

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Pró Reitoria de Pesquisa e de Pós-Graduação
Programa de Pós Graduação *Stricto sensu*
Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Alessandra Teixeira Barbosa Pinto

CARACTERIZAÇÃO DE VARIEDADES DE MILHO CRIOULO
CULTIVADAS NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS PARA UTILIZAÇÃO
AGROINDUSTRIAL

PONTA GROSSA
2009

ALESSANDRA TEIXEIRA BARBOSA PINTO

CARACTERIZAÇÃO DE VARIEDADES DE MILHO CRIOULO
CULTIVADAS NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS PARA UTILIZAÇÃO
AGROINDUSTRIAL

Dissertação apresentada como um dos
requisitos à obtenção do título de Mestre
em Ciência e tecnologia de Alimentos da
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate

PONTA GROSSA
2009

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

P659c Pinto, Alessandra Teixeira Barbosa
Caracterização de variedades de milho crioulo cultivadas na região dos Campos Gerais para utilização agroindustrial. / Alessandra Teixeira Barbosa Pinto. Ponta Grossa, 2009.
104 f.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate

1. Milho crioulo 2. Composição química 3. Amido.
4. Propriedades físicas. 5. Viscoamilógrafo. I. Demiate, Ivo Mottin II. T

CDD: 633.15

ALESSANDRA TEIXEIRA BARBOSA PINTO

“CARACTERIZAÇÃO DE VARIEDADES DE MILHO CRIOULO CULTIVADAS
NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS PARA UTILIZAÇÃO
AGROINDUSTRIAL”

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte Banca
Examinadora:

Ponta Grossa, 03 de abril de 2009.

Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate
UEPG/PR

Prof. Dr. Alessandro Nogueira
UEPG/PR

Prof^a. Dr^a. Marney Pascoali Cereda
UCDB/MS

PONTA GROSSA
2009

Aos meus pais Xando e Eliana
Meus quatro irmãos Cristiano, Luciano, Daniel e Alexandre
Ao Henrique
E ao meu amado filho Mateus

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus amados pais Eliana e Xando, pela eterna dedicação e pelo amor incondicional.

Aos meus quatro irmãos queridos Cristiano, Luciano, Daniel e Alexandre que mesmo de longe estão presentes na minha vida.

Ao Henrique pela amizade e amor.

Ao meu filho Mateus, nascido durante esse período, por ter me proporcionado momentos de tanta alegria e um inexplicável sentimento de amor!

Às cunhadas e aos cunhados, especialmente o Ricardo que “orientou” em alguns momentos.

Ao meu orientador Ivo pela orientação, confiança, respeito e compreensão.

À Danianni e Denise pelo conhecimento e grande ajuda no laboratório.

Às acadêmicas do curso de Engenharia de Alimentos que me auxiliaram nas análises, especialmente à Joyce que foi meu “braço direito”.

À Lucia pela ajuda nas análises de amido.

À Grantec do Brasil por realizar análise de cor das amostras e minha querida amiga Fernanda por ter auxiliado na comunicação.

Aos colegas da turma, especialmente as que se tornaram minhas grandes amigas Samantha e Edenes.

À professora Marney e o professor Alessandro por aceitar fazer parte da banca.

A Capes pelo apoio financeiro durante o período do Mestrado

Aos professores do programa pela dedicação nas aulas e nos trabalhos.

À Deus por permitir que eu encerrasse mais essa etapa na minha vida!

RESUMO

O milho é uma das principais culturas agrícolas do Brasil em termos de volume produzido e destino da produção. Tem grande importância comercial na alimentação animal e humana. A cada ano os produtores buscam maiores produtividades tendo como principal aliado o melhoramento genético. Diante deste aspecto, o resgate de variedades crioulas apresenta grande importância uma vez que possuem alta variabilidade genética além de ótima adaptação às condições ambientais de onde procedem. Este trabalho teve como objetivo caracterizar vinte variedades de milho crioulo cultivados na região dos Campos Gerais (PR) em relação à composição química (umidade, cinza, proteína, lipídio, fibra alimentar e amido) e propriedades físicas (peso de 1000 grãos, densidade real, índice de flotação, granulometria e cor). Além disso, o amido foi extraído e em seguida, caracterizado quanto ao teor de proteína, amilose aparente, amilose total, amilopectina, amilose complexada com lipídios e perfil viscoamilográfico. A análise de variância identificou diferença significativa entre as variedades estudadas para os teores de proteína, extrato etéreo, fibra alimentar, amido, peso de 1000 grãos, índice de flotação, cor e granulometria após moagem (partículas grossas e intermediárias). Entre as análises realizadas nos amidos extraídos, os teores de amilose total, amilopectina, pico de viscosidade, viscosidade final, viscosidade da pasta quente, temperatura de gelatinização, quebra e retrogradação também diferiram significativamente entre as variedades. Alguns fatores influenciaram o perfil viscoamilográfico como o índice de flotação, densidade real e amilose complexada com lipídios. Os resultados mostraram que as propriedades físicas dos grãos de milho como índice de flotação, densidade real e distribuição do tamanho das partículas são parâmetros importantes para a classificação da dureza do endosperma que foram correlacionados com as características físico-químicas.

Palavras chaves: milho crioulo, composição química, amido, propriedades físicas, viscoamilógrafo.

ABSTRACT

The corn crop is one of the most important of Brazil in relation to the amount produced yearly and its destination. It has great commercial importance in animal nutrition and also in the food industry. Every year farmers search for higher agricultural yields, having as main partner the breeding programs. Regarding this aspect, the rescuing of corn landraces is of fundamental importance, as they show great genetic variability, as well as present very good adaptation to the environmental conditions from where they come from. Therefore, this work has the objective of characterizing twenty corn landraces planted in the *Campes Gerais* region (Paraná State) in relation to its chemical composition (moisture, ash, protein, lipid, dietary fiber and starch) and physical properties (1000 kernels weight, real density, flotation index, granulometry after milling and color). Besides that, also the lab scale processing of the kernels from the varieties was done for producing starch; starch purity was evaluated by measuring its protein contamination. Apparent amylose, total amylose, amylopectin, amylose-lipid complex were also evaluated. Analysis of variance identified significant differences between the varieties studied in relation to the levels of protein, lipid, dietary fiber, starch, 1000 kernels weight, flotation index, color and granulometry after milling (coarse and intermediate size particles). The tests performed in starch, the total amylose and amylopectin contents, peak viscosity, final viscosity, hot pasta viscosity, breakdown, pasting onset temperature and setback also differed significantly among varieties. Some factors influenced the viscoamulography profile as the flotation index, real density and amylose complexed with lipids. The results showed the physical properties of corn grains like flotation index, real density and particle size distribution are important parameters for classifying endosperm hardness that was correlated with physicochemical characteristics.

Keywords: corn landraces, chemical composition, starch, physical properties, Rapid Viscoanalyzer.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CONSUMO DE MILHO POR SEGMENTO NO BRASIL ENTRE AS SAFRAS 2001/2006	18
TABELA 2 – ÁREA (MILHÕES DE HECTARES), PRODUTIVIDADE (TONELADAS/HECTARE) E PRODUÇÃO (MILHÕES DE TONELADAS), NA SAFRA 2007/2008.....	19
TABELA 3 – COMPARATIVO DE ÁREA PLANTADA E PRODUÇÃO ENTRE OS PRINCIPAIS ESTADOS PRODUTORES BRASILEIROS.....	20
TABELA 4 – PERCENTAGEM DO CONSTITUINTE TOTAL INDICADO NAS ESTRUTURAS FÍSICAS ESPECÍFICAS DO GRÃO DE MILHO.....	21
TABELA 5 – COMPARAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DOS GRÃOS DE MILHO HÍBRIDOS E VARIEDADES CRIOULAS.	22
TABELA 6 – IDENTIFICAÇÃO, NOME COMUM, LOCAL DE ORIGEM, CIDADE E ESTADO DAS POPULAÇÕES CRIOULAS DE MILHO.....	34
TABELA 7 – ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE FLOTAÇÃO.....	38
TABELA 8 – CLASSIFICAÇÃO DO ENDOSPERMA DAS VARIEDADES CRIOULAS QUANTO AO ÍNDICE DE FLOTAÇÃO (SALINAS; BUSTOS; GOMEZ, 1992).....	50
TABELA 9 – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS QUÍMICOS, FÍSICOS E DO AMIDO EXTRAÍDO DAS 20 VARIEDADES DE MILHO CRIOULO CULTIVADOS NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS.....	82

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – A ESQUERDA: (<i>ZEa MAYS</i> SUBSP. <i>MEXICANA</i>), À DIREITA: O MILHO E NO CENTRO: HÍBRIDOS F1 DO CRUZAMENTO ENTRE AMBOS	24
FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS MOLÉCULAS DE AMIOSE E AMILOPECTINA	26
FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA CONFORMAÇÃO EM HÉLICE DA AMIOSE	27
FIGURA 4 – FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DE MILHO VIA MOAGEM ÚMIDA	29
FIGURA 5 – PRODUTOS DERIVADOS DO MILHO ATRAVÉS DO PROCESSO DA MOAGEM ÚMIDA	31
FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ENSAIO EXPERIMENTAL REALIZADO EM UM DELINEAMENTO DE BLOCOS AO ACASO, COM QUATRO REPETIÇÕES (QUATRO BLOCOS) PARA CADA VARIEDADE.	35
FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSAMENTO DO MILHO PARA A EXTRAÇÃO DE AMIDO.....	43
FIGURA 8 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AO PESO DE 1000 GRÃOS.	48
FIGURA 9 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AO ÍNDICE DE FLOTAÇÃO.	50
FIGURA 10 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO À DENSIDADE REAL	51
FIGURA 11 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO À GRANULOMETRIA DAS PARTÍCULAS GROSSAS.	52
FIGURA 12 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO À GRANULOMETRIA DAS PARTÍCULAS INTERMEDIÁRIAS.....	53
FIGURA 13 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO À GRANULOMETRIA DAS PARTÍCULAS FINAS.	54
FIGURA 14 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO À COR.....	55
FIGURA 15 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS CONTEÚDOS DE UMIDADE.....	56
FIGURA 16 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS CONTEÚDOS DE CINZAS.	57
FIGURA 17 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS CONTEÚDOS DE PROTEÍNA.	59
FIGURA 18 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS CONTEÚDOS DE EXTRATO ETÉREO.....	60
FIGURA 19 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS CONTEÚDOS DE FIBRA ALIMENTAR.	62
FIGURA 20 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS CONTEÚDOS DE AMIDO.	63

FIGURA 21 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO ÀS PORCENTAGENS DE PERICARPO.	64
FIGURA 22 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO ÀS PORCENTAGENS DE GÉRMEN.	65
FIGURA 23 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO ÀS PORCENTAGENS DE ENDOSPERMA.	66
FIGURA 24 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS RENDIMENTOS DE EXTRAÇÃO DE AMIDO.	67
FIGURA 25 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS CONTEÚDOS DE PROTEÍNA NO AMIDO.	68
FIGURA 26 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS CONTEÚDOS DE AMILOSE APARENTE.	69
FIGURA 27 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO AOS CONTEÚDOS DE AMILOSE TOTAL.	70
FIGURA 28 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO À TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO.	71
FIGURA 29 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO À VISCOSIDADE DE PICO.	72
FIGURA 30 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO À VISCOSIDADE DA PASTA QUENTE.	73
FIGURA 31 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS DE MILHO CRIOULO (N=20) EM RELAÇÃO À VISCOSIDADE FINAL.	74
FIGURA 32 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE NUTRICIONAL Nº61 (P/P, BASE ÚMIDA).	76
FIGURA 33 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO GRANDE Nº52 (P/P, BASE ÚMIDA).	76
FIGURA 34 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO PALHA ROXA Nº72 (P/P, BASE ÚMIDA).	76
FIGURA 35 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO PAIOL Nº49 (P/P, BASE ÚMIDA).	76
FIGURA 36 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO BRANCO Nº57 (P/P, BASE ÚMIDA).	76
FIGURA 37 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE ASTECA Nº60 (P/P, BASE ÚMIDA)	76
FIGURA 38 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE CAIANO Nº 63 (P/P, BASE ÚMIDA)	77
FIGURA 39 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE ROXO ÍNDIO I Nº 60 (P/P, BASE ÚMIDA).	77
FIGURA 40 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO BRANCO PARA PALHA Nº 69 (P/P, BASE ÚMIDA)	77

FIGURA 41 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO PÉROLA Nº 65 (P/P, BASE ÚMIDA).....	77
FIGURA 42 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE CARIOCA Nº 68 (P/P, BASE ÚMIDA)	77
FIGURA 43 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO ASTEQUINHA SABUGO FINO Nº 70 (P/P, BASE ÚMIDA)	77
FIGURA 44 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO VINTEN Nº 56 (P/P, BASE ÚMIDA).....	78
FIGURA 45 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO PALHA ROXA Nº 64 (P/P, BASE ÚMIDA).....	78
FIGURA 46– PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO ENCANTILADO Nº 59 (P/P, BASE ÚMIDA).....	78
FIGURA 47– PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO BRANCO Nº 62 (P/P, BASE ÚMIDA).....	78
FIGURA 48 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE MILHO AMARELO ANTIGO Nº 71 (P/P, BASE ÚMIDA).....	78
FIGURA 49 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE CRIOULO OITO CARREIRAS Nº 41 (P/P, BASE ÚMIDA)	78
FIGURA 50 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE CRIOULO PURURUCA Nº 38 (P/P, BASE ÚMIDA).....	79
FIGURA 51 – PERFIL DA PASTA DO AMIDO OBTIDO DA VARIEDADE CAIANO RAJADO Nº 16 (P/P, BASE ÚMIDA).....	79
FIGURA 52 – GRUPOS DAS VARIEDADES CRIOULAS DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS DE MILHO CRIOULO, BEM COMO O TEOR DE AMIOSE E O PERFIL VISCOAMILOGRÁFICO DOS AMIDOS EXTRAÍDOS.	89
FIGURA 53 – GRUPOS DAS VARIÁVEIS ANALISADAS RELACIONADAS AOS COMPONENTES MORFOLÓGICOS DOS GRÃOS.	92
FIGURA 54 – GRUPOS DAS VARIEDADES CRIOULAS DE ACORDO COM AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E AS FRAÇÕES MORFOLÓGICAS DOS GRÃOS	93

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CO ₂	Gás carbônico
SO ₂	Dióxido de enxofre
Cfb	Classificação climática de Köppen que significa regiões com clima temperado úmido com verão temperado.
mm	milímetros ($1 \times 10^{-3} \text{m}$)
g	grama
kg	quilograma ($1 \times 10^3 \text{g}$)
ha	hectare
NPK	sódio, fósforo e potássio
PET	Politereftalato de etileno
Na ₂ SO ₄	Sulfato de sódio
Cu ₂ SO ₄	Sulfato de cobre
nm	nanômetro ($1 \times 10^{-9} \text{m}$)
mL	mililitros ($1 \times 10^{-3} \text{L}$)
dm	decímetro ($1 \times 10^{-1} \text{m}$)
µm	micrometro ($1 \times 10^{-6} \text{m}$)
NaOH	Hidróxido de sódio
325 mesh	Abertura 44 µm
HCl	Ácido clorídrico
ISO	International Organization for Standardization
UV	Ultravioleta
STD	Standart
RVA	Rapid Viscometric Analyser
ANOVA	Análise de variância
ASSISTAT	Assistência Estatística
cP	Centipoise

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 Mercado do milho.....	18
2.2 Anatomia e Composição Química do Milho	21
2.3 Sementes híbridas de milho.....	23
2.4 Amido de milho	25
2.5 Extração de amido – Via moagem úmida	28
3 OBJETIVOS.....	33
3.1 Objetivo Geral.....	33
3.2 Objetivos Específicos.....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1 Grãos de milhos crioulos	34
4.2 Preparo das amostras.....	36
4.3 Caracteres Avaliados – Grãos de milho crioulo	37
4.3.1 Análises Físicas	37
4.3.1.1 Determinação de Peso de 1000 grãos.....	37
4.3.1.2 Determinação de Densidade Real.....	37
4.3.1.3 Determinação do Índice de Flotação.....	38
4.3.1.4 Determinação da granulometria dos grãos moídos em moinho de rotor	38
4.3.1.5 Determinação de Cor	39
4.3.2 Análises Químicas	39
4.3.2.1 Determinação da porcentagem de umidade	39
4.3.2.2 Determinação da porcentagem de cinzas.....	40
4.3.2.3 Determinação de extrato etéreo.....	41
4.3.2.4 Determinação de amido via enzimática	41
4.3.2.5 Determinação de fibra alimentar	41
4.4 Processamento do milho para a extração de amido	43
4.5 Parâmetros analisados do amido.....	45
4.5.1 Determinação de proteína no amido	45
4.5.2 Determinação amilose aparente	45
4.5.3 Determinação de amilose total	46
4.5.4 Determinação de viscosidade aparente	46
4.6 Análise estatística dos dados.....	47

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1 Propriedades Físicas	48
5.1.1 Peso de 1000 grãos.....	48
5.1.2 Índice de Flotação.....	49
5.1.3 Densidade Real	51
5.1.4 Granulometria	52
5.1.5 Cor	55
5.2 Análises Químicas	56
5.2.1 Teor de Umidade	56
5.2.2 Teor de Cinzas.....	57
5.2.3 Teor de Proteína	58
5.2.4 Teor de Extrato Etéreo.....	59
5.2.5 Teor de Fibra Alimentar	60
5.2.6 Teor de amido via enzimática	62
5.3 Processamento do milho para a extração de amido	64
5.4 Parâmetros analisados do amido extraído.....	67
5.4.1 Teor de proteína no amido.....	67
5.4.2 Teor de amilose aparente	68
5.4.3 Teor de amilose total	69
5.4.4 Teor de amilopectina	70
5.4.5 Teor de amilose complexada com lipídios.....	71
5.4.6 Viscosidade aparente	71
5.5 Matriz de Correlação	80
5.6 Análise dos componentes principais (PCA).....	88
6 CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS.....	96

1 Introdução

O milho (*Zea mays*, L.) é um dos principais cereais cultivados no mundo todo (FERRARINI, 2004). A cultura do milho consiste em uma das mais importantes para o Brasil em termos de volume produzido e destino da produção. Na safra 2007/2008, o Brasil apresentou a terceira maior produção do mundo, superada apenas pela americana e chinesa (DIAS, 2007). A produtividade média brasileira foi calculada como 3,73 toneladas/hectare enquanto que os Estados Unidos apresentaram 9,48 toneladas/hectare (FAO, 2009). Apesar da diferença significativa, alguns fatores têm contribuído para melhorar a produtividade de milho no Brasil tais como a adaptação de cultivares em variadas situações de clima e solo, o melhoramento genético, as melhorias de propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos cultivados e a adoção de práticas culturais (BOBATO, 2006).

A cultura do milho apresenta duas safras por ano no Brasil, sendo a primeira chamada de safra de verão e a outra denominada segunda safra ou safrinha (BOBATO, 2006). A importância econômica desse cereal se caracteriza pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia (CRUZ et al., 2006). Na alimentação humana o milho pode ser consumido *in natura*, como milho-verde ou na forma de produtos derivados dos grãos secos como a farinha, pão, massas, canjica, fubá, canjiquinha e muitos outros (BOBATO, 2006). Apesar de não ter uma participação significativa no uso de milho em grão, a alimentação humana, com derivados de milho, constitui fator importante de consumo desse cereal em regiões com baixa renda. Por exemplo, no Nordeste do Brasil o milho é fonte de energia para muitas pessoas que vivem no semi-árido (DUARTE, 2007).

A adaptação única das variedades crioulas às condições ambientais de onde procedem possibilita sistemas de cultivos sustentáveis, menos exigentes em insumos e ajustados à preservação dos recursos naturais (ARAUJO; NASS, 2002). Além disso, é muito importante destacar que essas populações apresentam alta variabilidade genética. A seleção das variedades crioulas para determinados caracteres desejados pode resultar em novos cultivares (ZEVEN, 1996). Dessa forma, o conhecimento da diversidade do germoplasma entre essas populações e seus cruzamentos permite um impacto significativo no melhoamento das plantas (LUCCHIN; BARCACCIA; PARRINI, 2003b).

Os aspectos apresentados mostram a importância do resgate das sementes de milhos crioulos, para o conhecimento da variabilidade em termos de composição química e outras características de interesse econômico, para a utilização comercial dos grãos no processamento agroindustrial, assim como para o emprego em programas de melhoramento.

2 Revisão da Literatura

2.1 Mercado do milho

O milho, em função de sua composição química e valor nutritivo, se destaca como um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos em todo o mundo, seja na alimentação humana ou animal (FONTES et al., 1999). Trata-se de uma planta com grande capacidade produtiva, de alta resistência orgânica e utilização bastante diversificada sob forma *in natura* e industrializada (BNDES, 1996). No consumo humano, o milho faz parte da dieta da população de todas as classes sócio-econômicas em vários países, além ainda de ser utilizado em rações para aves (OLIVEIRA; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). No Brasil, a utilização de milho na alimentação animal representa a maior parte do consumo, especialmente na avicultura, onde são consumidas mais de 20 mil toneladas/ano. A Tabela 1 ilustra as principais utilizações no consumo do milho no Brasil.

TABELA 1 – Consumo de milho por segmento no Brasil entre as safras 2001/2006

SEGMENTO	CONSUMO (Mil toneladas/ano)						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006*	2007**
Avicultura	13.479	14.500	15.427	16.162	19.309	20.022	20.515
Suinocultura	8.587	8.930	8.471	8.852	11.236	11.097	12.022
Pecuária	2.772	2.841	1.911	2.198	2.520	2.479	2.374
Outros Animais	1.528	1.543	1.550	1.581	615	660	673
Consumo Industrial	4.050	4.090	4.152	4.256	4.044	4.159	4.369
Consumo Humano	1.505	1.514	1.530	1.568	690	700	705
Perdas/Sementes	998	913	1.660	1.429	296	310	349
Exportação	2.550	1.583	3.988	5.000	869	4.327	5.000
Outros	3.622	3.550	4.809	4.132	-	-	-
Total	39.091	39.464	43.498	45.178	39.579	43.754	46.007

Fonte: ABIMILHO – Associação Brasileira das Indústrias do Milho (2007). Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/ocereal.htm>. Acesso em: 15.06.07.

*Projeções: Setembro/2006

** Estimativa 2006

Segundo Guimarães (2001) a cultura do milho apresenta três importantes características. É a única lavoura cultivada em todo o país na maioria das propriedades rurais. Destaca-se o consumo de milho como forma de ração para criação de animais que existe em praticamente todas as propriedades rurais. A produção nacional de milho é dividida em duas realidades: em pequenas propriedades onde o nível tecnológico aplicado é baixo, ocorre a utilização de sementes aproveitáveis de um ano para o outro, sem adubação e em geral é feito consorciado com outra cultura. Além de produções com níveis tecnológicos avançados que vem aumentando juntamente com o uso de híbridos melhorados e de grande produtividade. Sua importância da cultura do milho como base sustentável para a criação de animais, especialmente na avicultura, onde o cereal é muito utilizado nas rações.

Na Tabela 2 são relatados dados de área cultivada, produtividade e produção de milho no mundo.

TABELA 2 – Área (milhões de hectares), produtividade (toneladas/hectare) e produção (milhões de toneladas), na safra 2007/2008

Países	Área (milhões ha)	Produtividade (t/ha)	Produção (milhões t)
EUA	35,0	9,5	332,1
China	28,1	5,4	151,9
Brasil	13,8	3,7	51,6
México	7,8	2,9	22,5
Argentina	2,8	7,7	21,8
TOTAL (Mundo)	146,7	4,9	784,8

Fonte: FAO – Food and Agricultural Organization (2009). Disponível em: www.fao.org. Acesso em: 10.02.09.

No Brasil, a cultura do milho ocupou, na safra 2007/2008 uma área em torno de 13,8 milhões de hectares, resultando uma produção de 51,6 milhões de toneladas de grãos, permitindo que o país esteja em terceiro lugar no *ranking* dos maiores produtores mundiais de milho.

Situado em uma área subtropical de transição e com uma grande diversidade edafo-climática, o Estado do Paraná é o principal produtor de milho do país, apresentando na safra 2007/2008 uma produção superior a 15 milhões de toneladas (CONAB, 2009). Na Tabela 3 podem ser observados dados de produção dos principais estados produtores.

TABELA 3 – Comparativo de área plantada e produção entre os principais estados produtores brasileiros.

UF	Área (milhões de hectares)		Produção (milhões de toneladas)	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
PR	2,99	3,00	15,40	12,70
MG	1,34	1,30	6,63	6,45
RS	1,39	1,39	5,32	5,21
MT	1,84	1,78	7,81	6,80
SP	0,97	0,92	4,67	4,12
BA	0,83	0,86	1,97	1,96
GO	0,90	0,82	5,03	4,40
SC	0,72	0,69	4,09	3,67
MS	0,99	0,98	3,52	3,31
Demais	2,81	2,69	4,25	3,63
TOTAL	14,78	14,34	58,66	52,28

Fonte: CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2009). Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/IA-dez08jan09.pdf> . Acesso em: 31.01.09

2.2 Anatomia e Composição Química do Milho

As principais estruturas dos grãos de milho são: o endosperma, o pericarpo, o gérmen e a ponta. Cada fração é afetada na composição química, qualidade e na organização pelo material genético e todos os fatores ambientais aos quais os grãos são expostos incluindo colheita, manuseio e armazenamento. Os nutrientes encontram-se distribuídos de forma variada entre as diferentes estruturas morfológicas do grão (Tabela 4). O pericarpo tem como principal função a proteção dos grãos aos ataques de insetos e pragas representando cerca de 5 a 6% do grão. Sua composição concentra cerca de 55 % das fibras do grão de milho.

TABELA 4 – Percentagem do constituinte total indicado nas estruturas físicas específicas do grão de milho.

Fração	%grão	Amido	Lipídios	Proteína	Minerais	Açúcares	Fibra
% Base seca							
Endosperma	82	98	15,4	74	17,9	28,9	
Gérmen	11	1,3	82,6	26	78,4	69,3	12
Pericarpo	5	0,6	1,3	2,6	2,9	1,2	54
Ponta	2	0,1	0,8	0,9	1,0	0,8	7,0

Fonte: Paes (2006). Disponível em:

http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_75.pdf. Acesso em: 05.05.09.

O peso do gérmen equivale aproximadamente 11% do peso do grão e apresenta quase a totalidade dos lipídios (cerca de 83%), vitaminas, minerais e açúcares do grão. O endosperma caracteriza-se por ser maior a fração do grão (aproximadamente 83%) e concentra 75% das proteínas e 98% do total de carboidratos, dos quais 86 a 89% é amido (PAES, 2006).

Os resultados da Tabela 5 mostram valores próximos para a composição de milhos híbridos (USDA, 2009) e de variedades crioulas (Kokuszka, 2004) em relação aos teores de proteínas (9,42 % e 9,24%, respectivamente) e lipídios (4,74 % e 4,71 %, respectivamente). O conteúdo de fibra alimentar e cinzas

são maiores nas variedades de milho crioulo do que nas amostras de milhos híbridos. Esses valores podem variar dependendo dos cultivares e condições de cultivo.

TABELA 5 – Comparação das composições físico-químicas dos grãos de milho híbridos e variedades crioulas.

Componentes	Híbridos g/100g Base seca USDA	Variedades crioulas g/100g Base seca Kokuszka (2004)
Proteínas	9,42	9,24
Lipídios totais	4,74	4,71
Carboidratos	74,26	71,67
Fibra Alimentar	7,3	13,10
Cinzas	1,20	1,45

FONTE: USDA - United States of America Department of Agriculture (2009). Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>. Acesso em: 25.03.2009.

FONTE: Kokuszka (2004, p.81)

As especificações do milho para consumo humano ou consumo animal são diversas e exigentes. O melhoramento genético aparece como uma alternativa para alcançar esses atributos de qualidade. Dessa maneira, esse processo pode ser concretizado com a utilização de variedades crioulas de bancos de germoplasmas (SEETHARAMAN et al., 2001). As populações crioulas têm potencial para contribuir com as características necessárias para as melhorias de plantas (por exemplo, resistência genética para certas doenças, pragas e *stress* abióticos), para melhorias das culturas, contribuindo assim para a segurança alimentar (FOWLER; HODGKIN, 2004, BIROL; VILLALBA; SMALE, 2007).

