10 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Após o cozimento, o maior conteúdo foi mantido pela cultivar tipo hortaliça BRS 267 (258,60 g kg<sup>-1</sup>). Os menores valores foram observados nos grãos cozidos das cultivares BRS 216 (170,30 g kg<sup>-1</sup>) e BRS 133 (177,00 g kg<sup>-1</sup>).

Entre as amostras cruas foi notado que o teor do ácido linoléico variou de 591,40 g kg<sup>-1</sup> (cultivar BRS 216) a 494,30 g kg<sup>-1</sup> (cultivar BRS 258). Com o cozimento dos grãos, a cultivar BRS 267 apresentou o menor conteúdo do ácido linoléico (490,60 g kg<sup>-1</sup>).

O teor do ácido linolênico entre os grãos crus variou de 83,80 g kg<sup>-1</sup> para cultivar BRS 216 a 55,40 g kg<sup>-1</sup> para cultivar BRS 267. Após a cocção, a cultivar convencional BRS 258 mostrou o maior conteúdo (97,50 g kg<sup>-1</sup>) e a cultivar BRS 267 o menor (70,90 g kg<sup>-1</sup>).

Os resultados observados estão de acordo com Kumar et al. (2006) que relataram nos grãos crus de diferentes cultivares de soja variação de 145 a 96 g kg<sup>-1</sup> para o ácido palmítico, de 487 a 200 g kg<sup>-1</sup> para o oléico, de 573 a 320 g kg<sup>-1</sup> para o linoléico e de 100 a 42 g kg<sup>-1</sup> para o linolênico e, em base seca.

Vieira et al. (1999) verificaram entre as cultivares de soja destinadas para a alimentação humana que o teor do ácido palmítico variou de 118,40 a 80,6 g kg<sup>-1</sup>, do ácido oléico de 399,30 a 211,50 g kg<sup>-1</sup>, linoléico de 571,90 a 424,60 g kg<sup>-1</sup> e do linolênico de 76,90 a 46,40 g kg<sup>-1</sup> e, em base seca. Os teores dos ácidos graxos relatados pelos autores foram menores que os das cultivares de soja indicadas para consumo humano (BRS 213, BRS 216 e BRS 267) analisadas no presente estudo.

Mohamed e Rangappa (1992) encontraram em genótipos de soja tipo hortaliça teores médios de 111,70 g kg<sup>-1</sup> para o ácido palmítico, de 206,40 g kg<sup>-1</sup> para o ácido oléico, de 533,33 g kg<sup>-1</sup> para o linoléico e de 91,90 g kg<sup>-1</sup> para o linolênico.

De acordo com Tsukamoto et al. (1995) a composição dos ácidos graxos é afetada pela temperatura ambiente máxima durante o desenvolvimento da semente e os teores dos ácidos linoléico e linolênico diminuem com o aumento da temperatura enquanto que o do ácido oléico aumenta. As variações também podem ser atribuídas às diferenças genéticas entre as cultivares de soja e como, resultado do melhoramento genético.

Para garantir a estabilidade do óleo de soja, as indústrias processadoras realizam a hidrogenação química. Contudo, durante o processo ocorre à formação dos ácidos graxos trans que são prejudiciais à saúde humana. Como alternativa a esse processo pode-se fazer uso da transesterificação ou de cultivares de soja com teores mais elevados do ácido oléico e menores do ácido linolênico que podem garantir a estabilidade do produto, eliminar a formação dos ácidos graxos trans produzidos durante o processamento químico de hidrogenação e colaborar para diminuir a formação dos sabores indesejáveis ou “off-flavors” (FEHR, 2007).

Dentre as cultivares de soja analisadas, a tipo hortaliça BRS 267 apresentou tanto na forma crua como cozida maior teor do ácido oléico (256,20 g kg<sup>-1</sup> nos grãos crus e 258,60 g kg<sup>-1</sup> nos grãos cozidos) e, menor do linolênico (55,40 g kg<sup>-1</sup> nos grãos crus e 70,90 g kg<sup>-1</sup> nos grãos cozidos) que pode contribuir para a maior estabilidade do óleo de soja durante o processamento.

### 5.1.5 Teor de isoflavonas

Em relação ao conteúdo, em base seca, de isoflavonas (Tabela 9), o maior valor das formas glicosídicas totais foi encontrado nos grãos crus da cultivar tipo hortaliça BRS 267 com 0,90 g kg<sup>-1</sup> de amostra desengordurada. Após cocção, os maiores teores foram observados na mesma cultivar (0,88 g kg<sup>-1</sup> de amostra desengordurada) e também, na cultivar convencional BRS 133 (0,96 g kg<sup>-1</sup> de amostra desengordurada).

**Tabela 9** – Teor de isoflavonas de grãos de soja crus e cozidos<sup>1</sup>.

Cultivares	Glicosídeos <sup>2</sup>		Malonil-glicosídeos <sup>3</sup>		Agliconas <sup>4</sup>		Isoflavonas totais <sup>5</sup>	
	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos
BRS 213	0,40 <sup>cB</sup>	0,69 <sup>bA</sup>	1,61 <sup>bA</sup>	0,78 <sup>bB</sup>	0,06 <sup>aA</sup>	0,06 <sup>cA</sup>	2,07 <sup>cA</sup>	1,53 <sup>bB</sup>
BRS 216	0,48 <sup>bcB</sup>	0,67 <sup>bA</sup>	1,72 <sup>bA</sup>	0,73 <sup>bB</sup>	0,04 <sup>aB</sup>	0,10 <sup>bcA</sup>	2,24 <sup>bA</sup>	1,50 <sup>bA</sup>
BRS 267	0,90 <sup>aA</sup>	0,88 <sup>aA</sup>	1,17 <sup>cA</sup>	0,76 <sup>bB</sup>	0,06 <sup>aB</sup>	0,47 <sup>aA</sup>	2,13 <sup>bcA</sup>	2,11 <sup>aA</sup>
BRS 258	0,22 <sup>dB</sup>	0,37 <sup>cA</sup>	0,73 <sup>dA</sup>	0,18 <sup>cB</sup>	0,02 <sup>aB</sup>	0,08 <sup>cA</sup>	0,97 <sup>dA</sup>	0,63 <sup>cB</sup>
BRS 133	0,54 <sup>bB</sup>	0,96 <sup>aA</sup>	2,03 <sup>aA</sup>	1,06 <sup>aB</sup>	0,04 <sup>aB</sup>	0,14 <sup>bA</sup>	2,61 <sup>aA</sup>	2,16 <sup>aB</sup>

<sup>1</sup>resultados apresentados em g kg<sup>-1</sup> de amostra desengordurada (base seca); médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada componente; <sup>2</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 6,82 %; <sup>3</sup>Coefficiente de Variação (C.V.) igual a 5,98 %; <sup>4</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 20,43 %; <sup>5</sup> Coeficiente de Variação (C.V.) igual a 3,59 %.

Os maiores teores de malonil-glicosídeos totais foram verificados nos grãos crus e nos cozidos da cultivar BRS 133 com 2,03 g kg<sup>-1</sup> de amostra desengordurada e 1,06 g kg<sup>-1</sup> de amostra desengordurada, respectivamente. O cozimento promoveu a redução nos teores de malonil-glicosídeos devido à clivagem dos grupos ésteres malonil para as formas daidzina e genistina por ações do calor durante o tratamento e de outros mecanismos presentes nas etapas posteriores de moagem e secagem dos grãos (CARRÃO-PANIZZI et al., 2003).

A cultivar convencional BRS 258 apresentou os menores teores de glicosídeos (0,22 e 0,37 g kg<sup>-1</sup> nos grãos crus e cozidos, respectivamente) e malonil-glicosídeos (0,73 e 0,18 g kg<sup>-1</sup> nos grãos crus e cozidos, respectivamente) porque é um material proveniente da cultivar BR 36 melhorada geneticamente e, que apresenta em sua composição baixos conteúdos de isoflavonas (CARRÃO-PANIZZI; KITAMURA, 1995).

Quanto ao conteúdo de agliconas totais, não foram verificadas diferenças entre as amostras cruas. Com a cocção, a cultivar tipo hortaliça BRS 267 apresentou o maior teor de agliconas ( $0,47 \text{ g kg}^{-1}$  de amostra desengordurada) podendo assim, garantir a produção de alimentos de soja com maior valor funcional, sendo uma excelente fonte de consumo direto das formas de isoflavonas biologicamente mais ativas para o organismo humano.

Ciabotti et al. (2006) observaram nas cultivares BRS 133 e BRS 213 teores, em base seca, mais elevados de glicosídeos ( $0,75$  e  $0,96 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente) e menores conteúdos de malonil-glicosídeos ( $0,85$  e  $1,19 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente) e de agliconas ( $0,01$  e  $0,04 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente) do que os descritos na Tabela 9.

De acordo com Eldridge e Kwolek (1983) o teor de isoflavonas nos grãos de soja pode variar entre as diferentes cultivares de soja e com as condições ambientais. Wang e Murphy (1994a) também concluíram que o conteúdo de isoflavonas pode ser influenciado pelas características genéticas de cada cultivar de soja, pelas condições climáticas e ano agrícola. No trabalho, os autores encontraram em cultivares de soja americanas teor médio de  $1,1 \text{ g kg}^{-1}$  de glicosídeos;  $1,98 \text{ g kg}^{-1}$  de malonil-glicosídeos e de  $0,07 \text{ g kg}^{-1}$  de agliconas e, em base seca.

Quanto ao teor de isoflavonas total presente nos grãos de soja crus (Tabela 9) foi observado variação de  $2,61 \text{ g kg}^{-1}$  para cultivar BRS 133 a  $0,97 \text{ g kg}^{-1}$  para cultivar BRS 258. Carrão-Panizzi et al. (1999a) ao estudarem diversas cultivares de soja brasileiras relataram teor médio de isoflavonas total variando de  $1,80$  a  $1,48 \text{ g kg}^{-1}$  (base seca). Nishiba et al. (2007) verificaram em cultivares de soja japonesas que o valor de isoflavonas total variou de  $5,68$  a  $1,32 \text{ g kg}^{-1}$  (base seca).

Nos grãos cozidos, o teor de isoflavonas total variou de  $2,16 \text{ g kg}^{-1}$  para cultivar BRS 133 a  $0,63 \text{ g kg}^{-1}$  para cultivar BRS 258. Após o cozimento dos grãos de soja durante 30 e 60 minutos, Kasuga et al. (2006) observaram, em diferentes cultivares de soja, que o conteúdo de isoflavonas total diminuiu de 24 e 30 %, respectivamente sendo que, o teor dos glicosídeos reduziu e dos malonil-glicosídeos aumentou. Esses resultados não foram confirmados no presente estudo provavelmente, devido às condições de tempo e temperatura de cocção dos grãos. Segundo os autores, a tendência descrita acima se torna mais evidente quanto maior for o tempo de aquecimento a que os grãos de soja forem submetidos.

### 5.1.6 Teor dos açúcares e dos aminoácidos

De acordo com os resultados, em base seca, apresentados na Tabela 10 para os teores dos açúcares, não foi detectada a presença do monossacarídeo frutose nos grãos de soja crus. Após o cozimento, os grãos da cultivar BRS 267 apresentaram o maior conteúdo de frutose (0,80 g kg<sup>-1</sup>) em relação às demais.

**Tabela 10** – Conteúdo de açúcares de grãos de soja crus e cozidos<sup>1</sup>.

Cultivares	Frutose <sup>2</sup>		Sacarose <sup>3</sup>		Rafinose <sup>4</sup>		Estaquiase <sup>5</sup>	
	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos
BRS 213	0 <sup>aB</sup>	0,10 <sup>bcA</sup>	37,11 <sup>abA</sup>	9,02 <sup>aB</sup>	8,69 <sup>abA</sup>	1,57 <sup>abB</sup>	33,77 <sup>aA</sup>	6,45 <sup>aB</sup>
BRS 216	0 <sup>aB</sup>	0,10 <sup>bcA</sup>	41,81 <sup>abA</sup>	13,48 <sup>aB</sup>	9,26 <sup>aA</sup>	1,91 <sup>aB</sup>	35,36 <sup>aA</sup>	7,43 <sup>aB</sup>
BRS 267	0 <sup>aB</sup>	0,80 <sup>aA</sup>	43,50 <sup>aA</sup>	11,45 <sup>aB</sup>	9,59 <sup>aA</sup>	1,33 <sup>abB</sup>	20,27 <sup>cA</sup>	3,56 <sup>bB</sup>
BRS 258	0 <sup>aB</sup>	0,30 <sup>bA</sup>	34,06 <sup>bA</sup>	6,89 <sup>aB</sup>	7,51 <sup>bA</sup>	1,19 <sup>abB</sup>	32,53 <sup>abA</sup>	5,73 <sup>abB</sup>
BRS 133	0 <sup>aB</sup>	0,10 <sup>bcA</sup>	40,60 <sup>abA</sup>	11,45 <sup>aB</sup>	4,41 <sup>cA</sup>	0,93 <sup>bB</sup>	26,45 <sup>bcA</sup>	6,12 <sup>abB</sup>

<sup>1</sup>resultados apresentados em g kg<sup>-1</sup> (base seca); médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada componente; <sup>2</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 26,84 %; <sup>3</sup>Coefficiente de Variação (C.V.) igual a 12,54 %; <sup>4</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 6,28 %; <sup>5</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 5,79 %.

Os grãos crus da cultivar tipo hortaliça BRS 267 mostraram maior teor de sacarose (43,50 g kg<sup>-1</sup>) em comparação aos da cultivar convencional BRS 258 (34,06 g kg<sup>-1</sup>). Com a cocção dos grãos, as cultivares de soja não diferiram entre si quanto ao teor do dissacarídeo apresentando conteúdo médio de 10,45 g kg<sup>-1</sup>.

Segundo Masuda (1991) o sabor suave e adocicado das cultivares de soja tipo hortaliça é atribuído ao maior teor de sacarose e dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina. No presente trabalho, o maior conteúdo de frutose nos grãos cozidos da cultivar tipo hortaliça BRS 267 pode também sugerir, que o monossacarídeo contribua para o sabor adocicado do material já que a frutose apresenta um grau de doçura (180) superior ao da sacarose (100) (FENNEMA, 1993).

As cultivares de soja BRS 216, BRS 213 e BRS 267 direcionadas para o consumo humano apresentaram concentrações mais elevadas de rafinose no material cru com média de

9,18 g kg<sup>-1</sup>. Com o cozimento dos grãos, o menor teor de rafinose foi observado na cultivar convencional BRS 133 com 0,96 g kg<sup>-1</sup>.

Quanto aos teores de estaquiase verificou-se entre os grãos crus variação de 35,36 g kg<sup>-1</sup> para cultivar BRS 216 a 20,27 g kg<sup>-1</sup> para cultivar BRS 267 e, entre as amostras cozidas de 7,43 g kg<sup>-1</sup> para cultivar BRS 216 a 3,56 g kg<sup>-1</sup> para cultivar BRS 267.

Os resultados estão de acordo com os de Trugo et al. (1998) que observaram em 20 cultivares de soja brasileiras as seguintes variações no conteúdo dos açúcares: de 0,7 a 0,3 g kg<sup>-1</sup> para a frutose, de 56 a 37 g kg<sup>-1</sup> para a sacarose, de 14 a 4 g kg<sup>-1</sup> para a rafinose e de 46 a 32 g kg<sup>-1</sup> para a estaquiase, em base seca. Os autores concluíram que o teor de açúcares pode variar de acordo com as diferenças genéticas entre as cultivares de soja.

A presença de frutose e a redução nos teores de sacarose, rafinose e estaquiase nas amostras cozidas podem ser atribuídas à hidrólise da sacarose e dos oligossacarídeos devido à temperatura elevada no processo de cocção dos grãos, além da absorção de água na maceração e também, no cozimento.

Diminuição no conteúdo do dissacarídeo e dos oligossacarídeos após a maceração e cozimento dos grãos de soja também foram observadas por Wang et al. (2007) que relataram conteúdos de 43,05 g kg<sup>-1</sup> para a sacarose, de 7,52 g kg<sup>-1</sup> para a rafinose e de 41,32 g kg<sup>-1</sup> para a estaquiase e, em base seca.

Cultivares de soja com maiores teores de açúcares e as tipo hortaliça podem colaborar para melhorar a qualidade sensorial dos produtos de soja. Além disso, o maior teor de açúcares pode garantir o crescimento de bactérias benéficas no intestino humano, prevenção de câncer, redução dos níveis de colesterol sanguíneo e de doenças cardiovasculares (MASUDA, 1991; TOMOMATSU, 1994; VORAGEN, 1998).

Os resultados referentes à composição dos aminoácidos, em base seca, presentes nas amostras dos grãos de soja cozidos encontram-se na Tabela 11.

A cultivar tipo hortaliça BRS 267 apresentou os maiores teores dos aminoácidos lisina (0,199 μmol / mg de amostra); histidina (0,092 μmol / mg de amostra); arginina (0,213 μmol / mg de amostra); ácido aspártico (0,301 μmol / mg de amostra); treonina (0,144 μmol / mg de amostra); serina (0,199 μmol / mg de amostra); ácido glutâmico (0,393 μmol / mg de amostra); prolina (0,196 μmol / mg de amostra); glicina (0,299 μmol / mg de amostra); alanina (0,213 μmol / mg de amostra); cistina (0,055 μmol / mg de amostra); valina (0,138 μmol / mg de amostra); metionina (0,040 μmol / mg de amostra); isoleucina (0,122 μmol / mg

de amostra); leucina (0,214  $\mu\text{mol}$  / mg de amostra) tirosina (0,085  $\mu\text{mol}$  / mg de amostra) e fenilalanina (0,128  $\mu\text{mol}$  / mg de amostra).

**Tabela 11** – Teor de aminoácidos de grãos de soja cozidos<sup>1</sup>.

Cultivares	Triptofano <sup>2</sup>	Lisina <sup>3</sup>	Histidina <sup>4</sup>	Arginina <sup>5</sup>	Ácido Aspártico <sup>6</sup>	Treonina <sup>7</sup>
BRS 133	0,037 <sup>b</sup>	0,161 <sup>d</sup>	0,070 <sup>c</sup>	0,155 <sup>c</sup>	0,296 <sup>b</sup>	0,134 <sup>b</sup>
BRS 213	0,033 <sup>c</sup>	0,150 <sup>e</sup>	0,066 <sup>d</sup>	0,128 <sup>d</sup>	0,277 <sup>d</sup>	0,117 <sup>c</sup>
BRS 216	0,039 <sup>a</sup>	0,172 <sup>c</sup>	0,075 <sup>b</sup>	0,156 <sup>c</sup>	0,288 <sup>c</sup>	0,133 <sup>b</sup>
BRS 258	0,037 <sup>ab</sup>	0,176 <sup>b</sup>	0,076 <sup>b</sup>	0,168 <sup>b</sup>	0,295 <sup>b</sup>	0,134 <sup>b</sup>
BRS 267	0,039 <sup>a</sup>	0,199 <sup>a</sup>	0,092 <sup>a</sup>	0,213 <sup>a</sup>	0,301 <sup>a</sup>	0,144 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>resultados apresentados em  $\mu\text{mol}$  / mg de amostra (base seca); médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada aminoácido; <sup>2</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 1,55 %; <sup>3</sup>Coeficiente de Variação (C.V.) igual a 0,65 %; <sup>4</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 0,96 %; <sup>5</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 0,54 %; <sup>6</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 0,45 %; <sup>7</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 0,91 %.

**continuação...**

Cultivares	Serina <sup>8</sup>	Ácido Glutâmico <sup>9</sup>	Prolina <sup>10</sup>	Glicina <sup>11</sup>	Alanina <sup>12</sup>	½ Cistina <sup>13</sup>
BRS 133	0,194 <sup>b</sup>	0,366 <sup>c</sup>	0,178 <sup>c</sup>	0,220 <sup>b</sup>	0,199 <sup>b</sup>	0,047 <sup>b</sup>
BRS 213	0,180 <sup>c</sup>	0,353 <sup>d</sup>	0,153 <sup>e</sup>	0,200 <sup>c</sup>	0,176 <sup>d</sup>	0,042 <sup>c</sup>
BRS 216	0,191 <sup>b</sup>	0,367 <sup>c</sup>	0,159 <sup>d</sup>	0,198 <sup>c</sup>	0,167 <sup>e</sup>	0,042 <sup>c</sup>
BRS 258	0,193 <sup>b</sup>	0,377 <sup>b</sup>	0,183 <sup>b</sup>	0,215 <sup>b</sup>	0,182 <sup>c</sup>	0,047 <sup>b</sup>
BRS 267	0,199 <sup>a</sup>	0,393 <sup>a</sup>	0,196 <sup>a</sup>	0,229 <sup>a</sup>	0,213 <sup>a</sup>	0,055 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>resultados apresentados em  $\mu\text{mol}$  / mg de amostra (base seca); médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada aminoácido; <sup>8</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 0,66 %; <sup>9</sup>Coeficiente de Variação (C.V.) igual a 0,17 %; <sup>10</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 0,42 %; <sup>11</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 0,63 %; <sup>12</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 0,48 %; <sup>13</sup>Coeficiente de variação (C.V.) igual a 1,09 %.

continuação...

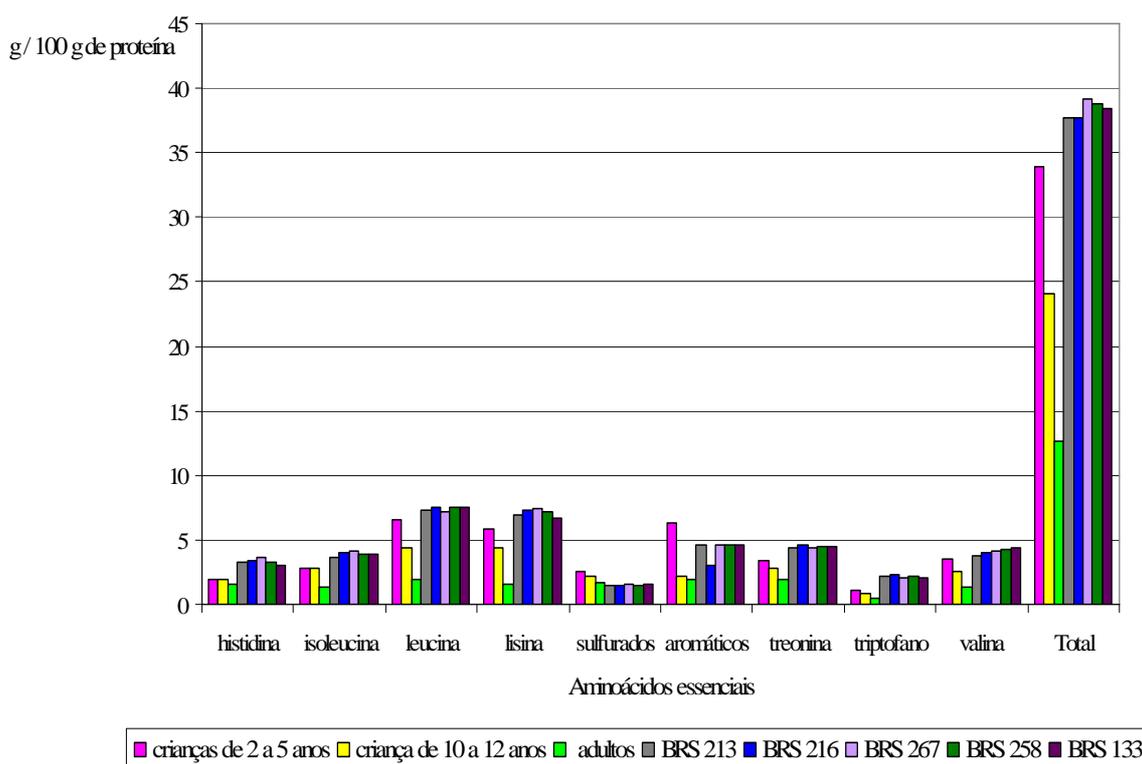
Cultivares	Valina <sup>14</sup>	Metionina <sup>15</sup>	Isoleucina <sup>16</sup>	Leucina <sup>17</sup>	Tirosina <sup>18</sup>	Fenilalanina <sup>19</sup>
BRS 133	0,131 <sup>b</sup>	0,038 <sup>b</sup>	0,105 <sup>bc</sup>	0,205 <sup>c</sup>	0,075 <sup>b</sup>	0,118 <sup>b</sup>
BRS 213	0,103 <sup>d</sup>	0,027 <sup>e</sup>	0,089 <sup>d</sup>	0,176 <sup>e</sup>	0,067 <sup>c</sup>	0,103 <sup>c</sup>
BRS 216	0,117 <sup>c</sup>	0,034 <sup>c</sup>	0,103 <sup>b</sup>	0,198 <sup>d</sup>	0,073 <sup>bc</sup>	0,105 <sup>c</sup>
BRS 258	0,129 <sup>b</sup>	0,032 <sup>d</sup>	0,107 <sup>b</sup>	0,207 <sup>b</sup>	0,076 <sup>b</sup>	0,117 <sup>b</sup>
BRS 267	0,138 <sup>a</sup>	0,040 <sup>a</sup>	0,122 <sup>a</sup>	0,214 <sup>a</sup>	0,085 <sup>a</sup>	0,128 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>resultados apresentados em  $\mu\text{mol} / \text{mg}$  de amostra (base seca); médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada aminoácido; <sup>14</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 0,72 %; <sup>15</sup>Coefficiente de Variação (C.V.) igual a 1,30 %; <sup>16</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 0,95 %; <sup>17</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 0,36 %; <sup>18</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 3,10 %; <sup>19</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 1,31 %.