2.3 Sementes híbridas de milho

A rápida evolução da biotecnologia trouxe ilimitadas possibilidades ao melhoramento de plantas, pois a biotecnologia envolve o desenvolvimento de variedades e híbridos melhorados geneticamente, para potencializar o uso destas espécies vegetais (TRINDADE, 2006). Atualmente com o intuito de melhorar a produtividade e reduzir custos, são realizadas muitas pesquisas que utilizam técnicas experimentais para identificar os melhores procedimentos de cultivo (OLIVEIRA et al., 2005). A introdução comercial da biotecnologia agrícola e a adoção de culturas agrícolas derivadas da biotecnologia vêm mudando a face da agricultura no mundo todo (PENN, 2003). A biotecnologia proporciona vantagens consideráveis em relação às tecnologias tradicionais de reprodução pelo fato de ser capaz de reduzir o risco de características prejudiciais que são inerentes às plantas. Atualmente muitos alimentos são obtidos de variedades vegetais desenvolvidas por meio de cruzamentos entre linhagens (CRAWFORD; PENN, 2003). Penn (2003) relata que quando as variedades são cruzadas para produzir uma planta híbrida, milhões de genes são combinados no processo. Os cientistas precisam selecionar e cruzar as plantas continuamente, para obter indivíduos com o maior número de características desejadas e o menor número de características indesejadas. A Figura 1 mostra o cruzamento de duas linhagens e como resultado surge uma nova planta com características próprias.

Uma das ferramentas mais efetivas para melhores produtividades é o uso do cruzamento de variedades de milho (EICHER; STAATZ, 1998). Esse processo quando concluído pode definir características específicas à nova planta, que são provenientes tanto de uma quanto da outra linhagem. Porém, nesse processo podem surgir características indesejáveis além das desejáveis. Esse fato

pode ser com o tempo reduzido ou até mesmo eliminado com novas reproduções. Dessa forma os produtores podem selecionar as plantas que têm as características desejáveis e reproduzi-las novamente (CRAWFORD; PENN, 2003).



FIGURA 1 – A esquerda: (*Zea mays* subsp. *mexicana*), À direita: o milho e no Centro: Híbridos F1 do cruzamento entre ambos

Fonte: Doebley, J. (2005). Disponível em: <http://teosinte.wisc.edu/images.html>. Acesso em: 15.07.07

Em função da variedade de programas de melhoramento no Brasil, a cada ano são colocadas à disposição dos agricultores, dezenas de cultivares diferentes de milho. O Brasil apresenta uma alta diversidade agro-climática em toda sua extensão e, dessa maneira, podem ocorrer variações muito grandes de locais de plantação, épocas de semeadura, níveis de adubação, das questões sociais, técnicas e econômicas (SCHMILDT; KRAUSE; CRUZ, 2006). Para tanto, é de fundamental importância que os melhoristas de plantas escolham cuidadosamente as populações que serão selecionadas.

Nesse processo de melhoramento genético o milho crioulo ou “*landraces*” aparece como uma alternativa válida para, conforme Miranda et al. (2007), identificar as exigências dos agricultores e explorar a variabilidade desses materiais. Essas sementes podem ser definidas como variedades cultivadas, diversas em sua composição genética, distintas geograficamente, porém adaptadas à condição local. Alguns termos têm sido associados com o conceito de *landrace*, como por exemplo: etnovariedades, raças locais, populações crioulas, *folk variety*, *primitive variety* e *traditional variety*. Essas nomenclaturas têm sido utilizadas como sinônimos para o termo *landrace*, porém não há um consenso sobre o uso desses termos na literatura ou em discussões entre especialistas. O fato é que essas variedades continuam ser fontes para o melhoramento genético e ainda são amplamente cultivadas em sistemas agrícolas tradicionais (VILLA et al., 2006). A ótima adaptação dessas variedades às condições de onde procedem, permite sistemas de cultivo menos exigentes em insumos e de acordo com a preservação do ambiente (OGLIARI et al., 2007).

2.4 Amido de milho

O amido constitui o principal polissacarídeo de reserva presente nos vegetais superiores. Esse polímero se caracteriza por apresentar moléculas de α -D-glucose ligadas através de ligações glicosídicas, que podem ser lineares ou ramificadas. O amido encontra-se em forma de grânulos, parcialmente cristalinos, os quais suas características morfológicas, composição química e estrutura molecular dependem de cada espécie em particular. Sua funcionalidade se deve aos dois principais componentes, amilose e amilopectina, bem como da organização física

desses componentes na estrutura granular (PAREDES-LOPEZ, BELLO-PEREZ, LOPEZ, 1994).

A amilose e amilopectina (Figura 2) representam aproximadamente 98-99% do peso seco dos grânulos de amido. As porcentagens dos dois polissacarídeos variam de acordo com a origem botânica desses amidos, os cultivares ou em diferentes condições de cultivos.

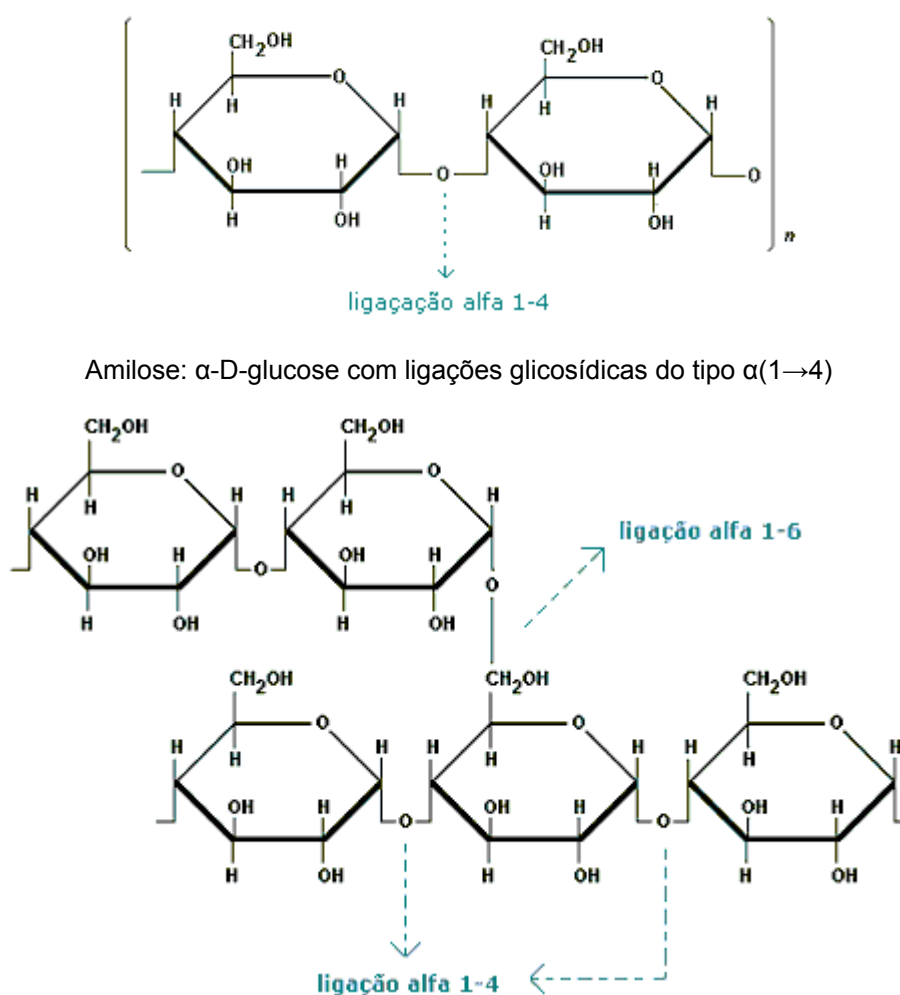


FIGURA 2 – Representação esquemática das moléculas de amilose e amilopectina

Fonte: UNESP – Universidade Estadual Paulista (2009). Disponível em:

http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_ch/teste_amido.htm. Acesso em: 20.03.2009

Amilose apresenta-se como um polímero linear, contendo ligações $\alpha(1\rightarrow4)$ e diferindo no tamanho e estrutura dependendo da origem botânica. Representa cerca de 25 a 30 % do amido com variações desse valor dependendo do germoplasma. Devido sua configuração a amilose tem a tendência em apresentar estruturas helicoidais estabilizadas por pontes de hidrogênio entre grupamentos hidroxila (Figura 3).

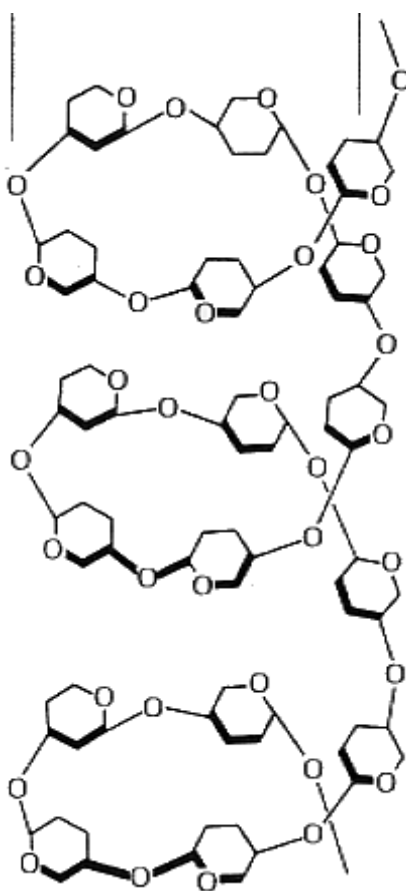


FIGURA 3 – Representação esquemática da conformação em hélice da amilose

Fonte: Didier Pol (2006). Disponível em <http://www.didier-pol.net/2amidon.htm>. Acesso em 20.03.2009.

Diferente da amilose, a amilopectina se caracteriza por ser uma molécula altamente ramificada constituída por unidades de D-glucose, unidas por ligações glicosídicas do tipo $\alpha(1\rightarrow6)$ além das ligações $\alpha(1\rightarrow4)$. Constitui cerca de 70-75% do grânulo de amido dependendo da sua origem botânica (BULEON et al.,

1998). Os grânulos de amido apresentam birrefringência quando observados em microscópio óptico sob luz polarizada, o que indica certo grau de organização molecular.

No milho três tipos de amidos nativos podem ser produzidos: normal, ceroso e com alto teor de amilose. O amido de milho nativo é composto de grânulos esféricos entre 5 e 30µm de diâmetro apresentando birrefringência sob luz polarizada. Os grânulos de amido contêm regiões cristalinas e amorfas. O amido de milho normal é composto de aproximadamente 26%-28% de amilose aparente e 74 a 72% de amilopectina; o ceroso 99% de amilopectina e 1% de amilose; e o alto teor de amilose, entre 50% a 80%, com 50% a 20% de amilopectina. (KULP; PONTE, 2000). Sob aquecimento em suspensões aquosas, os grânulos incham até temperaturas nas quais ocorre rompimento estrutural com a destruição da ordem molecular e perda da birrefringência. Nesse processo a amilose é liberada do grânulo e ocorrem mudanças irreversíveis nas suas propriedades. A viscosidade aumenta com o processo da gelatinização e podendo ser medida usando o viscoamilógrafo.

2.5 Extração de amido – Via moagem úmida

O processo de refinamento da moagem úmida é uma operação muito utilizada na indústria dos produtos derivados de milho (LOPES FILHO, 1997) (Figura 4).

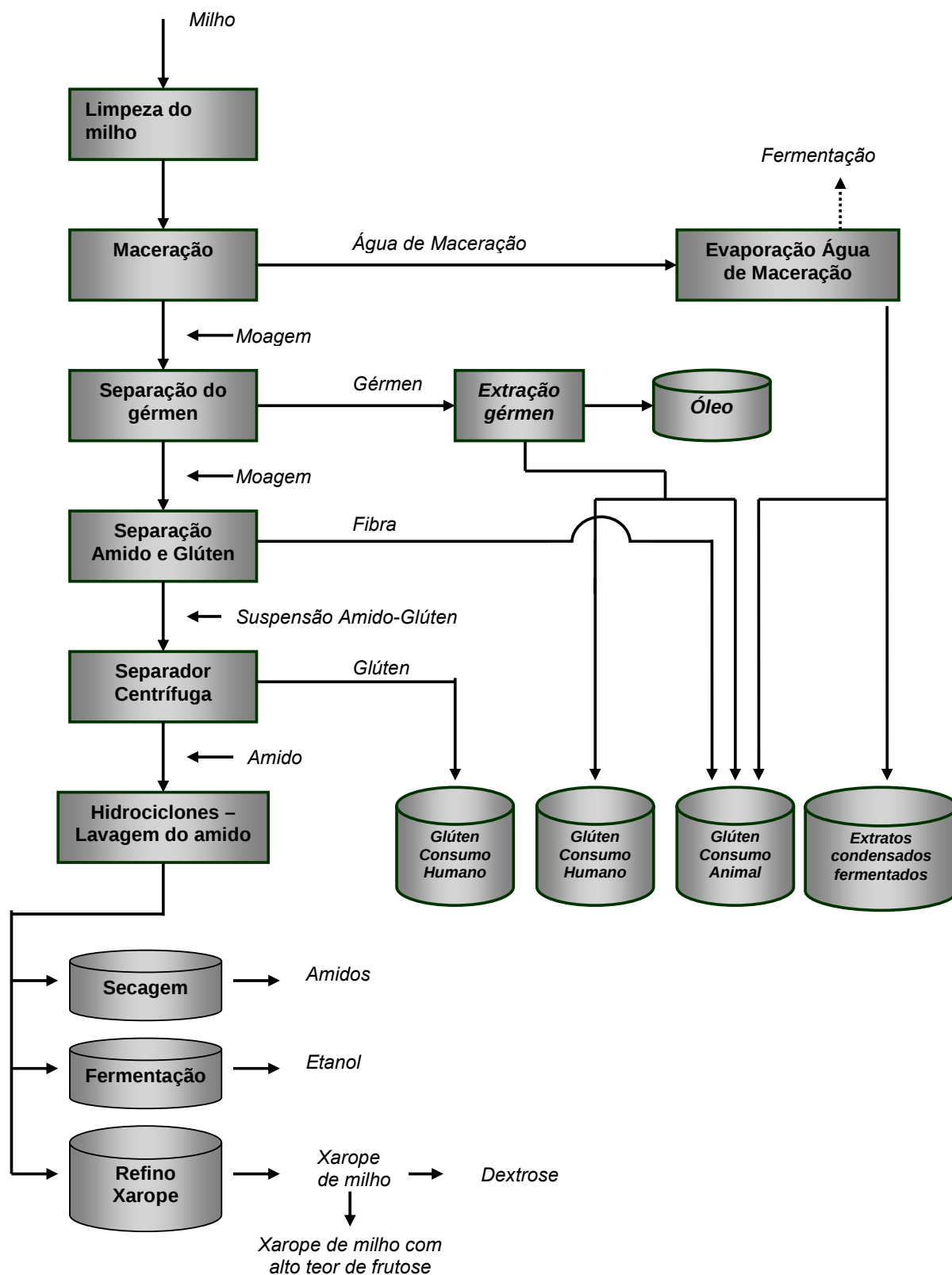


FIGURA 4 – Fluxograma do Processamento de milho via moagem úmida

Fonte: Disponível em: http://www.engormix.com/images/e_articles/distillers03.gif. Acesso em: 15.08.08.

O processo de moagem úmida ao contrário da moagem seca, caracteriza-se por ser o principal processo de produção de amido. Ele envolve operações químicas, bioquímicas e mecânicas para separar as frações do milho. A primeira e mais importante etapa do processo é a maceração em solução de SO_2 (LOPES-FILHO, 1997). Essa solução rompe a matriz de proteínas que circunda os grânulos de amido pela quebra das ligações inter e intramoleculares das pontes dissulfeto facilitando a separação do amido e da proteína. Depois da maceração o gérmen é separado por um sistema de hidrociclones, prensado e seco. Destina-se esse produto principalmente para extração de óleo. Seguida da moagem a separação do glúten e do amido é realizada por centrifugação e subseqüentes lavagens.

Esse processo converte o milho em uma gama de subprodutos (Figura 5) incluindo amido e produtos como, por exemplo, xarope de milho com alto teor de frutose, etanol, óleo de milho, glúten para consumo humano e para consumo animal (ARORA et al., 2008).

A grande importância da moagem úmida tem aumentado o interesse em relação a qualidade dos grãos e seu uso final (FOX et al., 1992). Para isso, trabalhos (FOX et al., 1992; ECKHOFF; SINGH, 1996; DOWD, 2003; ARORA et al., 2008) tem sido realizados em escala de laboratório/planta piloto para avaliar a eficiência e rendimento da moagem bem como a qualidade apresentada pelos produtos obtidos. Além disso, esses procedimentos foram desenvolvidos para estudar o processo industrial e recuperar produtos similares aos produzidos na indústria. Devido a grande escala dos processos industriais, pequenas diferenças no rendimento ou composição podem ter um impacto significativo na rentabilidade da moagem (DOWD, 2003).

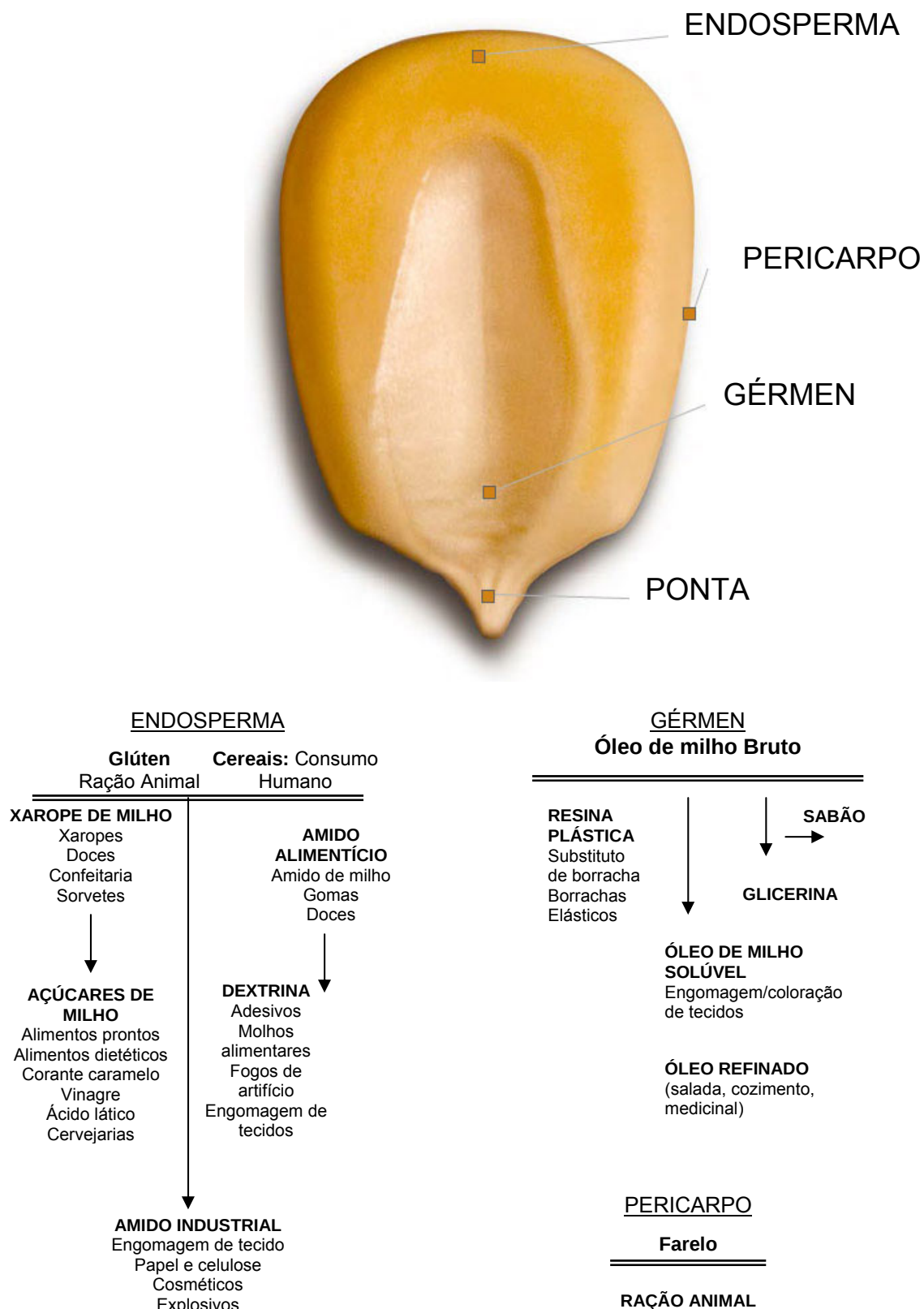


FIGURA 5 – Produtos derivados do milho através do processo da moagem úmida
 Fonte: EPA – United States Environmental Protection Agency (2008). Disponível em:
<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch09/final/c9s09-7.pdf>. Acesso em 10.10.08

Fox et al. (1992) realizaram um trabalho avaliando a correlação existente entre as composições dos grãos e suas propriedades físicas no rendimento e composição dos produtos obtidos na moagem úmida em laboratório. Os autores relatam ter obtido um rendimento médio de amido de 58%, sendo que o teor médio de proteína encontrado nesse produto foi de 1,14%. Diante dos resultados, concluíram que a variação no rendimento do amido foi atribuída aos métodos de moagem e às propriedades dos grãos.

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Caracterizar vinte variedades de milhos crioulos cultivados na região dos Campos Gerais do Paraná e avaliar a aptidão para obtenção de amido.

3.2 Objetivos Específicos

Caracterizar os grãos de vinte variedades de milhos crioulos em relação à composição físico-química e a algumas propriedades físicas;

Processar em laboratório os grãos para a extração de amido;

Caracterizar o amido extraído a partir das amostras de milhos crioulos em relação ao teor de amilose e ao perfil viscoamilográfico;

Estabelecer correlação entre todos os parâmetros avaliados para os grãos de milho e para os amidos extraídos.

4 Material e Métodos

4.1 Grãos de milhos crioulos

A coleta dos materiais genéticos foi feita em municípios da região Centro-Sul do Paraná, junto a Sindicatos e Associações de Produtores. Alguns materiais foram coletados no Rio Grande do Sul. Em função da limitada quantidade de grãos, vinte materiais distintos foram cultivados em um ensaio de competição de variedades na safra 2006/2007.

Os materiais genéticos foram originalmente obtidos de diferentes localidades conforme Tabela 6.

TABELA 6 – Identificação, nome comum, local de origem, cidade e estado das populações crioulas de milho

Número do ensaio	Variedade	Local origem	Cidade/Estado
1	Nutricional n° 61	Colônia Cachoeira	Rio Azul – PR
2	Milho Grande n° 52	Roça Velha	Itaiacoca – P. Grossa – PR
3	Milho Palha Roxa n° 72	Colônia Cachoeira	Rio Azul – PR
4	Milho Paiol n° 49	Colônia Barra Bonita	Prudentópolis – PR
5	Milho Branco n° 57	Rio Azul de Cima	Rio Azul – PR
6	Asteca n° 60	Colônia Cachoeira	Rio Azul – PR
7	Caiano n° 63	Rio Vinagre	Rio Azul – PR
8	Roxo Índio I n° 60	Pelotas	Pelotas – RS
9	Milho Branco para Palha n° 69	Colônia Cachoeira	Rio Azul – PR
10	Milho Pérola n° 65	Salto Braço do Potingá	Rio Azul – PR
11	Carioca n° 68	Pinhalzinho	Rio Azul – PR
12	Milho Astequinha Sabugo Fino n° 70	Marumbi dos Ribeiros	Rio Azul – PR
13	Milho Vintenv n° 56	Porto Soares	Rio Azul – PR
14	Milho Palha Roxa n° 64	Invernada	Rio Azul – PR
15	Milho Encantilado n° 59	Rio Vinagre	Rio Azul – PR
16	Milho Branco n° 62	Lajeado	Rio Azul – PR
17	Milho Amarelo Antigo n° 71	Porto Soares	Rio Azul – PR
18	Crioulo Oito Carreiras n° 41	FEPAGRO	RS
19	Crioulo Pururuca n° 38	FEPAGRO	RS
20	Caiano Rajado n° 16	Pelotas	Pelotas – RS

O ensaio agrícola foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa/PR, por pesquisadores do Curso de Agronomia. Essa região apresenta clima característico classificado como tipo Cfb, segundo Köppen, temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e sem estação seca definida. A precipitação anual é de 1.400 mm, sendo as chuvas mais freqüentes no período primavera – verão e mais escassas no outono – inverno (CAVIGLIONE et al., 2000).

O ensaio agrônômico foi feito por intermédio um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições (quatro blocos). A parcela experimental foi constituída de quatro linhas com 5,0 metros de comprimento e espaçamento 0,80 metros nas entrelinhas, conforme ilustra Figura 6.

Bloco 1	12	7	4	18	9	16	1	13	6	15
	2	14	11	5	20	3	8	10	17	19
Bloco 2	8	10	3	19	6	13	12	4	1	20
	11	2	17	9	18	14	5	15	7	16
Bloco 3	4	5	1	20	16	18	17	2	3	13
	10	14	9	15	19	8	6	12	11	7
Bloco 4	13	4	18	1	9	10	12	5	6	17
	14	20	15	8	19	3	11	16	7	2

FIGURA 6 – Representação esquemática do ensaio experimental realizado em um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições (quatro blocos) para cada variedade.

As sementes de milho foram semeadas dia 10 de novembro de 2006 em solo latossolo vermelho distrófico típico, com textura argilosa e a colheita foi realizada em data próxima ao dia 15 março de 2007. A adubação base da semeadura consta de 300 kg.ha⁻¹ da formulação 5-25-25 (NPK). A adubação de cobertura foi realizada 45 dias após a emergência com uréia 100 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. A produtividade média obtida para as vinte variedades foi 3.760 kg ha⁻¹

Os grãos produzidos nas condições experimentais já descritas foram recebidos e caracterizados neste trabalho.

4.2 Preparo das amostras

As amostras foram moídas em um moinho de rotor marca Tecnal modelo TE-633, regulando-se para o modo de moagem fina e o perfil granulométrico foi caracterizado com o emprego de agitador de peneiras marca BERTEL. A importância da caracterização do perfil granulométrico é que essa característica está relacionada com dureza do endosperma. Para trigo, Pearson et al. (2007) afirmaram que os grãos com endosperma mole tendem a apresentar maior quantidade de partículas finas depois da moagem. Assim, a moagem experimental associada ao peneiramento possibilita diferenciar grãos duros de moles.

4.3 Caracteres Avaliados – Grãos de milho crioulo

4.3.1 Análises Físicas

4.3.1.1 Determinação de Peso de 1000 grãos

A determinação do peso de 1000 grãos é uma medida indireta do tamanho dos grãos. Smanhotto et al. (2006), analisando o peso de 1000 grãos em cultivares de trigo, concluíram que grãos menores apresentam menores peso de 1000 grãos. O peso de 1000 grãos de cada amostra foi determinado pesando-se 100 grãos de milho escolhidos ao acaso em uma balança analítica, marca ADAM *Equipment*, modelo ADA 210/C, sensibilidade 0,0001 g e os resultados foram multiplicados por 10. As medidas foram feitas em duplicatas.

4.3.1.2 Determinação de Densidade Real

A densidade real foi determinada segundo Mizuma, Kiyokawa, Wakai (2008), utilizando-se um picnômetro com massa conhecida, que foi preenchido completamente com xileno e pesado. Uma massa pré-determinada de milho foi colocada no picnômetro e em seguida o xileno foi adicionado preenchendo completamente os espaços vazios entre os grãos. Todo conjunto foi pesado. O valor da densidade foi calculado por:

$$\rho_m \text{ (g.cm}^{-3}\text{)} = W_g / (W_g + W_x) - W_{gx} \times \rho_{xil}; \quad \text{Equação (2)}$$

onde:

ρ_m : densidade do milho,

W_g : massa do picnômetro e grãos,

W_x : massa do picnômetro e xileno,

W_{gx} : massa do picnômetro, grãos e xileno

ρ_{xil} : densidade do xileno.

4.3.1.3 Determinação do Índice de Flotação

O índice de flotação estima a densidade relativa dos grãos e é uma medida indireta de dureza. Cem grãos foram imersos em solução de nitrato de sódio (41 g em 100 mL de água) com densidade de $1,25 \text{ g.dm}^{-3}$ em 23°C (LOJANO-ALEJO et al., 2007). Os grãos foram levemente agitados e depois de 1 minuto contou-se o número de grãos boiando foi conta. A classificação da dureza dos grãos foi baseada na escala proposta por Salinas; Bustos e Gómez (1992), conforme Tabela 7.

TABELA 7 – Escala de classificação do índice de flotação

Grãos flutuantes (%)	Classificação dos grãos
0 – 12	Muito Duros
13 – 37	Duros
38 – 62	Intermediário
63 – 87	Moles
87 – 100	Muito Moles

4.3.1.4 Determinação da granulometria dos grãos moídos em moinho de rotor

A granulometria das amostras moídas em moinho de rotor (regulagem para moagem fina) foi verificada em peneiras com agitação de marca BERTEL. A análise foi adaptada do método descrito por Almeida-Dominguez; Suhendro e Rooney (1997). As amostras foram moídas em um moinho de rotor da marca Tecnal, modelo TE – 633 no modo fino, e em seguida secas em estufa a 105°C por um período de 24 horas a fim de eliminar toda umidade presente evitando interferência na análise. A distribuição do tamanho das partículas do material moído foi determinada colocando 50 g do material moído em um agitador de peneiras

sobrepostas em ordem crescente de abertura das malhas (850 μm , 600 μm , 250 μm , 180 μm , 125 μm e fundo). As amostras foram pesadas (50 g) e transferidas para o topo do conjunto de peneiras. O tempo de vibração foi de 5 minutos. Após este período as peneiras são repesadas, obtendo-se a fração bem como a porcentagem de amostra retida em cada peneira. As frações foram classificadas como grossas (850 μm ; 600 μm), intermediárias (250 μm ; 180 μm) e finas (125 μm e fundo).

4.3.1.5 Determinação de Cor

A cor dos grãos foi determinada usando-se um colorímetro MINOLTA CR300 padronizado pela utilização da escala CIELab (*Comission Internationale de l'Eclairage*), onde o valor de L^* é uma medida de luminosidade (0=escuro ao 100=claro), a^* é a medida do vermelho (+a) ao verde (-a) e b^* é o amarelo (+b) ao azul (-b). As amostras foram constituídas de uma mistura de 20 grãos de cada bloco, que foram moídos, sendo as leituras feitas em duplicata.

4.3.2 Análises Químicas

Os parâmetros que foram utilizados na avaliação físico-química das variedades de milho crioulo foram: umidade (AOAC, 2000), cinzas (AOAC, 2000), proteína (AOAC, 2000), extrato etéreo (IAL, 1985), amido via enzimática (DEMIATE, et al., 2001) e fibra alimentar (AOAC, 2000).

4.3.2.1 Determinação da porcentagem de umidade

O objetivo desta análise é o de se obter o valor da perda total da umidade por ação do calor na volatilização da água. Foram pesados 10 g da amostra em uma balança analítica marca ADAM *Equipment*, modelo ADA 210/C,

sensibilidade 0,0001 g em cadinho limpo, seco, livre de umidade e previamente tarado levando-o o conjunto para estufa, com temperatura a 105 °C, durante 24 horas e colocando-o no dessecador. O conjunto entrou em equilíbrio com a temperatura ambiente em seguida pesando os cadinhos. O teor de umidade foi calculado por diferença de peso.

4.3.2.2 Determinação da porcentagem de cinzas

A determinação de cinzas fornece uma indicação da quantidade de resíduos minerais na amostra. Para sua determinação são pesados cerca de 5 g de amostra moída em uma balança analítica marca *ADAM Equipment*, modelo ADA 210/C, sensibilidade 0,0001 g, em cadinho de porcelana tarado e colocado em mufla por 6 horas a 550 °C. Após atingir a temperatura aproximada de 200°C, o conjunto é retirado da mufla e transferido para dessecador para posterior pesagem. Por diferença de peso foi calculado o teor de cinzas ou resíduo mineral.

A determinação de constitui da determinação do teor de nitrogênio liberado sob a forma de amônia decorrente da digestão da matéria orgânica com ácido sulfúrico concentrado, na presença de sulfato de cobre e sulfato de sódio como catalisadores que aceleram a reação. Foi pesado 0,5 g da amostra em balança analítica marca *ADAM Equipment*, modelo ADA 210/C, sensibilidade 0,0001 g e coloca-se para digerir ácido sulfúrico concentrado utilizando Na_2SO_4 e Cu_2SO_4 como catalisadores na digestão. Após a digestão a amostra é tratada com solução de hidróxido de sódio em excesso liberando o hidróxido de amônio que é coletado em um béquer contendo solução de ácido bórico com solução indicadora, conforme padronizado pelo método da AOAC nº 920.87 (2000). O borato ácido de amônio formado é titulado com ácido sulfúrico 0,1 mol L⁻¹ padronizado.

4.3.2.3 Determinação de extrato etéreo

Para a determinação do extrato etéreo, 5 g da amostra moída foi pesada em balança analítica marca *ADAM Equipment*, modelo ADA 210/C e colocada em cartucho de celulose. O cartucho com a amostra foi transferido para o aparelho Soxhlet realizando extração contínua, conforme determina o método descrito Instituto Adolfo Lutz (1985). O solvente utilizado foi o hexano aplicando em volume suficiente a fim de manter o refluxo por aproximadamente 4 horas. Em seguida o cartucho e o solvente foram retirados, e o balão com o extrato foi colocado para secar em estufa 105 °C. O teor de extrato etéreo foi calculado pela diferença de peso do balão dividindo pela quantidade de amostra inicial pesada.

4.3.2.4 Determinação de amido via enzimática

A determinação de amido via enzimática foi realizada através da adaptação do método descrito por Demiate; Konkel e Pedroso (2001). Assim, 1 g da amostra moída foi pesado, suspenso em solução tampão acetato 0,1 mol L⁻¹ pH 5,5, realizando-se o tratamento com alfa-amilase bacteriana (Termamyl®) durante 2 horas a 90 °C, seguida de um tratamento com amiloglucosidase fúngica (AMG®) por 24 horas a 60 °C. Foram realizadas as diluições pertinentes e avaliou-se o teor de glucose por um kit de glucose oxidase (DAHLQUIST, 1961) após construção de curva padrão.

4.3.2.5 Determinação de fibra alimentar

O total de fibra alimentar foi determinado adaptando-se o método descrito na AOAC (2000). As amostras de milho moídas foram pesados cerca de 1 g e colocado em um béquer, adicionando 50 mL de solução tampão fosfato de sódio

0,08 M, pH 6,0. A enzima alfa-amilase bacteriana termoestável (Termamyl®) foi adicionada a mistura por um período de uma hora a 90 °C. As amostras resfriaram até temperatura ambiente, o pH foi ajustado para $7,5 \pm 0,2$ adicionando 10 mL de NaOH 0,275 N e foi pipetado 0,1 mL de protease Pepsina em cada amostra. As misturas foram incubadas a 60 °C durante 30 minutos sob constante agitação. Em seguida, o pH foi ajustado entre 4,0 e 4,6 com 10 mL de HCl 0,325 M para a adição de 0,1 mL de amiloglucosidase fúngica (AMG®) e a suspensão mantida a 60 °C durante 24 horas. Etanol foi adicionado para precipitar a fibra dietética solúvel. O resíduo foi filtrado em cadinhos com celite lavando-os com três porções de 10 mL de etanol 78 %, duas porções de 10 mL de etanol 95 % e duas porções de 10 mL de acetona. As amostras foram secas em estufa a 105 °C até peso constante. Cinzas e proteínas do precipitado foram determinadas separadamente para descontar o conteúdo de resíduo mineral e proteína do resíduo total.

O total de fibra alimentar foi calculado como:

$$FA = (R - C - P) \times 100$$

Equação (1)

,onde:

R: peso do resíduo,

C: conteúdo de cinzas do resíduo,

P: conteúdo de proteína do resíduo.

4.4 Processamento do milho para a extração de amido

O processamento do milho para extração do amido foi feito de acordo com método descrito por Ji; Seetharaman e White (2004), com algumas adaptações. Uma representação esquemática do procedimento é representada na

Figura 7.

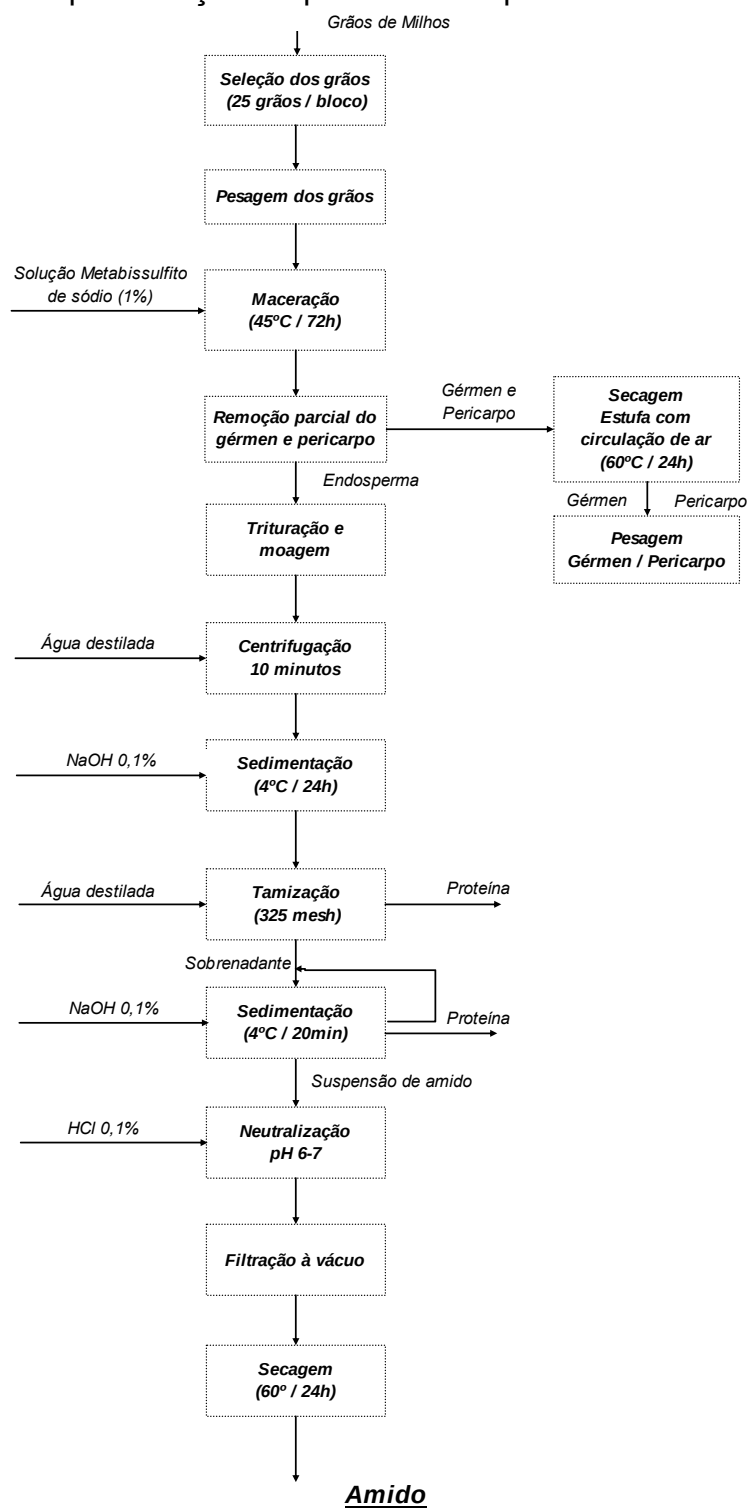


FIGURA 7 – Representação esquemática do processamento do milho para a extração de amido

Foram escolhidos ao acaso 20 grãos de cada bloco e em seguida pesados. Esses grãos foram submersos em uma solução de metabissulfito de sódio 1 % por 72 horas a 45 °C, seguido por um processo de remoção manual do pericarpo e do gérmen. Essas partes foram secas em estufa a 60 °C durante 24 horas para posterior pesagem com a finalidade de calcular o rendimento do processo. O endosperma foi triturado no gral e pistilo. A essa farinha foi adicionada água e a mistura foi centrifugada durante 10 minutos para o início da separação do complexo amido - proteína.

O precipitado foi isolado e a ele foi adicionada uma solução de NaOH 0,1% em copos de sedimentação de 125 mL. Os copos foram colocados na geladeira numa temperatura de aproximadamente 4 °C por 24 horas. Após esse período o precipitado foi peneirado em peneira de 325 mesh com auxílio de lavagens com água destilada a fim de separar frações maiores de proteína do amido. O material retido na peneira foi descartado e a fração contendo amido, novamente submetida à solução de NaOH 0,1% em copos de sedimentação a aproximadamente 4 °C durante 20 minutos. Após esse tempo o sobrenadante foi descartado e ao precipitado adicionou a mesma solução NaOH 0,1%. Foi padronizada a repetição dessa etapa três vezes a fim de obter uma satisfatória separação do amido. A suspensão resultante foi neutralizada com HCl 0,1% até e filtrada em bomba á vácuo através de lavagens com água destilada em cadinhos de fundo poroso marca Schott porosidade média n °3 (16 a 40 µm). Esse material foi seco em estufa a 60 °C durante 24 horas. Das frações de amido extraído foi determinada a porcentagem proteína, viscosidade aparente, amilose aparente, amilose total, amilopectina e amilose complexada com lipídios.

4.5 Parâmetros analisados do amido

Todas as amostras de amido obtidas foram colocadas em um dessecador, no qual permaneceram por 20 dias, com a finalidade de equilibrar a umidade. As análises foram realizadas em duplicata.

4.5.1 Determinação de proteína no amido

O teor de proteína foi determinado pelo método micro-Kjeldahl (AOAC, 2000) e expresso em base seca.

4.5.2 Determinação amilose aparente

Amilose aparente foi determinada por intermédio do valor azul, conforme método ISO (1987). Todo material utilizado foi previamente lavado com solução sulfocrômica para eliminar possíveis contaminações.

Aproximadamente 150 mg de amido foram pesados e colocados em erlenmeyer de 125 mL, adicionando em seguida 1 mL de etanol 95 % e agitando. Foram adicionados 9 mL de NaOH 1 M lavando a parede da vidraria. O conteúdo foi aquecido em um banho-maria por 10 minutos. Depois de resfriado a temperatura ambiente o conteúdo dos tubos foi diluído com água deionizada e transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Foi pipetada uma alíquota de 18 mL e adicionada em tubo de ensaio numerado que continha 2 mL de NaOH 0,09 N, agitando-se vigorosamente. Desse volume foram retirados 2,5 mL da amostra e transferidos para um balão de 100 mL, com 50 mL de água deionizada, 2 mL de solução de iodo/iodeto de potássio (I_2 0,0079 mol.L⁻¹ e KI 0,12 mol.L⁻¹) completando-se o volume. A solução permaneceu em repouso por 20 minutos a temperatura ambiente

para posterior leitura da absorbância em espectrofotômetro (SHIMADZU® UV mini 1240) a 620 nm.

4.5.3 Determinação de amilose total

O procedimento foi semelhante ao descrito anteriormente, porém com prévio desengorduramento da amostra removendo os lipídios complexados com amilose. Foram pesados 200 mg de amido, colocados em um frasco de 10 mL com tampa e adicionados 8 mL de uma solução *n*-propanol:água (3:1) à quente por 7 horas; os frascos foram resfriados e o material filtrado em cadinho de fundo sinterizado, marca Schott, porosidade média (nº 3 - 16 a 40 µm) para posterior secagem em estufa a 45 °C com circulação de ar até peso constante.

O conteúdo de amilose total e aparente foi determinado baseado na regressão linear estabelecida usando misturas de amido de batata da marca SIGMA® para amilose, e da marca Fluka Biochemika® para amilopectina (faixa de 0 – 100 %). O teor de amilopectina foi calculado pela subtração do valor de amilose total de 100 %. O teor de amilose complexada com lipídios (%) foi obtido da subtração do teor de amilose total (%) da amilose aparente, conforme Morrison et al. (1993).

4.5.4 Determinação de viscosidade aparente

As propriedades da pasta dos vinte amidos extraídos foram analisadas usando um RVA (*Rapid Visco Analyzer*) modelo 4 (Newport Scientific Pty. Ltd.) e um perfil de temperatura STD1 do *software* Thermocline®. As suspensões de amido mantiveram-se a 50 °C por 1 minuto, sendo aquecidas (6 °C/min) até 95 °C,

mantendo-se nessa temperatura durante aproximadamente 7 minutos. E em seguida foram resfriadas a 50 °C (6 °C/min) até completar 13 minutos.

Dois perfis foram obtidos de cada amostra resultando em um valor médio. Foi usada a suspensão de amido (8 % base úmida) com um peso final de 28 g em cada análise de RVA. Durante toda a análise a velocidade utilizada de agitação foi 160 rpm. Foram avaliadas as seguintes características: temperatura de pasta, viscosidade máxima (pico), quebra (diferença entre a viscosidade máxima e da pasta mantida a 95 °C por 5 minutos), viscosidade final e *setback* ou tendência à retrogradação (diferença entre as viscosidades final e da pasta a 95 °C por 5 minutos).

4.6 Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos foram avaliados através da análise de variância para determinar a diferença significativa entre as variedades. Os histogramas foram elaborados com o intuito de identificar a distribuição das variedades em todos os parâmetros avaliados e caracterizar a curva normal de distribuição de cada análise. Esses procedimentos foram feitos através do emprego do *software* ASSISTAT versão 7.1 beta (SILVA, 2004). Uma matriz de correlação foi feita para avaliar os parâmetros estudados em nível de 5 % com o uso do *software* *Statistica* versão 5.0. Para complementar o trabalho, os valores dos dados físico-químicos, as propriedades físicas, o processamento do milho e a caracterização do amido foram utilizados para análises de componentes principais (PCA), utilizando o programa Pirouette, versão 4.11 (Infometrix). Os dados para essa análise constituíram uma matriz de 26 variáveis de cada uma das 20 amostras. A análise do PCA foi realizada aplicando o pré processamento autoescalamento.

5 Resultados e Discussão

5.1 Propriedades Físicas

5.1.1 Peso de 1000 grãos

Análise de variância identificou o peso de 1000 grãos com diferença significativa entre as variedades cultivadas. A média de 1000 grãos de todas as variedades foi de 353,16 g variando entre 303,44 g (Milho Pérola nº 65) e 450,28 g (Crioulo Oito Carreiras nº 41). A mediana determinada para essa variável foi de 344,57g. O histograma de distribuição (Figura 8) das variedades de milho crioulo em relação ao peso de 1000 grãos demonstra que onze variedades são grãos menores, pois apresentaram valores inferiores a media, variando entre 303,44 g e 347,49 g.

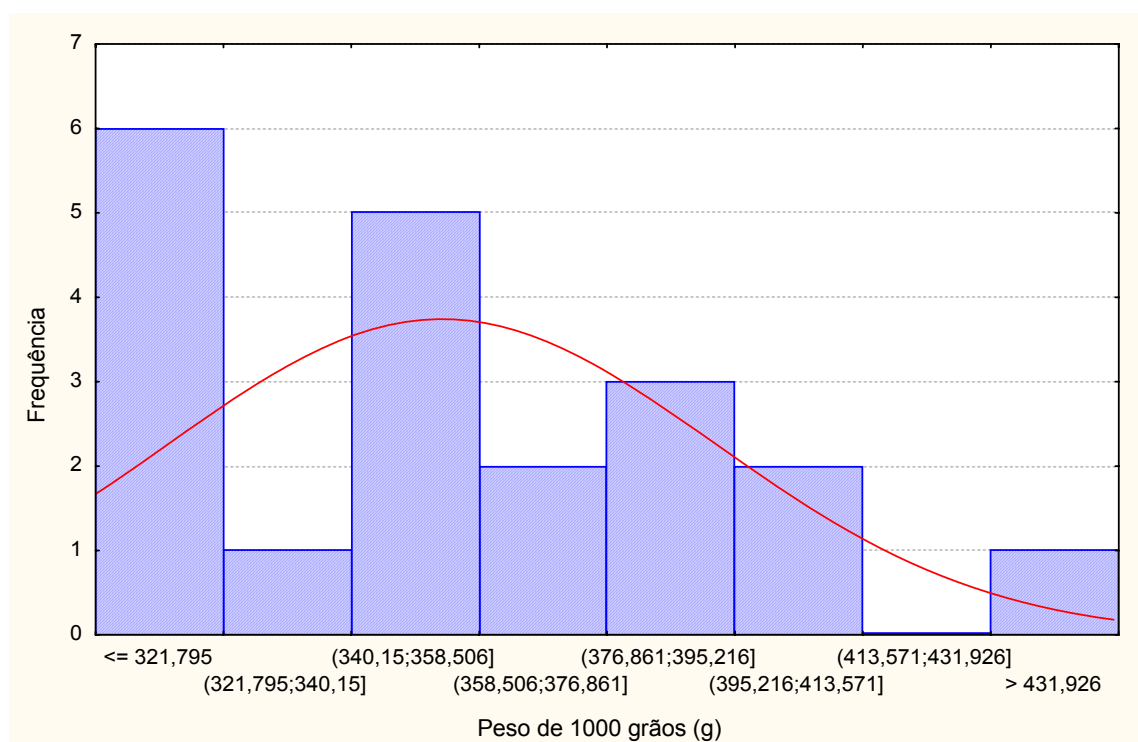


FIGURA 8 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação ao peso de 1000 grãos.

Ao se analisar outros trabalhos publicados, verificam-se valores médios para peso de mil grãos de milhos crioulos de 302 g (NARVÁEZ-GONZÁLEZ et al., 2006), 290,7g (ECKHOFF et al. 1996) e 295,31 g (SERNA-SALDIVAR et al. 2008). Sandhu; Singh e Malhi (2007) verificaram o peso médio em híbridos de milho de 226,67 g. Os resultados obtidos por esses autores sugerem uma tendência dos híbridos apresentarem menores grãos que os milhos crioulos.

5.1.2 Índice de Flotação

Análise de variância identificou diferença significativa entre as vinte variedades de milho crioulo em relação ao índice de flotação. O valor médio obtido dos grãos que boiaram foi de 35,7 %, variando entre 25 % a 60,5%.

A Tabela 8 relata que treze variedades crioulas foram classificadas como grãos duros apresentando o índice de flotação entre 13 a 37 %. As demais variedades foram classificadas como dureza intermediária com índice de flotação entre 38 e 62 % (SALINAS; BUSTOS; GOMEZ, 1992). A diferença dos endospermas nos materiais avaliados não parece ser diferente para a dureza, uma vez que a maioria dos grãos foi classificada como duros e apenas alguns como intermediários, não havendo grãos farináceos.

A Figura 9 mostra o histograma de distribuição das variedades de milho crioulo em relação ao índice de flotação. O termo central definido pela mediana foi de 31,25%. A concentração dos resultados no lado esquerdo do gráfico permite observar a classificação da maioria das variedades em endospermas duros.

TABELA 8 – Classificação do endosperma das variedades crioulas quanto ao índice de flotação (SALINAS; BUSTOS; GOMEZ, 1992).

Variedade	Classificação de dureza (SALINAS; BUSTOS; GOMEZ, 1992)
Nutricional nº 61	Duro
Milho Grande nº 52	Intermediário
Milho Palha Roxa nº 72	Duro
Milho Paiol nº 49	Intermediário
Milho Branco nº 57	Intermediário
Asteca nº 60	Duro
Caiano nº 63	Duro
Roxo Índio I nº 60	Intermediário
Milho Branco para Palha nº 69	Duro
Milho Pérola nº 65	Duro
Carioca nº 68	Duro
Milho Astequinha Sabugo Fino nº 70	Duro
Milho Vinten nº 56	Duro
Milho Palha Roxa nº 64	Intermediário
Milho Encantilado nº 59	Intermediário
Milho Branco nº 62	Duro
Milho Amarelo Antigo nº 71	Duro
Crioulo Oito Carreiras nº 41	Duro
Crioulo Pururuca nº 38	Intermediário
Caiano Rajado nº 16	Duro

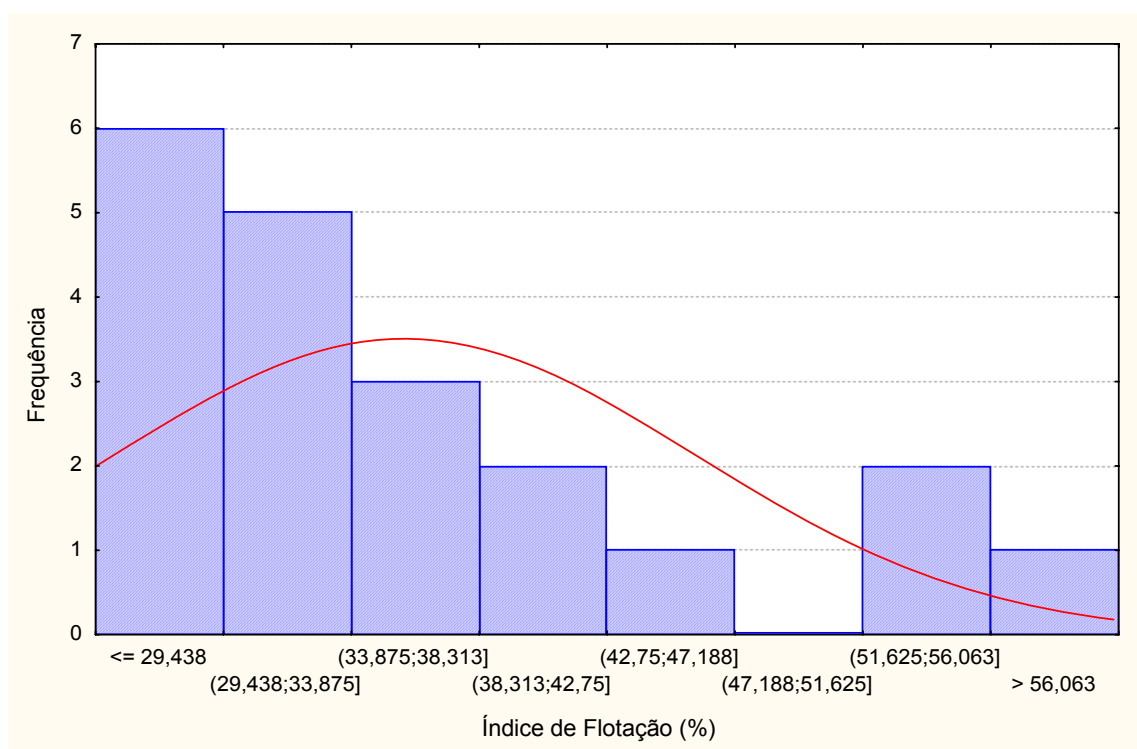


FIGURA 9 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação ao índice de flotação.

5.1.3 Densidade Real

Para os resultados de densidade real, a análise de variância não apresentou diferença significativa entre as variedades estudadas. Os grãos mais densos como Milho Pérola nº 65 ($1,320 \text{ g cm}^{-3}$), Asteca nº 60 ($1,307 \text{ g cm}^{-3}$) e Crioulo Oito Carreiras nº 41 ($1,299 \text{ g cm}^{-3}$) tendem a apresentar o menor índice de flotação, ambos classificados na escala utilizada como grãos duros (SALINAS; BUSTOS; GÓMEZ, 1992). O oposto também foi observado, onde variedades menos densas, Milho Encantado nº 59 ($1,216 \text{ g cm}^{-3}$) e Milho Branco nº 57 ($1,225 \text{ g cm}^{-3}$) apresentam maior índice de flotação, 54,0 e 60,5 %, respectivamente.

A Figura 10 mostra o histograma onde a maioria das variedades apresentou valores entre $1,255$ e $1,268 \text{ g cm}^{-3}$.