Os aminoácidos mais abundantes encontrados nas cultivares de soja estudadas foram ácido aspártico (1,457  $\mu\text{mol} / \text{mg}$  de amostra) e ácido glutâmico (1,856  $\mu\text{mol} / \text{mg}$  de amostra) e os presentes em menores concentrações foram triptofano com 0,185  $\mu\text{mol} / \text{mg}$  de amostra e metionina com 0,171  $\mu\text{mol} / \text{mg}$  de amostra. Esses resultados foram similares aos encontrados por Vieira et al. (1999) para cultivares de soja brasileiras.

Masuda (1991) relatou que além da sacarose, os aminoácidos que mais contribuem para o sabor suave e neutro das cultivares tipo hortaliça são o ácido glutâmico e a alanina. O presente trabalho confirma os dados do autor já que os grãos cozidos da cultivar BRS 267 (tipo hortaliça) também apresentaram os maiores teores desses aminoácidos com 0,393  $\mu\text{mol} / \text{mg}$  de amostra e 0,213  $\mu\text{mol} / \text{mg}$  de amostra, respectivamente.

Os teores, em base seca, dos aminoácidos essenciais (AEE) das cultivares de soja analisadas neste estudo foram superiores aos da proteína padrão recomendada pela FAO (1985) para adultos e crianças (Figura 20).



**Figura 20** – Comparação da composição média dos aminoácidos essenciais das cultivares de soja com o padrão da FAO (1985) em g / 100 g de proteína

O teor total dos aminoácidos essenciais das cultivares de soja analisadas foram de 33,67 g / 100 g de proteína para cultivar desprovida de lipoxigenases BRS 213, de 37,65 g / 100 g de proteína para cultivar BRS 216, de 39,18 g / 100 g de proteína para a tipo hortaliça BRS 267, de 38,83 g / 100 g de proteína para a BRS 258 e de 38,48 g / 100 g de proteína para cultivar convencional BRS 133. O teor total dos aminoácidos essenciais recomendados pela FAO (1985) para crianças entre 2 e 5 anos é de 33,9 g / 100 g de proteína, para crianças entre 10 e 12 anos é de 24,10 g / 100 g de proteína e para adultos é de 12,70 g / 100 g de proteína.

Pode-se observar pelos resultados que a proteína da soja pode satisfazer as necessidades de aminoácidos essenciais para crianças e adultos. A deficiência em metionina detectada na soja pode, provavelmente, estar relacionada às cultivares ou aos padrões protéicos estabelecidos pela FAO (1985). Os resultados do presente trabalho estão de acordo com os relatados por Vieira et al. (1999) e Mandarino et al. (1992).

## 5.2 Características físicas

O estudo das características físicas dos grãos de soja é importante, tendo em vista que podem influenciar o consumidor na escolha de determinada cultivar para o consumo, e para a indústria de alimentos pode colaborar para processos industriais mais efetivos, rápidos e econômicos.

Os resultados relacionados à massa dos grãos crus, capacidade de absorção de água durante a maceração, tempo de cozimento e integridade dos grãos de soja cozidos estão apresentados na Tabela 12.

Em relação ao tamanho dos grãos de soja que foi avaliado indiretamente pela medida da massa, observou-se variação de 10,40 g (grão pequeno) para cultivar BRS 216 a 24,92 g (grão grande) para cultivar tipo hortaliça BRS 267. As cultivares convencionais BRS 133 e BRS 258 e a desprovida de lipoxigenases BRS 213 apresentaram a mesma massa de 100 grãos com 16 e 16,50 g (grão médio), respectivamente.

**Tabela 12** – Massa de 100 grãos crus, capacidade de absorção de água durante a maceração, tempo de cozimento e integridade dos grãos cozidos<sup>1</sup>.

<b>Cultivar</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Capacidade de absorção durante a maceração (g / 100 g)<sup>2</sup></b>	<b>Tempo de cozimento ( minutos)<sup>3</sup></b>	<b>Integridade dos grãos cozidos (%)<sup>4</sup></b>
BRS 213	16,50 <sup>b</sup>	149,75 <sup>ab</sup>	31,35 <sup>c</sup>	85,47 <sup>ab</sup>
BRS 216	10,40 <sup>c</sup>	153,41 <sup>ab</sup>	32,15 <sup>c</sup>	84,45 <sup>b</sup>
BRS 267	24,92 <sup>a</sup>	138,73 <sup>b</sup>	41,76 <sup>ab</sup>	88,52 <sup>ab</sup>
BRS 258	16,00 <sup>b</sup>	155,11 <sup>ab</sup>	47,20 <sup>a</sup>	61,45 <sup>c</sup>
BRS 133	16,00 <sup>b</sup>	155,80 <sup>a</sup>	41,95 <sup>ab</sup>	94,70 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada componente. <sup>2</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 3,75 %; <sup>3</sup>Coefficiente de variação (C.V.) igual a 9,63 %; <sup>4</sup>Coefficiente de Variação (C.V.) igual a 4,53 %.

Segundo Yokomizo et al. (2000) o tamanho dos grãos é um parâmetro de qualidade importante para a soja tipo alimento, pois dependendo do produto há necessidade do uso de grãos de tamanho pequeno (massa de 100 grãos igual ou menor que 10 g) ou grande (massa

de 100 grãos igual ou maior que 20). Alimentos como o natto, por exemplo, necessitam de grãos pequenos e, conforme os resultados apresentados pode-se indicar, para o seu preparo, a utilização dos provenientes da cultivar de soja BRS 216. Para o preparo do tofu em que é recomendado o uso de grãos grandes pode-se fazer uso dos da cultivar tipo hortaliça BRS 267.

Quanto à capacidade de absorção de água durante a maceração dos grãos, a cultivar convencional BRS 133 apresentou o maior valor (155,80 g / 100 g de amostra) e a maior porcentagem de grãos íntegros após o cozimento (94,70 %). Os grãos da cultivar BRS 258, apesar da alta capacidade de absorção de água durante a maceração (155,11 g / 100 g de amostra) apresentaram menor porcentagem de grãos íntegros (61,45 %) com a cocção por 5 minutos em autoclave, indicando que o elevado grau de absorção de água pode interferir negativamente na integridade dos grãos após o tratamento térmico.

O tempo de cozimento variou de 31,35 minutos para cultivar BRS 213 a 47,20 minutos para cultivar BRS 258. Maior tempo de cozimento dos grãos de soja pode acarretar a diminuição na qualidade protéica dos produtos obtidos a partir da leguminosa, além do maior consumo de energia aumentando com isto, o custo do processamento. Segundo Mwandele e Whirter (1984) características como o tamanho do grão e capacidade de absorção de água durante a maceração podem prejudicar a qualidade de cocção dos grãos de soja.

Sharma et al. (2004) encontraram, em diversas cultivares de soja, variações para capacidade de absorção de água durante a maceração de 133,1 a 106,1 %, para o tempo de cozimento de 66 a 58 minutos e de 11,6 a 8,5 g para a massa de 100 grãos (grãos pequenos).

Vieira et al. (1999) trabalhando com cultivares de soja para consumo humano descreveram diferenças de 19,76 (grão grande) a 15,31 g (grão médio) para a massa de 100 grãos, de 132,54 a 125,67 g / 100 g para o grau de hidratação durante a maceração e tempos de cocção variando de 219 a 155 minutos.

Em diferentes cultivares de soja tipo alimento Meneguice et al. (2005) observaram variações de 158,91 a 79,87 % para a capacidade de absorção de água durante a maceração e de 75,26 a 24,57 minutos para o tempo de cozimento dos grãos e concluíram que o menor tempo de cozimento dos grãos de soja e a maior capacidade de absorção de água podem colaborar para processos industriais mais rápidos, efetivos e econômicos.

Giami (1997) observou em diferentes linhagens de soja que os grãos de tamanho pequeno apresentaram tempos de cocção reduzidos em comparação aos com tamanho grande

concluindo que, o tempo de cocção pode estar relacionado com a característica tamanho do grão. Essa relação entre o tempo de cocção e tamanho de grão não foi observada por Phirke et al. (1982) em diferentes cultivares de feijão.

Quanto à coloração dos grãos de soja crus (Tabela 13) a cultivar desprovida das enzimas lipoxigenases BRS 213 apresentou maior valor para o parâmetro L\* (luminosidade) (37,37) indicando que essa cultivar é mais clara em relação às demais. O menor resultado do parâmetro L\* dos grãos crus foi verificado para cultivar tipo hortaliça BRS 267 (31,36). Com a cocção as cultivares BRS 267, BRS 258 e BRS 133 mostraram os maiores valores de L\* não diferindo entre si e sugerindo, portanto coloração mais clara dos grãos de soja.

Os valores de a\* (componente vermelho – verde) foram maiores nos grãos crus da cultivar BRS 258 (4,17) (Tabela 13) apresentando-se, portanto mais avermelhados. Também para os grãos crus da cultivar BRS 258 foi observado o maior valor do parâmetro b\* (componente amarelo – azul) (25,70) indicando coloração mais amarela que as demais. Já os grãos crus da cultivar BRS 216 por terem apresentado o menor valor (9,30) foram menos amarelos. Após o cozimento não foram encontradas diferenças entre as cultivares quanto aos parâmetros a\* e b\*.

**Tabela 13** – Parâmetros de cor de grãos de soja crus e cozidos<sup>1</sup>.

Cultivar	L*		a*		b*	
	crus	cozidos	crus	cozidos	crus	cozidos
BRS 213	37,36 <sup>aA</sup>	31,56 <sup>bB</sup>	3,16 <sup>abA</sup>	1,60 <sup>aA</sup>	13,76 <sup>bcA</sup>	14,50 <sup>aA</sup>
BRS 216	35,33 <sup>abcA</sup>	35,43 <sup>abA</sup>	0,03 <sup>bA</sup>	1,63 <sup>aA</sup>	9,30 <sup>cB</sup>	15,73 <sup>aA</sup>
BRS 267	31,36 <sup>cB</sup>	36,53 <sup>aA</sup>	0,50 <sup>bB</sup>	3,43 <sup>aA</sup>	15,55 <sup>bcA</sup>	17,93 <sup>aA</sup>
BRS 258	32,99 <sup>bcB</sup>	36,86 <sup>aA</sup>	4,16 <sup>aA</sup>	1,37 <sup>aB</sup>	25,70 <sup>aA</sup>	15,03 <sup>aB</sup>
BRS 133	35,96 <sup>abA</sup>	36,63 <sup>aA</sup>	2,40 <sup>bB</sup>	2,70 <sup>aA</sup>	16,40 <sup>bA</sup>	20,60 <sup>aA</sup>

<sup>1</sup>médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para cada componente. L\*: valor indica branco (100) ou preto (0); a\*: valor indica vermelho (+) ou verde (-) and b\*: valor indica amarelo (+) ou azul (-). Valores máximos para a\* e b\* são entre 100 e -100, respectivamente.

De acordo com Saito et al. (2004) a cor dos grãos pode ser influenciada pelas características próprias de cada cultivar, pelo local de plantio e pelas condições ambientais.

Para a característica dureza dos grãos crus (Tabela 14), foi observada variação de dureza de 317,77 N para cultivar de soja tipo hortaliça BRS 267 a 177,73 N para cultivar BRS

216 (tamanho pequeno de grãos). Com o processo de cocção ocorreu redução na dureza dos grãos (Tabela 14) e a cultivar convencional BRS 258 apresentou maior dureza (7,26 N) enquanto que a cultivar BRS 213 desprovida de lipoxigenases o menor valor (3,15 N).

**Tabela 14** – Parâmetros de dureza de grãos de soja crus e cozidos<sup>1</sup>.

Cultivar	Dureza (N)	
	crus	cozidos
BRS 213	227,34 <sup>cA</sup>	3,15 <sup>cB</sup>
BRS 216	177,73 <sup>eA</sup>	5,47 <sup>abB</sup>
BRS 267	317,77 <sup>aA</sup>	3,86 <sup>bcB</sup>
BRS 258	283,48 <sup>bA</sup>	7,26 <sup>aB</sup>
BRS 133	206,33 <sup>dA</sup>	3,46 <sup>bcB</sup>

<sup>1</sup>médias de três repetições sendo que as médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os fatores que podem influenciar a textura dos grãos de soja compreendem o local de plantio, condições de armazenamento, composição química e, principalmente às características próprias de cada cultivar.

A dureza dos grãos pode interferir na fabricação de alguns alimentos de soja. Na elaboração do natto, a utilização de grãos de textura dura tendem a prolongar a etapa de fermentação e com isto levar à maior produção do gás amônia. O gás amônia formado em concentrações superiores a 0,2 % pode prejudicar a qualidade sensorial do produto. O uso de grãos de textura dura também pode contribuir para menor capacidade de absorção de água durante a maceração e aumentar o tempo de cozimento dos grãos resultando num produto com alto custo de produção (CHEN; BUSS, 2004).

## 5.3 Características Sensoriais

### 5.3.1 Perfil Sensorial das cultivares de soja

Os valores médios obtidos em cada repetição da avaliação das cultivares de soja, para cada atributo sensorial, foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP).

Na Figura 21A está apresentada a projeção dos atributos sensoriais sobre o plano fatorial (CP1 x CP2) e na Figura 21B, a projeção das cultivares de soja BRS 213, BRS 216, BRS 267, BRS 258 e BRS 133.

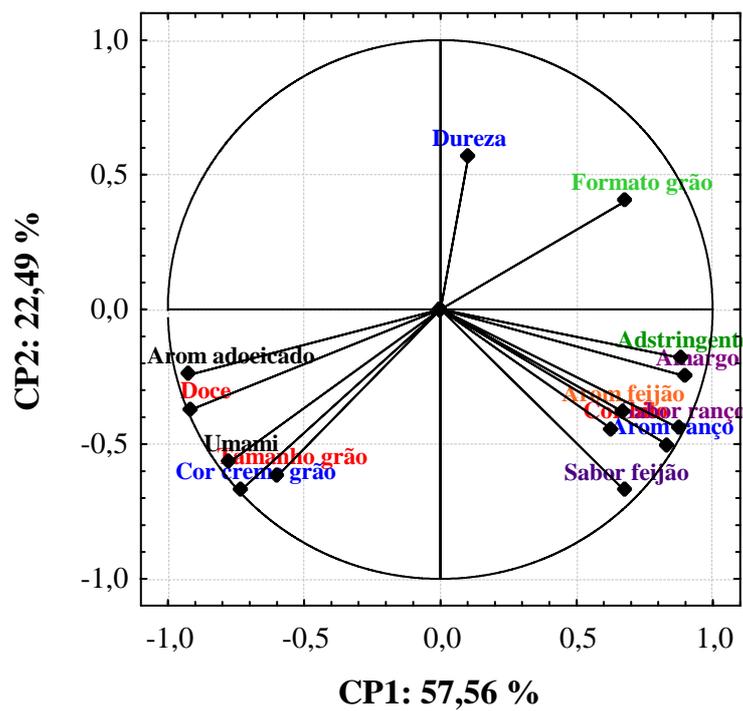
O primeiro componente principal (CP1) explicou 57,56 % da variabilidade total contida nas variáveis originais, e o segundo componente principal (CP2) explicou 22,49 %, totalizando 80,05 % de explicação.

Lawless e Heymann (1998) recomendam seguir o critério de Kaiser para determinar o número de eixos a serem considerados. Este critério considera que componentes principais com autovalores superiores a 1 devem ser mantidos e interpretados. Já Rosenthal (1999) afirma que um resultado adequado é aquele em que no mínimo 70 ou 80 % da variação entre as amostras é explicada nos três primeiros componentes principais. O presente estudo está de acordo com o sugerido pelos autores mencionados.

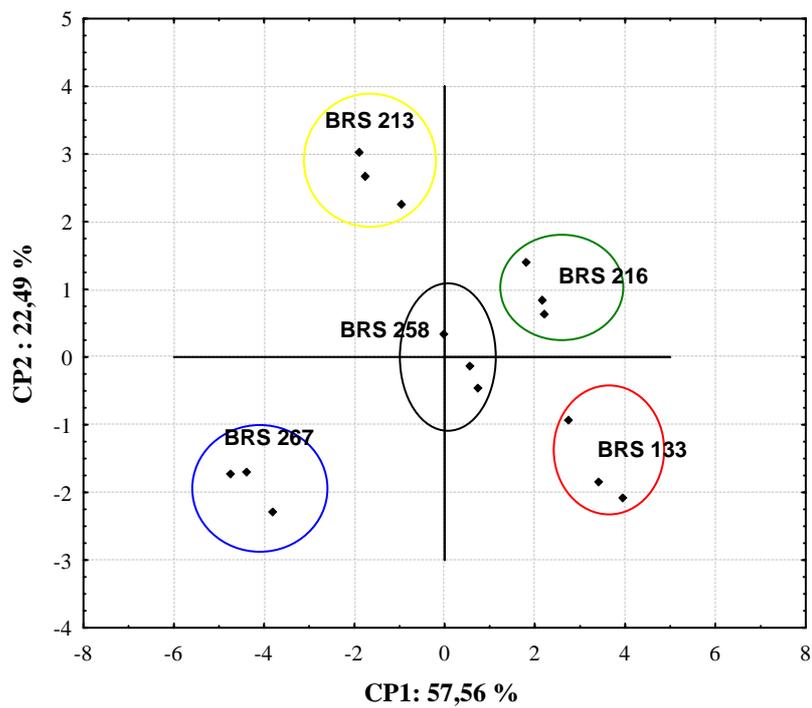
Na Análise de Componentes Principais (ACP), os atributos sensoriais são representados como vetores. Quando os vetores são decompostos em um eixo CP e apresentam-se como um vetor longo, significa que possuem alta correlação com o eixo e explicam mais a variabilidade existente entre os dados mostrados naquele CP (DÁMASIO; DA SILVA, 1994; FERREIRA, 2008).

A variabilidade explicada no primeiro CP (Figura 21A) foi devido principalmente, aos atributos que apresentaram correlações superiores a 0,7 (em módulo) (Tabela 15), e em ordem decrescente de importância (contribuição discriminante): aroma adocicado (-0,92), gosto doce (- 0,91), gosto amargo (0,90), adstringência (0,89), sabor de ranço (0,88), aroma de ranço (0,84), umami (-0,79) e cor creme do grão (- 0,73).

Os atributos que contribuíram para a explicação fornecida pelo segundo CP e, com correlação positiva (> 0,5) foram tamanho do grão (-0,62) e dureza (0,56) (Figura 21A e Tabela 15).



(A)



(B)

**Figura 21** - Projeções dos atributos sensoriais (A) e das cultivares de soja (B) sobre o plano fatorial (CP1 e CP2)

Na Figura 21B, cada cultivar foi representada por cores diferentes e os símbolos (losangos) próximos a cada cultivar refere-se a cada uma das três repetições da avaliação. Os símbolos, de cada cultivar, estão próximos significando que houve boa repetibilidade da avaliação. Se amostras diferentes estão próximas entre si, significa que são semelhantes em relação aos atributos julgados e amostras distantes uma das outras, mostram diferenças entre si. As cinco cultivares de soja foram separadas uma da outra por apresentarem atributos sensoriais diferentes.

De um modo geral, a CP1 separou as cultivares BRS 213 e BRS 267 (mais a esquerda) das cultivares BRS 216 e BRS 133 (mais a direita). As cultivares mais a esquerda, provavelmente, apresentam maior intensidade do aroma adocicado, gosto doce e umami e menor intensidade dos atributos localizados mais à direita (aroma de ranço e de feijão cozido, sabor de ranço e de feijão cozido, gosto amargo e adstringente). Já as cultivares de soja localizadas mais à direita demonstram possivelmente, maior intensidade dos atributos aroma de ranço e de feijão cozido; sabor de ranço e de feijão cozido; gosto amargo e adstringente e menor intensidade dos atributos localizados mais à esquerda (aroma adocicado, gosto doce e umami). A CP2 separou as cultivares BRS 213 e BRS 216 (acima) das cultivares BRS 267 e BRS 133 (abaixo). As cultivares localizadas mais acima apresentam, provavelmente, maior intensidade do atributo dureza. A cultivar BRS 258 ficou mais ao centro do plano fatorial podendo ser considerada uma cultivar com características sensoriais de intensidades intermediárias.

As cultivares BRS 213 e BRS 133 estão posicionadas num ângulo de 180 graus, assim como as cultivares BRS 267 e BRS 216. Esse posicionamento indica que, em cada um desses pares de cultivares, os atributos estão em maior intensidade em uma cultivar e menor na outra e vice-versa.

**Tabela 15** – Correlações de cada atributo sensorial com a Componente Principal I e Componente Principal II.

<b>Atributos</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>
Tamanho grão	-0,594926	-0,621320
Formato grão	0,681403	0,409887
Cor creme do grão	-0,730052	-0,672174
Cor hilo	0,631344	-0,446968
Aroma de ranço	0,838751	-0,501644
Aroma de feijão cozido	0,676411	-0,377653
Aroma adocicado	-0,920709	-0,242487
Sabor de feijão cozido	0,680238	-0,671593
Sabor de ranço	0,883029	-0,441002
Doce	-0,913800	-0,372969
Amargo	0,897129	-0,248461
Adstringente	0,886808	-0,182353
Umami	-0,788415	-0,545243
Dureza	0,099403	0,559845

Vetores próximos uns dos outros, indicam que os atributos possivelmente, apresentam alta correlação positiva entre si. Assim, deve haver correlação positiva e significativa entre os atributos aroma adocicado, gosto doce, umami, cor creme do grão e tamanho do grão. Os vetores que são ortogonais (formam ângulo de 90 graus), possivelmente, não apresentam correlação linear significativa entre si. Os vetores que formam um ângulo de 180 graus entre si, provavelmente apresentam correlação linear significativa entre si. Para confirmar a correlação existente entre os atributos sensoriais mostrados na ACP (Figura 21A) e o nível de significância foi realizada a análise de correlação linear entre os dados. Os resultados encontram-se na Tabela 16.

**Tabela 16** – Matriz de correlação dos atributos para aparência do grão, aroma, sabor, textura.

Atributos	Aparência			Aroma			
	Tamanho grão	Formato grão	Cor creme	Cor hilo	De ranço	De feijão cozido	Adocicado
Tamanho do grão	1,00	-0,96*	0,90*	0,16	-0,21	-0,34	0,56*
Formato do grão	-0,96*	1,00	-0,83*	-0,00	0,41	0,46	-0,58*
Cor creme do grão	0,90*	-0,83*	1,00	-0,12	-0,28	-0,27	0,81*
Cor do hilo	0,16	-0,00	-0,12	1,00	0,79*	0,32	-0,64*
Aroma de ranço	-0,21	0,41	-0,28	0,79*	1,00	0,71*	-0,66*
Aroma de feijão	-0,34	0,46	-0,27	0,32	0,71*	1,00	-0,38
Aroma adocicado	0,56*	-0,58*	0,81*	-0,64*	-0,66*	-0,38	1,00
Sabor de feijão	-0,02	0,22	-0,05	0,71*	0,89*	0,71*	-0,44
Sabor de ranço	-0,27	0,46	-0,35	0,76*	0,98*	0,71*	-0,71*
Gosto doce	0,70*	-0,69*	0,90*	-0,49	-0,57*	-0,40	0,97*
Gosto amargo	-0,31	0,40	-0,46	0,62*	0,83*	0,68*	-0,77*
Adstringência	-0,36	0,44	-0,49	0,53*	0,76*	0,71*	-0,75*
Gosto Umami	0,69*	-0,63*	0,92*	-0,41	-0,38	-0,23	0,92*
Textura dureza	-0,00	-0,18	-0,37	0,15	-0,27	-0,31	-0,40

continuação...

Atributos	Sabor					Textura	
	De feijão cozido	De ranço	Doce	Amargo	Adstrin	Umami	Dureza
Tamanho do grão	-0,02	-0,27	0,70*	-0,31	-0,36	0,69*	-0,00
Formato do grão	0,22	0,46	-0,69*	0,40	0,44	-0,63*	-0,18
Cor creme do grão	-0,05	-0,35	0,90*	-0,46	-0,49	0,92*	-0,37
Cor do hilo	0,71*	0,76*	-0,49	0,62*	0,53*	-0,41	0,15
Aroma de ranço	0,89*	0,98*	-0,57*	0,83*	0,76*	-0,38	-0,27
Aroma de feijão	0,71*	0,71*	-0,40	0,68*	0,71*	-0,23	-0,31
Aroma adocicado	-0,44	-0,71*	0,97*	-0,77*	-0,75*	0,92*	-0,40
Sabor de feijão	1,00	0,88*	-0,36	0,72*	0,69*	-0,17	-0,34
Sabor de ranço	0,88*	1,00	-0,63*	0,88*	0,83*	-0,44	-0,22
Gosto doce	-0,36	-0,69*	1,00	-0,73*	-0,74*	0,96*	-0,40
Gosto amargo	0,72*	0,88*	-0,73*	1,00	0,97*	-0,54*	0,07
Adstringência	0,69*	0,83*	-0,74*	0,97*	1,00	-0,57*	0,11
Gosto Umami	-0,17	-0,44	0,95*	-0,55*	-0,57*	1,00	-0,54*
Textura dureza	-0,34	-0,22	-0,40	0,07	0,11	-0,54*	1,00

\* indica nível de significância a  $p \leq 0,05$ .

Para os atributos sensoriais relacionados à aparência dos grãos de soja cozidos foram observadas correlações positivas e significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre o tamanho de grão e a cor creme do grão (0,90), aroma adocicado (0,56), gosto doce (0,70) e umami (0,69). O formato

do grão apresentou correlação negativa e significativa com tamanho do grão (-0,96), cor creme (-0,83), aroma adocicado (-0,58) e gosto doce (-0,69) e umami (-0,63). Foi observada correlação positiva e significativa entre a cor creme do grão e aroma adocicado (0,81), gosto doce (0,90) e umami (0,92) e, entre cor do hilo e aroma de ranço (0,79), sabor de feijão cozido (0,71), sabor de ranço (0,76), gosto amargo (0,62) e adstringência (0,53).

Em relação ao aroma de ranço foram encontradas correlações positivas e significativas ( $p \leq 0,05$ ) com aroma de feijão cozido (0,71), sabor de feijão cozido (0,89) e de ranço (0,98), gosto amargo (0,83) e sensação de adstringência (0,76). O aroma de feijão cozido foi correlacionado positiva e significativamente com sabor de feijão cozido (0,71) e de ranço (0,71), gosto amargo (0,68) e adstringente (0,71). Para o aroma adocicado foi verificada correlação positiva e significativa com gosto doce (0,97) e umami (0,92) e correlação negativa e significativa com sabor de ranço (-0,71), gosto amargo (-0,77) e adstringente (-0,75). Os atributos sensoriais sabor de feijão cozido e de ranço mostraram correlações positivas e significativas com gosto amargo (0,72 e 0,88, respectivamente) e adstringente (0,69 e 0,83, respectivamente). O gosto doce apresentou correlação positiva e significativa com o umami (0,95). O gosto amargo e adstringente mostraram correlação negativa e significativa com o gosto umami (-0,55 e -0,57, respectivamente). E o gosto umami mostrou correlação negativa e significativa com a textura dura (-0,54).

N’Kouka et al. (2004) ao estudarem diferentes extratos de soja encontraram correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ; 0,01 e 0,001) somente entre os atributos sensoriais aroma de soja tostada e sabor de noz (0,90), aroma de leite cozido e farinha de trigo com sabor de malte (0,97 e 0,99, respectivamente).

Os resultados da análise sensorial de cada atributo das cultivares de soja também foram submetidos à análise de variância (ANOVA) (Anexos 7 a 20) visando ter o nível de significância e confirmar os atributos que melhor caracterizaram cada cultivar de soja e verificar as semelhanças e diferenças entre elas.

Os valores de  $F_{\text{cultivares}}$  (Tabela 17) foram significativos ( $p \leq 0,05$ ) para todos os atributos. Indicando, portanto diferenças sensoriais entre as cultivares de soja estudadas.

Os valores obtidos de  $F_{\text{provadores}}$  ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 17) foram diferentes para todos os atributos com exceção do gosto umami, sugerindo que apesar do treinamento, os provadores utilizaram diferentes porções da escala para expressarem a intensidade das sensações

provocadas por uma mesma amostra. Esta ocorrência é comum e é difícil de ser evitada na análise sensorial (STONE; SIDEL, 2004).

Os valores calculados de  $F_{\text{cultivares} \times \text{provadores}}$  (Tabela 17) foram significativos sugerindo que os provadores não perceberam de forma idêntica a intensidade dos atributos sensoriais das amostras em estudo, portanto haveria necessidade de mais treinamento.

**Tabela 17** – Valores obtidos de F da análise de variância (ANOVA) para cada atributo sensorial, considerando como fonte de variação provadores, cultivares e a interação entre eles.

<b>Atributos</b>	<b>cultivares</b>	<b>provadores</b>	<b>cultivares x provadores</b>
<b>Aparência</b>			
Tamanho do grão	2312,17*	37,66*	13,17*
Formato do grão	1184,05*	23,11*	12,46*
Cor creme do grão	748,19*	7,27*	10,73*
Cor do hilo	7361,34*	27,47*	20,92*
<b>Aroma</b>			
De ranço	453,16*	34,91*	10,98*
De feijão cozido	9,69*	10,98*	3,72*
Adocicado	446,10*	29,04*	7,45*
<b>Sabor</b>			
De feijão cozido	23,02*	25,57*	7,23*
De ranço	307,62*	25,63*	5,17*
<b>Gosto</b>			
Doce	313,44*	51,81*	5,40*
Amargo	89,10*	34,65*	3,67*
Adstringente	52,14*	20,33*	4,12*
Umami	889,89*	2,60	2,62*
<b>Textura</b>			
Dureza	244,14*	12,03*	11,13*

\* indica nível de significância a  $p \leq 0,05$ .

A gravidade da interação foi avaliada construindo-se gráficos da intensidade do atributo x cultivar para cada provador (Anexos 20 – 31). A análise indicou que as interações foram graves para os atributos cor creme do grão e geradas pelos provadores 3, 5, 7 e 8; aroma de ranço (provadores 1, 3, 8 e 10); aroma adocicado (provadores 2, 3, 4 e 9); sabor de feijão cozido (provadores 2, 7 e 8); sabor de ranço (provadores 1, 6, 8 e 10) e adstringência (provadores 1, 2, 6 e 7). Não foram consideradas interações graves os atributos sensoriais tamanho do grão, formato do grão, cor do hilo, gosto doce e textura dureza.

Segundo Stone e Sidel (2004), mesmo que os valores obtidos de  $F_{\text{cultivares} \times \text{provadores}}$  sejam significativos (interação grave ou não), não se justifica a eliminação dos dados dos provadores que causaram a interação para novamente analisar os resultados. Os autores recomendam que os efeitos tratamentos (cultivares) e provadores sejam testados contra o quadrado médio da interação entre tratamentos (cultivares) x provadores para obter os valores calculados de  $F$  ajustado, dessa forma não interferindo na obtenção das diferenças entre os tratamentos (cultivares) pelos provadores. Assim, calculou-se o valor de  $F_{\text{cultivares}}$  ajustado para todos os atributos (Tabela 18) e verificou-se que as cultivares diferiram entre si em relação a todos os termos descritores (atributos) levantados pela equipe sensorial.

**Tabela 18** - Valores da estatística  $F_{\text{cultivares}}$  ajustado.

<b>Atributos</b>	<b>Valores de <math>F_{\text{cultivares}}</math> ajustado<sup>1</sup></b>
<b>Aparência</b>	
Tamanho do grão	175,90*
Formato do grão	94,96*
Cor do grão	69,93*
Cor do hilo	350,71*
<b>Aroma</b>	
De ranço	41,29*
De feijão cozido	2,62*
Adocicado	60,11*
<b>Sabor</b>	
De feijão cozido	3,19*
De ranço	59,47*
<b>Gosto</b>	
Doce	57,93*
Amargo	24,19*
Adstringente	12,71*
Umami	338,15*
<b>Textura</b>	
Dureza	21,97*

\* indica o nível de significância a  $p \leq 0,05$ .

<sup>1</sup>os valores da estatística de  $F_{\text{cultivares}}$  ajustado foram calculados por meio da divisão do quadrado médio das amostras pelo quadrado médio da interação entre cultivares x provadores para cada atributo.

Conforme recomendação de N'Kouka et al. (2004), foi aplicado o teste t ( $p = 0,05$ ) de comparação de médias considerando como resíduo a interação entre cultivares e provadores. Os resultados estão apresentados na Tabela 19 indicando as diferenças existentes entre os grãos cozidos das cultivares de soja.

**Tabela 19** – Intensidades médias dos atributos sensoriais relacionados à aparência, ao aroma, sabor e textura dos grãos de soja cozidos<sup>1</sup>.

Cultivares	Aparência			Aroma			
	Tamanho do grão	Formato do grão	Cor creme	Cor do hilo	De ranço	De feijão	Adocicado
BRS 213	2,80 <sup>d</sup>	5,00 <sup>b</sup>	2,21 <sup>cd</sup>	0,58 <sup>d</sup>	0,61 <sup>c</sup>	1,27 <sup>c</sup>	1,89 <sup>b</sup>
BRS 216	1,89 <sup>e</sup>	6,00 <sup>a</sup>	1,78 <sup>d</sup>	1,30 <sup>c</sup>	2,16 <sup>b</sup>	1,68 <sup>ab</sup>	1,10 <sup>c</sup>
BRS 267	8,36 <sup>a</sup>	1,24 <sup>c</sup>	6,48 <sup>a</sup>	0,88 <sup>cd</sup>	1,05 <sup>c</sup>	1,36 <sup>bc</sup>	3,58 <sup>a</sup>
BRS 258	7,22 <sup>b</sup>	1,58 <sup>c</sup>	3,57 <sup>b</sup>	7,15 <sup>b</sup>	1,94 <sup>b</sup>	1,37 <sup>bc</sup>	1,03 <sup>c</sup>
BRS 133	3,81 <sup>c</sup>	5,73 <sup>ab</sup>	2,76 <sup>c</sup>	8,41 <sup>a</sup>	3,85 <sup>a</sup>	1,75 <sup>a</sup>	0,75 <sup>c</sup>

continuação...

Cultivares	Sabor					Textura	
	De feijão	De ranço	Doce	Amargo	Adstringente	Umami	Dureza
BRS 213	1,45 <sup>b</sup>	0,68 <sup>c</sup>	1,48 <sup>b</sup>	0,95 <sup>b</sup>	1,00 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	4,47 <sup>b</sup>
BRS 216	1,78 <sup>ab</sup>	2,21 <sup>b</sup>	0,80 <sup>c</sup>	2,06 <sup>a</sup>	1,97 <sup>a</sup>	0,04 <sup>b</sup>	3,87 <sup>b</sup>
BRS 267	1,69 <sup>b</sup>	0,96 <sup>c</sup>	3,26 <sup>a</sup>	1,03 <sup>b</sup>	1,00 <sup>b</sup>	2,75 <sup>a</sup>	2,82 <sup>c</sup>
BRS 258	1,80 <sup>ab</sup>	1,86 <sup>b</sup>	1,14 <sup>bc</sup>	1,81 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,05 <sup>b</sup>	5,52 <sup>a</sup>
BRS 133	2,23 <sup>a</sup>	3,40 <sup>a</sup>	0,83 <sup>c</sup>	2,04 <sup>a</sup>	1,84 <sup>a</sup>	0,03 <sup>b</sup>	2,98 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> valores médios de três repetições e 10 provadores em cada repetição, obtidos de uma escala de 9 pontos (0 = nenhum e 9 = superior); médias nas colunas seguidas por letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t.

Quanto aos atributos relacionados à aparência dos grãos de soja cozidos pode-se observar que a cultivar tipo hortaliça BRS 267 apresentou maior tamanho do grão (8,36) e cor creme mais intensa (6,48) em relação às demais cultivares de soja analisadas. O menor tamanho do grão (1,89) e a cor creme menos intensa (1,78) foram observados para os grãos cozidos provenientes da cultivar BRS 216 que também, mostrou o formato do grão redondo enquanto que, as cultivares BRS 267 e BRS 258 apresentaram formato alongado do grão e não diferiram entre si. A cultivar convencional BRS 133 apresentou coloração do hilo mais escura (8,41) e a cultivar desprovida das enzimas lipoxigenases BRS 213 cor de hilo mais clara (0,58) em comparação com as outras cultivares de soja.

Para os atributos sensoriais referentes ao aroma pode-se notar que os grãos de soja cozidos provenientes da cultivar convencional BRS 133 apresentaram maior intensidade do

aroma de ranço (3,85) e de feijão cozido (1,75) enquanto que, os das cultivares BRS 213 e BRS 267 mostraram menor valor do atributo aroma de ranço (0,61 e 1,05, respectivamente). A cultivar tipo hortaliça BRS 267 apresentou maior intensidade do aroma adocicado (3,58) em relação às demais cultivares de soja seguida pela cultivar desprovida de lipoxigenases BRS 213 (1,89).

Quanto ao sabor, os grãos de soja cozidos da cultivar convencional BRS 133 apresentaram maior intensidade do sabor de feijão cozido (2,23) e de ranço (3,40); já os das cultivares BRS 267 (tipo hortaliça) e BRS 213 (desprovida de lipoxigenases) os menores valores. Quanto ao gosto doce e umami foi observado que a cultivar BRS 267 mostrou a maior intensidade (3,26 e 2,75, respectivamente) desses atributos e as cultivares BRS 216, BRS 258 e BRS 133 as maiores intensidades do gosto amargo e sensação de adstringência, características sensoriais próprias de cultivares convencionais.

Os grãos de soja cozidos da cultivar convencional BRS 258 apresentaram maior dureza (5,52).

Por meio da ACP, ANOVA e teste t dos resultados da análise sensorial pode-se observar que os grãos de soja cozidos da cultivar tipo hortaliça BRS 267 foram caracterizados pelos atributos sensoriais: maior tamanho do grão, cor creme mais intensa, aroma adocicado, gosto doce e umami. Os grãos cozidos da cultivar convencional BRS 133 apresentaram cor do hilo mais escura, aroma de feijão cozido e de ranço, sabor de feijão cozido e de ranço, gosto amargo e adstringente. A cultivar BRS 216 foi classificada pelos atributos menor tamanho do grão, cor creme menos intensa e formato do grão mais redondo enquanto que a cultivar BRS 258 apresentou textura dura. Os grãos cozidos da cultivar desprovida das enzimas lipoxigenases BRS 213 foram caracterizados, de um modo geral, como os da cultivar BRS 267, com menor intensidade do aroma de ranço e de feijão cozido, sabor de ranço e de feijão cozido, gosto amargo e adstringente. A diferença entre essas duas cultivares de soja e cultivares convencionais, como a BRS 133, pode estar associada aos maiores teores de açúcares (Tabela 10) e dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina (Tabela 11) que conseqüentemente, são responsáveis pela percepção da maior intensidade do aroma adocicado, gosto doce e umami encontrada na cultivar tipo hortaliça BRS 267. Resultados semelhantes foram encontrados por Masuda (1991).

### 5.3.2 Análise de correlação das características químicas, físicas e sensorial descritiva

A análise de correlação linear de Pearson ( $r$ ) das características químicas e físicas com os atributos sensoriais dos grãos de soja cozidos encontra-se na Tabela 20.

O tamanho do grão, avaliado pela massa de 100 grãos, apresentou correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) com os atributos sensoriais: tamanho do grão (0,80), cor creme do grão (0,93), textura (0,66), aroma adocicado (0,85), gosto doce (0,92) e umami (0,88) e, correlações negativas e significativas ( $p \leq 0,05$ ) com aroma de feijão cozido (-0,52), gosto amargo (-0,62) e adstringente (-0,76). Os resultados sugerem que grãos maiores podem apresentar maior intensidade de aroma adocicado, gosto doce e umami e, menor intensidade dos atributos indesejáveis sensorialmente (aroma de feijão cozido, gosto amargo e adstringente).

Quanto à cor do grão, medida em colorímetro digital, foi verificada correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) com aroma de ranço (0,72), aroma de feijão cozido (0,63), sabor de ranço (0,82) e sabor de feijão cozido (0,66) demonstrando que grãos com a coloração mais intensa e escura podem apresentar maior intensidade dos atributos sensoriais aroma e sabor de ranço e de feijão cozido.

De acordo com Vello (1992) e Liu (1999) as cultivares de soja que possuem sabor mais agradável apresentam grãos de tamanho pequeno (com massa de 100 grãos menor que 10 g) ou de tamanho grande (com massa de 100 grãos igual ou maior que 20 g), cor clara e uniforme (cotilédones, tegumento e hilo). Já as cultivares de soja que possuem características sensoriais indesejáveis como sabor de “feijão cru”, gosto amargo e adstringente apresentam grãos de tamanho médio (massa de 100 grãos entre 10 e 19 g) e cor mais escura (hilo escuro).

A textura dos grãos, avaliada em texturômetro, não apresentou correlação significativa ( $p \leq 0,05$ ) com os atributos sensoriais.

Chen e Buss (2004) concluíram que a textura dos grãos de soja é considerada uma importante característica de qualidade na elaboração de alimentos de soja, já que a maior dureza pode afetar a qualidade sensorial de produtos, como o natto, obtidos a partir dos grãos da leguminosa.

**Tabela 20** – Correlação das características químicas e físicas com a sensorial descritiva.

Atributos sensoriais	Características físicas e químicas			
	Tamanho do grão	Cor do grão	Textura	Teor de hexanal
Tamanho do grão	0,80*	0,13	0,27	-0,37
Cor creme do grão	0,93*	0,27	-0,06	-0,68*
Textura	0,66*	-0,12	-0,47	-0,90*
Aroma de ranço	-0,38	0,72*	0,07	0,51*
Aroma de feijão cozido	-0,52*	0,63*	-0,02	0,24
Aroma adocicado	0,85*	-0,01	-0,37	-0,88*
Sabor de feijão cozido	-0,46	0,66*	0,13	0,52*
Sabor de ranço	-0,17	0,82*	0,04	0,69*
Gosto doce	0,92*	0,09	-0,30	-0,83*
Gosto amargo	-0,62*	0,47	0,32	0,55*
Adstringente	-0,76*	0,23	0,49	0,49
Umami	0,88*	0,25	-0,25	-0,88*

**continuação...**

Atributos sensoriais	Características físicas e químicas			
	Teor de isoflavonas	Teor dos ácidos linoléico e linolênico	Teor de sacarose e frutose	Teor de ácido glutâmico e alanina
Tamanho do grão	-0,09	0,76*	0,07	0,84*
Cor creme do grão	0,28	-0,89*	0,45	0,91*
Textura	0,44	-0,81*	0,59*	0,32
Aroma de ranço	0,22	0,66*	0,11	0,11
Aroma de feijão cozido	0,36	0,71*	0,36	-0,07
Aroma adocicado	0,39	-0,95*	0,55*	0,57*
Sabor de feijão cozido	0,17	0,72*	0,08	0,03
Sabor de ranço	0,30	0,48	0,21	0,33
Gosto doce	0,37	-0,98*	0,52*	0,71*
Gosto amargo	-0,03	0,81*	-0,05	-0,11
Adstringente	-0,21	0,85*	-0,13	-0,29
Umami	0,47	-0,89*	0,68*	0,79*

\*significativos pelo teste de correlação a  $p \leq 0,05$ .

O composto volátil hexanal mostrou correlações positivas e significativas ( $p \leq 0,05$ ) com aroma de ranço (0,51), sabor de feijão cozido (0,52), sabor de ranço (0,69) e gosto amargo (0,55). O teor dos ácidos graxos linoléico e linolênico apresentou correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) com tamanho do grão (0,76), aroma de ranço (0,66), aroma de feijão cozido (0,71), sabor de feijão cozido (0,72), gosto amargo (0,81) e adstringente (0,85).

Correlações negativas e significativas ( $p \leq 0,05$ ) do teor de hexanal e dos ácidos graxos poliinsaturados com os atributos sensoriais aroma adocicado, gosto doce e umami foram observadas. Os resultados indicam que teores mais baixos de hexanal e dos ácidos graxos linoléico e linolênico podem estar relacionados com a menor intensidade do aroma e sabor de feijão cozido, de ranço, gosto amargo e adstringente que são atributos sensoriais característicos e indesejáveis da soja.

Os resultados encontrados confirmam aqueles obtidos por Liu (1999), Torres-Penaranda et al. (1998) e Torres-Penaranda e Reitmeier (2001) que demonstraram que o hexanal estava associado ao sabor de “feijão cru” (“beany flavor”) e, concluíram que o menor teor do volátil, encontrado principalmente em cultivares desprovida das enzimas lipoxigenases e em cultivares tipo hortaliça como observado no presente estudo, pode contribuir para a obtenção de produtos de soja com melhores características sensoriais.