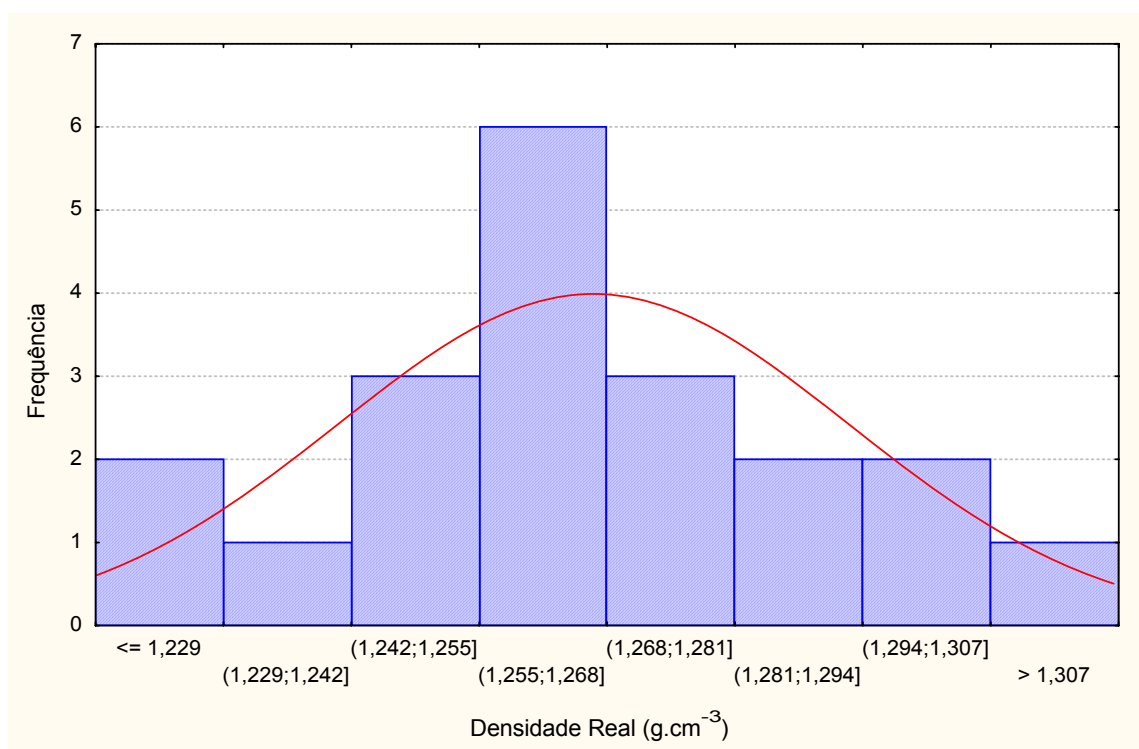


FIGURA 10 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação à densidade real

Dessa forma, o gráfico de distribuição normal apresenta simetria em relação ao eixo central, onde se encontra a média das amostras ($1,267 \text{ g cm}^{-3}$) e a mediana ($1,267 \text{ g cm}^{-3}$).

5.1.4 Granulometria

A análise de variância apresentou diferença significativa entre as variedades apenas para as partículas grossas e intermediárias. Conforme citam Almeida-Domingues; Suhendro e Rooney (1997), os endospermas duros se caracterizam por ter maior quantidade de partículas grossas. O resultado obtido na análise de variância é compreensível uma vez que, entre os milhos analisados, nenhuma variedade foi classificada com endosperma farináceo, apenas duro e intermediário.

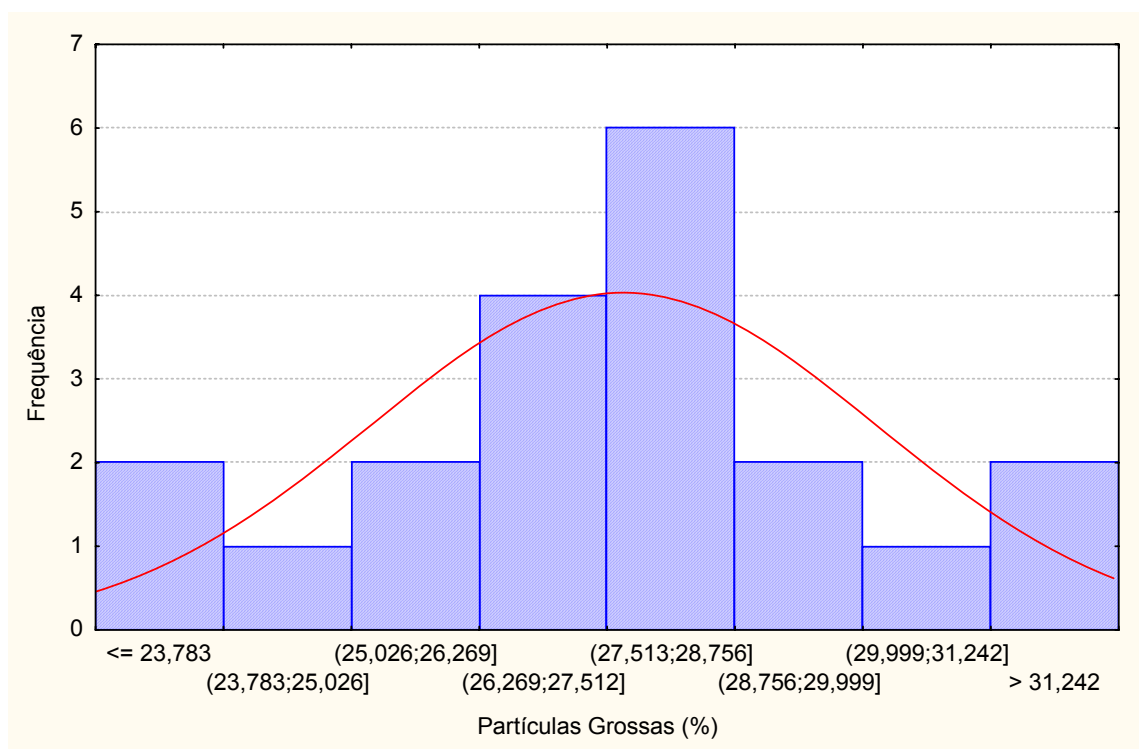


FIGURA 11 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação à granulometria das partículas grossas.

A Figura 11 mostra o histograma de distribuição das frações de partículas grossas retidas nas peneiras que variaram entre 22,54 a 32,49 %, sendo o valor médio 27,67 %. Metade das amostras apresentou valores entre 26,26 a 28,76%, localizando-se na parte central da distribuição normal do gráfico.

O histograma de distribuição em relação ao conteúdo de partículas intermediárias retidas nas peneiras de 250 μm e 180 μm é mostrado na Figura 12. Os valores calculados para a média e a mediana (24,18% e 24,09%, respectivamente) foram semelhantes, justificando a simetria do gráfico de distribuição normal. Algumas das variedades com endospermas de dureza intermediária (Milho Grande nº52, Milho Branco nº57, Roxo Índio I nº60, Milho Paiol nº49) apresentaram maiores porcentagens de partículas retidas nas peneiras intermediárias, mostrando a relação obtida entre essas duas variáveis.

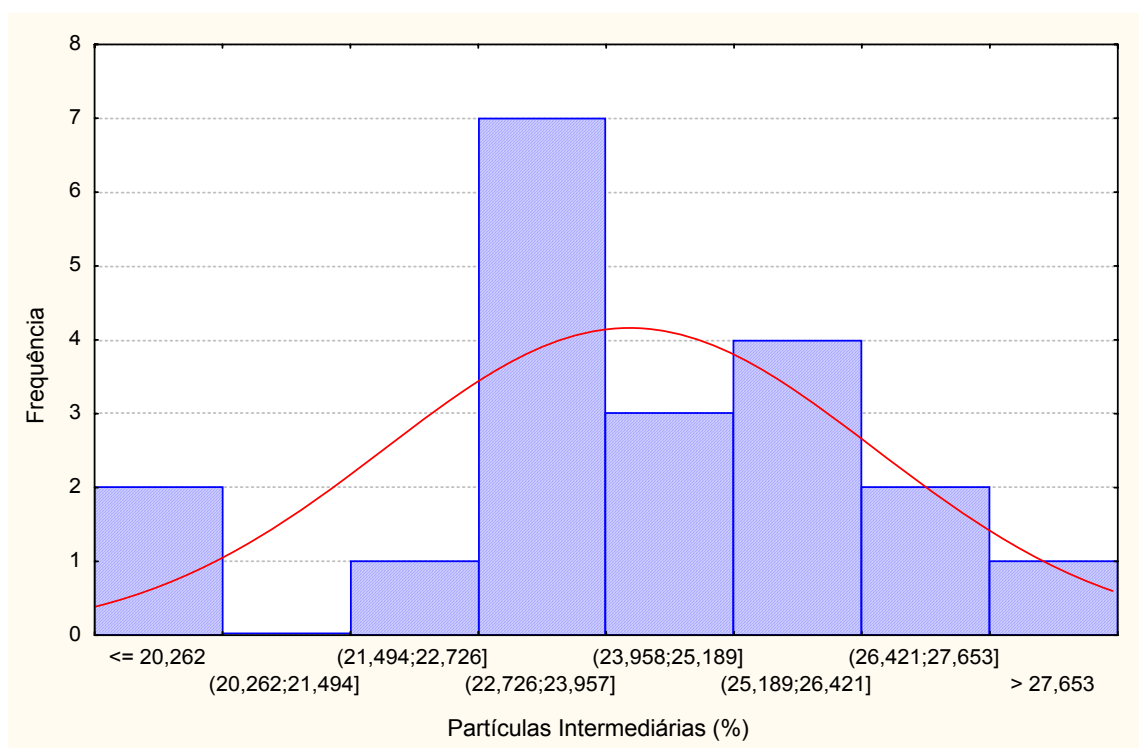


FIGURA 12 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação à granulometria das partículas intermediárias.

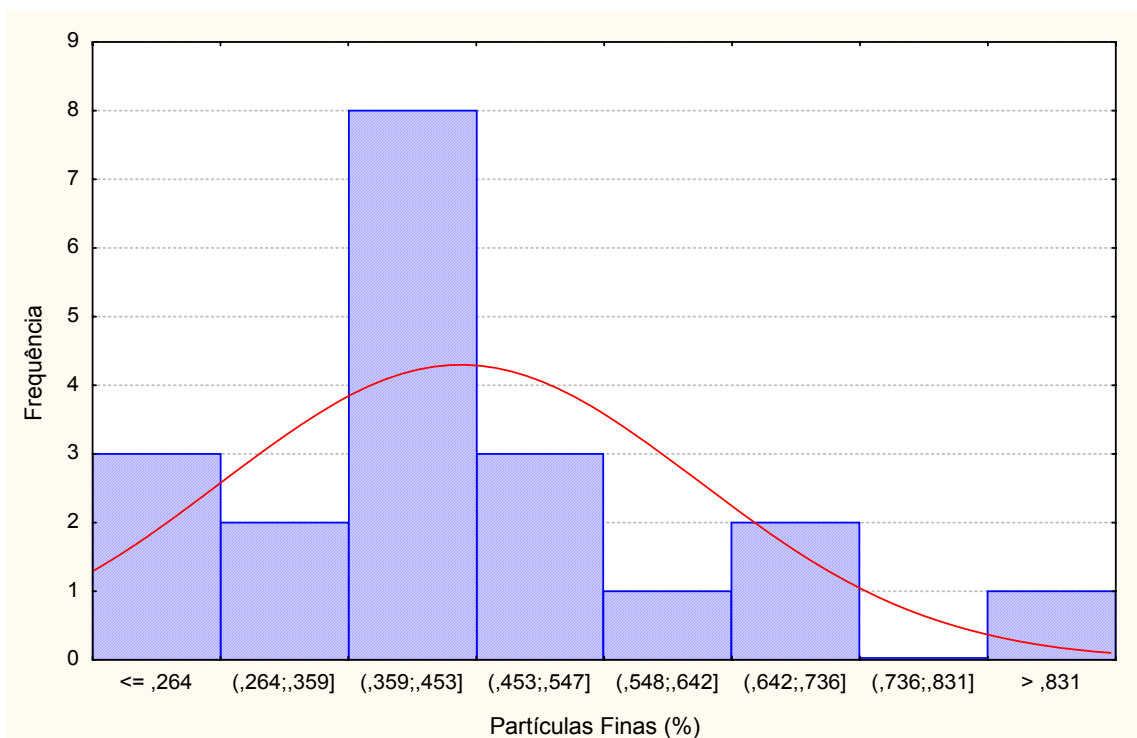


FIGURA 13 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação à granulometria das partículas finas.

A Figura 13 ilustra o histograma de distribuição para as porcentagens de partículas finas retidas nas peneiras. Um discreto deslocamento do gráfico normal para a esquerda foi influenciado pelas oito variedades que apresentaram as frações finas retidas entre 0,36 a 0,45 %. Esse fato pode ser confirmado por diferentes valores da média e a mediana (0,44 e 0,42 %, respectivamente). Dessas oito variedades apresentadas, cinco são variedades com endosperma classificados como dureza intermediária (Milho Paiol nº49, Milho Branco nº57, Caiano nº63, Roxo Índio I nº60, Milho Astequinha Sabugo Fino nº 70, Milho Palha Roxa nº64, Milho Encantilado nº59 e Milho Amarelo Antigo nº71).

5.1.5 Cor

A determinação da cor apresentou diferença significativa entre as variedades. As variedades avermelhadas (Milho Palha Roxa nº 72, Roxo Índio I nº 60 e Caiano Rajado nº 16) tiveram menores valores para a medida de *L. O oposto se confirma onde as variedades Milho Branco nº 57, Milho Branco para Palha nº 69 e Milho Branco nº 62 apresentam maiores números para *L, o qual identifica maiores valores quanto mais claros os grãos.

O histograma de distribuição (Figura 14) mostra que oito variedades resultaram em valores de *L entre 79,57 a 81,03%. A mediana para esse parâmetro foi de 79,96% enquanto que a média determinada foi de 79,66%.

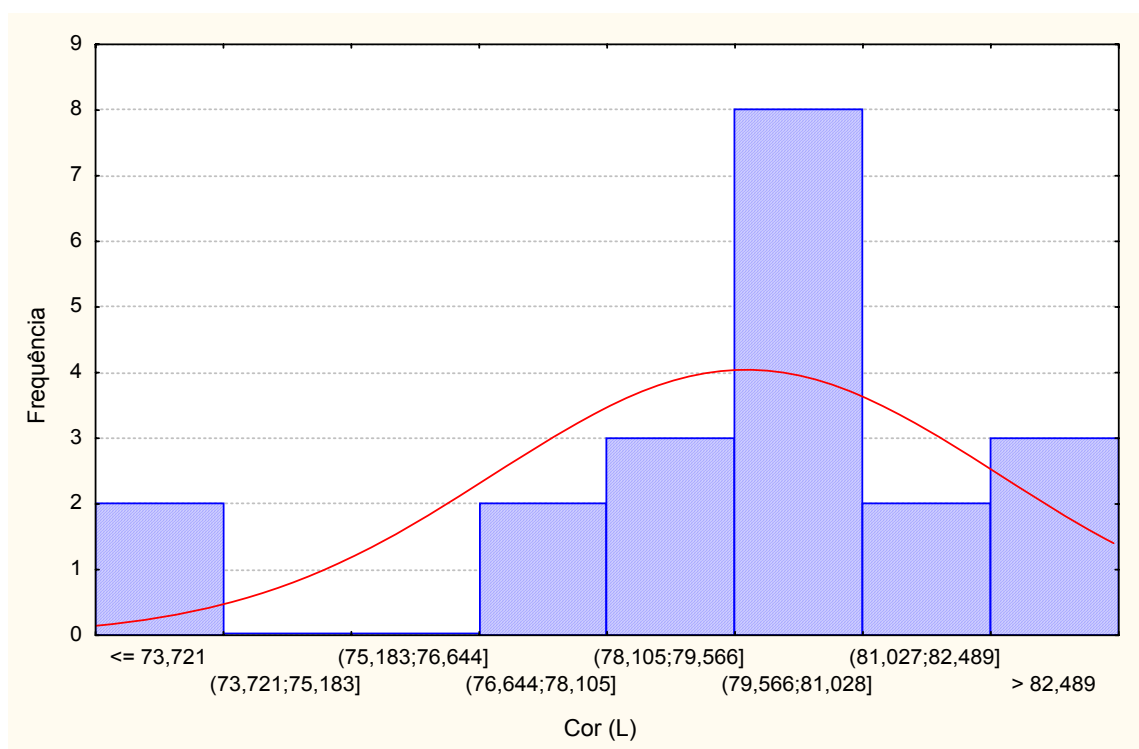


FIGURA 14 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação à cor.

5.2 Análises Químicas

5.2.1 Teor de Umidade

As porcentagens encontradas para umidade não diferem significativamente entre si, sendo que os valores médios variaram entre 10,29 % (Milho Grande nº52) e 11,45 % (Milho Encantilado nº 59). A Figura 15 ilustra o histograma de distribuição das variedades em relação às umidades, onde os valores da média e da mediana foram semelhantes (11,00 e 11,04 %, respectivamente). As amostras demonstram ter porcentagens de umidade parecidas uma vez que o tratamento a que foram submetidas foi igual para todas as variedades.

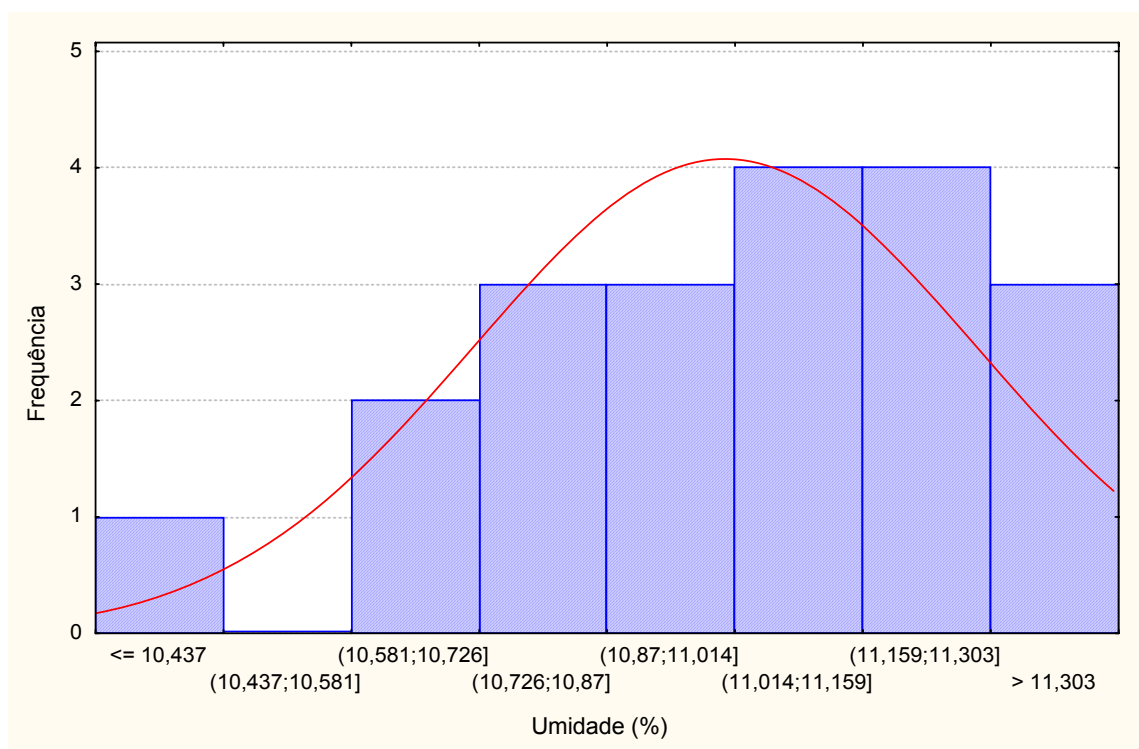


FIGURA 15 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos conteúdos de umidade.

A umidade está relacionada à colheita e ao armazenamento dos grãos até o processo de obtenção dos resultados. Esses grãos após a colheita foram secos naturalmente em ambiente ventilado a temperatura ambiente (cerca de

23 °C). Depois de recebidos para análise os mesmos foram armazenados em garrafas PET a fim de manter a umidade e prolongar a vida dos grãos, evitando o crescimento de carunchos.

Carvalho et al. (2004) constataram que a secagem dos grãos de milho com diferentes temperaturas assim como armazenados por diferentes períodos de tempo não influenciaram a composição química.

5.2.2 Teor de Cinzas

Para a determinação de cinzas a análise de variância não identificou diferença significativa entre as variedades. A faixa de resíduo mineral variou entre 1,39 % (Vinten nº 56) a 1,56 % (Milho Branco nº 57) apresentando valores da média e da mediana iguais a 1,49 % (Figura 16).

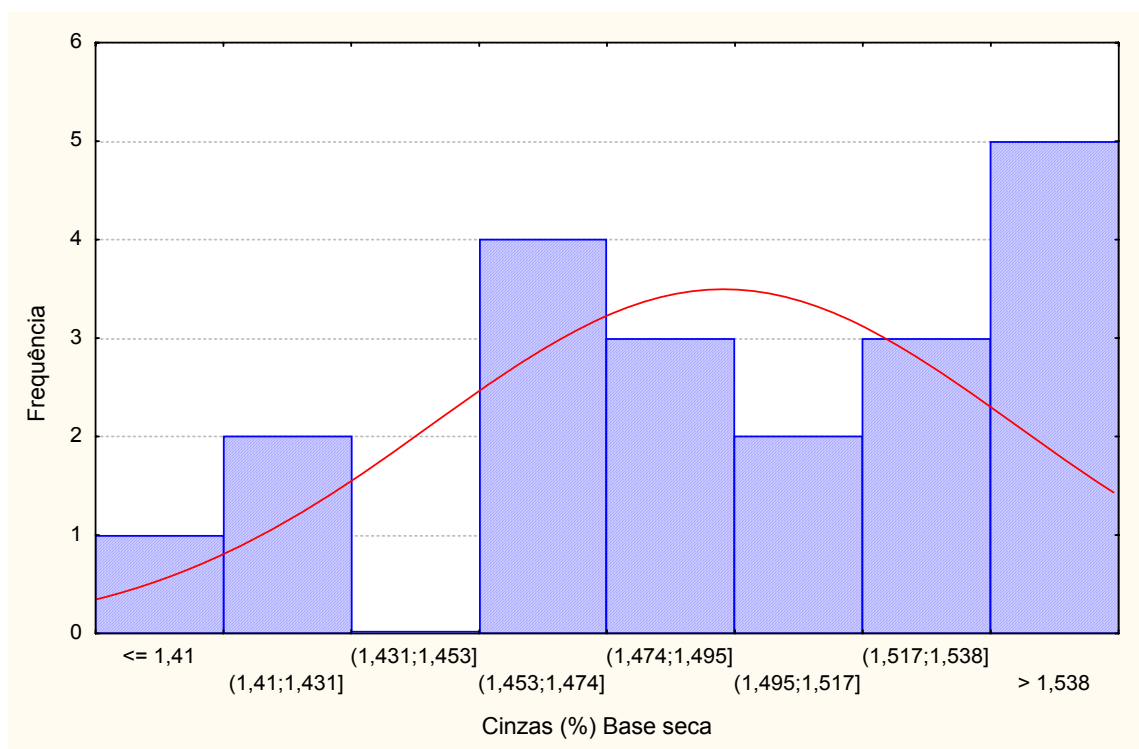


FIGURA 16 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos conteúdos de cinzas.

Em outros trabalhos relatados na literatura, o teor de cinza determinado em milho crioulo por Luchin; Barcaccia e Parrini (2003a) foi de 1,56%. Por outro lado, Gonçalves et al. (2003) determinando cinza em híbridos de milho obtiveram valor médio de 1,27 % e Bressani et al. (1990) observaram uma faixa de resíduo mineral entre 1,10 a 1,40 %.

5.2.3 Teor de Proteína

A análise de variância concluiu que os teores médios obtidos diferiram significativamente entre as cultivares. Destaca-se nesse parâmetro a cultivar Crioulo Oito Carreiras nº 41 que apresentou maior teor de proteína (12,41%), enquanto que a variedade Caiano Rajado nº16 obteve menor quantidade (10,26 %).

Na literatura alguns autores mencionam teores de proteína para milho crioulo entre 10,47 % a 12,17 % (Câmara, 2005), e uma faixa entre 7,77 % a 13,84 % para proteína em híbridos de milho (Jiang et al. 2007).

O histograma de distribuição (Figura 17) fornece informações sobre as principais classes obtidas entre as vinte variedades analisadas. O valor médio foi de 11,04 % e da mediana 11,96 %. Sete variedades apresentaram valores entre 10,80 a 11,06 % e apenas uma variedade Crioulo Oito Carreiras nº 41 forneceu teor de proteína superior a 12 %.

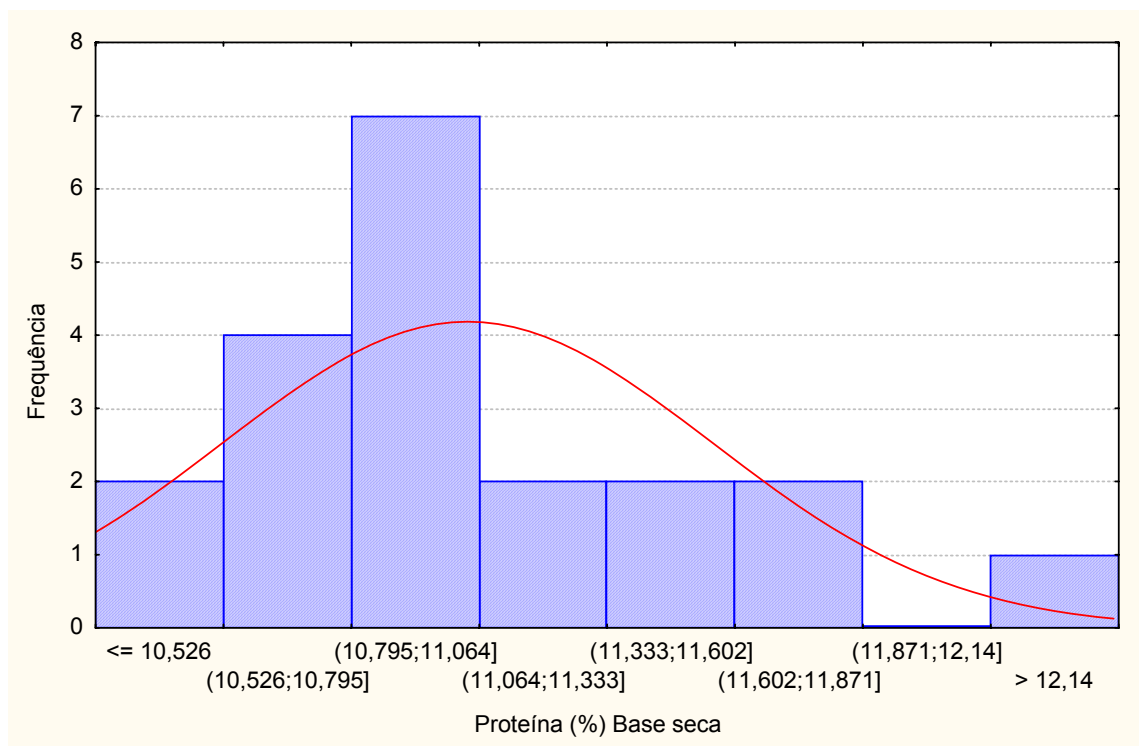


FIGURA 17 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos conteúdos de proteína.

5.2.4 Teor de Extrato Etéreo

Identificou-se através da análise de variância que as variedades cultivadas são significativamente diferentes entre si. Os maiores valores obtidos são das variedades Nutricional nº 61 e Asteca nº 60, as quais representam 4,68 % e 4,98 % de extrato etéreo, respectivamente. As variedades Milho Branco nº 62 e Milho Palha Roxa nº 72 apresentaram menores valores, sendo 3,63 % e 3,70 %, respectivamente. A curva de distribuição normal (Figura 18) revela uma simetria nos resultados onde o valor central é 4,32 %.