O teor de isoflavonas não apresentou correlação significativa com os atributos sensoriais, ao contrário aos resultados encontrados na literatura que descrevem que as isoflavonas estão associadas ao gosto amargo e a sensação de adstringência na soja e em seus produtos (HUANG et al., 1981; MATSUURA et al., 1989; TSUKAMOTO et al., 1990; KUDOU et al., 1991; SHIRAIWA et al., 1991). Provavelmente, o tempo e temperatura em que os grãos de soja foram submetidos ao processo de cocção não tenham sido suficientes para a formação de agliconas, a partir das isoflavonas, em quantidades suficientes para a percepção sensorial das sensações descritas acima. Carrão-Panizzi et al. (1999b) ao determinarem o efeito das isoflavonas sobre o sabor da soja, verificaram que a pré-maceração dos grãos intensificou o sabor de “feijão cru” e reduziu a adstringência nos extratos de soja analisados. Em grãos inteiros e cozidos não ocorreu à formação de agliconas assim, não foi detectada a sensação de adstringência, sugerindo que os tratamentos como pré-aquecimento dos grãos favoreceram a obtenção de produtos de soja com melhor sabor. Mahfuz et al. (2004) trabalhando com tofu encontraram relação inversa entre o teor de isoflavonas e a sensação de adstringência demonstrando que a menor intensidade do atributo foi observada no produto com altas concentrações de isoflavonas.

Quanto aos açúcares sacarose e frutose, foi observada correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) com aroma adocicado (0,55), gosto doce (0,52) e umami (0,68). O teor dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina também apresentou correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) com aroma adocicado (0,57), gosto doce (0,71) e umami (0,79).

Masuda (1991) também encontrou correlação do conteúdo de sacarose, do ácido glutâmico e da alanina com o gosto doce e umami e ainda, observou que as cultivares de soja tipo hortaliça apresentaram sabor mais suave e adocicado que às convencionais devido à presença desses constituintes em maiores quantidades.

### **5.3.3 Aceitabilidade dos grãos de soja cozidos**

Os resultados do teste de aceitação de atributos e global dos grãos de soja cozidos realizado com 30 consumidores estão apresentados na Tabela 21.

Apesar de pequenas variações nos níveis de aceitação das cultivares de soja em relação a alguns atributos, quando avaliou-se a aceitação global, verificou-se que as cultivares apresentaram aceitação idênticas e com valores entre 5 e 6 (entre a “indiferença” e “gostei ligeiramente”), isto é, um índice moderado de aceitação (entre 57 a 70 %).

Behrens e Da Silva (2004) descreveram que a soja e seus produtos são, de fato, apreciados por um pequeno segmento de consumidores. A proteína de soja, a soja em grãos, o tofu e o extrato de soja foram apreciados somente por 30 % dos consumidores, que reportaram gostar destes produtos em um grau entre “ligeiramente” e “muitíssimo”.

As cultivares de soja foram semelhantes em relação à aceitação quanto ao sabor e aroma com valores entre 5 (“nem gostei / nem desgostei”) e 6 (“gostei ligeiramente”).

Quanto à aparência dos grãos de soja cozidos, a cultivar BRS 213 (desprovida de lipoxigenases) obteve maior aceitação (7 = gostei moderadamente) que os grãos das cultivares BRS 267 e BRS 258 (5,3 e 5,6 respectivamente, valores próximos a “indiferença”).

Em relação à cor, as cultivares BRS 213 e BRS 216 obtiveram graus de aceitação moderados e foram as mais aceitas (valores médios de 7,0). A cultivar tipo hortaliça BRS 267 apresentou a menor aceitação com valor médio de 5,8 (próximo de “gostei ligeiramente”). Foi observado que houve maior aceitação para grãos mais claros (Tabela 19).

A textura dos grãos de soja cozidos da cultivar BRS 133 foi mais apreciada que a dos da cultivar BRS 258. Notou-se, de forma geral, que quanto mais firme (Tabela 19) o grão houve maior aceitação.

De acordo com Francis (1995) a aceitabilidade de um produto é um importante atributo de qualidade e é um termo que compreende os atributos sensoriais relacionados às características de aparência (tamanho, formato, cor, brilho), ao aroma, sabor e a textura do alimento.

**Tabela 21** – Valores médios do teste de aceitação de atributos e global realizado com os grãos de soja cozidos e com 30 provadores<sup>1</sup>.

Cultivares	Atributos					Aceitação geral	Índice de aceitação (%)
	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Textura		
BRS 213	7,1 <sup>a</sup>	7,7 <sup>a</sup>	6,7 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>	6,3 <sup>ab</sup>	6,3 <sup>a</sup>	70,0
BRS 216	6,0 <sup>ab</sup>	6,0 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	5,7 <sup>ab</sup>	5,1 <sup>a</sup>	56,7
BRS 267	5,3 <sup>b</sup>	5,0 <sup>c</sup>	5,6 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	6,1 <sup>ab</sup>	5,6 <sup>a</sup>	61,1
BRS 133	5,9 <sup>ab</sup>	6,0 <sup>abc</sup>	6,1 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	6,8 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	56,7
BRS 258	5,6 <sup>b</sup>	5,0 <sup>bc</sup>	6,0 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	5,6 <sup>b</sup>	5,5 <sup>a</sup>	61,1

<sup>1</sup>médias na mesma coluna seguida por letras diferentes são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Para cada amostra, os provadores usaram uma escala de nove pontos estruturada na qual: 9 = gostou extremamente, 5 = nem gostou / nem desgostou e 1 = desgostou extremamente.

Barcelos et al. (1999) observaram, em soja verde e madura enlatada, que os grãos apresentaram boa aceitação independentemente do estágio de maturação situando-se entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Quanto à aparência, os autores verificaram que os grãos verdes obtiveram melhores notas de aceitação sugerindo que os consumidores dão preferência por produtos com coloração verde brilhante e intensa.

Ciabotti et al. (2007) ao avaliarem a aceitação de extratos de soja produzidos a partir de cultivares desprovida de lipoxigenases, convencional e convencional branqueada não observaram diferenças quanto à aparência e coloração das amostras que apresentaram graus de aceitação entre 7 e 8 respectivamente, em escala de 9 pontos. Contudo, quando avaliado o sabor, os extratos obtidos da cultivar convencional mostraram o menor grau de aceitação com valor médio de 6,24 que na escala refere-se à opinião “gostei ligeiramente”.

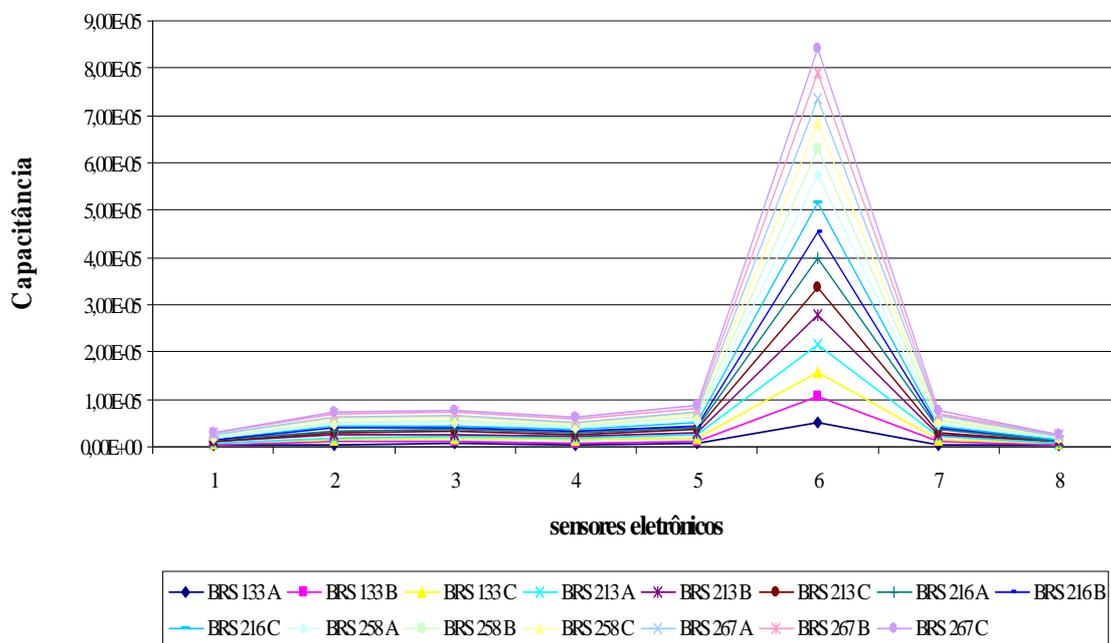
Gomes et al. (1995) observaram, em escala de 9 pontos, que os extratos de soja produzidos de cultivares desprovida da lipoxigenase 3 e das lipoxigenases 2 e 3 apresentaram

as melhores notas em relação ao sabor (5,93 e 5,53 respectivamente) e a qualidade global (8,29 e 8,17 respectivamente) quando comparados com os obtidos da cultivar convencional.

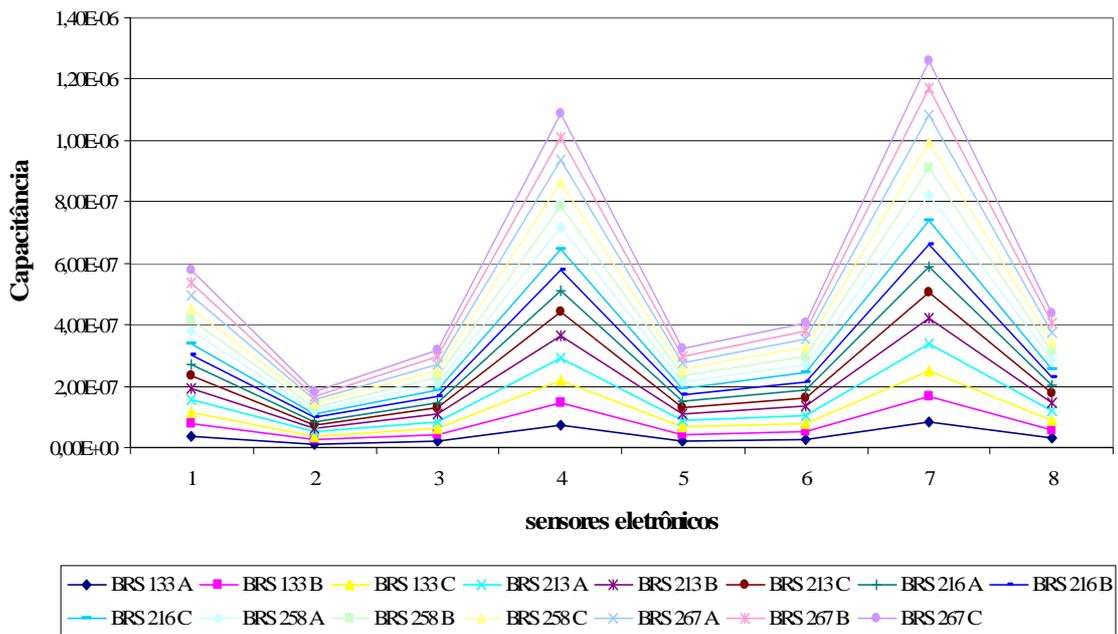
### 5.3.4 Análise dos grãos de soja cozidos utilizando a “língua eletrônica”

Nas Figuras 22, 23 e 24 estão apresentados os gráficos de capacitância (F) para os oito sensores poliméricos eletrônicos utilizados para a diferenciação dos extratos dos grãos cozidos provenientes das cinco cultivares de soja (BRS 213, BRS 216, BRS 267, BRS 133 e BRS 258), nas frequências de 1 kHz, 100 kHz e 100 Hz, respectivamente.

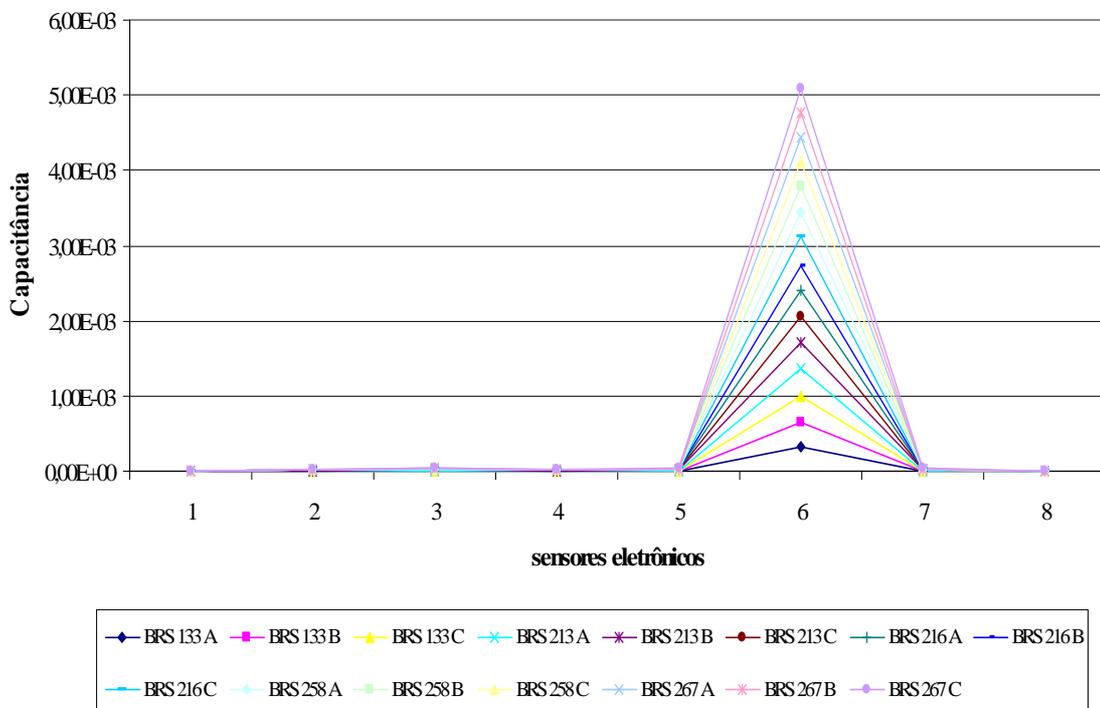
Todos os oito sensores apresentaram reprodutibilidade indicando que os valores de capacitância foram semelhantes entre as repetições de cada cultivar e que todas as cultivares apresentaram valores diferentes ou superiores aos da água.



**Figura 22** – Medida de Capacitância (F), frequência de 1 kHz, para os oito sensores eletrônicos utilizados na avaliação dos grãos cozidos das cultivares de soja sendo A, B e C as repetições das medidas



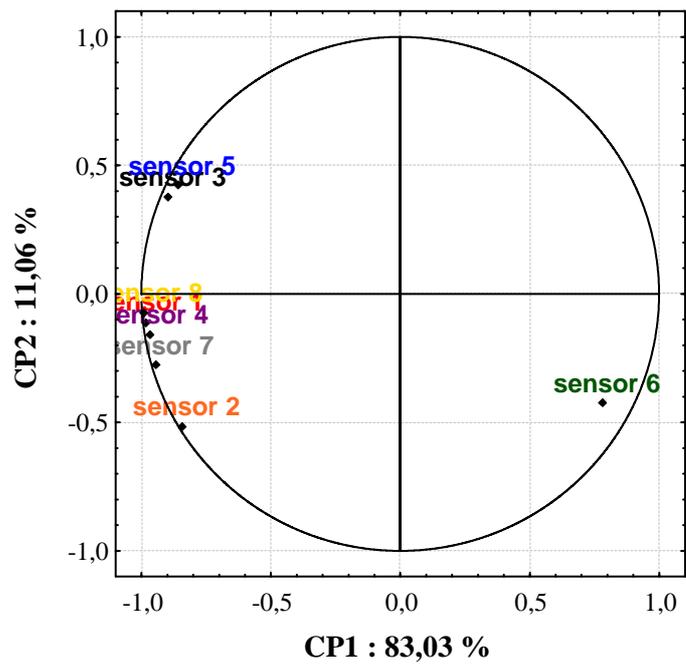
**Figura 23** – Medida de Capacitância (F), frequência de 100 kHz, para os oito sensores eletrônicos utilizados na avaliação dos grãos cozidos das cultivares de soja sendo A, B e C as repetições das medidas



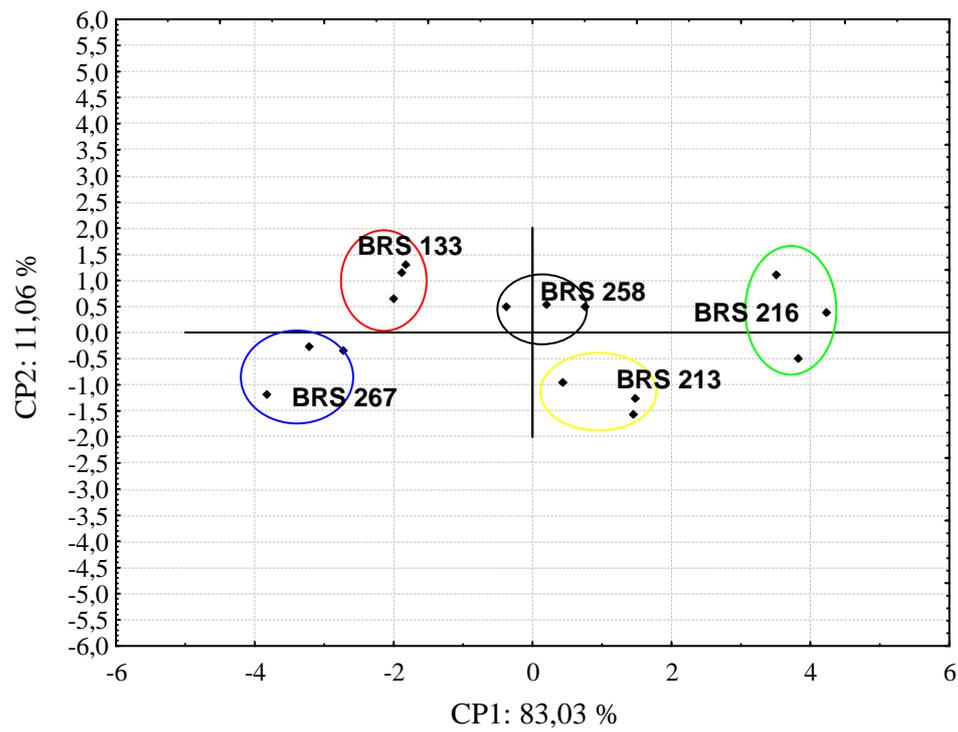
**Figura 24** – Medida de Capacitância (F), frequência de 100 Hz, para os oito sensores eletrônicos utilizados na avaliação dos grãos cozidos das cultivares de soja sendo A, B e C as repetições das medidas

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi então, realizada com os dados de capacitância dos oito sensores poliméricos das cinco cultivares de soja. As leituras foram realizadas nas três frequências previamente fixas em 1 kHz, 100 kHz e 100 Hz e tensão alternada de 50 mV para verificar qual dessas resultam em melhor discriminação das cultivares de soja.

Na Figura 25A está apresentada a projeção dos sensores eletrônicos sobre o plano fatorial (CP1 x CP2) na frequência de 1 kHz e, na figura 25B, a projeção dos grãos cozidos provenientes das cultivares de soja BRS 213, BRS 216, BRS 267, BRS 258 e BRS 133.



(A)



(B)

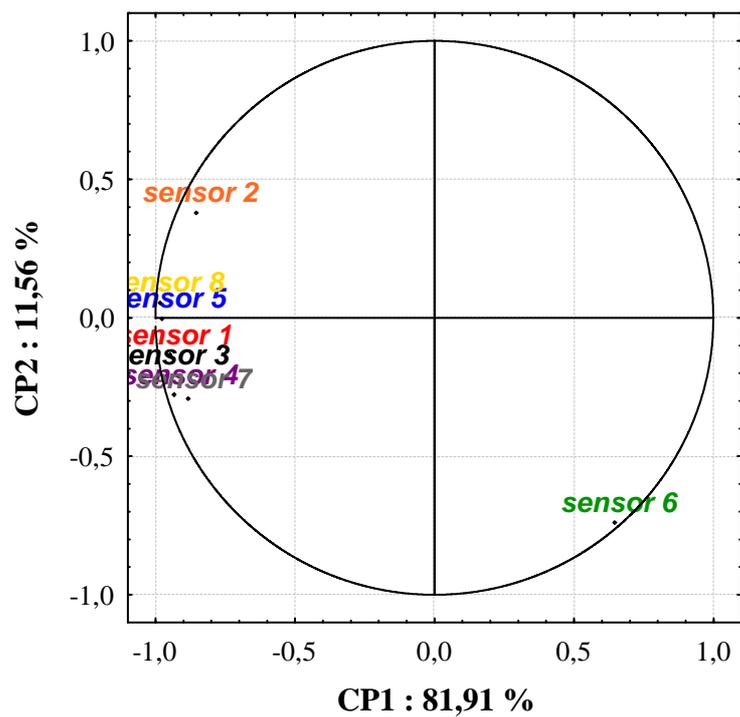
**Figura 25** – Projeção dos sensores eletrônicos (A) sobre o plano fatorial (CP1 e CP2) na frequência de 1 kHz e, projeção das cultivares de soja (A), em três repetições

O primeiro componente principal (CP1) explicou 83,03 % da variação total existente entre os dados, e o segundo componente principal (CP2) explicou 11,06 %, totalizando 94,09 % de explicação.

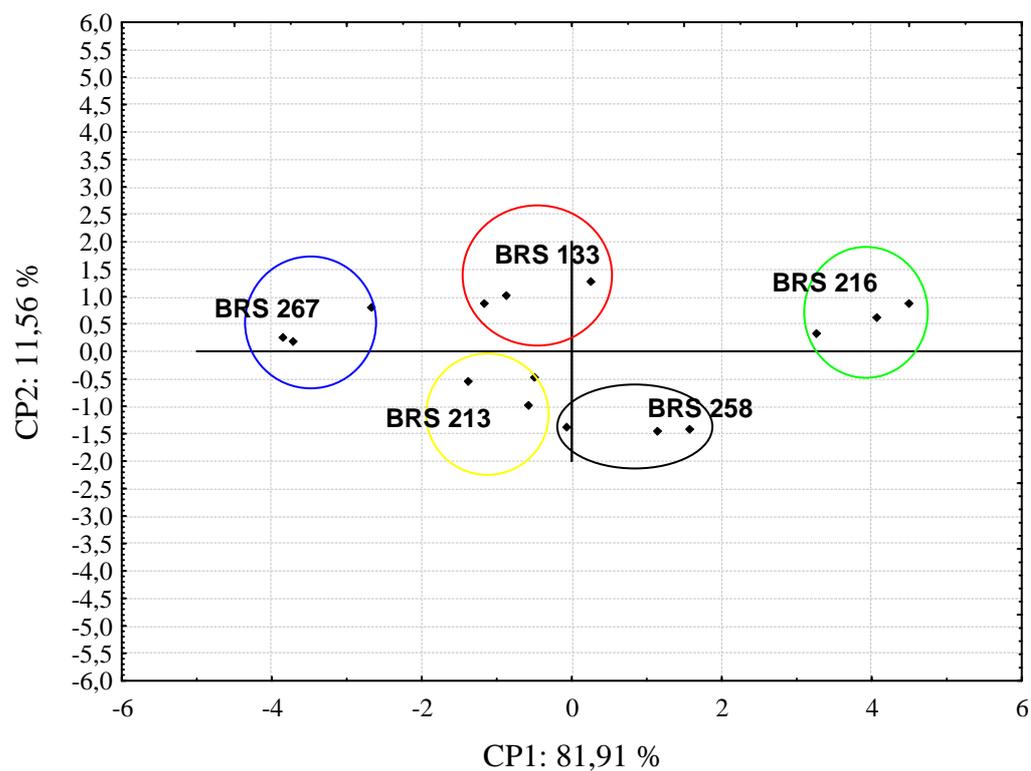
Os sensores eletrônicos apresentaram correlações superiores a 0,8 com o CP1 (sensores: 1 = -0,98; 2 = -0,84; 3 = -0,89; 4 = -0,96; 5 = -0,86; 7 = -0,94 e 8 = -0,98) sendo importantes para a explicação nesse eixo. A variabilidade existente entre os dados fornecida pelo segundo CP (Figura 25A) e, com correlação superior a 0,6 se deve, possivelmente, ao sensor 6 (-0,65).

Cada cultivar de soja foi representada por cores diferentes. Em cada cultivar, os símbolos (losangos) estão próximos significando que houve boa repetibilidade da avaliação. Quando cultivares diferentes estiverem próximas entre si, significa que são semelhantes e cultivares distantes uma das outras, mostram características diferentes entre si. Pode-se verificar que os sensores foram eficazes em separar as cinco cultivares de soja.

Na Figura 26A está apresentada a projeção dos sensores eletrônicos sobre o plano fatorial (CP1 x CP2) na frequência de 100 kHz e, na Figura 26B a projeção dos grãos cozidos provenientes das cultivares de soja BRS 213, BRS 216, BRS 267, BRS 258 e BRS 133.



(A)



(B)

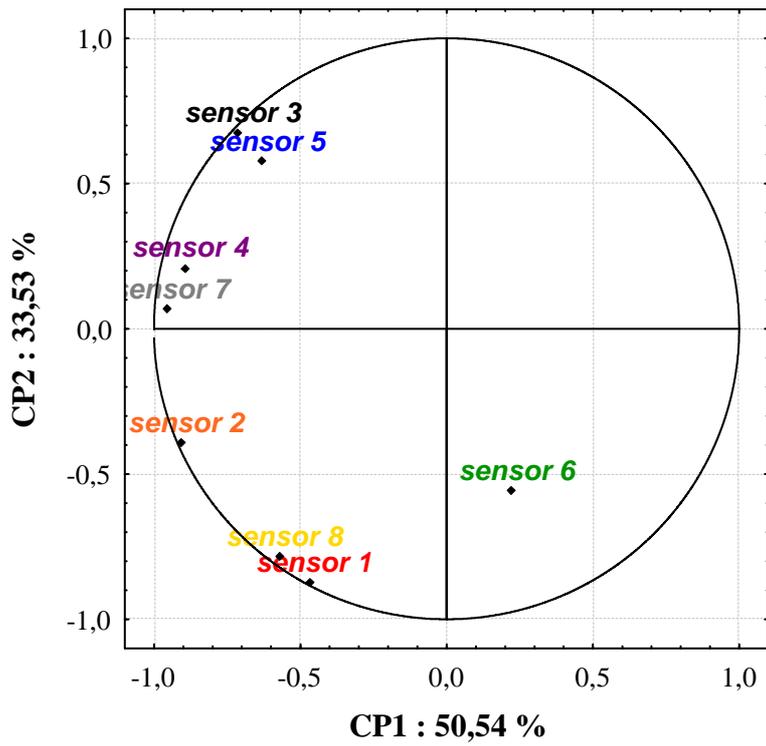
**Figura 26** – Projeção dos sensores eletrônicos (A) sobre o plano fatorial (CP1 e CP2) na frequência de 100 kHz e, das cultivares de soja (A), em três repetições

O primeiro componente principal (CP1) explicou 81,91 % da variação total existente entre os dados, e o segundo componente principal (CP2) explicou 11,56 %, totalizando 93,47 % de explicação.

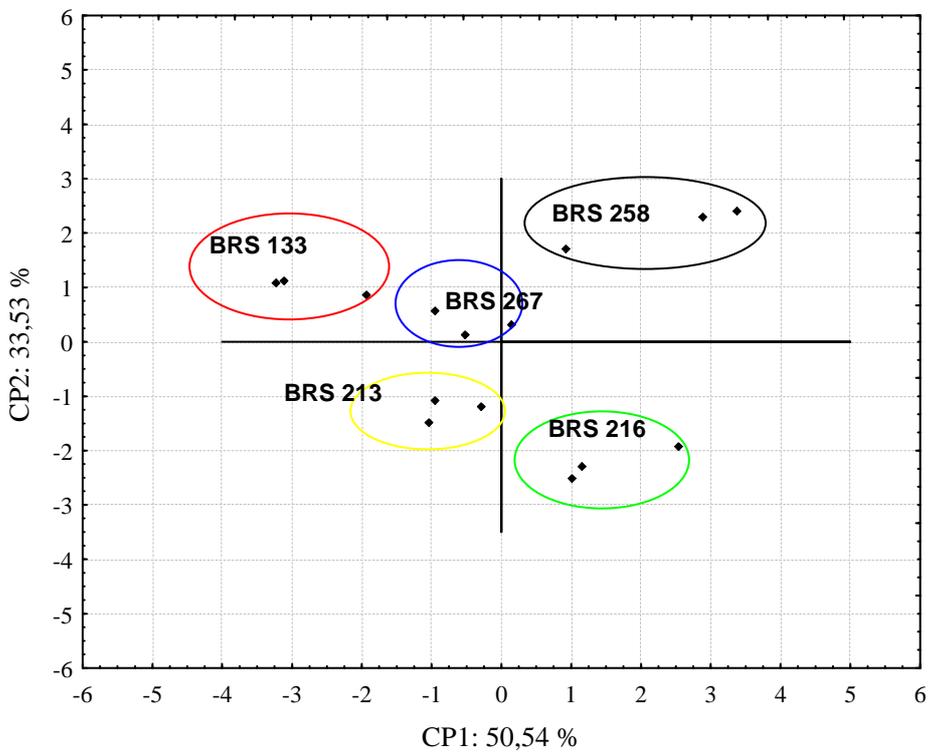
A correlação dos sensores eletrônicos com o primeiro CP também foram superiores a 0,8 e importantes para sua explicação (sensores: 1 = -0,95; 2 = -0,85; 3 = -0,96; 4 = -0,93; 5 = -0,97; 7 = -0,88 e 8 = -0,98). A variabilidade existente entre as cultivares de soja fornecida pelo segundo CP (Figura 25A) e, com correlação superior a 0,7 se deve, possivelmente, ao sensor 6 (-0,74).

Cada cultivar de soja foi representada por cores diferentes. Em cada cultivar, os símbolos (losangos) estão próximos significando que houve boa repetibilidade da avaliação. As cultivares estão distantes uma das outras, mostrando características diferentes entre si. Pode-se verificar que os sensores, na frequência de 100 kHz, também foram eficazes em distinguir e classificar as cinco cultivares de soja.

Para análise realizada na frequência de 100 Hz, a projeção dos oito sensores eletrônicos sobre o plano fatorial (CP1 x CP2) está apresentada na Figura 27A e, a projeção dos grãos cozidos das cultivares de soja BRS 213, BRS 216, BRS 267, BRS 258 e BRS 133, na Figura 27B.



(A)



(B)

**Figura 27** – Projeção dos sensores eletrônicos (A) sobre o plano fatorial (CP1 e CP2) na frequência de 100 Hz e, das cultivares de soja (B), em três repetições

O primeiro componente principal (CP1) explicou 50,54 % da variação total existente entre os dados, e o segundo componente principal (CP2) explicou 33,53 %, totalizando 84,07 % de explicação, sendo menor do que a explicação obtida nas análises realizadas na frequência de 1 e 100 kHz.

No primeiro CP (Figura 27A), a variabilidade existente entre os dados foi, principalmente, devido a três sensores que apresentaram correlações superiores a 0,7 com o eixo (sensores: 2 = -0,73; 4 = -0,79 e 7 = -0,80). No segundo CP (Figura 27B), a variabilidade explicada foi devido aos sensores eletrônicos 1 (-0,64), 3 (-0,82), 5 (-0,67) e 8 (-0,67).

Na figura da projeção das cultivares de soja (Figura 27B) sobre o plano fatorial (CP1 e CP2), representadas por cores diferentes, também foi observada boa repetibilidade da avaliação (os losangos de cada cultivar estão próximos). Foi observada proximidade das cultivares convencional BRS 133 e tipo hortaliça BRS 267 e das cultivares BRS 213 e BRS 216 demonstrando que, possivelmente, nessa frequência, existe alguma semelhança entre elas ou que os sensores eletrônicos apresentaram-se menos eficazes em separar e distinguir as cultivares de soja.

Comparando-se os gráficos da ACP dos dados obtidos por meio da ADQ (Figura 21) com os da língua eletrônica, pode-se observar que os sensores gustativos eletrônicos, nas frequências de 1 e 100 kHz, resultaram em respostas semelhantes às dos provadores treinados, isto é, as cultivares de soja foram discriminadas. Sendo as cultivares BRS 267 e BRS 216 posicionadas, entre si, num ângulo de 180°; as cultivares BRS 133 e BRS 213 também posicionadas entre si num ângulo de 180° e a cultivar BRS 258 numa posição mais central. Tais posições foram decorrentes das características sensoriais presentes nas cultivares de soja que foram avaliadas de forma semelhante por provadores treinados ou por sensores eletrônicos.

As análises químicas, sensoriais e com a língua eletrônica (frequências de 1 kHz e 100 kHz) realizadas no presente estudo confirmaram que as cultivares de soja apresentam características diferentes.

Alguns trabalhos encontrados na literatura mostram a capacidade da “língua eletrônica” em discriminar diferentes tipos de bebidas e alimentos. Entretanto, outros demonstram a necessidade de aprimorar a metodologia utilizando os sensores gustativos eletrônicos de acordo com o alimento ou bebida avaliada.

Legin et al. (2002) ao avaliarem a capacidade da “língua eletrônica” para diferenciar bebidas carbonatadas comerciais contendo diversos edulcorantes verificaram por meio da Análise de Componente Principais dos dados que o equipamento distinguiu todas as amostras e separou as bebidas convencionais das “diet”, formando dois grupos diferentes. Os sensores gustativos eletrônicos também discriminaram as bebidas pelo local de produção e foi observada uma boa correlação entre os resultados obtidos na análise sensorial descritiva quantitativa com os da “língua eletrônica”.

Dyminski (2006) observou que a “língua eletrônica” não foi eficiente para diferenciar bebidas lácteas contendo distintos edulcorantes e atribuiu o fato à complexidade da matriz do leite. Portanto, segundo o autor ainda há a necessidade de se aprimorar a metodologia da utilização da “língua eletrônica” na avaliação de certos produtos alimentícios.

### **5.3.5 Análise de correlação dos sensores eletrônicos com as características sensoriais e químicas**

Os resultados da análise de correlação linear de Pearson ( $r$ ) dos atributos sensoriais sabor de feijão cozido e de ranço, gosto amargo, adstringência, gosto doce e umami com os dados obtidos pela medida de capacitância elétrica da “língua eletrônica”, nas frequências fixas em 1 kHz, 100 kHz e 100 Hz, encontram-se nas Tabelas 22, 23 e 24, respectivamente.

Na frequência de 1 kHz, o sabor de feijão cozido e de ranço apresentaram correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ), com os sensores 3 (0,60 e 0,65) e 5 (0,65 e 0,62), respectivamente. Para o gosto doce foram encontradas correlações positivas e significativas com os sensores 1 (0,72), 2 (0,76), 4 (0,65), 7 (0,79) e 8 (0,69). O gosto umami também demonstrou correlação positiva e significativa com os sensores 1 (0,73), 2 (0,66), 4 (0,63), 7 (0,76) e 8 (0,71). Os resultados sugerem que os sensores 3 e 5 podem estar mais correlacionados com os atributos sensoriais sabor de feijão cozido e de ranço e que os sensores 1, 2, 4, 7 e 8 com o gosto doce e umami. O sensor 5 apresentou correlação nula com a sensação de adstringência e o sensor 6 com o gosto amargo (Tabela 22).

Na frequência de 100 kHz foi observada correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) dos atributos sensoriais gosto doce e umami com os sensores 1, 2, 4, 7 e 8. O sabor de ranço apresentou correlação negativa e significativa com os sensores 1 (-0,55) e 4 (-0,50). Foram encontradas correlações positivas e significativas do gosto amargo e sensação de

adstringência com os sensores 3 e 5. Os resultados, na frequência de 100 kHz, também indicam que os sensores 1, 4, 7 e 8 podem estar mais relacionados com o gosto doce e umami e os sensores 3 e 5 com os sabores característicos da soja (amargo e adstringente) (Tabela 23).

Somente o sabor de feijão cozido, na frequência de 100 Hz, apresentou correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) com os sensores 3 (0,54) e 4 (0,50). Foram observadas correlações nulas entre o sensor 1 com os atributos gosto doce e umami (Tabela 24).

**Tabela 22** – Análise de correlação dos atributos sensoriais com os sensores eletrônicos na frequência de 1 kHz.

Atributos sensoriais/sensores eletrônicos	sabor de feijão cozido	sabor de ranço	gosto doce	gosto amargo	adstringente	umami
sensor 1	0,21	-0,10	0,72*	-0,42	-0,50*	0,73*
sensor 2	-0,19	-0,45	0,76*	-0,74*	-0,80*	0,66*
sensor 3	0,60*	0,65*	0,33	0,04	-0,06	0,41
sensor 4	0,16	-0,13	0,65*	-0,45	-0,54*	0,63*
sensor 5	0,65*	0,62*	0,26	0,09	0,00	0,35
sensor 6	-0,48	-0,25	-0,36	0,00	0,08	-0,43
sensor 7	0,04	-0,25	0,79*	-0,58*	-0,66*	0,76*
sensor 8	0,25	-0,05	0,69*	-0,39	-0,47	0,71*

\*significativos pelo teste de correlação a  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 23** – Análise de correlação dos atributos sensoriais com os sensores eletrônicos na frequência de 100 kHz.

Atributos sensoriais/sensores eletrônicos	sabor de feijão cozido	sabor de ranço	gosto doce	gosto amargo	adstringente	umami
sensor 1	-0,28	-0,55*	0,82*	-0,80*	-0,86*	0,71*
sensor 2	0,20	-0,05	0,64*	-0,40	-0,47	0,67*
sensor 3	-0,18	-0,43	-0,69*	0,72*	0,78*	-0,57*
sensor 4	-0,28	-0,50*	0,66*	-0,76*	-0,81*	0,51*
sensor 5	-0,08	-0,34	-0,70*	0,66*	0,72*	-0,63*
sensor 6	-0,31	-0,11	-0,51*	0,27	0,31	-0,58*
sensor 7	-0,15	-0,39	0,66*	-0,60*	-0,67*	0,57*
sensor 8	-0,15	-0,42	0,83*	-0,73*	-0,79*	0,76*

\*significativos pelo teste de correlação a  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 24** – Análise de correlação dos atributos sensoriais com os sensores eletrônicos na frequência de 100 Hz.

Atributos sensoriais/sensores eletrônicos	sabor de feijão cozido	sabor de ranço	gosto doce	gosto amargo	adstringente	umami
sensor 1	-0,23	-0,13	0,00	-0,21	-0,15	0,00
sensor 2	0,13	0,12	-0,01	-0,21	-0,21	-0,02
sensor 3	0,54*	0,33	0,14	-0,05	-0,14	0,14
sensor 4	0,50*	0,33	0,20	-0,07	-0,13	0,26
sensor 5	0,43	0,28	0,02	-0,05	-0,13	-0,01
sensor 6	-0,39	-0,18	-0,37	-0,01	0,06	-0,44
sensor 7	0,37	0,29	-0,03	-0,11	-0,15	-0,05
sensor 8	-0,10	-0,05	0,10	-0,20	-0,15	0,14

\*significativos pelo teste de correlação a  $p \leq 0,05$ .

A “língua eletrônica” é um sistema artificial que tenta reproduzir o mecanismo da Análise Sensorial, podendo ser um instrumento de auxílio ao trabalho dos provadores. O equipamento necessita de padrões bem estabelecidos para sua calibração, da obtenção de amostras em toda a faixa analisada, da classificação prévia por outro método, pois não adivinha os dados, mas compara as medidas com um banco de dados. Quando ocorre correlação significativa entre os dados instrumentais e sensoriais, a medida instrumental, no caso a “língua eletrônica”, pode substituir a análise sensorial fornecendo uma resposta rápida e qualitativa.

Os resultados da análise de correlação linear de Pearson ( $r$ ) dos dados obtidos pela medida de capacitância elétrica da “língua eletrônica”, nas frequências fixas em 1 kHz, 100 kHz e 100 Hz, com as análises químicas encontram-se nas Tabelas 25, 26 e 27, respectivamente.

Na frequência de 1 kHz foi observada correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) dos teores dos ácidos graxos linoléico e linolênico com os sensores 1 (0,61), 3 (0,52) e 8 (0,58). O teor de isoflavonas apresentou correlação positiva e significativa com os sensores 2 (0,71) e 8 (0,50). Em relação aos aminoácidos ácido glutâmico e alanina foram encontradas correlações positivas e significativas com os sensores 1 (0,64), 2 (0,67), 3 (0,61), 4 (0,55), 5 (0,63), 7 (0,73) e 8 (0,68) (Tabela 25).

O teor de hexanal, na frequência de 100 kHz, apresentou correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) com os sensores 1 (0,82), 2 (0,64), 3 (0,69), 4 (0,66), 5 (0,70), 7 (0,66) e 8 (0,83). Para os ácidos graxos linoléico e linolênico foram observadas correlações

negativas e significativas com os sensores 1 (-0,80), 3 (-0,72), 4 (-0,76), 5 (-0,66), 7 (-0,60) e 8 (-0,73). O teor de isoflavonas também demonstrou correlação negativa e significativa com os sensores 1 (-0,86), 3 (-0,78), 4 (-0,81), 5 (-0,72), 7 (-0,67) e 8 (-0,79). Quanto ao teor dos açúcares foi encontrada correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) com todos os sensores eletrônicos, exceto com o sensor 6 que apresentou correlação negativa e significativa (-0,58) e o teor dos aminoácidos não demonstrou correlação significativa com os sensores (Tabela 26).

**Tabela 25** – Análise de correlação das características químicas com os sensores eletrônicos na frequência de 1 kHz.

Características químicas/sensores eletrônicos	hexanal	ácidos linoléico e linolênico	isoflavonas	sacarose e frutose	ácido glutâmico e alanina
sensor 1	-0,11	0,61*	0,34	0,08	0,64*
sensor 2	-0,05	0,36	0,71*	0,22	0,67*
sensor 3	-0,22	0,52*	0,27	-0,07	0,61*
sensor 4	-0,21	0,45	0,20	-0,07	0,55*
sensor 5	-0,13	0,49	0,45	0,06	0,63*
sensor 6	0,08	-0,46	-0,94*	-0,59*	-0,44
sensor 7	-0,22	0,39	0,14	-0,13	0,73*
sensor 8	-0,11	0,58*	0,50*	0,24	0,68*

\*significativos pelo teste de correlação a  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 26** – Análise de correlação das características químicas com os sensores eletrônicos na frequência de 100 kHz.

Características químicas/sensores eletrônicos	hexanal	ácidos linoléico e linolênico	isoflavonas	sacarose e frutose	ácido glutâmico e alanina
sensor 1	0,82*	-0,80*	-0,86*	0,71*	-0,28
sensor 2	0,64*	-0,40	-0,47	0,67*	0,20
sensor 3	0,69*	-0,72*	-0,78*	0,57*	-0,18
sensor 4	0,66*	-0,76*	-0,81*	0,51*	-0,28
sensor 5	0,70*	-0,66*	-0,72*	0,63*	-0,08
sensor 6	-0,51*	0,27	0,31	-0,58*	-0,31
sensor 7	0,66*	-0,60*	-0,67*	0,57*	-0,15
sensor 8	0,83*	-0,73*	-0,79*	0,76*	-0,15

\*significativos pelo teste de correlação a  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 27** – Análise de correlação das características químicas com os sensores eletrônicos na frequência de 100 Hz.

Características químicas/sensores eletrônicos	hexanal	ácidos linoléico e linolênico	isoflavonas	sacarose e frutose	ácido glutâmico e alanina
sensor 1	0,32	0,04	0,57*	0,37	-0,53*
sensor 2	0,09	0,06	0,74*	0,18	-0,27
sensor 3	-0,23	0,07	0,38	-0,17	0,47
sensor 4	-0,03	0,11	0,75*	0,11	0,33
sensor 5	-0,17	0,03	0,24	-0,24	0,28
sensor 6	0,09	-0,23	-0,27	-0,10	-0,66*
sensor 7	-0,07	0,04	0,61*	0,01	-0,01
sensor 8	0,33	0,12	0,72*	0,44	-0,36

\*significativos pelo teste de correlação a  $p \leq 0,05$ .

Na frequência de 100 Hz somente o teor de isoflavonas apresentou correlação positiva e significativa ( $p \leq 0,05$ ) com os sensores 1 (0,57), 2 (0,74), 4 (0,75), 7 (0,61) e 8 (0,72) (Tabela 27).

A “língua eletrônica” utilizada neste trabalho é composta por sensores fabricados de polímeros condutores que são extremamente sensíveis a mudanças de pH do meio e a presença de ácidos, porque esses polímeros têm seu processo de condução alterado pela presença de íons  $H^+$  (chamado processo de dopagem do polímero). Na presença de ácidos, o polímero constituinte da “língua eletrônica” passa do estado alcalino para sal esmeraldina, resultando em alterações na resposta elétrica do sensor. Isso mostra que cada sensor reage de acordo com a liberação de ácidos. Portanto, os sensores eletrônicos são sensores químicos não-específicos, não apresentando especificidade pelo analito detectado e respondem para diferentes tipos de analitos com diferentes níveis de sensibilidade.

## 6 CONCLUSÕES

1. As cultivares de soja estudadas podem desempenhar diversas funções desejáveis em diferentes alimentos de soja de acordo com suas características químicas, físicas e sensoriais:

- ◆ as cultivares BRS 216 e BRS 267 podem melhorar o valor nutricional de alimentos de soja devido ao elevado teor protéico;
- ◆ as cultivares convencionais BRS 133 e BRS 258 possuem características mais adequadas para obtenção de óleo e farelo por apresentarem maior atividade de lipoxigenases e teor de hexanal, características que podem prejudicar o sabor de alimentos de soja;
- ◆ as cultivares de soja BRS 213, BRS 216, BRS 267, BRS 258 e BRS 133 possuem teores de Ca e Fe superiores aos do arroz e do feijão;
- ◆ a cultivar BRS 213 apresenta ausência das enzimas lipoxigenases L1, L2 e L3 e a BRS 267 o menor teor de hexanal, características que podem resultar em sabor mais agradável em alimentos de soja;
- ◆ a cultivar tipo hortaliça BRS 267 pode contribuir para a maior estabilidade do óleo de soja durante o processamento, colaborar para obtenção de alimentos funcionais e, com sabor suave e adocicado devido ao maior teor do ácido oléico, maior conteúdo de agliconas, de açúcares e dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina respectivamente;
- ◆ a cultivar BRS 216 pode ser indicada para o preparo de natto e brotos de soja por apresentar menor tamanho de grãos e a BRS 267 para tofu, leite de soja, edamame e saladas devido ao maior tamanho de grãos;
- ◆ as cultivares BRS 213 e BRS 216 podem ser eficazes para reduzir os custos do processamento por apresentar rápido tempo de cozimento dos grãos;

◆ a cultivar desprovida de lipoxigenases BRS 213 apresenta coloração mais clara dos grãos podendo colaborar para produção de alimentos de soja mais aceitáveis do ponto de vista sensorial.