Os resultados relatam elevadas concentrações de extrato etéreo decorrente das altas porcentagens de gérmen presentes nas variedades estudadas.

Na literatura, pesquisas realizadas com milho crioulo relatam valores entre 4,58 % a 5,22 % (Câmara, 2005) e 4,63 % a 5,57 % (Lucchin; Barcaccia e Parrini, 2003a).

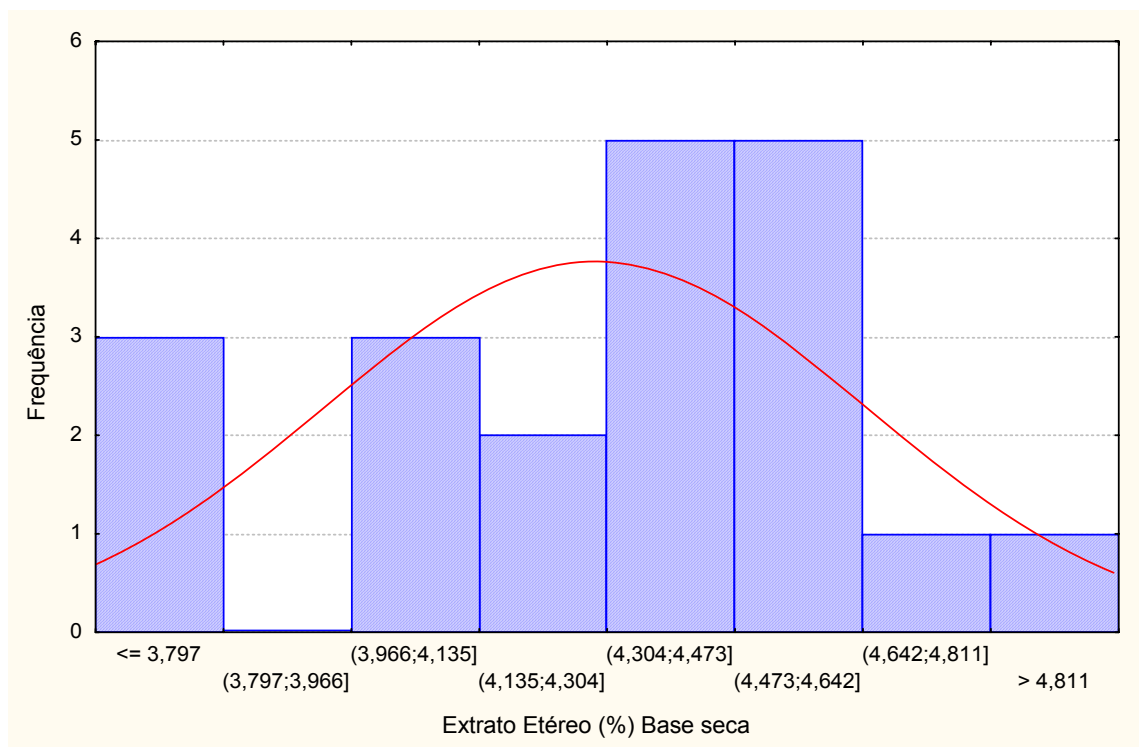


FIGURA 18 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos conteúdos de extrato etéreo.

5.2.5 Teor de Fibra Alimentar

Os componentes presentes na fibra alimentar incluem celulose, hemicelulose, lignina, pectina e variedades de gomas e mucilagens. Todos esses exceto lignina são polissacarídeos. A diversidade de constituintes da fibra alimentar resulta na diversidade dos efeitos fisiológicos. A fibra alimentar está disponível na dieta humana através de uma variedade de fontes de alimentos, como cereais crus e processados, vegetais, legumes e frutas. A composição da fibra alimentar varia com o tipo do tecido e as proporções dos diferentes constituintes (CHO; DREHER, 2001).

Dessa forma, esse trabalho apresentou diferença significativa entre as variedades analisadas. Algumas variedades como Crioulo Oito Carreiras nº 41 e Milho Branco para Palha nº 69, apresentaram valores médios de fibra alimentar de 9,89 % e 10,88 % respectivamente, enquanto que Milho Branco nº 57 e Milho Paiol nº 49 obtiveram valores médios de fibra de 18,08 e 17,21 %, respectivamente.

A literatura cita teores de fibra alimentar para grãos híbridos de milho como sendo cerca de 13 % (SILVA; CIOCCA, 2005), 13,3 % (SILVA; CIOCCA; FURLONG, 2003). Em outros trabalhos, Nyman et al. (1984) realizaram a determinação de fibra alimentar em alguns cereais, dentre eles o milho. O teor médio encontrado para o grão inteiro foi de aproximadamente 9 %. Cellegaro et al. (2005) determinaram o teor de fibra alimentar em produtos derivados de milho. O milho pipoca foi o que apresentou resultado inferior ao deste trabalho, sendo aproximadamente 12 %.

A classe com maior frequência (sete variedades) destaca no histograma da Figura 19, a qual fornece valores de fibra alimentar entre 12,96 % a 13,99%. As frequências das demais classes variaram entre uma e três amostras tendo uma distribuição homogênea.

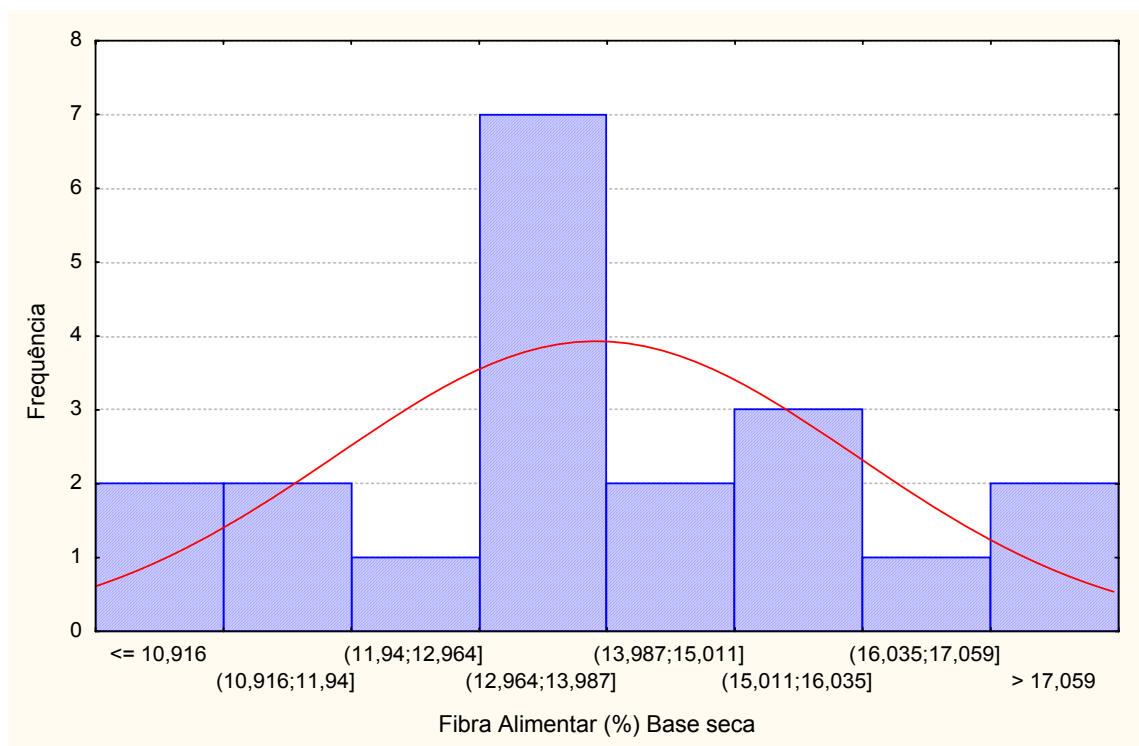


FIGURA 19 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos conteúdos de fibra alimentar.

5.2.6 Teor de amido via enzimática

As medições dos produtos de hidrólise do amido foram realizadas com o padrão de glicose para a avaliação do produto final da hidrólise. Foi determinada uma regressão linear com concentrações conhecidas de glicose obtendo uma equação $y=0,0112x + 0,0009$ ($r^2=0,9998$). O teor de amido é calculado como o conteúdo de glicose vezes 0,9, sendo que, esse fator considera a remoção de uma molécula de água durante as ligações covalentes das moléculas de glicose para formar o amido (CARVALHO; FERNANDES; PIRES, 2006).

Análise de variância encontrou uma diferença significativa na determinação de amido via enzimática, sendo que os valores da média e mediana foram 60,54 e 60,52 %, respectivamente. Algumas variedades como Milho Palha Roxa nº 72 e Nutricional nº 61 apresentaram valores superiores, cerca de 67 % e 66 %, respectivamente. Por outro lado, as variedades Milho Astequinha Sabugo Fino nº

70 e Crioulo Oito Carreiras nº 41, apresentaram valores inferiores, de cerca de 53 e 54 %, respectivamente. Porém, o histograma representado na Figura 20, mostra que a classe que apresentou maior frequência (seis variedades) foi a que obteve valores de amido entre 58,33 5 e 60,08 %, sendo inferior aos valores mencionados na literatura.

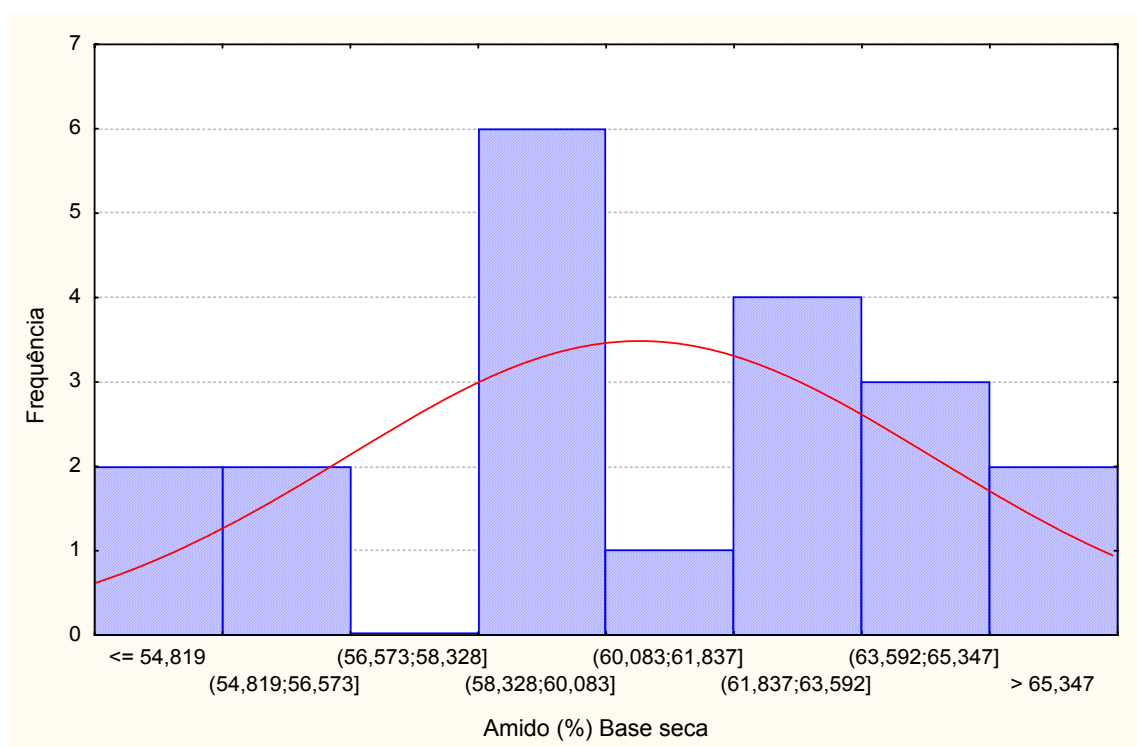


FIGURA 20 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos conteúdos de amido.

Trabalhos publicados relatam valores médios de amido em variedades crioulas de milho entre 67,2 % (Câmara, 2005) e acima de 70% (Seetharaman et al. 2001). Em outra pesquisa realizada por Flores-Farias et al. (2000), os autores caracterizaram farinhas comerciais de milho e determinaram o teor de amido através do método enzimático, semelhante ao utilizado nesse projeto. O valor médio obtido para as farinhas foi de 67,54 %. Singh et al. (2001) realizaram um comparativo entre algumas variedades de um projeto de melhoramento de

germoplasmas e híbridos. O valor médio obtido para o conteúdo de amido das variedades foi inferior ao amido dos híbridos (67,51 % vs. 72.2 %).

5.3 Processamento do milho para a extração de amido

Os histogramas com as distribuições das porcentagens obtidas para as frações de pericarpo, gérmen, endosperma dos grãos estão indicadas nas Figuras 21, 22 e 23, respectivamente.

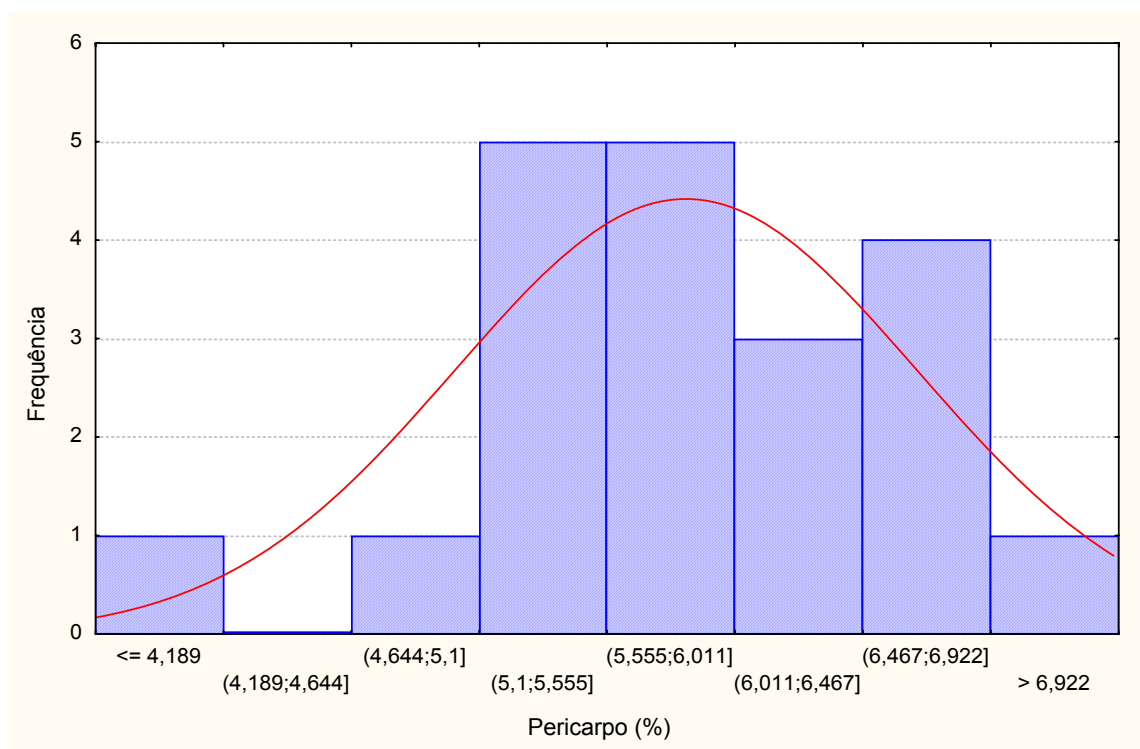


FIGURA 21 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação às porcentagens de pericarpo.

A porcentagem de pericarpo determinada no processamento de milho variou entre 3,73 a 7,38 %. O histograma de distribuição revela que metade das variedades (dez) apresentou valores entre 5,10 % e 6,01 %. As variedades Milho Amarelo Antigo nº71 e Crioulo Oito Carreiras nº41 apresentaram menores

porcentagens de pericarpo (3,73 e 4,70 %, respectivamente) e consequentemente altos valores de endosperma (86,57 e 84,96 %, respectivamente).

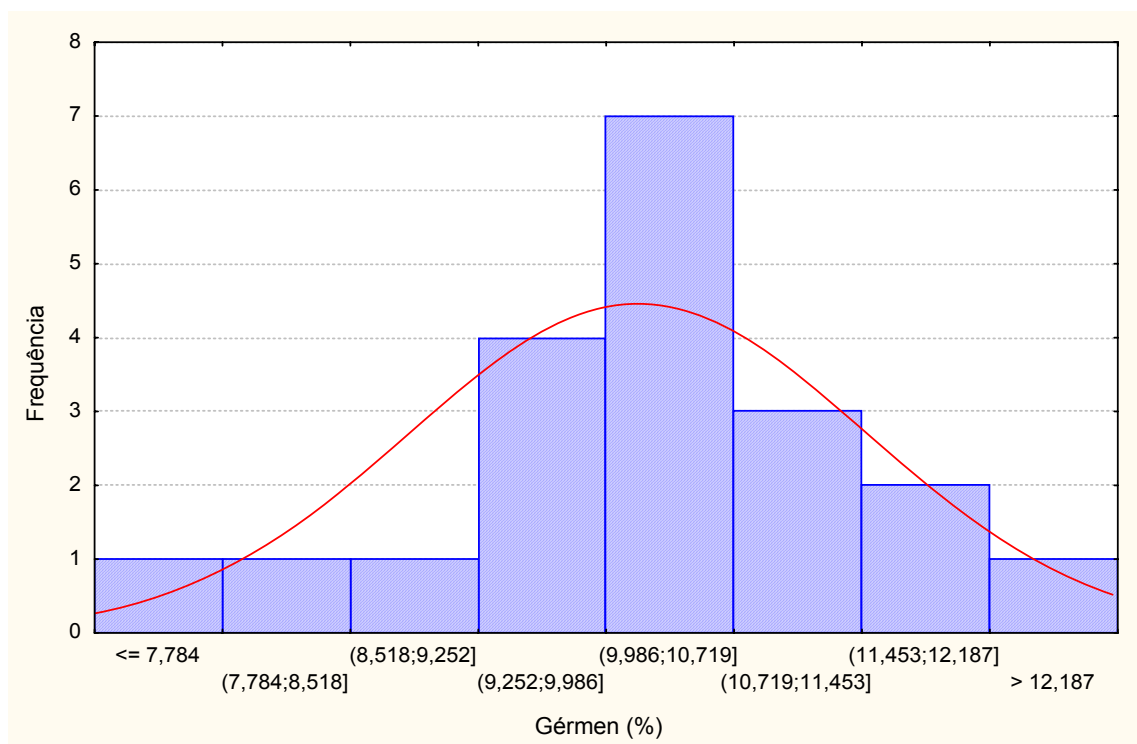


FIGURA 22 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação às porcentagens de gérmen.

O histograma da Figura 22 ilustra a distribuição das variedades de milho crioulo em relação a porcentagem de gérmen determinado no processamento do milho para extração de amido. Os valores variaram entre 7,05 a 12,92 %. A média e a mediana determinadas para esse parâmetro foram similares (10,17 e 10,19 %, respectivamente). Esse fato sugere uma simetria na distribuição normal.

Em pesquisas realizadas com cultivares comerciais/híbridos de milho, a porcentagem média obtida para o gérmen foi de 5,75 % (DOWD, 2003), e 6,20 % (FOX et al., 1992) e 6,97 % (LOPES-FILHO, 1997).

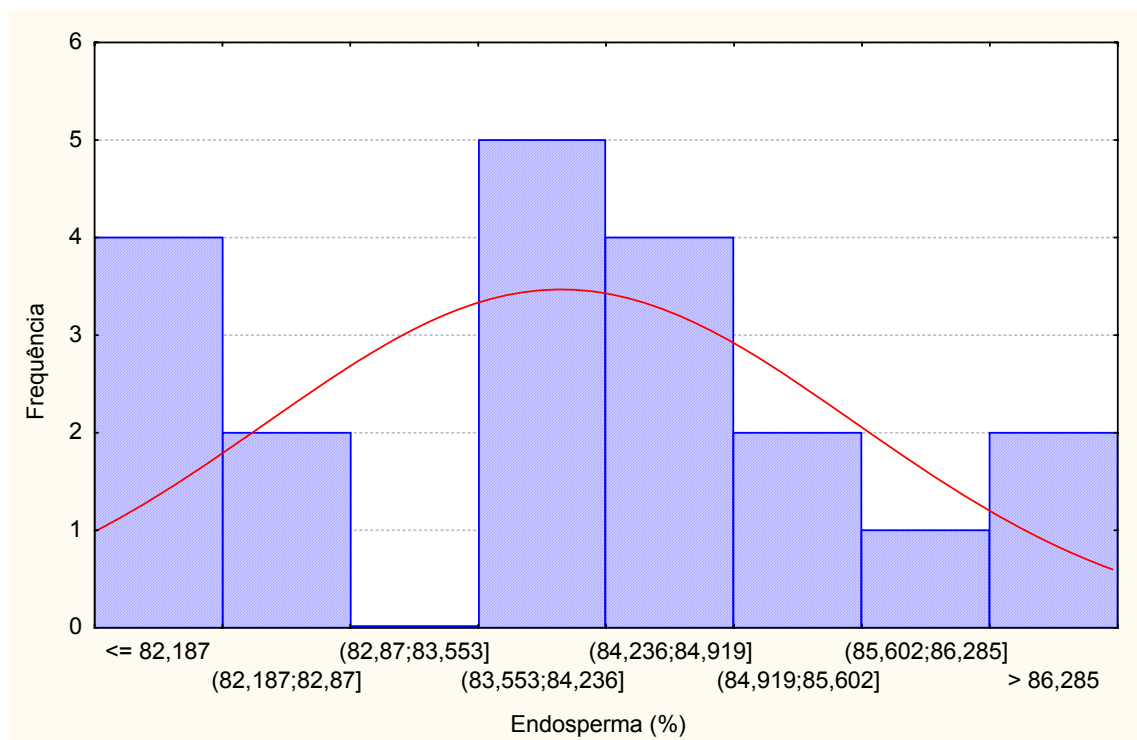


FIGURA 23 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação às porcentagens de endosperma.

O histograma de distribuição das variedades de milho em relação a porcentagem de endosperma das amostras é mostrado na Figura 23. O valor da mediana é de 84,12%, diferindo discretamente da média obtida para as vinte amostras (83,99 %).

A figura 24 revela a distribuição das variedades em relação ao rendimento no processamento de milho para a extração do amido. Os maiores valores estão relacionados com a porcentagem de endosperma presente no grão. A variedade Milho Paiol nº49 apresentou maior porcentagem de endosperma (86,97 %) com alto rendimento de extração de amido (39,87 %). Por outro lado, a variedade que obteve a menor quantidade de endosperma - Asteca nº60 (81,50 %) - resultou em um dos menores valores para rendimento na extração de amido (20,22 %).

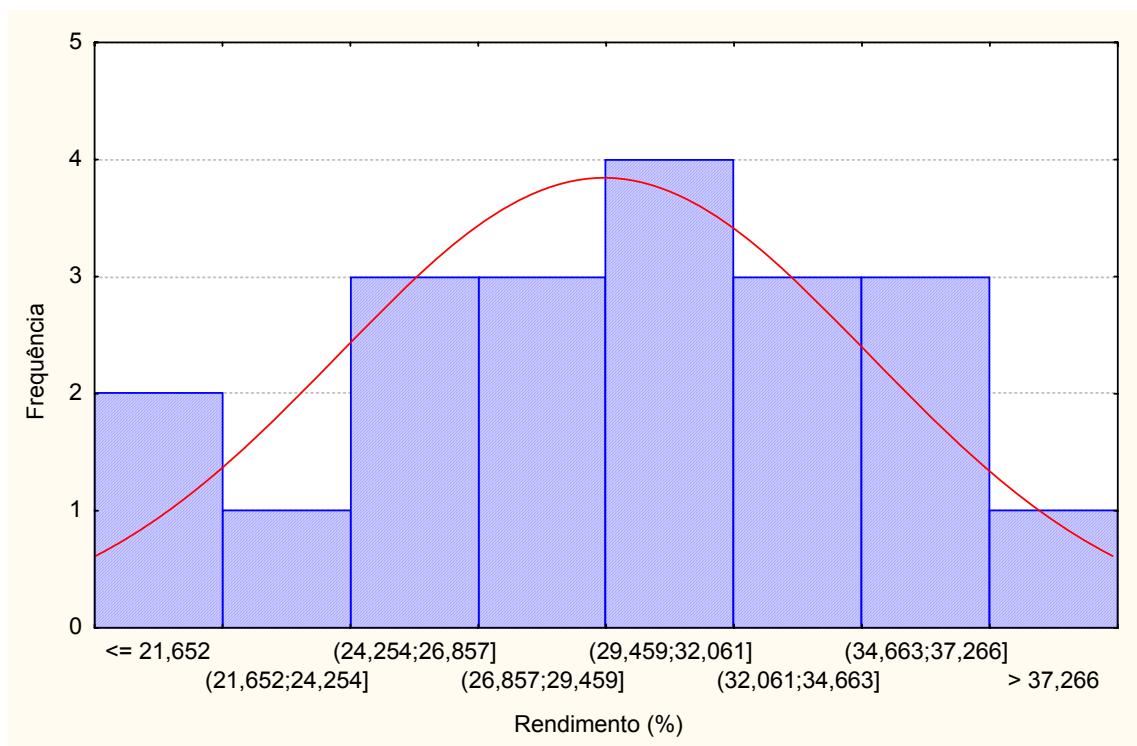


FIGURA 24 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos rendimentos de extração de amido.

5.4 Parâmetros analisados do amido extraído

5.4.1 Teor de proteína no amido

Na determinação de proteína dos amidos extraídos o valor médio encontrado foi de 1,0 %, com valores variando entre 0,52 % (Milho Palha Roxa nº 72) e 1,42 % (Milho Amarelo Antigo nº 71). O histograma da Figura 25 explica a distribuição dos valores referente à pureza do amido. Metade das variedades apresentou valores próximos da média (entre 0,77 e 1,02 %). O conteúdo de proteína no amido está diretamente relacionado com o rendimento do processo. A técnica utilizada para a extração do amido foi uma metodologia simples, que pode apresentar alterações ao longo do processo e dessa forma permite variações na quantidade de amido extraído.

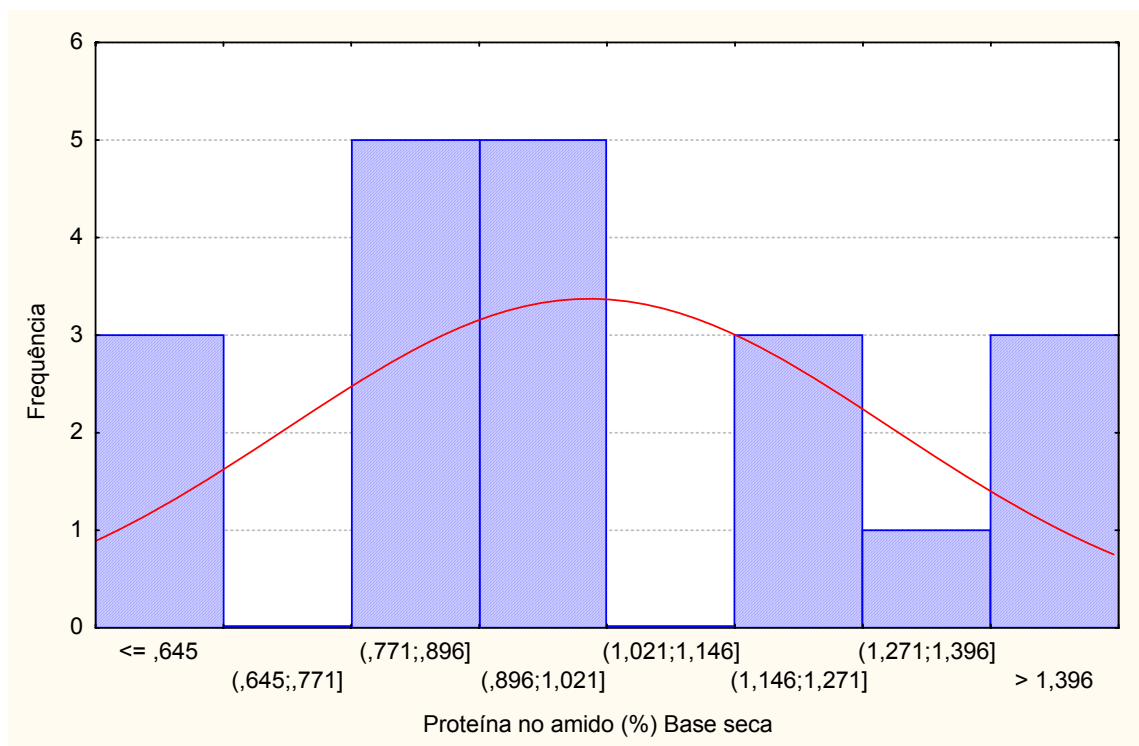


FIGURA 25 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos conteúdos de proteína no amido.