2. O teor de isoflavonas não é um indicativo da presença do gosto amargo e da sensação de adstringência.

3. A presença das enzimas lipoxigenases L1, L2 e L3 nem sempre está relacionada com a maior produção do composto volátil hexanal.

4. O teor de hexanal e dos ácidos graxos linoléico e linolênico estão associados ao aroma e sabor de ranço e de feijão cozido e gosto amargo.

5. Os açúcares sacarose e frutose e os aminoácidos ácido glutâmico e alanina são responsáveis pelo aroma adocicado, gosto doce e umami.

6. O tamanho dos grãos de soja não está diretamente associado com o tempo de cozimento dos grãos.

7. Os sensores eletrônicos discriminam cultivares de soja de modo semelhante à equipe de provadores treinados podendo, portanto, ser um método eficaz e rápido para diferenciação de cultivares.

8. Os sensores 3 e 5 estão associados com os sabores característicos da soja (de feijão cozido, de ranço, amargo e adstringência) e os sensores 1, 2, 4, 7 e 8 com o gosto doce e umami.

9. De um modo geral, os sensores apresentam correlação com os teores de hexanal, dos ácidos graxos linoléico e linolênico, dos açúcares sacarose e frutose e dos aminoácidos ácido glutâmico e alanina.

10. Na forma de grãos cozidos, as cultivares de soja estudadas apresentam moderado índice de aceitação.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Métodos de análise sensorial de alimentos e bebidas – NBR 12994**, São Paulo: ABNT: 1993.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell – NBR 12694**, Rio de Janeiro, 1992.

ADLER, E.; HOON, MA.; MUELLER, K. L.; CHANDRASHEKAR, J.; RYBA, N, J.; ZUKER, C. S. A novel family of mammalian taste receptors. **Cell**, v.100, p. 693 – 702, 2000.

AKIMOTO, K.; KURODA, S. Quality of green soybeans packaged in perforated PE/PP film. **Journal Japan Society Horticultural Science**, v. 50, p. 100 – 107, 1981.

ALONZO, N.; HIRS, C. H. W. Automation of sample application in amino acid analysers. **Analytical Biochemistry**, v. 23, p. 272 - 278, 1968.

ANDERSSON, K. **Functionally test with the electronic tongue**. Dissertação de Mestrado, Programme for Computer Engineering, Orebro University, Orebro, Sweden, 2003, 160 p.

ANZALDUA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la practica**. Zaragoza : Acribia. p. 98, 1994.

ARAI, S.; SUZUKI, H.; FUJIMAKI, M.; SAKURAI, Y. Studies on flavor components in soybean. Part II: Phenolic acids in defatted soybean flour. **Journal Agricultural Biological Chemistry**. v. 30, n. 4, p. 364 - 369, 1966.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS **Guidelines for the Selection and Training of Sensory Panel Members**. Philadelphia: ASTM, 77 p., 1981.

AXEROLD, B.; CHEESBROUGHT, T. M.; LAAKSO, S. Lipoxygenase from soybean. **Methods Enzymology**, v. 71, p. 441 - 451, 1981.

BARCELOS, M. P. F.; TAVARES, D. Q.; SILVA, M. A. A. P.; MIRANDA, M. A. C.; GERMER, S. P. M.; FERREIRA, V. L. P.; CAMPOS, S. D. Ensaio tecnológico e sensorial de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] enlatada em estádios verdes e no estádio da maturação de colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos [online]**. 1999, vol.19, n.1, pp. 46-58. ISSN 0101-2061. doi: 10.1590/S0101-20611999000100012.

BEATTY, R. M.; CRAGG, L. H. The sourness of acids. **Journal American Chemistry Society**, v. 57, p. 2347 –2351, 1935.

BERHOW, M. A. Modern analytical techniques for flavonoid determination. In: BUSLIG, B. S.; MANTHEY, J. A. (ed.). **Flavonoids in the living cell**. New York: Klusner Academic, p. 61 - 76, 2002.

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Atitude do consumidor em relação à soja e produtos derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p.431-439, 2004.

BELITZ, H. D; CHEN, W.; JUGEL, H.; STEMPFL, W.; TRELEANO, R.; WIESER, H. Structural requirements for sweet and bitter taste. In: SCREIER, P. **Flavour 81 Walter-de-Gruyter**. Berlin, p. 741 – 755, 1981.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v. 32, p. 62 – 66, 1982.

BUFE, B.; HOFMANN, T.; KRAUTWURST, D.; RAGUSE, J. D.; MEYERHOF, W. The human TAS2R16 receptor mediates bitter taste in response to beta-glucopyranosides. **Nature Genetics**, v. 32, p. 397–401, 2002.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; KITAMURA, K. Isoflavone content in Brazilian soybean cultivars. **Breeding Science**, Tokyo, v. 45, p. 295 - 300, 1995.

CARRAO-PANIZZI, M. C.; KITAMURA, K.; BELEIA, A. D.; OLIVEIRA, M. C. N. Influence of growth locations on isoflavone contents in Brazilian soybeans cultivars. **Breeding Science**, v. 48, p. 409 - 413, 1998.

CARRAO-PANIZZI, M. C.; BELÉIA, A. D. P.; KITAMURA, K.; OLIVEIRA, M. C. N. Effects of genetics and environment on isoflavone content fo soybean from different regions of Brazil. **Pesquisa Brasileira Agropecuária**, v. 34, n. 10, p. 1788 – 1795, 1999 a.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; BELÉIA, A. DEL-PINO; FERREIRA, S. H. P.; OLIVEIRA, M. C. N.; KITAMURA, K. Effects of isoflavones on beany flavor and astringency of soymilk and cooked whole soybeans grains. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 6, p. 1045 - 1052, 1999 b.

CARRÃO-PANIZZI, M. C. Melhoramento genético para obtenção de cultivares de soja mais adequados ao consumo humano. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 15, p. 330 - 340, 2000.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; FAVONI, S. P. G, KIKUCHI, A. Extraction time for soybean isoflavone determination. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 4, p. 515 – 518, 2002.

CARRAO-PANIZZI, M. C.; SIMAO, A. S.; KIKUCHI, A. Effects of genotypes, environments and hydrothermal treatments on the isoflavone aglycone concentration in soybean grains. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 38, p. 897-902, 2003.

CHANDRASHEKAR, J.; MUELLER, K. L.; HOON, M. A.; ADLER, E.; FENG, L.; GUO, W.; ZUKER, C. S.; RYBA, N. J. T2Rs function as bitter taste receptors. **Cell**, v.100, p. 703 – 711, 2000.

CHAUDHARI, N.; LANDIN, A. M.; ROPER, S. D. A metabotropic glutamate receptor variant functions as a taste receptor. **Nature Neuroscience**, v. 3, p. 113 – 119, 2000.

CHEN, P.; BUSS, G. R. Breeding soybean for the soyfoods market: specific traits and strategies for selection. In: **PROCEEDINS... III World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and utilization and III Congresso Mundial de Soja**. Foz do Iguaçu, Embrapa Soja, p. 830 - 835, 2004.

CIABOTTI, S.; BARCELLOS, M. F. P.; MANDARINO, J. M. G.; TARONE, A. G. Avaliações químicas e bioquímicas dos grãos, extratos e tofus de soja comum e de soja livre de lipoxigenases. **Ciência Agrotécnica**, v. 30, n. 5, p. 920 - 929, 2006.

CIABOTTI, S.; BARCELOS, M. F. P.; PINHEIRO, A. C. M.; CLEMENTE, P. R.; LIMA, M. A. C. Características sensoriais e físicas de extratos e tofus de soja comum processada termicamente e livre de lipoxigenases. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n. 3, p. 643 – 648, 2007.

CHIANG, C. K.; FINCHER, C. R.; PARK, Y. W.; HEEGER, J. A.; SHIRAKAWA, H.; LOUIS, E. J.; GRAU, S. C.; MACDIARMIND, A. G. Electrical Conductivity in Doped Polyacetylene, **Physical Review Letters**, v. 39, p. 1098 – 1101, 1977.

COWARD, L.; SMITH, M.; KIRK, M.; BARNES, S. Chemical modification of isoflavones in soyfoods during cooking and processing. **American Journal Clinical Nutrition**, 68, p. 1486S – 14891S, 1998.

DA CONCEICAO NETA, E. R.; JOHANNINGSMEIER, S. D.; MCFEETERS, R. F. The Chemistry and Physiology of Sour Taste—A Review. **Journal of food Science**, v, 72, n. 2, p. R33 – R38, 2007.

DAMÁSIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores, y selección de catadores. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v. 31, n. 2, p. 165 – 178, 1991.

DA SILVA, M. A. ; DAMÁSIO, M. H. **Curso de Análise Sensorial de Alimentos**. Fundação Tropical de Pesquisa de Alimentos “André Tosello”. Campinas-SP. Agosto, 1994.

DE BARROS, M. Qualidade de feijões de cor. Londrina, 2006. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR.

DYMINSKI, S. D. **Utilização potencial da língua eletrônica na indústria de alimentos e bebidas**. Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. 141 p., 2006.

DYMINSKI, S. D.; PATERNO, L. G.; TAKEDA, H. H.; BOLINI, H. M.; MATTOSO, L. H. C.; CANDIDO, L. M. B. Correlation between human panel and electronic tongue responses on the analysis of commercial sweeteners. **Sensor Letters**, v. 4, p. 1 – 6, 2006.

DURAN, L.; COSTELL, E. Revisión: Percepción del gusto. Aspectos físico-químicos y psicofísicos. **Food Science and Technology International**, v. 5, n. 4, p. 299 – 309, 1999.

DWYER, J. T.; GOLDIN, B. R.; SAUL, N.; GUAULTIERI, L.; BARAKAT, S.; ADLERCREUTZ, H. Tofu and soy drinks contain phytoestrogens. **Journal American Diet Association**, v. 94, p. 739 – 743, 1994.

EGGERS, S.C.; ACREE, T.E.; SHALLENBERGER, R.S. Sweetness chemoreception theory and sweetness transduction. **Food Chemistry**, v. 68, p. 45 – 49, 2000.

ELDRIDGE, A.; KWOLEK, W. Soybeans isoflavones: Effect of environment and variety on composition. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, p. 394 – 396, 1983.

FAO (Geneva, Italy). **Energy and Protein Requirements**. Geneva: FAO / WHO, 1985. FAO (Nutrition Meetings Report Series 724 and WHO Technical Report Series, 724).

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames : Iowa State University of Science and Technology, 1977. 12p. (Special Report, 80).

FEHR, W. R. Breeding for modified fatty acids composition in soybean. **Crop Science**, 47 (S3), p. S72- S87, 2007.

FENNEMA, R. O. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1095 p, 1993.

FERRAUDO, A. S. **Análise Multivariada: Análise de Agrupamento e Componentes Principais**. Curso realizado via internet: [www.agroescola.com.br](http://www.agroescola.com.br), 2002.

FERREIRA, F. D. **Estatística Multivariada**. UFLA, Lavras, 1º Ed, 662 p., 2008

FRANKEL, E.; NEFF, W E.; SELKE, E. Analysis of autoxidized fats by gas chromatography-mass spectrometry: VII. Volatile thermal decomposition products of pure hydroperoxides from autoxidized and photosensitized oxidized methyl oleate, linoleate and linolenate. **Lipids**, v. 16, p. 279 - 285, 1981.

FRANKEL, F. N. Soybean oil flavor stability. In: Erikson, D.R; Pryde, E.H.; Brekke, O.L.; Mounts, T.L.; Falk, R.A. (Eds), **Handbook of soy oil processing and utilization**. American Soybean Association, St Louis, p. 229 - 244, 1980.

FRANCIS, F.J. Quality as influenced by color. **Food Quality and Preference**, Essex, v. 6, n. 3, p. 149-155, 1995.

FUKE, S.; UEDA, Y. Interactions between umami and other flavour characteristics. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, p. 407 – 411, 1996.

FURUTA, S.; NISHIBA, V.; HAJIKA, M.; IGITA, K.; SUDA, I. DETBA value and hexanal production with the combination of unsaturated fatty acids and extracts prepared from soybeans seeds lacking two or three lipoxygenase isozymes. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 236 - 239, 1996.

GIAMI, S. Y. Evaluation of selected food characteristics of three advanced lines Nigeria soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Plants Food for Human Nutrition**, v.50, p.17-25, 1997.

GIAMI, S. Y. Chemical Composition and nutritional attributes of selected newly developed lines of soybean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 1735 – 1739, 2002.

GOMES , J. C.; JOSÉ, I. C.; COELHO, D. T.; CHAVES, J. B. P.; REZENDE, S. T. Extratos hidrossolúveis produzidos de soja sem lipoxigenases. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 15, p. 95 – 103, 1995.

GOODMAN, M.; DEL VALLE, J. R.; AMINO, Y.; BENEDETTI, E. Molecular basis of sweet taste in dipeptide ligands. **Pure and Applied Chemistry**, v. 747, p. 1109 –1116, 2002.

GUILLOIN, F.; CHAMP, M. P. Carbohydrate fraction of legumes: uses in human nutrition and potential for health. **British Journal Nutrition**. v. 88 (3), p. S293-S306, 2002.

HAFEZ, Y. S.; MOHAMED, A. I.; SINGH, G.; HEWIDI, F. M. Effect of gamma irradiation on protein and fatty acids of soybeans. **Journal Food Science**, v. 50, n. 5, p. 1271 – 1274, 1985.

HE, W.; YASUMATSU, K.; VARADARAJAN, V.; YAMADA, A.; LEM, J.; NINOMIYA, Y.; MARGOLSKEE, R. F.; DAMAK, S. Umami Taste responses are mediated by  $\alpha$ -transducin and  $\alpha$ -gustducin. **The Journal of Neuroscience**, v. 35, n. 24, p. 7476-7680, 2004.

HILDEBRAND, D. Genetics of soybean lipoxygenases. In: **Lipoxygenase and lipoxygenase pathway enzymes**, G. Piazza (Ed.) AOCS Press, Illinois, USA, p. 33 -38, 1996.

HILDEBRAND, D. F.; HYMOWITZ, T. Two soybeans genotypes lacking lipoxygenase –1, **Journal American Oil Chemistry Society**, n. 58, p. 583 - 586, 1981.

HILDEBRAND, D. F.; KITO, M. Role of lipoxygenase in soybean seed protein quality. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 32, n. 4, p. 815 - 819, 1984.

HUANG, A.; HSIEH, O. A. L.; CHANG, S. S. Characterization of the on volatile minor constituents responsible for the objectionable taste of defatted soybean flour. **Journal Food Science**, v. 47, p. 19 - 23, 1981.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**, p. 210, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Instituto Adolfo Lutz, IV edição, p. 1018, 2005.

ISO/TC 34, Subcommittee SC 12. **International Standard 5492: Sensory Analysis Vocabulary**; Geneva, Switzerland, 1992.

JACOBSEN, B. K.; KNUTSEN, S. F.; FRASER, G. E. Does high soymilk intake reduce prostate cancer incidence: The Adventist Health Study. **Cancer-Causes-Control**, n. 9, p. 553 – 557, 1998.

JAKSON, E.J. **A user's guide to principal components**. Ed. Willey, 592 p., 2003

JOHNSON, D.; WANG, S.; SUZUKI, A. Edamame: A vegetable soybean for Colorado. In: J. Janick (ed.). **Perspective new crops and uses**, p. 385 – 387. Alexandria: ASHS Press, 1999.

JOLLIFFE, I. T. **Principal Component Analysis**. Springer Series in Statistic, Second Edition, p. 487, 2002.

KASUGA, A.; OGIWARA, E.; AOYAGI, Y.; KIMURA, H. Changes in isoflavone content of soybean during heating process. **Journal of the japanese society for food science and technology**, v. 53, n.7, p. 365 – 377, 2006.

KATAOKA, M.; MIYANAGA, Y.; TSUJI, E.; UCHIDA, T. Evaluation of bottle nutritive drinks using a taste sensor. **International Journal of Pharmaceutics**. v. 279, p. 107 – 114, 2004.

KIER, L. B. Molecular theory of sweet taste. *Journal Pharmacy Science*, v. 61, p. 1394 – 1397, 1972. In: MEYERS, B.; BREWER, M. S. Sweet taste in man: a review. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 6, p. R81 – R90, 2008.

KING, J.M; CHIN, S.M; SVENDSEN, L.K; REITMEIER, C.A; JOHSON, L.A; FERH, W.R. Processing of Lipoxygenase Free Soybeans and Evaluation in Foods. **Journal American Oil Chemistry Society**, v.78, n.4, p.353-360, 2001.

KINNEY, A. J. Development of genetically engineered soybean oils for food applications. **Journal Food Lipids**. v. 3, p. 273 – 292, 1996.

KITAMURA, K. Breeding trials for improving the food-processing quality of soybeans. **Trends in Food Science and Technology**, v. 43, p. 64 – 67, 1993.

KITAGAWA, M.; KUSAKABE, Y.; MIURA, H.; NINOMIYA, Y.; HINO, A. Molecular genetic identification of a candidate receptor gene for sweet taste. **Biochemistry Biophysical Research Communication**, v. 283, p. 236 – 242, 2001.

KOBAYASHI, A.; TSUDA, Y.; HIRATA, N.; KUBOTA, K.; KITAMURA, K. Aroma constituents of Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] Milk Lacking Lipoxigenase Isozymes. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 2449 - 2452, 1995.

KUDOU, S.; FLEURY, Y.; WELTI, D.; MAGNOLATO, D.; UCHIDA, T.; KITAMURA, K.; OKUBO, K. Malonil isoflavone glycosides in soybeans seeds (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 55, p. 2227 - 2233, 1991.

KUMAR, V.; RANI, A.; SOLANKI, S.; HUSSAIN, S. M. Influence of growing environment on the biochemical composition and physical characteristics of soybean seed. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 188 – 195, 2006.

LAINING, D. G.; JINKS, A. Flavour perception mechanisms. **Trends in Food Science and Technology**, n. 7, p. 387 – 389, 1996.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Isoflavones in soy based foods consumed in Brazil: Levels, Distribution, and Estimated Intake. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5987 – 5993, 2002.

LANNA, A. C.; JOSÉ, I. C.; OLIVEIRA, M. G. A.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Effect of temperature on polyunsaturated fatty acids accumulation in soybean seeds. **Brazilian Journal Plant Physiology**. v. 17, n. 2, p. 213 – 222, 2005.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. Chapman & Hall, 819 p., 1998.

LAZZARI, E. N. **Análise do ácido fítico e minerais nos processos de maceração e cocção da soja**. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, 52 p., 2006.

LE COUTRE, J. Taste: The metabolic sense. **Food Technology**, v. 57, n. 8, p.34-39, 2003.

LE COUTRE, J.; KABACK, H. R. Structure function relationships of integral membrane proteins: Membrane transporters vs channels. **Biopolymers**, v. 55, p. 297 – 307, 2001.

LEE, J. D.; HWANG, Y. H. Quality evaluation for vegetable use in local soybean cultivars with various seed coat color. **Korean Journal Crop Science**, v. 43, p. 83 – 88, 1998.

LEGIN, A.; RUDNITSKAYA, A.; SELEZNEV, B.; VLASOV, YU. Recognition of liquid and flesh food using an electronic tongue. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, n.4, p. 375 – 385, 2002.

LYALL, V.; ALAM, R. I.; PHAN, D. Q.; ERESO, G. L.; PHAN, T. H.; MALIK, S. A.; MONTROSE, M. H.; CHU, S.; HECK, G. L.; FELDMAN, G. M.; DESIMONE, J. A. Decrease in rat taste receptor cell intracellular pH is the proximate stimulus in sour taste transduction. **American Journal Physiology Cell Physiology**, v. 281, p. C1005 – C1013, 2001.

LIGGINS, J.; BLUCK, L. J. C.; RUNSWICK, S.; ATKINSON, C.; COWARD, W. A.; BINGHAM, S. A. Daidzein and genistein content of fruits and nuts. **Journal of Nutrition Biochemistry**, v. 11, p. 326 – 331, 2000.

LINDSAY, R. C. Flavors. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L; FENNEMA, O. R. **Fenemma's Food Chemistry**, 4 edição, CRC Press, 2007, cap. 10, p. 640 – 681.

LINDQUIST, M.; WIDE, P. Virtual water quality tests with an electronic tongue. **IEEE Instrumentation and Measurement**, p. 1320 - 1324, May 2001.

LI, X.; STASZEWSKI, L.; XU, H.; DURICK, K.; ZOLLER, M.; ADLER, E. Human receptors for sweet and umami taste. **Procedure Natural Academic Science U S A**, v. 99, p. 4692 – 4696, 2002.

LIU, K.; ORTHOEFER, F.; THOMPSON, K. The case for food grade soybean varieties. **INFORM, International News on Fats Oils and Related Materials**, Champaign, v. 6, n. 5, p. 593 – 599, 1995.

LIU, K. **Soybeans chemistry technology and utilization**. Chapman and Hall, 532p, 1999.

LIU, K. S, ORTHOEFER, F.; BROWN, E. A. Association of seed size with genotypic variation in the chemical constituents of soybeans. **Journal American Oil Chemistry Society**, v. 72, n. 2, p.191 – 203, 1995.

LUCCA, P.; HURREL, R.; POTRYKUS, I. Approaches to improving the bioavailability and level of iron in rice seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 81, n. 9, p. 828 - 834, 2001.

LUCAS, B.; SOTELO, A. Effect of different alkalies, temperature and hydrolysis time on tryptofan determination of pure proteins and of foods. **Analytical Biochemistry**, v. 107, p. 192 - 197, 1980.

MACLEOD, G.; AMES, J. Soy flavor and its improvement. . **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 27 (4), p. 219 - 401, 1988.

MAHFUZ, A.; TSUKAMOTO, C.; KUDOU, S.; ONO, T. Changes of astringency of soymilk during tofu curd formation. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 7070 – 7074, 2004.

MANDARINO, J. M. G.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; OLIVEIRA, M. C. N. Chemical composition of soybean seed from different production area of Brazil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 35, n. 4, p. 647-653, 1992.

MANDARINO, J. M. G.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. C.; MASUDA, R. Composition content of sugars in soybean seeds of brazilian cultivars and genotypes of Embrapa's germoplasm collection. In: **PROCEEDINGS... THE THIRD INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE**, October 15 – 20, Tsukuba, Ibaraki, Japan, p. 77 – 78, 2000.

MASUDA, R. Quality Requirement and Improvement of Vegetable Soybean. **Vegetable Soybean Research Needs for Production and Quality Improvement**, p. 92 - 102, 1991.

MASUDA, R.; KANEKO, K.; YAMASHITA, I. Sugar and cyclitol determination in vegetables by HPLC using post column fluorescent derivatization. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 6, p. 1186 – 1190, 1996.

MACDIARMID, A. G. Polyaniline and polypyrrole: where are we headed? **Synthetic Metals**, Lausanne, v. 84, p. 27 - 34, 1997.

MATTOSO, L. H. C.; ZUCOLOTTI, V.; PATERNO, L. G.; VANGRIETHUIJSEN, R.; FERREIRA, M.; CAMPANA, S. P.; OLIVEIRA JÚNIOR, O. N. Self-assembly films of polyacids and doped poly(o-etoxyanilines). **Synthetic Metals**, Lausanne, v. 71, p. 2037 - 2038, 1995.

MATTOSSO, L. H. C.; TAYLOR, D. M.; BONE, S.; MELLO, S. V.; SOTO GALLARDO, A. M.; RIUL, A. An electronic tongue using polypyrrole and polyaniline. **Synthetic Metals**, v. 132, p. 109 – 116, 2002.

MATTOSO, L. H. C.; OLIVEIRA, O. N.; FONSECA, F. J.; WOHNATH, K.; RIUL, A.; FERREIRA, M. High performance taste sensor made from Langmuir Blodgett films of conducting polymers and a ruthenium complex. **Analytical Chemistry**, v. 75, p. 953 – 955, 2003.

MATTOSO, L. H. C. **Desenvolvimento de sensores poliméricos para aplicações na agroindústria e meio ambiente**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. 33 p., 2001.

MATSUURA, M.; OBATA, A.; FUKUSHIMA, D. Objectinable Flavor of Soy Milk during Soaking of Soybeans and its Control. **Journal Food Science**, v. 54, p. 602 - 605, 1989.

MAX, M.; SHANKER, Y. G.; HUANG, L.; RONG, M.; LIU, Z.; CAMPAGNE, F.; WEINSTEIN, H.; DAMAK, S.; MARGOLSKEE, R. F. Tas1r3, encoding a new candidate

taste receptor, is allelic to the sweet responsiveness locus. **Nature Genetics**, v. 28, p. 58 – 63, 2001.

MENEGUCE, B.; FARIA, R. T.; DESTRO, D.; JÚNIOR, N. S. F.; FARIA, A. P. Interação genótipo x ano para tempo de cozimento e sua correlação com a massa e percentagem de embebição em soja tipo alimento. **Semina: Ciência Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 463 – 476, 2005.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V; CARR, B. T. **Sensory Evolution Techniques**. 3 ed., London: CRC Press, Inc., 1999, 387 p.

MESSINA, M.; HUGHES, M. Efficacy of soyfoods and soybean isoflavones supplements for alleviating menopausal symptoms is positively related to initial hot flush frequency, **Journal Medicinal Food**, n. 6, p. 1 – 11, 2003.

MEYERS, B.; BREWER, M. S. Sweet taste in man: a review. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 6, p. R81 – R90, 2008.

MIN, S.; YU, Y.; YOO, S.; S. T. MARTIN, S. Effect of soybean varieties and growing locations on the flavor of soymilk. **Journal Food Science**, v. 70, n. 1, p. C1 – C7, 2005.

MONTMAYEUR, J. P.; LIBERLES, S. D.; MATSUNAMI, H.; BUCK, L. B. A candidate taste receptor gene near a sweet taste locus. **Nature Neuroscience**, v. 4, p. 492 – 498, 2001.

MOSKOWITZ, H. R. **Product, Testing and Sensory Evaluation of Foods**. Marketing and R & D. Approaches, Westport Food and Nutrition Press, Inc, 1983, 605p.

MORAES, R. M. A. de; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E.G. de; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.725 - 729, 2006.

MORAIS, A. A. C; DA SILVA, A. L. Valor Nutritivo e Funcional da Soja. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 15, p. 306 - 315, 2000.

MOUNTS, T. L.; WARNER, K.; LIST, G. R.; KLEIMAN, R.; FEHR, W. R.; HAMMOND, E.G.; WILCOX, J. R. Effect of altered fatty acids composition on soybean oil stability. **Journal American Oil Chemistry Society**, v. 65, p. 624 - 628, 1988.

MWANDEMELE, O. D.; WHIRTER, MC. K. S. Improving the quality of soybean for human consumption: Factors influencing the cookability of soybean seeds. **Journal Food Science Technology**, v.21, p.286-290, 1984.

NELSON, A. I.; STEINBERG, M. P.; WEI, L. S. Illinois process for preparation of soymilk. **Journal of Food Science**, v. 41, n. 1, p. 57 - 61, 1976.

NELSON, G.; HOON, M. A.; CHANDRASHEKAR, J.; ZHANG, Y.; RYBA, N. J.; ZUKER, C. S. Mammalian sweet taste receptors. **Cell**, v. 106, p. 381 – 390, 2001.

NISHIBA, Y.; SUDA, I.; OKI, T.; SUGAWA, T. Variations in isoflavone, thiamine, riboflavin and tocopherol content in soybean seeds grown in Japan. **Journal of the Japanese for food science and technology**, v. 56, n. 6, p. 295 – 303, 2007.

NISHIBA, Y.; FURUTA, S.; HAJIKA, M.; IGITA, K.; SUDA, I. Hexanal accumulation and DETBA value in homogenate of soybean seeds lacking two or three lipoxygenase isozymes. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 43, p. 738 – 741, 1995.

N'KOUKA, K. D.; KLEIN, B. P.; LEE, S. Y. Developing a Lexicon for Descriptive Analysis of Soymilk. **Journal of Food Science**. v. 69, n. 7, p. 213 - 217. 2004.

NOFRE, C.; TINTI, J. Sweetness reception in man: the multipoint attachment theory. **Food Chemistry**, v. 63, p. 263 – 274, 1996.

NOLLET, L. M. **Handbook of food analysis: Physical characterization and nutrient analysis**. Second Edition, 912 p., 2004.

OGAWA, T.; TAYAMA, E.; KITAMURA, K.; KAIZUMA, N. Genetic improvement of seed storage proteins using three variant alleles of 7S globulin subunits in soybean (*Glycine max* L.). **Japanese Journal of Breeding**, v. 39, p. 137 - 147, 1989.

OKUBO, K.; IJIMA, M.; KOBAYASHI, Y.; YOSHIKOSHI, M.; UCHIDA, T.; KUDOU, S. Components responsible for the undesirable taste of soybeans seeds. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v. 5, p. 99 - 103, 1992.

OP & P PRODUCT RESEARCH, **Sensors tools Version 2.3**. Utrecht: OP & P Product Research, 1995 – 1998. Conjunto de Programas 1 CD room.

ORDÓÑEZ, J. A e colaboradores. **Tecnologia de Alimentos: Componentes dos Alimentos e Processos**. Editora Artmed, volume 5, p. 41 – 42, 2005.

PATERNI, L.G; DYMINSKI, D.S.; TAKEDA, H. H.; BOLINI, H. M.A.; MATOSSO, L. H. C.; CANDIDO, L. M. B. Correlation between human panel and electronic tongue on the analysis of commercial sweeteners. **Sensor Letters**, v.4, p. 1 – 6, 2006.

PALADAR falso, mas apurado, 2003. Disponível <[http://www2.correioweb.com.br/cw/2001-12-29/mat\\_26487.htm](http://www2.correioweb.com.br/cw/2001-12-29/mat_26487.htm)> Acesso em: 15 agosto, 2003.

PENNA, E. W. **Evaluacion sensorial. Una metodologia actual para Tecnologia de alimentos**. Santiago: Universidade do Chile, 1980, 134 p.

PESQUISADORES. **Brasileiros inventam a língua eletrônica**, 2003. Disponível em: <<http://www.plativida.org.br/bibliote/jornal/072-73/pag05/pg05.htm>> Acesso em: 16 de março de 2009.

PFEIFFER, T. W.; HILDEBRAND, D. F.; TEKRONY, D. M. Agronomic performance of soybean lipoxygenase isolines. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 357 - 362, 1992.

PHIRKE, A. V.; CHAVAN, J. K.; JADHAR, S. J.; SALUNKHE, D. K. Physical properties, chemical composition, cookability and solubilization of proteins of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Legume**, v. 5, p. 91-96, 1982.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS J. H. **Ciencia de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia, p. 53 – 75, 1999.

POWERS, J. J.; CENCIARELLI, S.; SHINHOLSER, K. El uso de programas estadísticos generales en la evaluación de los resultados sensoriales. **Revista Agroquímica y Tecnología de los Alimentos**, v. 24, p. 469 – 484, 1984.

RACKIS, J. J.; SESSA, D. J.; HONIG, D. H. Flavor problems of vegetable food proteins. **Journal American Oil Chemistry Society**, v. 56, p. 263 - 271, 1979.

RAYFORD, W. E.; THOMAS, D. I.; ELAM, L. M.; WALKER, S. M. **Analytical chemical support soybean uniform test analysis**, USDA, Agricultural Research Service, Midwest Area, NCAUR, Peoria, p. 17 – 26, 1994.

REDONDO-CUENCA, A.; VILLANUEVA-SUÁREZ, M. D.; RODRÍGUEZ-SEVILLA, M. D.; MATEOS-APARICIO, I. Chemical composition and dietary fibre of yellow and green commercial soybeans (*Glycine max*). **Food Chemistry**, n. 101, p. 1216 – 1222, 2006.

RIUL JR., A.; MALMEGRIM, R. R.; FONSECA, F. J.; MATTOSO, L. H. C. An artificial taste sensor based on conducting polymers. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 18, p. 1365–1369, 2003.

ROSENTHAL, A. J. **Food Texture: Measurement and perception**. AN Aspen Publications, 305, 1999.

ROPER, S. D. Signal transduction and information processing in mammalian taste buds. **Pflügers Arch - European Journal Physiology**, v. 454, p.759 – 776, 2007.

SAITO, M.; KUDO, H.; MANDARINO, J. M. G.; BENASSI, V. T. Effects of variety and cultivating region on the color of soymilk and other soybean processing foods in Brazil. **Japan American Research**, v. 3, p. 179 – 183, 2004.

SARAVITZ, D. M.; SIEDOW, J. N. Changes during leaf development, after wounding, and following reproductive sink removal. **Plant Physiology**, Washington, v. 107, p. 535 - 543, 1995.

SAINZ, E.; KORLEY, J. N.; BATTEY, J. F.; SULLIVAN, S. L. Identification of a novel member of the T1R family of putative taste receptors. **Journal Neurochem**, v. 77, p. 896 – 903, 2001.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics: version 8.2**. 6. ed. Cary, 2001.

SBARDELOTTO, A.; LEANDRO, G.V. Escolha de cultivares de soja com base na composição química dos grãos como perspectiva para maximização dos lucros para a indústria processadora. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 614 - 619, 2008.

SHARMA, S.; SAXENA, A. K.; DHILLON, S. K. Physico-chemical and cooking quality characteristics of soybean. **Journal Food Technology**, v. 41, n. 5, p. 554 – 556, 2004.

SHALLENBERGER, R. S. The AH, B glycoprotein and general taste chemistry. **Food Chemistry**, v. 56, p. 209 – 214, 1996.

SHALLENBERGER, R. S.; ACREE, T. E. Molecular theory of sweet taste. *Nature*, v. 218, p. 480 – 482, 1967. In: MEYERS, B.; BREWER, M. S. Sweet taste in man: a review. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 6, p. R81 – R90, 2008.

SHANMUGASUNDARAM, S.; LIN-FEN, C.; MAIO-RONG, Y. Research on Vegetable Soybeans. **The Asian Vegetable Research and Development Center**, p.1 - 13, 1991.

SHEWFELT, R. T.; THAI, C. N.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 1433 - 1437, 1988.

SHIRAWA, M.; HARADA, K.; OKUBO, K. Composition and content of saponins in soybean seed according to variety, cultivation year and maturity. **Journal Agricultural and Biological Chemistry**, v. 55, n. 2, p. 323 - 331, 1991.

SILVA, V. R.; LACHAN, A. Proteins from varieties of Brazilian beans (*Phaseolus vulgaris*). I. Quantification and fractionation of proteins. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v. 6, p. 133, 1975.

SMITH, A. K.; CIRCLE, J. J. **Soybeans: chemistry and technology**. Westport: AVI BOOK, v. 1, 1978.

SPACKMAN, D. H.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of aminoacids. **Analytical Chemistry**, v. 30, p. 1190 - 1206, 1963.

STEVENS, D. R.; SEIFERT, R.; BUFE, B.; MULLER, F.; KREMMER, E.; GAUSS, R.; MEYERHOFW; KAUPP, U. B.; LINDEMANN, B. Hyperpolarizationactivated channels HCN1 and HCN4 mediate responses to sour stimuli. **Nature**, v. 413, p. 631 – 635, 2001.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. 3 ed. Food Science and Technology, International Series Elsevier Academic Press., 377 p., 2004.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. 2 ed. London: Academic press, Inc., 1993.

STONE, H.; SIDEL, J. L.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v. 28, p. 24 - 34, 1974.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

SZCZESNIAK, A. S. Classification of textural characteristics. **Journal of Food Science**, v. 28, p.385 – 389, 1963.

TEMUSSI, P. The history of sweet taste: not exactly a piece of cake. **Journal Molecular Recognition**, v. 19, p. 188 –199, 2006.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M. R. B. Metodologia para Análise dos Constituintes Voláteis do Sabor. **Boletim da SBCTA**, v. 34, n. 1, p. 52 - 59, 2000.

TOKO, K. **Measurement Science and Technology**, p. 1919 – 1936, 1998.

TOMOMATSU, H. Health effects of oligosaccharides. **Food Technology**, 10, p. 61 – 65, 1994.

TORRES-PENARANDA, A. V.; REITMEIER, C. A.; WILSON, L. A.; FEHR, W. R.; NARVEL, J. M. Sensory Characteristics of Soymilk and Tofu made from Lipoxygenase-Free and Normal Soybeans. **Journal Food Science**, v. 63, n. 6, p. 1084 - 1087, 1998.

TORRES-PENARNDA, A. V.; REITMEIER, C. A. Sensory Descriptive Analysis of Soymilk. **Journal Food Science**, v. 66, n. 2, p. 352 - 356, 2001.

TRUGO, L. C.; FARAH, A.; CABRAL, L. Oligosaccharide distribution in brazilian soya bean cultivars. **Food Chemistry**. v. 52, p. 385 – 387, 1995.

TSOU, S. C. S.; HONG, T. L. Research on vegetable soybean quality in Taiwan. **Vegetable Soybean Research Needs for Production and Quality Improvement**, p.103 - 107, 1991.

TSUKAMOTO, C.; SHIMADA, S.; IGITA, K.; KUDOU, S.; KOKUBUN, M.; OKUBO, K.; KITAMURA, K. Factors affecting isoflavones content in soybean seeds: changes isoflavonas, saponins, and composition of fatty acids at different temperatures during seed development. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 1184 – 1192, 1995.

USDA, National Nutrient Database for Standard References. (2006). Disponível: [http://www.fns.usda.gov/tn/Resources/smi\\_appendices.pdf](http://www.fns.usda.gov/tn/Resources/smi_appendices.pdf). Acesso em: 21 de abril de 2006.

USDA, National Nutrient Database for Standard References. Release 18 (2005). Disponível: <http://www.nal.usda.gov/fnci/foodcomp/search>. Acesso em: 28 de Maio de 2006.

USFDA, U.S Food and Drug Administration. **Food labeling, health claims, soy protein and coronary heart disease**. Fed Reg 57, p. 699 - 733, 1999.

UTUMI, M. M.; BARROS, E. G. de; OLIVEIRA, M. G. de A.; SEDIYAMA, C. S.; MOREIRA, M. A. Efeito da eliminação genética de lipoxigenases e de polipeptídios de reserva na qualidade da proteína da soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 3, p. 203 - 212, 1998.

VASCONCELOS, I. M.; SIEBRA, E. A.; MAIA, A. A. B.; MOREIRA, R. A.; NETO, A. F.; CAMPELO, G. J. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Composition, toxic and antinutritional factors of newly developed cultivars of Brazilian soybean (*Glycine max*). **Journal of the Science of Food Agriculture**, New Jersey, v. 75, n. 4, p. 419 - 426, 1997.

VELLO, N.A. Ampliação da base genética do germoplasma e melhoramento da soja na ESALQ-USP. In: **SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA**, 1., 1991, Piracicaba. Anais. Piracicaba : FEALQ, 1992. p.60-81.

VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; DE PAULA, A. C. O. Composição centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de soja destinadas à alimentação humana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 7, v. 34, p. 1277 – 1283, 1999.

VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; DE PAULA, A. C. O. Caracterização física e tecnológica de seis cultivares de soja plantadas no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, 1997.

VLASOV, Y.; LEGIN, A.; RUDNITSKAYA, A. Electronic tongues and their analytical application. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 373, n. 3, p. 136 - 146, 2002.

VORAGEN, A. G. T. Technological aspects of functional food related carbohydrates. **Trends in Food Science and Technologic**, v. 9, p. 328 – 335, 1998.

WANG, H.; MURPHY, P. A. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: effects of variety, crop year, and location. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 42, n. 8, p. 1674 - 1677, 1994a.

WANG, H.; MURPHY, P. A. Isoflavones content in commercial soybeans foods. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 1666 - 1673, 1994b.

WANG, Q.; KE, L.; YANG, D.; BAO, B. Change in oligosaccharides during processing of soybean sheet. **Asia Pacific Journal Clinical Nutrition**, 16, p. 89 – 94, 2007.

WANG, S. H.; DE OLIVEIRA, M. F.; COSTA, P. S.; ASCHERI, J. L. R.; ROSA, A.G. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão para massas de pizza. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** – PAB, vol.40, n.4, pp. 389-395, 2005.

WEAVER, C. M.; PLAWECKI, K. L. Dietary calcium: adequacy of vegetarian diet. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 59, p. 1238 - 1241, 1994.

WOLF, W. J.; COWAN, J. C. **Soybean as a food source**. Cleveland CRC, 1975. 101p.

WINQUIST, F.; LUNDSTROM, I.; WIDE, P. The combination of an electronic tongue and an electronic nose. **Sensors and Actuators B**, v. 58, p. 521 – 517, 1999.

YAMADA, L. T. P.; BARCELOS, M. F. P.; SOUSA, R. V.; DE LIMA, A. L. Chemical composition and Fe soluble content in soybean [Glycine Max (L.) Merrill], **Agrotecnica Science**, Lavras, p. 406 – 413, 2003.

YOKOMIZO, G. K.; DUARTE, J. B.; VELLO, N. A. Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 2235 - 2241, 2000.

ZARCADAS, C. G.; VOLDENG, H. D.; YU, Z.; SHANG, K.; PATTISON, P. L. Comparision of the protein quality of five new northern adapted natto soybean cultivars by amino acid analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 45, n. 6, p. 2013 - 2019, 1997.

ZHAO, G. Q.; ZHANG, Y.; HOON, M. A.; CHANDRASHEKAR, J.; ERLLENBACH, I.; RYBA, N. J.; ZUKER, C. S. The receptors for mammalian sweet and umami taste. **Cell**, v. 115, p. 255 – 266, 2003.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A.; SILVEIRA JÚNIOR, P. **Sistema de Análise Estatística – SANEST (Software)**. Registro na SEI N° 066060. Pelotas UFPel, 1982.

## **ANEXOS**

Anexo 1 – Folha de rosto do projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina



---

**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS**

**Parecer N° 326/06**

**Londrina, 02 de fevereiro de 2007**

**CAAE N° 0012.0.268.000-07**

**FOLHA DE ROSTO N° 121931**

**PESQUISADOR (A): SANDRA HELENA PRUDÊNCIO**

---

Ilmo (a) Sr. (a),

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina – CEP – UEL – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, **APROVA** a realização do projeto: **“ESTUDO QUÍMICO, SENSORIAL TRADICIONAL E INSTRUMENTAL (LÍNGUA E NARIZ ELETRÔNICOS) DOS SABORES E DOS GOSTOS CARACTERÍSTICOS DA SOJA.”**

Informamos que o (a) Sr. (a) deverá comunicar, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa e deverá ser apresentado ao CEP/UEL relatório final da pesquisa.

---

Situação do Projeto: **APROVADO**

Atenciosamente

Prof<sup>a</sup> Dra. Nilza Maria Diniz  
Comitê de Ética em Pesquisa  
Coordenadora



**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Eu, \_\_\_\_\_, R.G. \_\_\_\_\_, aceito participar do Projeto de Tese “Cultivares de soja para consumo humano e convencionais: avaliação química, física, sensorial descritiva e gustativa eletrônica (“língua eletrônica”), na qualidade de julgador do produto. Estou informado que serão avaliados por meio da degustação, grãos de soja cozidos, tendo inteira consciência de que tal produto a ser ingerido não trará nenhum efeito maléfico à saúde sendo, este consumido habitualmente, por diversas pessoas. Estou ciente de que essa participação será por um período aproximado de três meses conforme descrito no questionário para recrutamento de provadores.

Entendo também que posso deixar de participar da pesquisa em qualquer fase, e, ao participar estarei colaborando no desenvolvimento de uma tese de doutorado, e, portanto, no treinamento e formação de um profissional.

Londrina, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200\_\_.



**Anexo 3** – Questionário referente ao recrutamento dos provadores.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Centro Nacional de Pesquisa de Soja

Londrina – Paraná

### **QUESTIONÁRIO REFERENTE AO RECRUTAMENTO DE PROVADORES**

Você já deve ter ouvido falar de provadores profissionais de vinhos que diferenciam vinhos de safras diferentes apenas pelo odor. O que torna esses provadores capazes de tal façanha é principalmente, o treinamento que eles recebem. Neste momento desejamos formar uma equipe treinada de provadores. Os futuros provadores avaliarão as características sensoriais de grãos de soja cozidos. Ser um provador não tomará muito de seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil. A equipe de provadores se reunirá uma vez por semana por um período de 30 minutos. Esperamos que os provadores treinados permaneçam na equipe por um período de aproximadamente 3 meses para o presente estudo e eventualmente, serão recrutados para realizar outras análises sensoriais na empresa. Se você deseja participar da equipe de provadores, por favor, preencha este formulário. Se você tiver alguma dúvida, ou necessitar de informações adicionais, não hesite em contatar-nos (Josi, telefone: 3371 6094; Mercedes, telefone: 3371 6274; e-mail: [josi@cnpso.embrapa.br;mercedes@cnpso.embrapa.br](mailto:josi@cnpso.embrapa.br;mercedes@cnpso.embrapa.br)). Os provadores capacitados a participar do treinamento e da avaliação das amostras receberão como recompensa pelo trabalho a quantia de R\$ 50,00 (cinquenta reais) que será entregue ao término do estudo.

Nome: \_\_\_\_\_

Faixa etária (anos): 15 – 20 ( ) 20 – 30 ( ) 40 – 50 ( ) 50 – 60 ( )

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone casa e trabalho: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_

Horários e dias da semana disponíveis para participar do treinamento:

( ) terça 15h ( ) quarta 15h ( ) quinta 15h ( ) sexta 15h

1) Indique o período que você pretende tirar férias este ano:

---

2) Indique o quanto você aprecia cada um destes produtos

	Gosto	Nem gosto / Nem desgosto	Não gosto
a. ervilha:	_____	_____	_____
b. grão de bico:	_____	_____	_____
c. feijão:	_____	_____	_____
d. lentilha:	_____	_____	_____
e. soja em grão:	_____	_____	_____

3) Cite alimentos ou ingredientes que você desgosta muito:

---

---

4) Cite 3 alimentos que sejam firmes:

---

---

5) Descreva algumas características de sabor que você percebe em feijão cozido:

---

---

6) Cite um alimento que grude nos dentes ao ser mastigado:

---

---

7) Especifique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde.

Explique por favor.

---

---

8) Indique se você possui:

( ) Diabetes

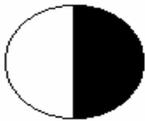
( ) Hipertensão

( ) Hipoglicemia

( ) Doença bucal

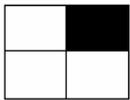
( ) Dentadura

9) Marque na linha direita de cada figura, um trecho que indique a proporção da figura que está coberta de preto (não use régua, use apenas sua capacidade visual de avaliar).