A quantidade de proteína encontrada no amido comercial geralmente é inferior a 0,4 %, embora isso dependa da origem do amido (APPELQVIST; DEBET, 1997). Ji; Seetharaman e White (2004) encontraram teores de proteína nos amidos extraídos em laboratório entre 2,82 e 3,65 %, o que explica o elevado rendimento de extração relatado pelos autores.

5.4.2 Teor de amilose aparente

O conteúdo de amilose aparente nas variedades de milho crioulo não diferiu significativamente pela análise de variância (Figura 26).

O valor médio obtido foi de 17,66 % com mínimo e máximo de 13,14 % (Milho Paiol nº 49) e 21,51 % (Milho Astequinha Sabugo Fino nº 70), respectivamente. Nesse caso, o conjunto dos dados poderia ser melhor

caracterizado pela mediana (16,91 %) que se localiza no intervalo de resultados (16,29 e 17,34 %) onde possui a maior frequência de variedades.

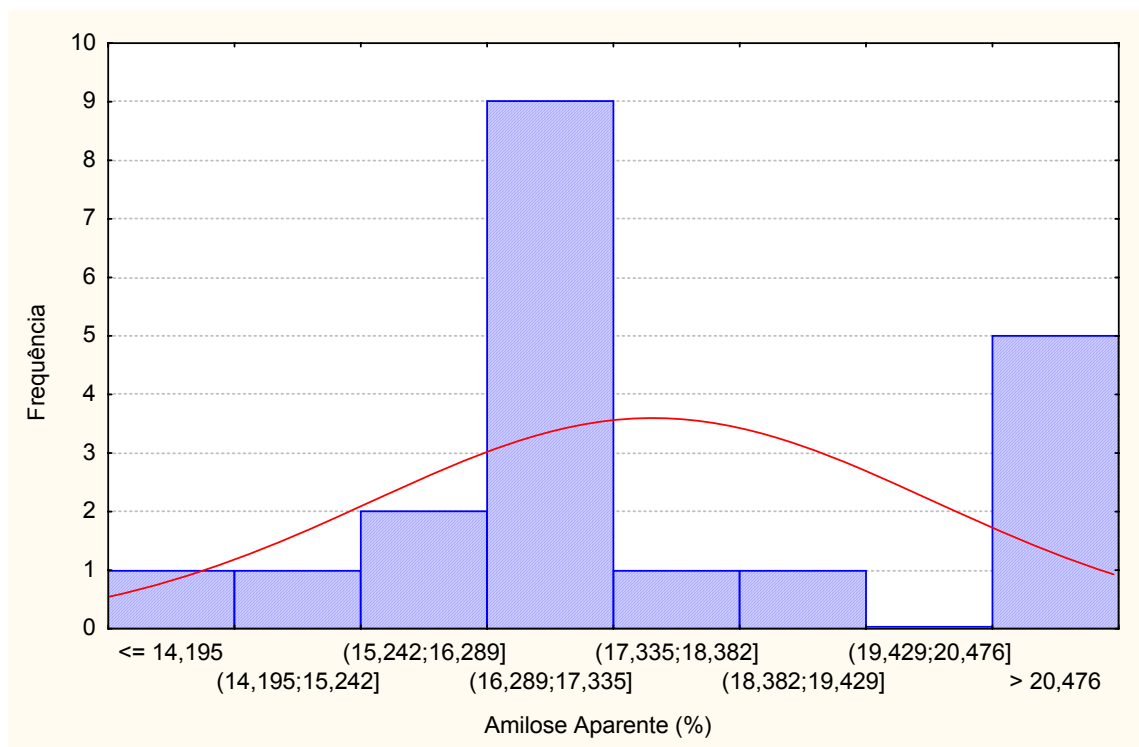


FIGURA 26 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos conteúdos de amilose aparente.

5.4.3 Teor de amilose total

A análise de variância identificou diferença significativa entre as variedades no teor de amilose total que variaram entre 19,10 % (Roxo Índio I nº 60) e 33,86 % (Milho Palha Roxa nº 72) com média de 25,59 % e mediana de 26,27%. A média inferior à mediana mostra que baixos valores de amilose total favorecem a queda da média. Nesse caso, é válido analisar os dados através da mediana a qual representa melhor o conjunto dos resultados. A classe com maior frequência foi o intervalo entre 24,87 % e 26,79 %, apresentando sete variedades do total das amostras.

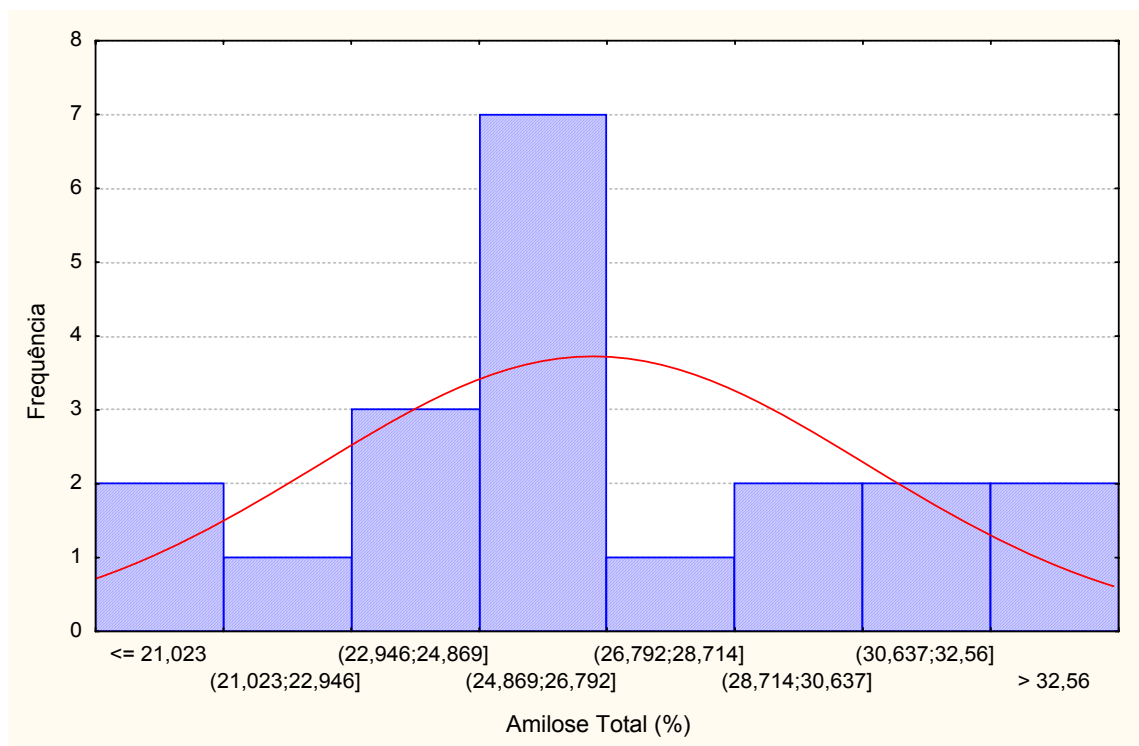


FIGURA 27 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação aos conteúdos de amilose total.

Robutti et al. (2000) afirmaram que o teor de amilose presente nas variedades de milho crioulo foram maiores que híbridos. O valor médio obtido foi 27,1%, variando entre 25,8 e 28,7%. Por outro lado, Seetharaman et al. (2001), determinaram teor médio inferior de 19,3 %.

5.4.4 Teor de amilopectina

O teor de amilopectina entre as variedades variou de 66,13 % (Milho Palha Roxa nº 72) a 80,90 % (Roxo Índio I nº 60). Conforme citou Jane et al. (1999) o comprimento das cadeiras de amilopectina e sua distribuição determinam a temperatura de gelatinização e propriedades da pasta. Han e Hamaker (2001) sugerem que a amilopectina pode influenciar grau de inchamento dos grânulos bem como na viscosidade da quebra.

5.4.5 Teor de amilose complexada com lipídios

O valor médio encontrado para esse parâmetro foi de 8,92 %, com teores que variaram entre 2,16 % e 13,59 %. Conforme cita Tang e Copeland (2007) alguns estudos têm se preocupado com a influência dos lipídios na formação do complexo com o amido, devido à sua capacidade de influenciar diretamente das propriedades da pasta.

5.4.6 Viscosidade aparente

As Figuras 28 a 33 mostram os histogramas de distribuição das variedades de milho crioulo em relação aos parâmetros do perfil viscoamilográfico.

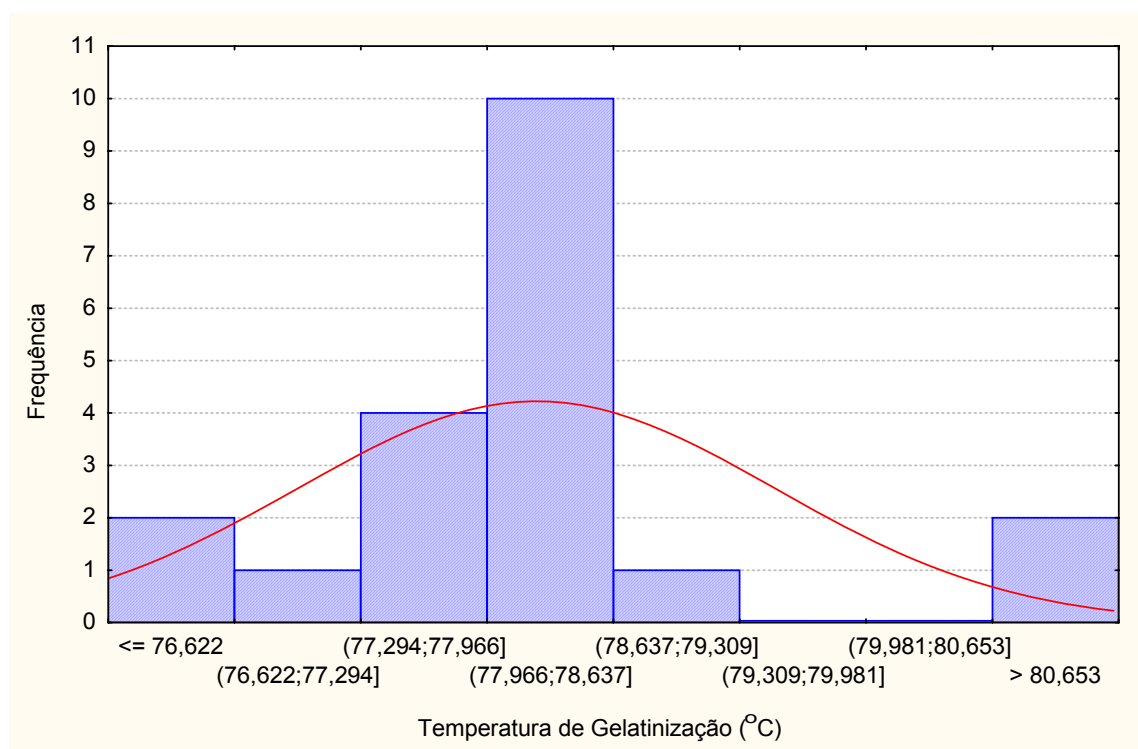


FIGURA 28 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação à temperatura de gelatinização.

Na temperatura de gelatinização (Figura 28), metade das variedades apresentou valores entre 77,9 e 78,6 °C, sendo que a mediana pertence a essa

classe (78,4 °C). Quatro variedades resultaram em valores extremos inferiores: 76,0 °C (Crioulo Pururuca nº38) e 75,9 °C (Milho Amarelo Antigo nº71 e valores superiores: 80,8 °C (Asteca nº60) e 81,3 °C (Milho Palha Branca nº69).

A Figura 29 corresponde ao histograma em relação ao pico de viscosidade. Nove variedades apresentaram o perfil de viscosidade entre 1760 e 1834 cP. O valor determinado para a mediana é 1757 cP enquanto que a média é 1694 cP. Essa diferença se deve às variedades que apresentaram valores extremos inferiores influenciando, dessa forma, o cálculo da média. Assim a mediana representa melhor a população existente nesse conjunto.

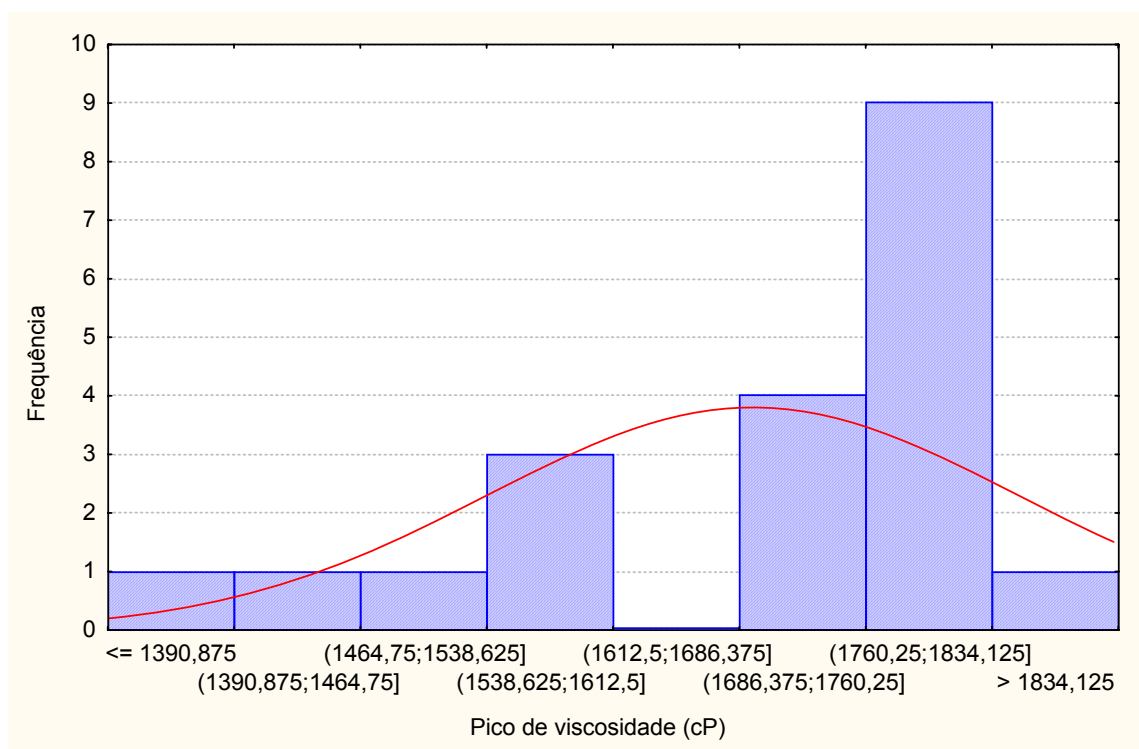


FIGURA 29 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação à viscosidade de pico.

Na Figura 30 o conjunto dos resultados da viscosidade da pasta quente são melhor caracterizados pelas classes com valores próximos a mediana

(1000 cP). Somam-se um total de dezesseis variedades que justificam com que a curva de distribuição normal tenha um discreto deslocamento para a esquerda.

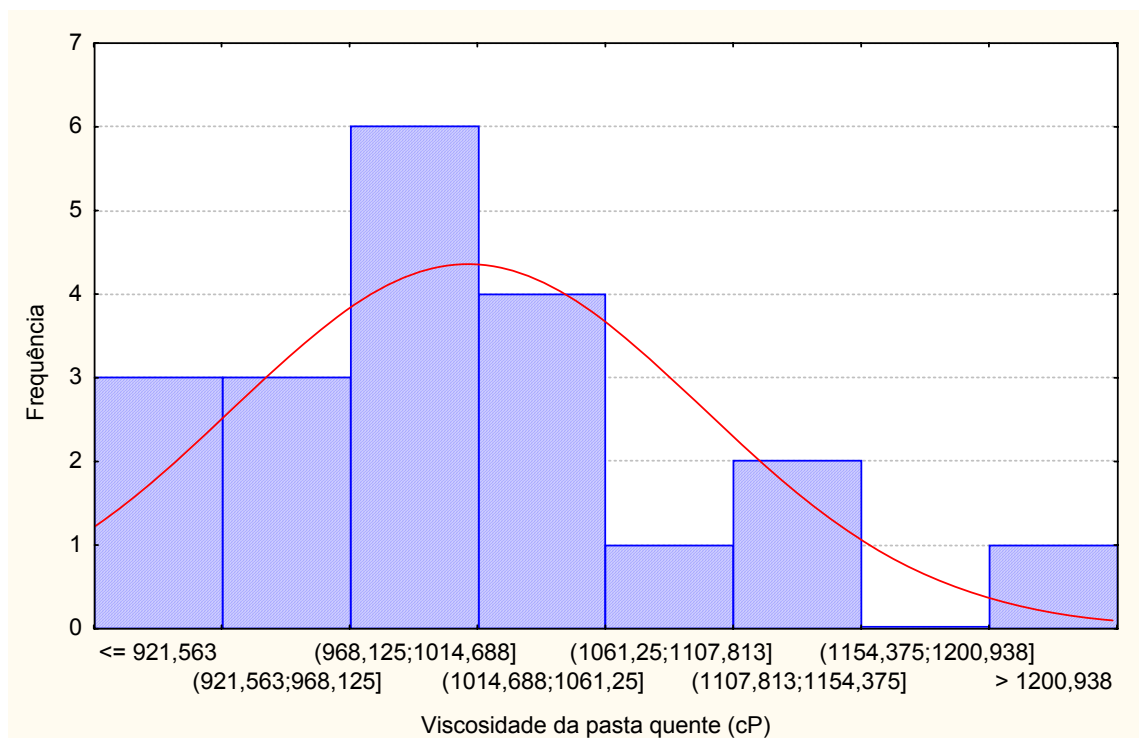


FIGURA 30 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação à viscosidade da pasta quente.

Por outro lado, a Figura 31 retrata o histograma das variedades em relação à viscosidade final onde se verifica a existência de simetria na curva de distribuição normal, devido à distribuição homogênea entre as classes analisadas. Os valores calculados para média e mediana foram de 1771 e 1774 cP, respectivamente.

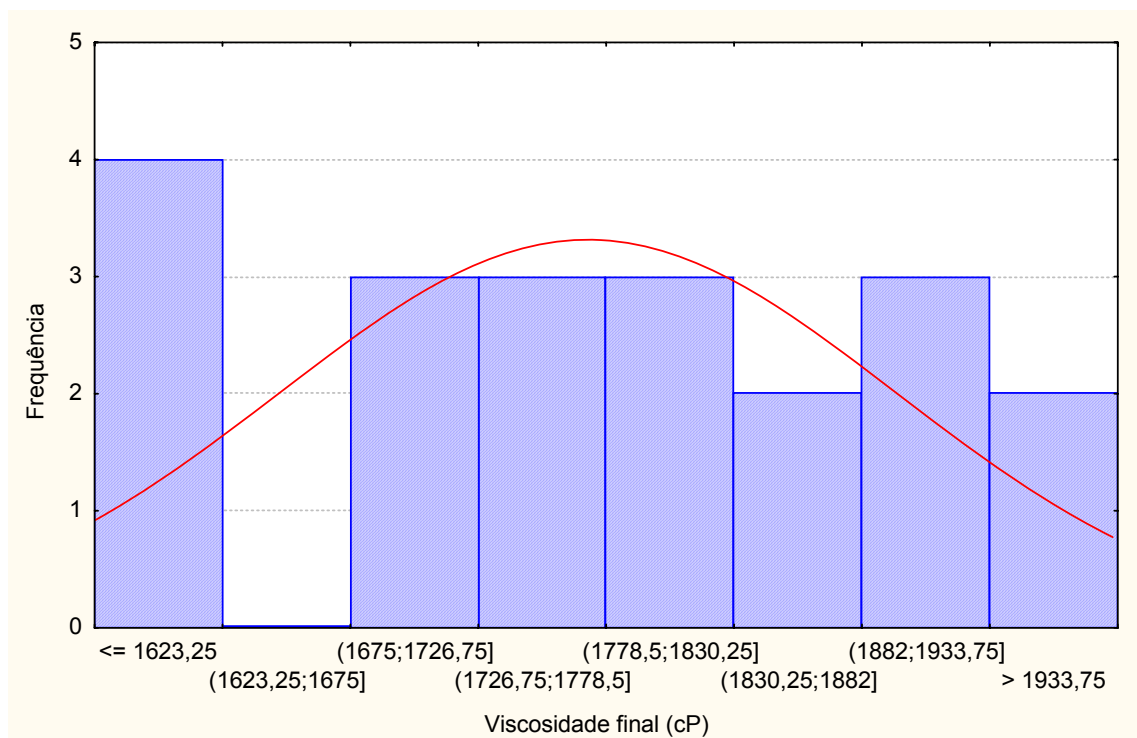


FIGURA 31 – Histograma de distribuição de amostras de milho crioulo (n=20) em relação à viscosidade final.

A análise de variância indica que as propriedades das pastas diferiram significativamente entre os amidos das variedades estudadas. Analisando as Figuras 32 a 51, observa-se que os perfis de viscosidade apresentam-se característico para amidos de milho. A viscosidade final é maior que o pico de viscosidade e há uma estabilidade ao cozimento. Comparando essas particularidades com amidos de mandioca, estes apresentam alto poder de expansão porque os grânulos sofrem grande inchamento quando aquecidos em água e as forças de manutenção se tornam frágeis frente a agitação mecânica. Dessa forma o perfil apresenta um elevado pico de viscosidade, seguido de uma acentuada queda durante o cozimento, revelando instabilidade ao cozimento (SCHOCH; MAYWALD, 1968; CEREDA et al., 2001). A variedade que apresentou maior valor para quebra foi a variedade Milho Pérola nº 65 (963 cP) sugerindo menor estabilidade frente ao aquecimento e/ou agitação.

Para algumas variedades o perfil de viscosidade foi distinto das demais, resultando na queda da viscosidade final tornando-a inferior à viscosidade máxima. Neste caso, destacam-se os materiais denominados: Milho Palha Roxa nº 72, Caiano nº 63, Milho Amarelo Antigo nº 71 e Crioulo Pururuca nº 38.

Nas variedades Amarelo Antigo nº 71 e Crioulo Pururuca nº 38 este fato pode ser justificado pelos baixos teores de amilose total (23,85 % e 21,91 %, respectivamente) os quais podem ser responsáveis por diminuir a viscosidade final das pastas, conforme citam na literatura Salgo e Juhász (2008). Blazek (2008) afirma que com o aumento na proporção de amilose, a viscosidade final do gel também aumenta porque existe uma maior quantidade de amilose livre para a formação de rede.

As variedades Milho Palha Roxa nº 72 e Caiano nº 63 indicaram elevado teor de amilose complexada com lipídios (13,18 % e 10,14 %, respectivamente), que tem uma influência direta na viscosidade. Conforme afirmam Nelles et al (2000), uma pequena quantidade de lipídios ou fosfolipídios presente no amido afeta as propriedades da pasta. Os grânulos dos amidos têm ácidos graxos livres intrínsecos e fosfolipídios em quantidade diretamente relacionados com a amilose, distribuídos assimetricamente através dos grânulos.

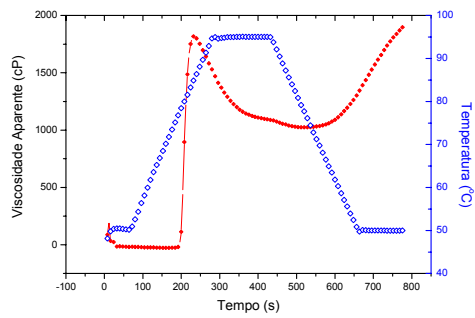


FIGURA 32 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Nutricional nº61 (p/p, base úmida)

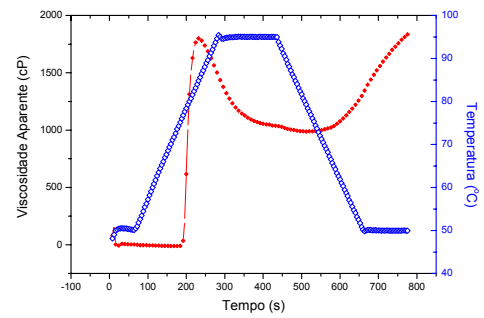


FIGURA 33 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Grande nº52 (p/p, base úmida).

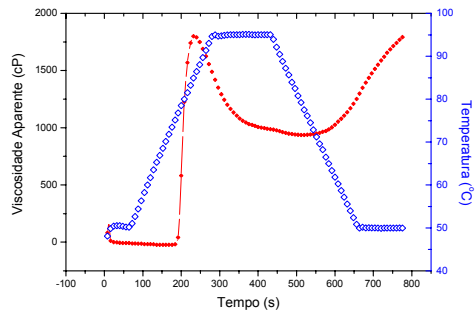


FIGURA 34 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Palha Roxa nº72 (p/p, base úmida)

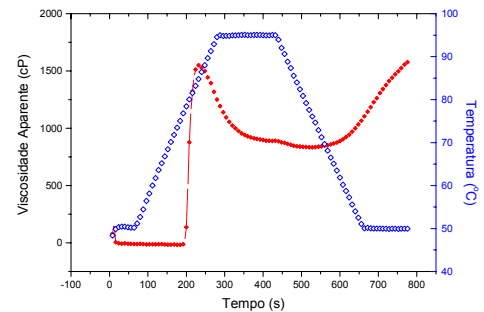


FIGURA 35 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Paiol nº49 (p/p, base úmida)

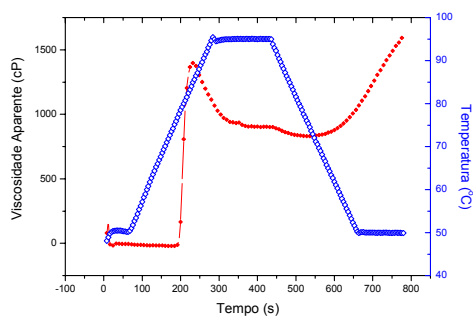


FIGURA 36 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Branco nº57 (p/p, base úmida)

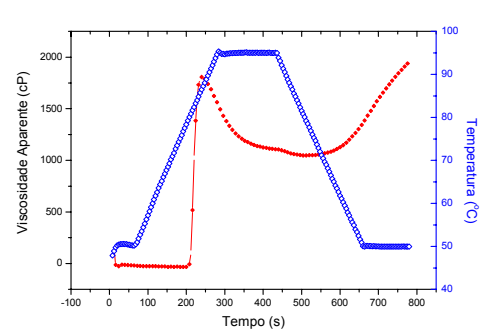


FIGURA 37 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Asteca nº60 (p/p, base úmida)

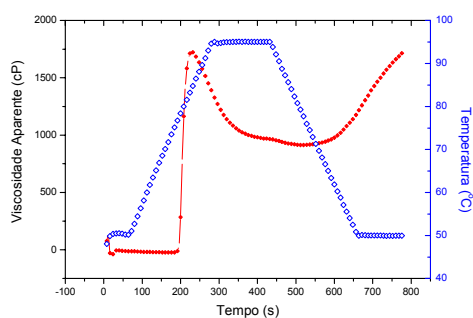


FIGURA 38 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Caiano nº 63 (p/p, base úmida)

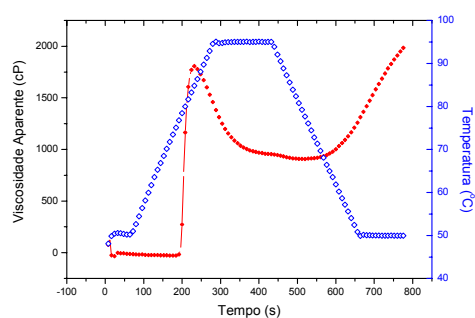


FIGURA 39 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Roxo Índio I nº 60 (p/p, base úmida)

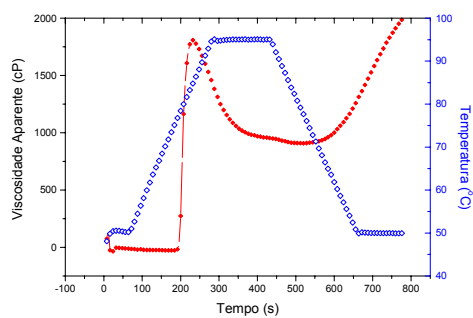


FIGURA 40 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Branco para Palha nº 69 (p/p, base úmida)

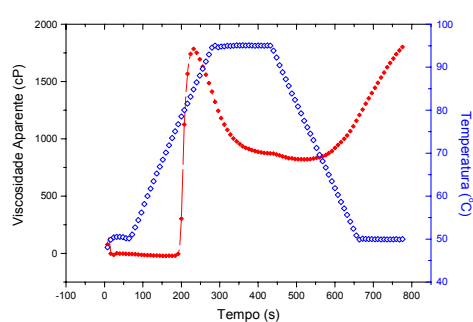


FIGURA 41 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Pérola nº 65 (p/p, base úmida)

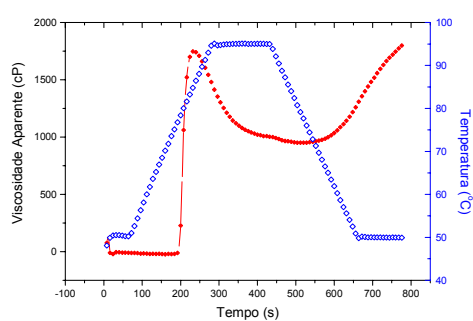


FIGURA 42 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Carioca nº 68 (p/p, base úmida)

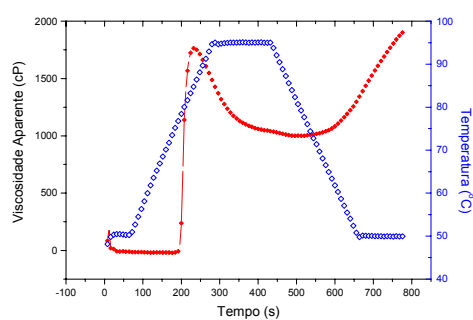


FIGURA 43 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Astequinha Sabugo Fino nº 70 (p/p, base úmida)

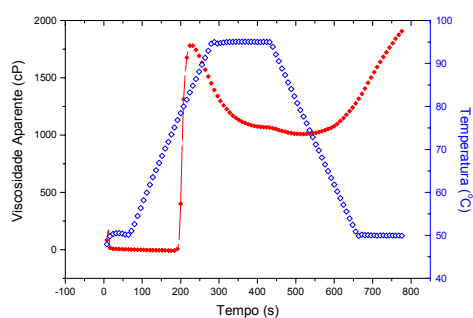


FIGURA 44 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Vinten nº 56 (p/p, base úmida)

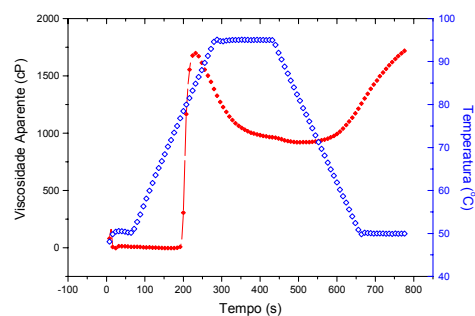


FIGURA 45 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Palha Roxa nº 64 (p/p, base úmida)

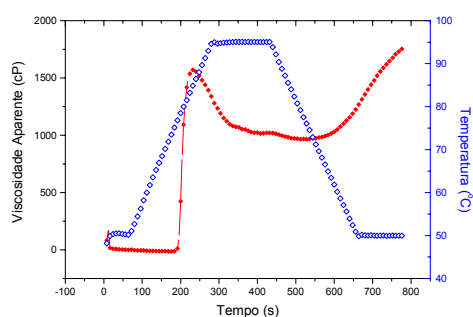


FIGURA 46– Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Encantilado nº 59 (p/p, base úmida)

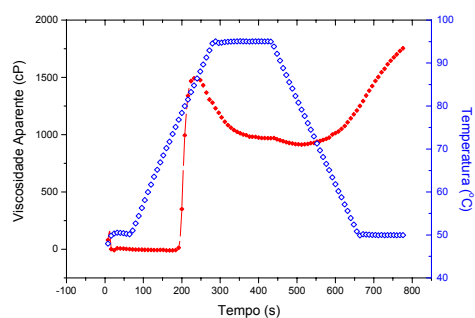


FIGURA 47– Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Branco nº 62 (p/p, base úmida)

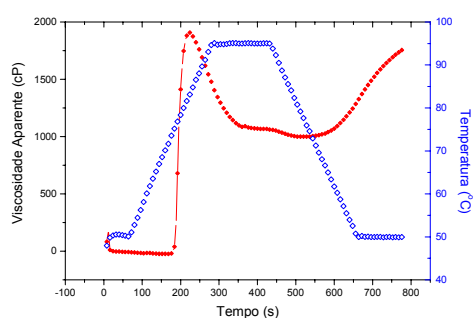


FIGURA 48 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Milho Amarelo Antigo nº 71 (p/p, base úmida)

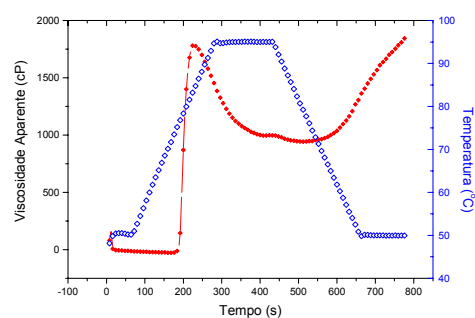


FIGURA 49 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Crioulo Oito Carreiras nº 41 (p/p, base úmida)

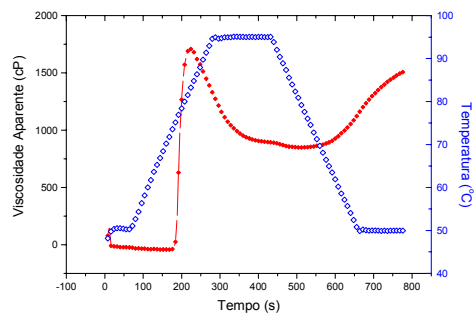


FIGURA 50 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Crioulo Pururuca nº 38 (p/p, base úmida).

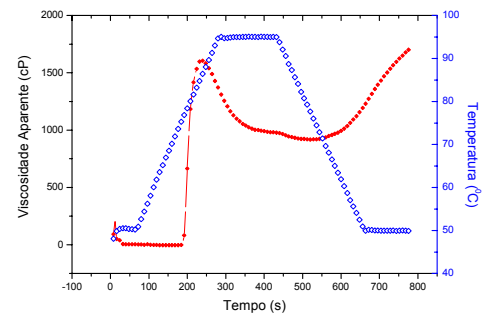


FIGURA 51 – Perfil da pasta do amido obtido da variedade Caiano Rajado nº 16 (p/p, base úmida)

5.5 Matriz de Correlação

A correlação significativa dos dados com níveis de significância para $P < 0,05$ estão destacados na Tabela 9.

O conteúdo de proteína apresentou uma correlação negativa com o teor de amido ($r = -0,66$). Chander et al. (2008), apontam que um alto grau de associação negativa entre teores de amido e proteína é frequentemente encontrado na literatura. O trabalho realizado por Fox et al. (1992) com híbridos de milho implicou em uma relação entre e proteína e amido negativa ($r = -0.63$; $P < 0,01$) indicando que as variedades com alto conteúdo de proteína apresentam menores teores de amido.

Neste trabalho o teor de dureza (índice de flotação) não se correlacionou significativamente com o teor de proteína. Porém vale mencionar que existe uma tendência de correlação negativa entre esses dois parâmetros ($r = -0,18$; $P > 0,05$). A literatura cita trabalhos realizados a fim de estabelecer relação entre o grau de compactação do endosperma, dureza e a quantidade de proteínas existente no grão. Narváez-González et al. (2006) descreveram uma diferença significativa entre a compactação e o teor de proteína ($r = 0,25$, $P < 0,05$). Explica-se isso devido a uma forte adesão entre os grânulos de amido e a ausência de espaços intergranulares que são do ponto de vista estrutural, os fatores que contribuem para a alta resistência física dos grãos de milho (GIBBON; WANG; LARKINS, 2003, GIBBON; LARKINS, 2005).

Pereira et al. (2008) observaram que os cultivares com endospermas duros e semi duros apresentaram corpos de proteínas abundantes e organizados, explicando, dessa forma, a compactação presente nesses grãos.

A análise de correlação revelou uma correlação positiva entre o teor de lipídios e a densidade real dos grãos ($r = 0,67$). A explicação para este resultado pode ser feita analisando o estudo em grãos de trigo realizado por Scott (1951) citado por Posner (1985), quando o autor afirma que a densidade do gérmen ($1,34 \text{ g cm}^{-3}$) apresenta-se semelhante a densidade do grão inteiro ($1,36 \text{ g cm}^{-3}$). O gérmen, além dos lipídios, possui elevadas concentrações de proteína e de açúcares, o que explica os resultados citados por Posner (1985). Além disso, as variedades de milho estudadas neste trabalho apresentam elevadas porcentagens de gérmen (entre 7 % e 12 %).

Como esperado, o teor de lipídios e a porcentagem de gérmen correlacionaram-se positivamente ($r = 0,51$).

Os valores obtidos para fibra alimentar não foram correlacionados significativamente com nenhum outro parâmetro. Porém é interessante observar o valor ($r = -0,37$; $P > 0,05$) para a correlação entre fibra alimentar e peso de 1000 grãos. O resultado do peso de 1000 grãos é uma maneira direta para a determinação do tamanho dos grãos. Amostras que apresentam elevado peso de 1000 grãos revelam grãos grandes, implicando em baixa porcentagem de fibra.

Uma correlação negativa significativa foi obtida entre a densidade real e o índice de flotação ($r = -0,74$). Salinas; Bustos e Gómez (1992) afirmam ter obtido essa correlação ($r = -0,94$; $P < 0,05$).

TABELA 9 – Coeficiente de correlação entre parâmetros químicos, físicos e do amido extraído das 20 variedades de milho crioulo cultivados na Região dos Campos Gerais

	UMI	CIN	PROT	EX_ET	AMID	FIB_AL	PMG	DENS_RE	IF	COR	GRO	INTERM	FIN	%PER	%GER	%END	REND	PROT_AMI	AMI_AP	AMI_TO	AMIL_LIP	AMILOPEC	TEMP_GEL	PICO_VIS	VISC_95	VISC_FIN	QBA	RETROG
UMI	1,00																											
CIN	ns	1,00																										
PROT	-0,45	ns	1,00																									
EX_ET	ns	ns	ns	1,00																								
AMID	ns	ns	-0,66	ns	1,00																							
FIB_AL	ns	ns	ns	ns	ns	1,00																						
PMG	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00																					
DENS_RE	ns	ns	ns	0,67	ns	ns	ns	1,00																				
IF	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,74	1,00																			
COR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00																		
GRO	0,46	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00																	
INTERM	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,93	1,00																
FIN	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00															
%PER	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00														
%GER	ns	ns	ns	0,51	-0,46	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00													
%END	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,55	-0,85	1,00												
REND	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,49	0,50	1,00											
PROT_AMI	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00										
AMI_AP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,52	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00									
AMI_TO	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,48	ns	ns	ns	0,59	1,00								
AMIL_LIP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,65	0,51	ns	ns	ns	0,83	1,00							
AMILOPEC	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,48	ns	ns	ns	-0,59	-1,00	-0,83	1,00						
TEMP_GEL	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00						
PICO_VIS	ns	ns	ns	0,54	ns	ns	ns	0,50	-0,48	-0,52	ns	ns	0,50	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00				
VISC_95	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00			
VISC_FIN	ns	ns	ns	0,54	ns	ns	ns	0,56	-0,51	ns	ns	ns	0,50	ns	0,60	-0,47	-0,53	ns	ns	ns	-0,45	ns	ns	0,70	ns	1,00		
QBA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,48	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,49	0,90	ns	0,49	1,00		
RETROG	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,60	ns	-0,46	ns	ns	0,46	ns	ns	ns	-0,46	ns	ns	ns	-0,46	ns	ns	0,56	ns	0,86	0,55	1,00

UMI: Umidade; CIN: Cinzas; PROT: Proteína; EX_ET: Extrato Etéreo; AMID: Amido; FIB_AL: Fibra Alimentar; PMG: Peso de 1000 grãos; DENS_RE: Densidade real; IF: Índice de Flotação; COR: Cor do grão; GRO: Partículas grossas; INTERM: Partículas intermediárias, FIN: Partículas Finas; %PER: Pericarpo; %GER: Gérmen; END: Endosperma; REND: Rendimento; PROT_AMI: Proteína do amido extraído; AMI_AP: Amilose aparente; AMI_TO: Amilose Total; AMIL_LIP: Amilose complexada com lipídios; AMILOPEC: Amilopectina; TEMP_GEL: Temperatura de gelatinização; PICO_VISC: Pico de viscosidade; VISC_95: Viscosidade da pasta a 95°C; VISC_FIN: Viscosidade Final; QBA: Quebra e RETROG: Retrogradação do amido.

No perfil granulométrico determinado pela porcentagem de partículas grossas, intermediárias e finas a matriz de correlação indicou valor negativo e significativo entre as partículas grossas e intermediárias ($r = -0,93$). A classificação dos grãos permite um maior entendimento dessa relação. Os grãos com endospermas duros apresentam maior porcentagem de partículas retidas nas peneiras grossas (850 μm e 600 μm) (Milho Pérola nº 65) e os grãos classificados como intermediários possuem maior porcentagem de partículas intermediárias (250 μm e 180 μm) (Milho Grande nº 52). Dessa forma, esperava-se determinar uma correlação significativa entre a dureza e a distribuição dos tamanhos das partículas. Porém a matriz de correlação não identificou a correlação. Philippeau; Monredon e Michalet-Doreau (1999) obtiveram resultados semelhantes quando determinaram o teor de dureza através da energia de moagem e compararam com a distribuição dos tamanhos dos grãos. A análise de correlação descreveu valores interessantes na relação da distribuição das partículas dos grãos e a dureza do endosperma. As correlações entre partículas grossas e índice de flotação ($r = -0,18$; $P > 0,05$) e partículas grossas e densidade real ($r = 0,24$; $P > 0,05$), permite concluir que o menor o índice de flotação e a maior densidade real (maior dureza do endosperma), oferecem elevado percentual de partículas grossas retidas. Uma porcentagem superior de partículas intermediárias corresponde a um elevado índice de flotação ($r = 0,36$; $P > 0,05$) e baixa densidade real ($r = -0,44$; $P > 0,05$) caracterizando a dureza dos grãos como intermediária.

No processamento dos grãos de milho para a obtenção de amido a análise de correlação confirmou resultados esperados entre as porcentagens de gérmen e endosperma, endosperma e pericarpo que se mostraram inversamente correlacionados, sendo $r = -0,85$ e $r = -0,55$, respectivamente. Em estudo realizado

por Narváez-González et al. (2006), os autores também identificaram valor negativo ($r = -0,68$; $P < 0,0001$) para a correlação entre endosperma e pericarpo.

O rendimento do processo e a porcentagem de endosperma apresentaram correlação significativa ($r = 0,50$), permitindo afirmar que as variedades que contém elevado quantidade de endosperma terão maior rendimento no processo de extração do amido. A matriz revelou ainda que uma elevada porcentagem de gérmen existente nos grãos ocasiona um menor rendimento do amido recuperado ($r = -0,49$), uma vez que a porcentagem de endosperma e gérmen são inversamente correlacionadas.

O teor de proteína do amido extraído não foi correlacionado com nenhum outro parâmetro para o nível de significância 5 %. Fox et al. (1992) em estudo com híbridos de milho, determinaram uma correlação positiva ($r = 0,43$; $P < 0,05$) entre a densidade absoluta e a quantidade de proteína do amido extraído, concluindo que a dureza do endosperma influencia no processo de moagem dificultando a separação dos componentes.

Alguns autores (ROBUTTI et al., 2000; DOMBRINK-KURTZMAN; KNUTSON, 1997) declaram ter relacionado a dureza e o teor de amilose aparente de maneira significativa. Ainda, conforme Dombrink-Kurtzman e Knutson (1997) existe correlação, embora pequena, entre o conteúdo de amilose e os tipos de endosperma, sendo que o endosperma mais duro apresenta maior porcentagem de amilose. Nesse trabalho, houve correlação significativa ($r = -0,52$) entre amilose aparente e o índice de flotação.

As características avaliadas no perfil de viscosidade dos amidos foram influenciadas por alguns parâmetros analisados. A diferença nos valores do índice de flotação alterou de maneira inversa o pico de viscosidade ($r = -0,48$) e a

viscosidade final da pasta ($r = -0,51$). Variedades com baixo índice de flotação – classificados nesse trabalho como duros – (SALINAS, BUSTOS e GÓMEZ, 1992), apresentaram maiores valores médios de viscosidade final (1799 cP), quebra (772 cP) e viscosidade do pico (1719 cP). Seetharaman et al. (2001) quando compararam as propriedades das pastas de amidos de diferentes tipos de endosperma concluíram que, somente os endospermas farináceos foram significativamente diferentes dos outros tipos de endospermas. Os amidos de milho com endospermas farináceos apresentaram maiores temperaturas de gelatinização e menores médias de pico de viscosidade, viscosidade final, quebra e retrogradação. Desta forma, é esperado que grãos mais duros apresentem valores médios maiores para a viscosidade do pico, viscosidade final, quebra e retrogradação. Os valores de densidade real confirmam essa afirmação através de uma correlação positiva significativa entre a densidade real e o pico de viscosidade ($r = 0,50$), viscosidade final ($r = 0,56$), quebra ($r = 0,48$) e retrogradação ($r = 0,60$). Na literatura, Almeida-Domingues; Suhendro e Rooney (1997) mencionam que partículas do endosperma duro do milho exigem mais tempo para a hidratação e gelatinização do amido para formar a viscosidade.

Em função do conteúdo de amilose aparente não ter apresentado valores que diferissem significativamente, não foi possível observar correlação significativa com os parâmetros analisados no viscoamilógrafo. Muito embora isso não tenha ocorrido, é interessante observar a relação positiva existente entre o conteúdo de amilose aparente e retrogradação ($r = 0,16$) e a concentração de amilose aparente e viscosidade final ($r = 0,11$). Esses valores ocorrem provavelmente pela concentração de amilose existente nos amidos que permite com que ocorra a reassociação intermolecular aumentando, a viscosidade final e conseqüentemente, a

retrogradação (HOOVER, SOSULSKI, 1991). Sasaki, Yasui e Matsuki (2000) relataram uma correlação positiva entre a viscosidade final e o teor de amilose no trigo. Salgo e Juhász (2008) observaram que a viscosidade final nas propriedades da pasta de amidos de milho revelou-se alta e diminuiu com a adição de amilose e amilopectina, indicando que esse parâmetro é muito sensível às interações no amido. Blazek (2008) identificou relação positiva entre amilose e viscosidade final em amidos de trigo. Hu et al. (2004) mostraram que a viscosidade final aumentou ligeiramente com o aumento da quantidade de amilose no arroz.

A matriz de correlação identificou que o teor de amilose complexada com lipídios pode influenciar negativamente a viscosidade final ($r = -0,45$) e a retrogradação ($r = -0,46$). Esse fato é muito discutido na literatura onde Ribeiro e Seravalli (2004) afirmaram que os lipídios afetam a retrogradação uma vez que formam complexos com a amilose helicoidal e resistem à entrada de água no grânulo, mas por outro lado amenizam a retrogradação dificultando a saída da água. Jane et al. (1999), mencionaram que a diminuição do pico de viscosidade é decorrente do aumento/complexação no teor de amilose com lipídios e fosfolipídios.

Wickramasinghe et al. (2009), quando determinaram propriedades dos amidos de raízes e tuberosas, observaram a influência do inchamento dos grânulos com o pico de viscosidade e a quebra. Os autores correlacionaram positivamente quebra com o inchamento dos grânulos e o pico de viscosidade, onde os grânulos maiores incharam mais e a viscosidade da suspensão aumentou durante o aquecimento. Porém a viscosidade reduziu drasticamente durante com o aquecimento excessivo. Os amidos provenientes dos milhos crioulos analisados nesta pesquisa também apresentaram correlação positiva entre o pico de

viscosidade e a quebra ($r = 0,90$), semelhante à correlação obtida por Hou et al. (2008) ($r = 0,89$; $P < 0,01$).

Outros valores são significativos, como o pico viscosidade e a viscosidade final ($r = 0,70$). Essa correlação é esperada porque estes pontos do gráfico estão relacionados, ou seja, a viscosidade aparente é proporcionalmente maior nos diferentes pontos do viscoamilograma.

O pico de viscosidade e a retrogradação se correlacionaram positivamente ($r = 0,56$) devido o inchamento dos grânulos causar liberação de amilose, o que favorece a retrogradação.

Análise de correlação apresentou valores significativos para quebra e retrogradação ($r = 0,55$) e quebra e viscosidade final ($r = 0,49$). A quebra indica que ocorreu a ruptura dos grânulos com a liberação de amilose. Elevados teores de amilose tornam-se disponíveis para se reassociar aumentando a viscosidade final e consequentemente a retrogradação.

A retrogradação é o processo que ocorre quando as partículas começam a se reassociar devido à redução da temperatura durante o resfriamento do gel. Como consequência deste fenômeno ocorre a redução do volume, aumento na firmeza do gel e a sinérese (expulsão da água existente entre as moléculas) (Ribeiro; Seravalli, 2004). Dessa forma, é compreensível a correlação positiva obtida entre a viscosidade final e a retrogradação ($r = 0,86$).

A temperatura de gelatinização e a quebra apresentaram correlação negativa ($r = -0,49$). Isso pode ser justificado pela necessidade energética para a completa gelatinização. Quanto maior a temperatura de gelatinização, mais difícil e limitado torna-se o inchamento dos grânulos de amido, com isso a quebra é menor,

nas condições de análise empregadas, com um tempo curto de análise (cerca de 13 minutos).

Embora alguns parâmetros não tenham sido relacionados, uma análise de correlação das propriedades físico-químicas dos grãos juntamente com as propriedades térmicas e com as propriedades da pasta dos amidos, fornece valiosas percepções dos mecanismos, contribuindo para as propriedades funcionais dos amidos e permitindo aplicações em potencial.

5.6 Análise dos componentes principais (PCA)

Análise dos componentes principais (PCA) foi desenvolvida para explorar a variabilidade das amostras considerando as características físico-químicas e propriedades físicas dos grãos de milhos crioulos, bem como o teor de amilose e o perfil viscoamilográfico dos amidos extraídos. Para uma análise inicial foram utilizadas todas as variáveis para se verificar a explicação dos modelos para todas as variedades. Foram utilizados dez fatores que explicaram 92,29% dos dados. Os dois primeiros componentes principais (PC) explicaram 36,06% (sendo 22,42% do PC1 e 13,66% do PC2) do total da variabilidade contabilizada pelos dados originais. Porém, a fim de melhorar a explicação do modelo, as variáveis que apresentaram pequena influência nos dados foram eliminadas, como: umidade, peso de 1000 grãos, cor, amilose total, porcentagem de partículas finas e retrogradação. Nessa nova etapa foram utilizados dez fatores que explicaram 96,22% dos dados. Os dois primeiros componentes principais explicaram 41,52% (sendo 25,58% do PC1 e 16,84% do PC2) do total da variabilidade contabilizada pelos dados originais. Os grupos formados foram mantidos mesmo com a exclusão das variáveis.

O PC1 no lado positivo (Figura 54) está associado com a percentagem de gérmem, extrato etéreo, densidade real, proteína, partículas intermediárias, quebra, viscosidades de pico, viscosidade da pasta quente, viscosidade final e temperatura de gelatinização. Associados ao lado negativo do PC1 estão a amido, cinzas, fibra alimentar, percentagem do endosperma, percentagem do pericarpo, rendimento e índice de flotação.

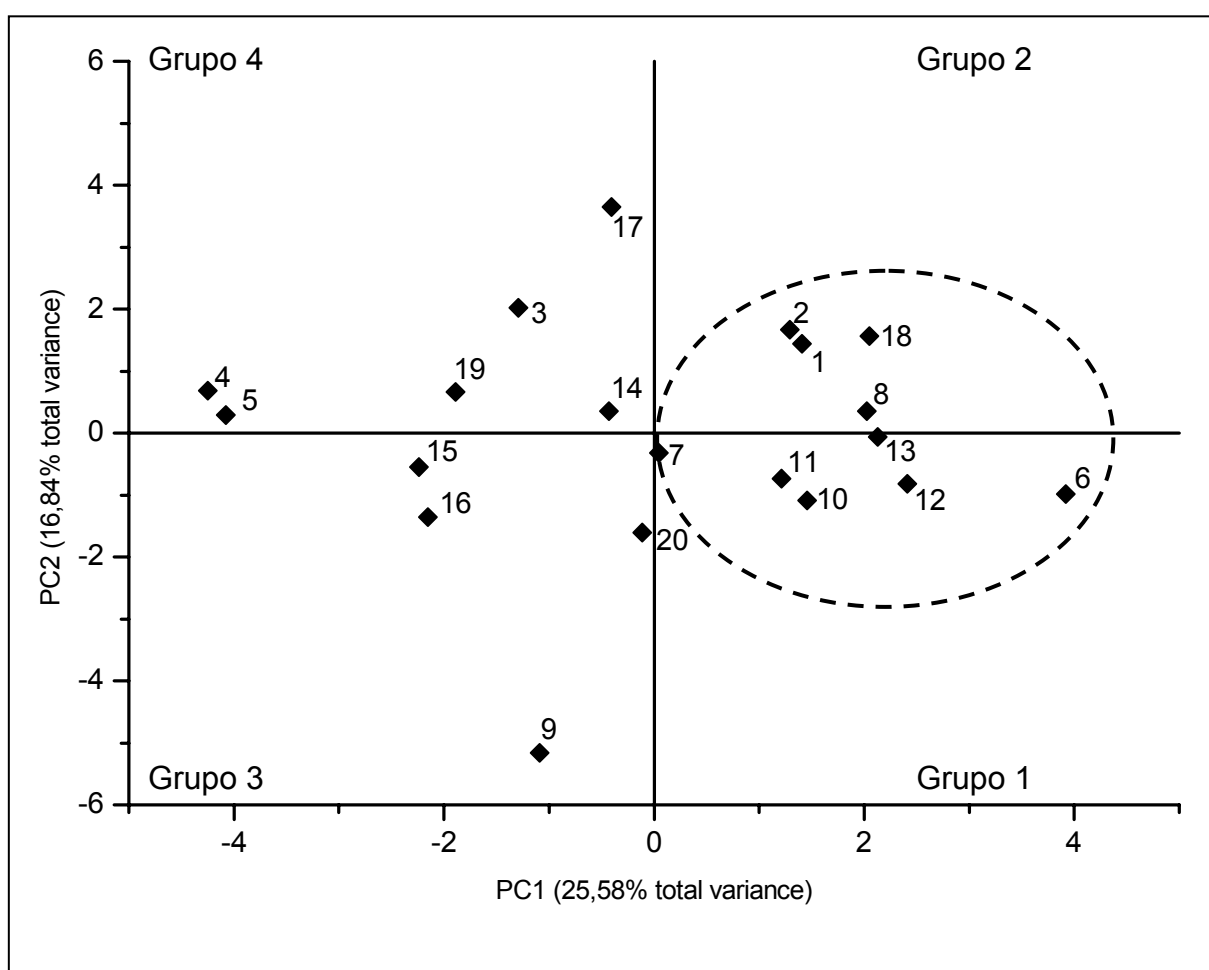


FIGURA 52 – Grupos das variedades crioulas de acordo com as características físico-químicas e propriedades físicas dos grãos de milho crioulo, bem como o teor de amilose e o perfil viscoamilográfico dos amidos extraídos.