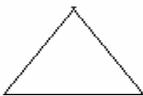
\_\_\_\_\_

Nenhuma Toda



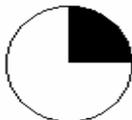
\_\_\_\_\_

Nenhuma Toda



\_\_\_\_\_

Nenhuma Toda



\_\_\_\_\_

Nenhuma Toda



\_\_\_\_\_

Nenhuma Toda



Nenhuma

Toda



Nenhuma

Toda

**Anexo 4** - Avaliação do poder de discriminação das amostras (“p” para  $F_{amostras}$ ) para cada provador em relação a cada atributo.

Valores de “p” / Provador	Tamanho do grão	Aparência			Aroma		Adocicado
		Formato do grão	Cor creme	Cor hilo	De ranço	De feijão cozido	
1	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,16	0,04
2	0,01	0,00	0,11	0,00	0,00	0,14	0,25
3	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,49	0,11
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,11
5	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
6	0,12	0,00	0,33	0,00	0,55	0,19	0,34
7	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,71	0,72
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,04
9	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,67	0,02
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,28	0,12

continuação...

Valores de “p” / Provador	De feijão cozido	De ranço	Sabor			Umami	Textura Dureza
			Doce	Amargo	Adstrin.		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00
2	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00	0,34	0,00
3	0,06	0,00	0,18	0,00	0,00	0,09	0,00
4	0,38	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,28	0,00
6	0,00	0,44	0,65	0,58	0,41	0,45	0,14
7	0,11	0,00	0,00	0,04	0,00	0,13	0,00
8	0,01	0,00	0,05	0,11	0,00	0,22	0,00
9	0,11	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
10	0,02	0,73	0,07	0,13	0,84	0,88	0,00

\*valores assinalados em vermelho referem-se a  $p_{amostra} \geq 0,50$ .

**Anexo 5** – Avaliação da repetibilidade (“p” para  $F_{\text{repetição}}$ ) para cada provador em relação a cada atributo.

Valores de “p” / Provador	Tamanho do grão	Aparência			Aroma		
		Formato do grão	Cor creme	Cor hilo	De ranço	De feijão	Adocicado
1	0,92	0,57	0,99	0,34	0,12	0,44	0,82
2	0,29	0,50	0,74	0,73	0,26	0,39	0,45
3	0,33	0,14	0,75	0,44	0,56	0,27	0,56
4	0,14	0,44	0,45	0,44	0,19	0,91	0,97
5	0,55	0,57	0,36	0,39	0,27	0,63	0,48
6	0,42	0,58	0,70	0,64	0,93	0,67	0,39
7	0,26	0,03	0,48	0,99	0,25	0,42	0,91
8	0,03	0,35	0,15	0,11	0,32	0,88	0,21
9	0,71	0,55	0,90	0,37	0,99	0,19	0,87
10	0,12	0,82	0,11	0,25	0,63	0,52	0,06

continuação...

Valores de “p” / Provador	De feijão cozido	De ranço	Sabor			Adstrin.	Umami	Textura
			Doce	Amargo	Dureza			
1	0,83	0,35	0,34	0,52	0,44	0,13	0,33	
2	0,01	0,66	0,02	0,10	0,08	0,37	0,02	
3	0,07	0,64	0,59	0,57	0,88	0,82	0,08	
4	0,23	0,04	0,52	0,41	0,91	0,44	0,31	
5	0,32	0,31	0,25	0,16	0,26	0,93	0,54	
6	0,86	0,90	0,16	0,80	0,38	0,86	0,36	
7	0,91	0,19	0,13	0,83	0,38	0,64	0,63	
8	0,14	0,06	0,93	0,51	0,18	0,44	0,21	
9	0,51	0,08	0,69	0,09	0,80	0,40	0,40	
10	0,99	0,69	0,28	0,00	0,44	0,11	0,46	

\*valores assinalados em vermelho referem-se a  $p_{\text{repetição}} \leq 0,05$ .

**Anexo 6 – Avaliação da concordância de cada provador com a equipe sensorial.**

Valores da intensidade / Provador	Amostra	Aparência					Aroma	
		Tamanho do grão	Formato do grão	Cor creme	Cor do hilo	De ranço	De feijão cozido	Adocicado
1	1	6,46	3,66	3,86	4,63	1,50	0,36	0,70
	2	8,03	1,00	4,16	1,36	3,70	0,26	0,63
	3	4,83	4,36	6,16	0,66	5,40	0,26	1,26
2	1	5,66	3,86	5,70	5,46	1,86	1,73	1,66
	2	7,56	0,73	5,13	1,26	2,06	1,30	1,83
	3	5,90	5,53	6,53	0,53	4,16	1,16	2,56
3	1	7,56	3,00	4,40	4,56	1,16	0,16	1,60
	2	9,00	0,96	4,43	0,50	3,46	0,50	0,66
	3	7,06	3,23	6,43	0,50	4,43	0,20	0,86
4	1	7,43	2,33	4,70	4,360	1,53	1,73	0,83
	2	8,50	0,50	5,83	0,50	3,83	1,26	2,03
	3	7,63	2,90	7,63	0,56	4,73	1,80	1,93
5	1	5,90	2,30	3,26	3,26	1,43	0,56	0,66
	2	7,63	0,76	4,70	0,56	5,00	0,66	1,30
	3	5,96	2,96	6,00	0,53	5,36	1,60	0,60
6	1	3,33	7,83	3,10	7,93	5,46	7,53	3,30
	2	8,63	0,90	3,33	0,83	8,03	2,86	5,46
	3	6,53	3,20	7,83	0,80	4,20	7,26	1,13
7	1	6,00	3,70	3,83	5,13	1,30	0,46	2,16
	2	7,10	1,70	5,13	1,10	3,70	0,80	1,86
	3	5,66	4,26	7,26	0,70	4,46	0,76	2,20
8	1	6,43	2,83	3,83	4,43	1,53	0,93	1,70
	2	8,66	2,16	4,53	0,90	4,60	0,23	1,53
	3	5,76	4,10	6,86	0,53	6,40	1,30	2,86
9	1	5,73	3,43	3,66	4,86	1,40	1,46	1,03
	2	8,50	2,16	4,36	1,43	5,46	1,40	1,3
	3	5,66	3,26	7,50	0,56	3,50	1,66	2,73
10	1	3,36	2,66	4,00	3,00	0,03	0,80	1,03
	2	6,66	1,76	2,93	0,60	0,53	0,26	0,43
	3	4,23	4,23	6,70	0,50	0,06	0,80	1,16
Média da Equipe	1	<b>5,7</b>	<b>3,4</b>	<b>3,7</b>	<b>4,3</b>	<b>1,5</b>	<b>2,1</b>	<b>1,3</b>
	2	<b>8,0</b>	<b>1,1</b>	<b>4,3</b>	<b>0,8</b>	<b>3,6</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>
	3	<b>5,7</b>	<b>3,8</b>	<b>6,9</b>	<b>0,5</b>	<b>3,8</b>	<b>1,8</b>	<b>1,9</b>

\* escala estruturada de 9 cm ancorada nas extremidades com os termos crescente da esquerda para à direita

continuação....

Valores da intensidade / Provador	Amostra			<b>Sabor</b>				<b>Textura</b>
		De feijão cozido	De ranço	Doce	Amargo	Adstrin.	Umami	Dureza
1	1	0,33	1,13	1,50	0,36	0,30	0,20	1,33
	2	0,26	4,23	0,30	3,53	3,50	0,30	6,93
	3	2,36	4,16	0,23	0,50	0,23	0,26	4,96
2	1	1,63	1,13	1,66	1,93	0,50	0,26	1,30
	2	0,96	3,36	1,03	4,90	3,86	0,23	6,30
	3	2,93	2,56	1,30	2,06	1,76	0,43	4,00
3	1	0,66	0,16	1,46	0,10	0,36	0,13	1,36
	2	1,00	3,80	1,46	4,36	4,16	1,00	6,13
	3	1,86	3,33	2,13	1,40	2,10	0,10	4,70
4	1	2,13	0,80	2,16	1,63	0,10	0,00	0,50
	2	1,93	3,00	1,26	3,66	2,10	0,50	4,70
	3	1,70	3,73	0,60	0,80	1,23	0,00	4,26
5	1	2,36	0,70	1,26	1,20	0,56	0,10	1,50
	2	0,80	4,36	0,60	4,56	3,03	0,26	5,46
	3	3,20	4,03	0,20	0,30	1,63	0,10	3,70
6	1	7,83	5,06	0,53	7,83	2,73	5,23	3,26
	2	0,70	8,06	0,80	4,93	5,46	5,13	6,93
	3	7,60	4,00	0,76	6,70	6,86	1,16	7,76
7	1	2,00	0,40	1,43	1,70	0,40	0,16	0,93
	2	1,73	3,80	0,40	3,00	3,43	0,33	5,66
	3	1,56	2,36	0,36	1,33	0,43	0,20	3,06
8	1	2,13	0,93	1,90	1,66	0,43	0,00	1,53
	2	0,93	4,60	1,70	2,5	4,03	0,13	5,66
	3	2,10	4,16	0,63	0,63	0,50	0,00	5,03
9	1	2,06	1,53	0,00	1,53	0,26	0,13	1,63
	2	2,86	5,53	0,96	5,36	2,03	1,26	5,76
	3	1,93	3,00	0,06	1,66	0,66	0,13	3,93
10	1	1,10	0,20	0,36	0,13	0,10	0,06	1,03
	2	0,23	0,20	0,26	0,26	0,10	0,13	5,26
	3	1,93	0,06	0,13	0,10	0,06	0,10	2,83
Média da Equipe	1	<b>2,4</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1,2</b>
	2	<b>1,8</b>	<b>3,6</b>	<b>0,7</b>	<b>3,3</b>	<b>2,8</b>	<b>0,8</b>	<b>5,8</b>
	3	<b>2,7</b>	<b>2,8</b>	<b>0,5</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>0,2</b>	<b>4,2</b>

\* escala estruturada de 9 cm ancorada nas extremidades com os termos crescente da esquerda para à direita

Amostra 1 cultivar EMBRAPA 48

Amostra 2 cultivar BRS 267

Amostra 3 cultivar BRS 213

**Anexo 7** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo tamanho do grão.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	956,93	239,23	2312,17	0,0001
provador	9	35,07	3,90	37,66	0,0001
am x prov	6	49,05	1,36	13,17	0,0001

**Anexo 8** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo formato do grão.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	641,91	160,48	1184,05	0,0001
provador	9	28,19	3,13	23,11	0,0001
am x prov	36	60,78	1,69	1,68	0,0001

**Anexo 9** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo cor do grão.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	419,58	104,90	748,19	0,0001
provador	9	9,17	1,02	7,27	0,0001
am x prov	36	54,17	1,50	10,73	0,0001

**Anexo 10** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo cor do hilo.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	1725,49	431,37	7361,34	0,0001
provador	9	14,48	1,61	27,47	0,0001
am x prov	36	44,14	1,23	20,92	0,0001

**Anexo 11** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo aroma de ranço

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	188,27	47,07	453,16	0,0001
provador	9	32,63	3,63	34,91	0,0001
am x prov	36	41,07	1,14	10,98	0,0001

**Anexo 12** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo aroma de feijão cozido.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	5,57	1,39	9,69	0,0001
provador	9	14,20	1,58	10,98	0,0001
am x prov	36	19,25	0,53	3,72	0,0001

**Anexo 13** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo aroma adocicado.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	158,69	39,67	446,10	0,0001
provador	9	23,24	2,58	29,04	0,0001
am x prov	36	23,83	0,66	7,45	0,0001

**Anexo 14** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo sabor de feijão cozido.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	9,47	2,36	23,02	0,0001
provador	9	23,67	2,63	25,57	0,0001
am x prov	36	26,76	0,74	7,23	0,0001

**Anexo 15** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo sabor de ranço.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	140,35	35,09	307,62	0,0001
provador	9	26,31	2,92	25,63	0,0001
am x prov	36	21,23	0,59	5,17	0,0001

**Anexo 16** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo gosto doce.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	125,12	31,28	313,44	0,0001
provador	9	46,53	5,17	51,81	0,0001
am x prov	36	19,38	0,54	5,40	0,0001

**Anexo 17** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo gosto amargo.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	35,78	8,95	89,10	0,0001
provador	9	31,30	3,48	34,65	0,0001
am x prov	36	13,26	0,37	3,67	0,0001

**Anexo 18** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo adstringência.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	25,92	6,48	52,14	0,0001
provador	9	22,74	2,53	20,33	0,0001
am x prov	36	18,45	0,51	4,12	0,0001

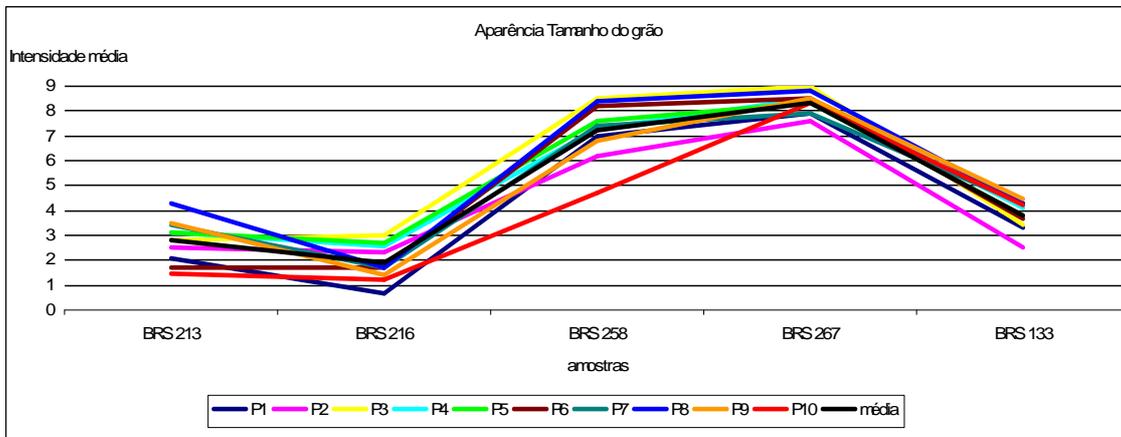
**Anexo 19** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo gosto umami.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	175,84	43,96	889,89	0,0001
provador	9	1,15	0,13	2,60	0,0001
am x prov	36	4,66	0,13	2,62	0,0001

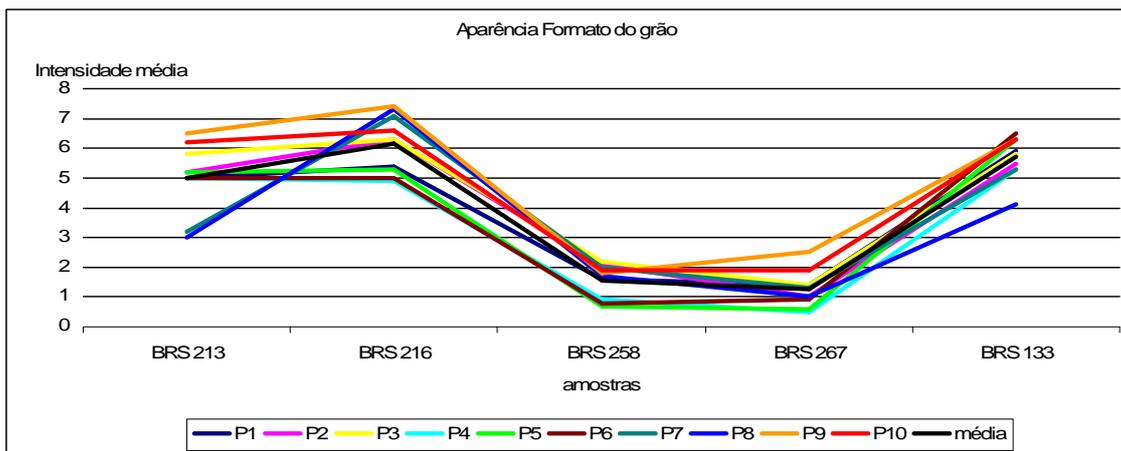
**Anexo 20** - Análise de variância dos dados obtidos na análise sensorial descritiva para o atributo dureza.

<i>Fonte de variação</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Soma de quadrados</i>	<i>Quadrado médio</i>	<i>Valor de F</i>	<i>p</i>
amostra	4	148,50	37,13	244,14	0,0001
provador	9	16,47	1,83	12,03	0,0001
am x prov	36	60,95	1,69	11,13	0,0001

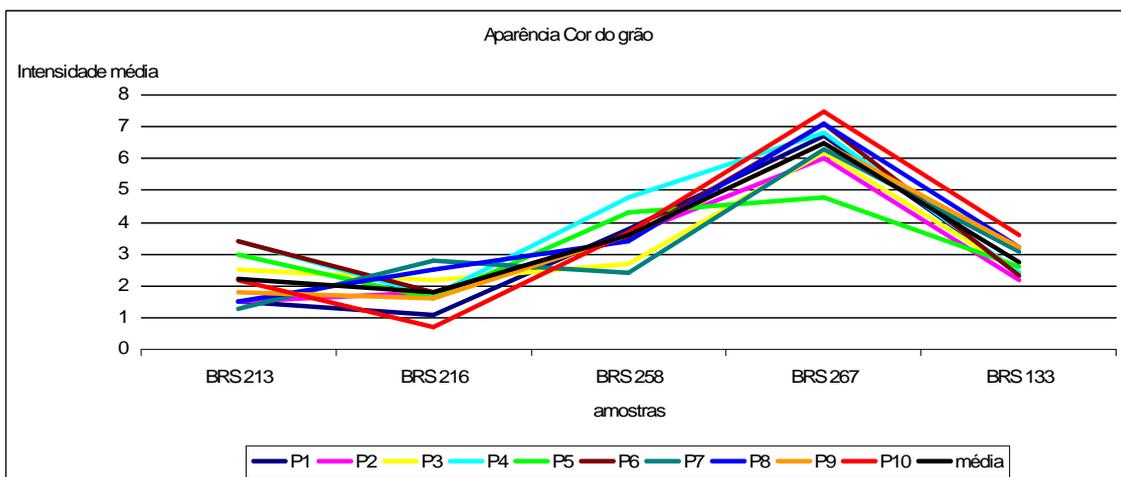
**Anexo 21** – Gráfico da Intensidade do atributo tamanho do grão x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador



**Anexo 22** - Gráfico da Intensidade do atributo formato do grão x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador

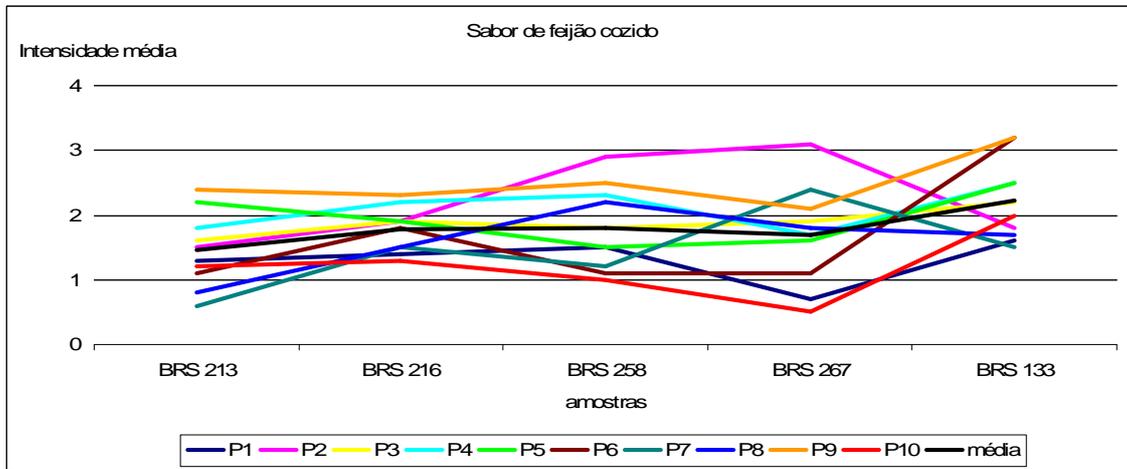


**Anexo 23** - Gráfico da Intensidade do atributo cor creme do grão x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador

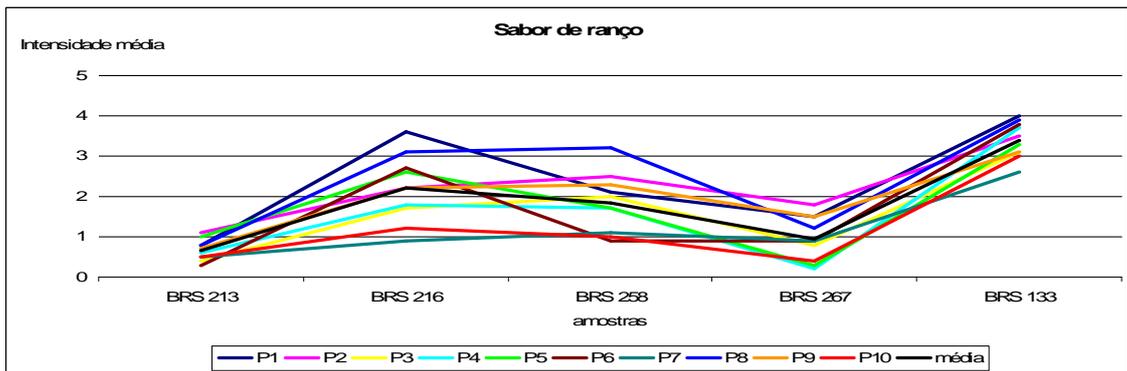




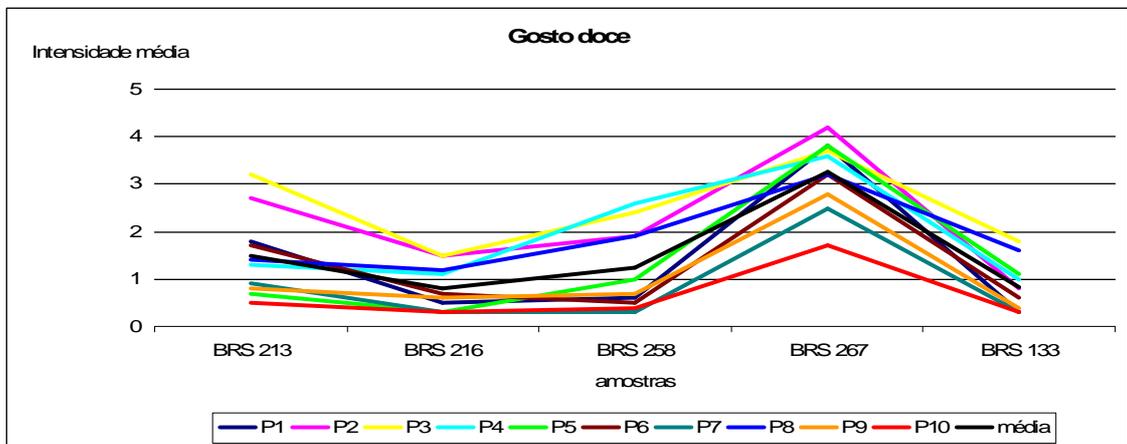
**Anexo 27** - Gráfico da Intensidade do atributo sabor de feijão cozido x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador



**Anexo 28** - Gráfico da Intensidade do atributo sabor de ranço x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador



**Anexo 29** - Gráfico da Intensidade do atributo gosto doce x amostras de grãos de soja cozidos para cada provador





# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)