Esse componente pode ser considerado uma dimensão da densidade e dureza do endosperma, uma vez que as variedades com maiores valores de densidade e menores valores de índice de flotação localizam-se no lado

positivo do componente. E as variedades menos densas, logo, com maior índice de flotação estão posicionadas no lado negativo do PC1.

Por outro lado o PC2 foi caracterizado pelo contraste entre a distribuição do tamanho das partículas grossas e intermediárias. Os grãos que depois da moagem apresentaram alta porcentagem de partículas retidas nas peneiras grossas encontram-se no lado negativo do PC2 e as amostras com maior quantidade de partículas intermediárias localizam-se no lado positivo do PC2. Como consequência, essas duas variáveis permitem uma separação entre diferentes tipos de dureza do endosperma dos grãos de milho e as variedades que contêm maior quantidade de partículas grossas são classificadas como duras. Dessa forma, a interação entre índice de flotação, densidade real, partículas grossas e partículas intermediárias são responsáveis pela separação das variedades em quatro grupos principais (Figura 54) identificados com números de 1 a 4 em ordem decrescente da dureza do endosperma. O grupo 1 é classificado como grãos com endospermas de dureza baixa-intermediária, pois apresentaram maior índice de flotação, menor densidade e alta porcentagem de partículas intermediárias. O grupo 4, por outro lado, incluem os grãos que possuem o maior valor de densidade, menor índice de flotação e elevada porcentagem de partículas retidas nas peneiras grossas sendo classificados como duros.

Outro grupo mostrado na Figura 54 inclui os grãos que apresentam elevada porcentagem de gérmen/extrato etéreo no lado positivo do PC1. Isso explica a correlação existente entre densidade real e extrato etéreo na matriz de correlação ($r=0,67$; $P < 0,05$). Em relação aos teores de amido, esse mesmo grupo localiza-se no lado positivo do PC1, as quais pertencem às variedades que apresentaram maior viscosidade final e pico de viscosidade. Nesse caso, a dureza

do endosperma também pode estar relacionada uma vez que os grãos que apresentam endospermas duros podem sofrer maior dano na extração do amido. Assim a água penetra com maior facilidade nos grânulos danificados favorecendo a formação da viscosidade do pico. Em consequência desse processo, a amilose é lixiviada do grânulo o que permite o aumento na viscosidade final.

Uma nova análise de componentes principais foi elaborada relacionando as principais análises físico-químicas (proteína, fibra alimentar, extrato etéreo e amido) e as frações morfológicas (endosperma, pericarpo e gérmen) das variedades do milho. Foram utilizados seis componentes principais que explicaram 100% do total da variabilidade do conjunto. Os dois primeiros componentes principais (PC) explicaram 64,78% (sendo 39,03 % do PC1 e 25,75 % do PC2) do total da variabilidade contabilizada pelos dados originais. Na Figura 55 os resultados mostram claramente que no endosperma está localizada a maior parte do amido, no pericarpo a fração fibra e no gérmen, lipídios e proteína. Essa análise permite a identificação de dois grupos principais dos grãos estudados (Figura 56). O primeiro grupo compreende as amostras que apresentam maior quantidade de endosperma e amido que estão localizadas no lado negativo do PC1(variedades nomeadas como 3 e 4). E o segundo grupo está caracterizado por grãos de milho (populações marcadas como 2, 6, 12 e 18) com alta porcentagem de gérmen e consequentemente mais proteína e extrato etéreo. A variedade 16 obteve manteve-se entre os grupos de amido e fibra alimentar devido sua composição química intermediária. As amostras com maiores níveis de fibra alimentar estão localizadas no centro do gráfico. A variedade 20 caracteriza-se por apresentar maior quantidade de pericarpo por isso encontra-se isolada na parte superior do gráfico (região característica do pericarpo). As demais amostras 8, 11 e 13 situaram-se entre os

grupos de fibra alimentar e extrato etéreo/proteína/ gérmen por apresentar valores intermediários em suas composições físico-químicas.

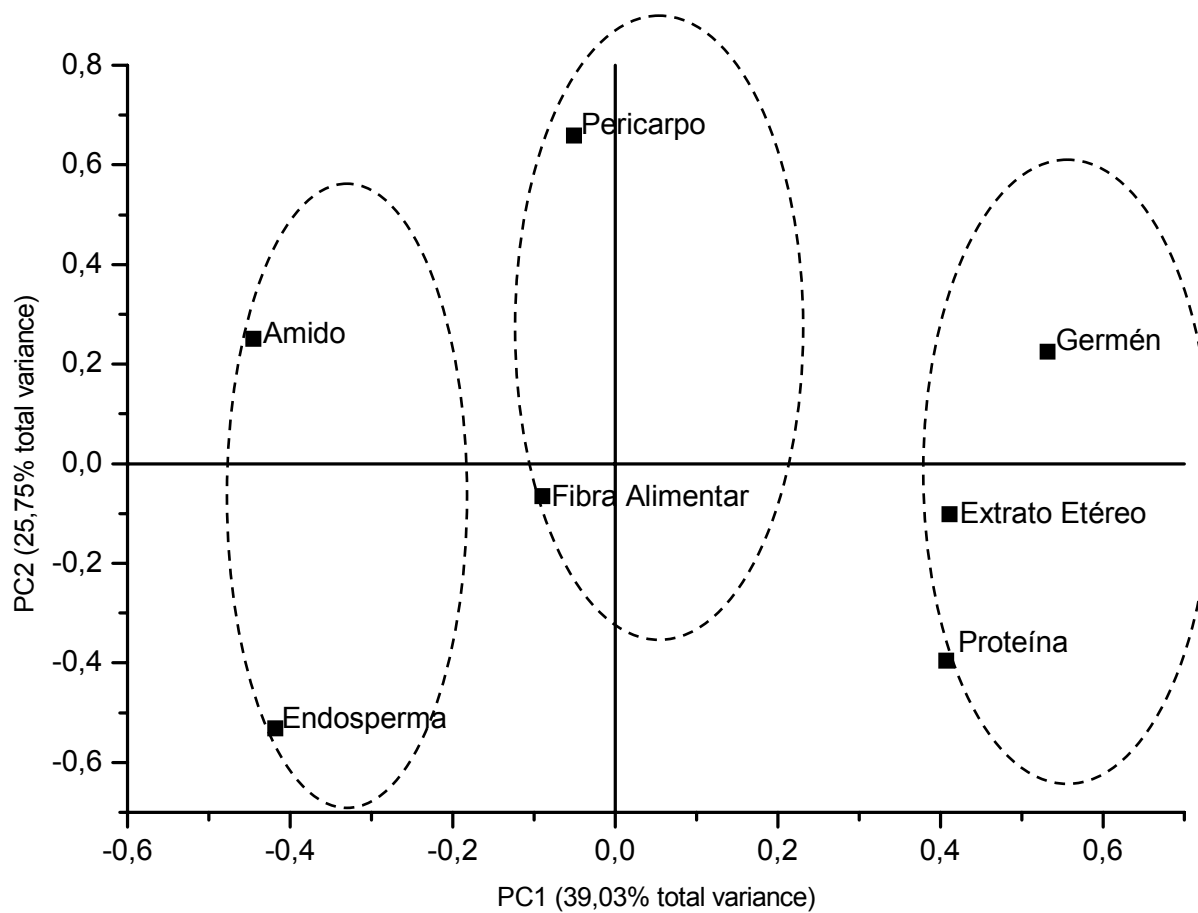


FIGURA 53 – Grupos das variáveis analisadas relacionadas aos componentes morfológicos dos grãos.

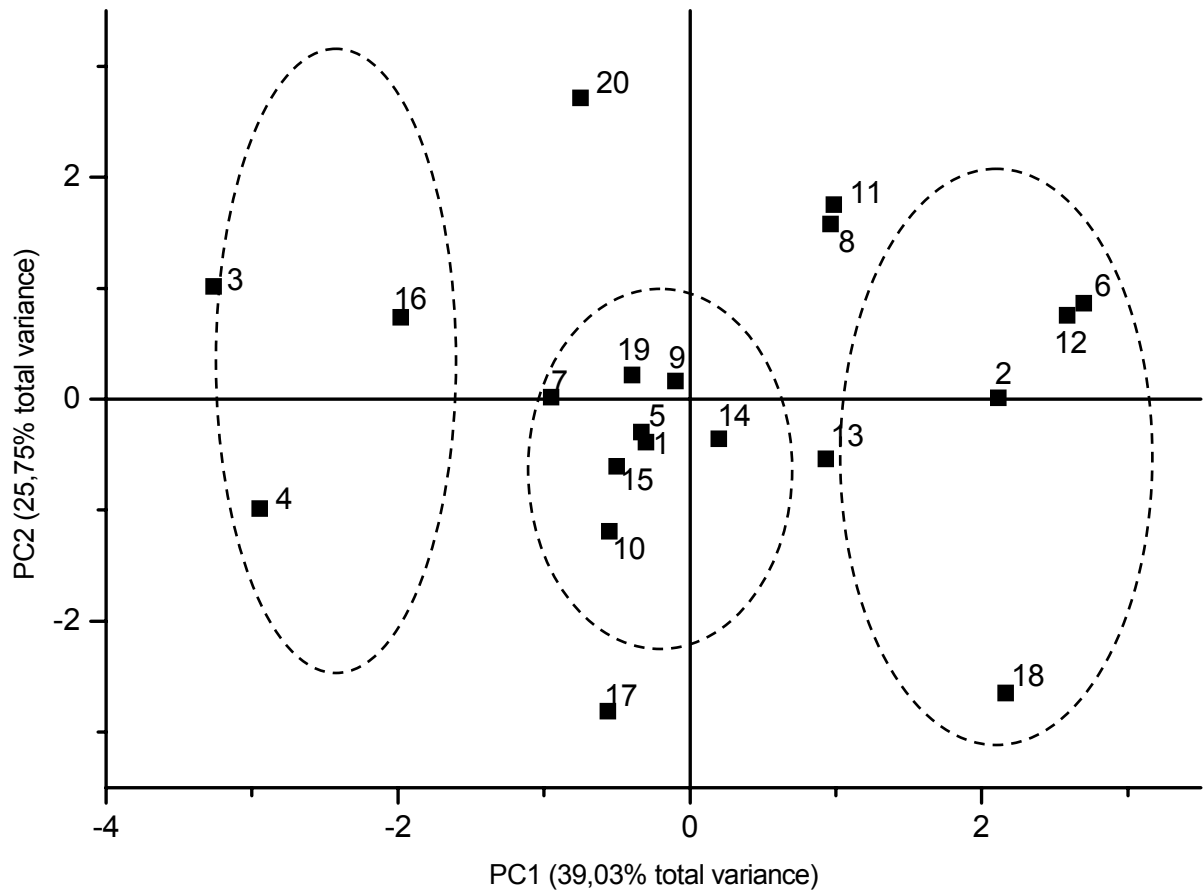


FIGURA 54 – Grupos das variedades crioulas de acordo com as principais características físico-químicas e as frações morfológicas dos grãos.

6 CONCLUSÃO

A análise de variância identificou diferença significativa entre as variedades estudadas para os teores de proteína, extrato etéreo, fibra alimentar, amido, peso de 1000 grãos, índice de flotação, cor, granulometria (partículas grossas e intermediárias), teores de amilose total, pico de viscosidade, viscosidade final, viscosidade da pasta quente, temperatura de gelatinização, quebra e retrogradação.

O processamento dos grãos de milho para a extração do amido em laboratório resultou em valores de rendimento entre 19,05 e 39,87 %, onde as variedades com elevada porcentagem de endosperma, apresentaram maior quantidade de amido extraído. Dessa forma, a análise de correlação identificou um valor positivo entre a porcentagem de endosperma presente nos grãos e o rendimento do processo ($r= 0,50$).

Para algumas variedades o perfil de viscosidade foi distinto das demais, apresentando viscosidade final inferior à viscosidade máxima. Variedades com menor valor da amilose total (Amarelo Antigo nº 71 e Crioulo Pururuca nº 38, 23,85 % e 21,91 %, respectivamente), apresentaram valores de viscosidade final abaixo do esperado. As variedades Milho Palha Roxa nº 72 e Caiano nº 63 apresentaram elevado teor de amilose complexada com lipídios (13,18 % e 10,14 %, respectivamente), que tem uma influência direta na viscosidade.

As variedades crioulas estudadas apresentaram alta porcentagem de gérmen e conseqüentemente alto conteúdo de lipídios. As propriedades físicas dos grãos de milho como índice de flotação, densidade real e distribuição do tamanho das partículas são parâmetros importantes para a classificação da dureza do endosperma que foram correlacionados com as características físico-químicas.

Grãos com endospermas duros tendem a apresentar alta porcentagem de partículas grossas depois da moagem. O oposto também é verdadeiro para grãos de dureza intermediária.

Variedades com endospermas duros se caracterizaram por apresentar maior pico de viscosidade em função da dificuldade da extração do amido, uma vez que a proteína dificulta esse processo.

REFERÊNCIAS

ABIMILHO – Associação Brasileira das Indústrias de Milho. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/ocereal.htm>. Acesso em: 15.06.07.

ALMEIDA-DOMINGUEZ, H. D.; SUHENDRO, E. L.; ROONEY, L. W. Factors Affecting Rapid Visco Analyser Curves for the Determination of Maize Kernel Hardness. **Journal of Cereal Science**, v.25, n.1, p.93-102, jan. 1997.

AOAC – OFFICIAL methods of analysis of AOAC international. 17th.ed. Washington, 2000.

APPELQVIST, I. A. M.; DEBET, M.R.M. Starch–biopolymer interactions. A review. **Food Reviews International**. v.13, n.2, p.163–224, 1997.

ARAÚJO, P. M. de.; NASS, L. L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. **Scientia Agricola**, v.59, n.3, p.589-593, jul./set. 2002.

ARORA, A.; NIU, Y.; TUMBLESOM, M. E.; RAUSCH, K. D. Laboratory wet milling of corn: milling fraction correlations and variations among crop years. **Cereal Chemistry**, v. 85, n. 2, p. 207-210, mar./abr. 2008.

BIROL, E.; VILLALBA, E. R.; SMALE, M. **Farmer Preferences for Milpa Diversity and Genetically Modified Maize in Mexico**. Washington: International Food Policy Research Institute, 2007. 44 p.

BLAZEK, J. **Role of amylose in structure-function relationship in starches from Australian wheat varieties**. 2008, 239f. Thesis (Doctor of Philosophy -Agricultural Chemistry) – Faculty of Agriculture, Food and Natural Resources, University of Sydney, Sidney, 2008.

BOBATO, A. **Índice nutricional do nitrogênio: uma ferramenta para o diagnóstico do estado nutricional da cultura do milho**. 2006, 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BRESSANI, R.; BENAVIDES, V.; ACEVEDO, E.; ORTIZ, M. A. Changes in Selected Nutrient Contents and in Protein Quality of Common and Quality-Protein Maize During Rural Tortilla Preparation. **Cereal Chemistry**. v.67, n.6, p.515-518, nov./dez. 1990.

BULEON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Mini review. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.23, n.2, p.85-112, ago. 1998.

CÂMARA, R. J. Cultivares crioulas de milho (*Zea mays*, L.) em sistema de produção orgânico – Desempenho agrônômico das plantas e composição química das sementes. 2005, 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2005.

CARVALHO, D. C. de O.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, J. E. de.; JUNIOR, J. G. de V.; TOLEDO, R. S.; COSTA, C. H. R.; PINHEIRO, S. R. F.; SOUZA, R. M. de.; Composição Química e Energética de Amostras de Milho Submetidas a Diferentes Temperaturas de Secagem e Períodos de Armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.358-364, 2004.

CARVALHO, G. G. P. DE.; FERNANDES, F. E. DE P.; PIRES, A. J. V. Métodos de determinação dos teores de amido e pectina em alimentos para animais. *Revista Eletrônica de Veterinária*. v. VII, n.1, jan. 2006.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>. Acesso em: 10.08.07.

CELLEGARO, M da G. K.; DUTRA, C. B.; HUBER, L. S.; BECKER, L. V.; ROSA C. S. da; KUBOTA, E. H.; HECKTHEUAR, L. H. Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.2, p.271-274, abr./jun. 2005.

CEREDA, M. C. (coord.). *Propriedades gerais do amido*. São Paulo: Campinas: Fundação Cargill, 2001.

CHANDER, S.; MENG, Y.; ZHANG, Y.; YAN, J.; LI, J. Comparison of Nutritional Traits Variability in Selected Eighty-Seven Inbreds from Chinese Maize (*Zea mays* L.) Germplasm. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n.15, p. 6506-6511, jul. 2008.

CHO, S.; DREHER, M. L. **Handbook of Dietary Fiber**. Florida: CRC, 2001. 868p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/IA-dez08jan09.pdf> . Acesso em: 31.01.09.

CROWFORD, L. M.; PENN, J. B. Para compreender o papel da biotecnologia na agricultura. **Perspectivas Econômicas**. v.8, n.3, p.9-11, set. 2003.

CRUZ, J. C.; KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I.; DUARTE, J. O.; OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C. Produção de Milho Orgânico da Agricultura Familiar. **Ministério da Agricultura e Abastecimento**. Circular Técnica, n. 81. p. 1-17, dez. 2006.

DAHLQUIST, A. Determination of maltase and isomaltase activities with a glucose oxidase reagent. *Biochemical Journal*, London, n. 80, p. 547-51, 1961.

DEMIATE, I. M.; KONKEL, F. E.; PEDROSO, R. A. Enzymatic determination of starch in *doce de leite* using dialysis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.: 339-342, set./dez. 2001.

DIAS, F. M. **A reestruturação das cadeias de suprimentos de sementes de milho híbrido no Brasil**. 2007, 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

DIDIER POL, 2006. Disponível em <http://www.didier-pol.net/2amidon.htm>. Acesso em 20.03.2009.

DOEBLEY, J. Doebley Lab. Department of Genetics University of Wisconsin-Madison. (2005). Disponível em: <http://teosinte.wisc.edu/images.html>. Acesso em 15.07.07.

DOMBRINK-KURTZMAN, M. A.; KNUSTSON, C. A. A study of maize endosperm hardness in relation to amylose content and susceptibility to damage. *Cereal Chemistry*, v.74, n.6, p. 776-780, nov./dez.1997.

DOWD, M. K. Improvements to laboratory-scale maize wet-milling procedures. **Industrial Crops and Products**, v. 18, n. 1, p. 67-76, jul. 2003.

DUARTE, J. O. **Introdução e Importância Econômica do Milho**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>. Acesso em: 18.07.07.

ECKHOFF, S. R.; PAN, Z.; PAULSEN, M. R.; LITCHFIELD, J. B. Physical Properties and Dry-Milling Characteristics of Six Selected High-Oil Maize Hybrids. **Cereal Chemistry**. v.73, n.5, p.517-520, set./out. 1996.

ECKHOFF, S. R.; SINGH, N. Wet milling of corn - A review of laboratory-scale and pilot plant-scale procedures. **Cereal Chemistry**, v.73, n. 6, p. 659-667, nov./dez. 1996.

EICHER, C. K; STAATZ, J. M. **International Agricultural Development**. 3.ed. Baltimore; London: The Johns Hopkins University Press, 1998. 623.f. Disponível em: <http://books.google.com.br/books>. Acesso em: 25.08.07.

ENGORMIX. Disponível em:
http://www.engormix.com/images/e_articles/distillers03.gif. Acesso em: 15.08.08.

EPA – United States Environmental Protection Agency. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch09/final/c9s09-7.pdf>. Acesso em 10.10.08.

FAO – Food and Agricultural Organization. Disponível em: www.fao.org. Acesso em: 10.02.09.

FERRARINI, H. **Determinação de teores nutricionais do milho por espectroscopia no infravermelho e calibração multivariada**. 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FLORES-FARIAS R.; MARTINEZ-BUSTOS, F.; SALINAS-MORENO, Y.; CHANG, Y. K.; HERNANDEZ, J. G.; ROSA, E. Physicochemical and rheological characteristics of commercial nixtamalised Mexican maize flours for tortillas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.6, p.657-664, abr. 2000.

FONTES, R. E.; REIS, R. P.; CARVALHO, S. A. de; CARVALHO, M. L. M. de. Estudo técnico-econômico do processo produtivo do milho (*Zea mays L.*): O caso do município de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n.4, p. 911-917, out./dez. 1999.

FOX, S. R.; JOHNSON, L. A.; HURBURGH, C.R.; DORSEY-REDDING C.; BAILEY T. B. Relation of grain proximate composition of physical properties to wet-milling characteristics of maize. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 191-197, mar./abr. 1992.

FOWLER, C.; HODGKIN, T. Plant genetic resources for food and agriculture: Assessing global availability. **Annual Review of Environmental Resources**, v. 29, n.10, p.143-179. nov. 2004.

GIBBON, B. C.; LARKINS, B. A. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. **Trends in Genetics**, v.21, n.4, p. 227-233, abr.2005.

GIBBON, B. C.; WANG, X.; LARKINS, B. A. Altered starch structure is associated with endosperm modification in Quality Protein Maize. **Proceedings of the National Academy of Science of United States of America**, v.100, n.26, p.15329–15334, dez. 2003.

GONÇALVES, R. A.; SANTOS, J. P.; TOMÉ, P. H. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; ASCHERI, J. L. R.; ABREU, C. M. P. Rendimento e composição química de cultivares de milho em moagem a seco e produção de grits. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.3, p.643-650, mai./jun. 2003.

GUIMARÃES, V. di. A. **Análise do armazenamento de milho no Brasil com um modelo dinâmico de expectativas racionais**. 2001, 153f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

HAN, X. Z.; HAMAKER, B. R. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n.3, p.279–284, nov.2001.

KULP, K.; PONTE, J. G. **Handbook of Cereal Science and Technology**, 2.ed. EUA: CRC Press. 2000, 790p. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=gtqEWcA73BEC&printsec=frontcover&dq=Handbook+of+Cereal+Science+and+Technology&hl=pt-BR>. Acesso em: 20.04.09.

HOU, H. X.; DONG, H. Z.; LUI, C. F.; ZHANG H. Relationships Between Some Physicochemical Properties of Starches from Maize Cultivars Grown in East China. **Starch/Stärke**, v. 60, n.6, p.305–314, mai. 2008.

HOOVER, R.; SOSULSKI, F. W. Composition, structure, functionality and chemical modification of legume starches. A review. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v.69, n.1, p.79–92, jan.1991.

HU, P.; ZHAO, H.; DUAN, Z.; LINLIN, Z. WU, D. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose content. **Journal of Cereal Science**, v.40, n.3, p.231–237, nov. 2004.

IAL – Normas Analíticas do **Instituto Adolfo Lutz**: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos. São Paulo: 3ª ed, v.1, p.302-30, 1985.

ISO - International Organization for Standardization. **Norme internationale: Riz-détermination de la teneur en amylose**. S. I., 1987. 5 p. (ISO 66470).

JANE, J.; CHEN, I. I.; LEE, L. F.; McPHERSON, A. E.; SONG, K. S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylpectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v.76, n.5, p.629-637, set./out. 1999.

JI, Y.; SEETHARAMAN, Y. J. K., WHITE, P. J., Optimizing a small-scale corn starch extraction method for use in the laboratory. **Cereal Chemistry**, v. 81, n. 1, p. 55-58, jan./fev. 2004.

JIANG, H. Y.; ZHU, Y. J.; WEI, L. M.; DAI, J. R.; SONG, T. M.; YAN, Y. L. CHEN, S. J. Analysis of protein, starch and oil content of single intact kernels by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) in maize (*Zea mays* L.). **Plant Breeding**. v,126, n.5 , p.492-497, out. 2007.

KOKUSZKA, R. **Avaliação do teor nutricional de feijão e milho cultivados em sistemas de produção convencional e agroecológico na região centro-sul do Paraná**. 2004, 113f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LOPES-FILHO, J. F. Moagem úmida do milho para produção de amidos e subprodutos. **Boletim SBCTA**. v.31, n.1, p.42-47, jan./jun. 1997.

LOJANO-ALEJO, N.; CARRILLO, G. V.; PIXLEY, K.; PALACIOS-ROJAS, N. Physical properties and carotenoid content of maize kernels and its nixtamalized snacks. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, n. 3. p. 385-389, set. 2007.

LUCCHIN, M; BARCACCIA, G; PARRINI, P. Characterization of a flint maize (*Zea mays* L. convar. Mays) Italian landrace: I. Morpho-phenological and agronomic traits. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 50, n.3, p. 315-327, mai. 2003a.

LUCCHIN, M; BARCACCIA, G; PARRINI, P. Characterization of a flint maize (*Zea mays* var. *indurata*) Italian landrace, II. Genetic diversity and relatedness assessed by SSR and Inter-SSR molecular markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 50, n.3, p.253-271, mai. 2003b.

MIRANDA, G. V.; SOUZA, L. V. de; SANTOS, I. C. dos; MENDES, F. F. Resgate de variedade crioulas de milho na região de Viçosa-MG. **Revista Brasileira Agroecologia**, v.2, n.1, p.1145-1148, fev. 2007.

MIZUMA, T; KIYOKAWA, Y.; WAKAI, Y. Water Absorption Characteristics and Structural Properties of Rice for Sake Breweering. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 106, n. 3, p.258–262. set. 2008.

MORRISON, W. R.; TESTER, R. F.; SNAPE, C. E.; LAW, R.; GIDLEY, M. J. Swelling and gelatinization of cereal starch. IV Some effects of lipid-complexed amylose and free amylose in waxy and normal barley starch. **Cereal Chemistry**, v.70, n.4, p385-390, jul./ago. 1993.

NARVAÉZ-GONZÁLEZ, E. D.; FIGUEROA-CÁRDENAS, J de D.; TABA, S.; TOSTADO, E. C.; PENICHE, R. A. M.; SÁNCHEZ, F. R. Relationships between the microstructure, physical features and chemical composition of different maize accessions from Latin América. **Cereal Chemistry**, v. 83, n.6, p595-604, nov./dez. 2006.

NELLES, E. M.; DEWAR, J.; BASON, M. L.; TAYLOR, J. R. N. Maize Starch Biphasic Pasting Curves. **Journal of Cereal Science**, v.31, n.3, p.287-294, mai. 2000.

NYMAN, M.; SILJESTRÖM, M.; PEDERSEN, B.; BACH KNUDSEN, K. E.; ASP, N. G.; JOHANSSON, C. G.; EGGUM, B. O. Dietary fiber content and composition in six cereals at different extraction rates. **Cereal Chemistry**, v.61, n.1, p.14-19, jan./fev. 1984.

OGLIARI, J. B.; ALVES, A.C.; KIST, V.; FONSECA, J. A.; BALBINOT, A. Análise de diversidade genética de variedades locais de milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.191-195, fev.2007.

OLIVEIRA, G. P. R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Processed and Prepared Corn Products as Sources of Lutein and Zeaxanthin: Compositional Variation in the Food Chain. **Journal of Food Science**, v. 72, n.1, p. S79-S85, jan./fev. 2007.

OLIVEIRA, S. J. R.; FEIJÓ, S.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; MARTINI, L. F. D.; DAMO, H. P. Substituindo o uso de bordaduras laterais por repetições em experimentos com milho. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.10-15, jan./fev. 2005.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006, (Circular técnica, 75). Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_75.pdf. Acesso em: 05.05.09.

PAREDES-LOPEZ, O.; BELLO-PEREZ, L. A.; LOPEZ, M. G. Amylopectin: Structural, gelatinisation and retrogradation studies. **Food Chemistry**, v.50, n.4, p.411-417, 1994.

PEARSON, T.; WILSON, J.; GWIRTZ, J.; MAGHIRANG, E.; DOWELL, F.; MCCLUSKEY, P.; BAN, S.; Relationship between single wheat Kernel particle-size distribution and perten SKCS 4100 hardness index. **Cereal Chemistry**, v. 84, n.6, p.567-575, nov./dez. 2007.

PENN, J. B. A biotecnologia agrícola e o mundo em desenvolvimento. **Perspectivas Econômicas**. v.8, n.3, p.9-11, set. 2003.

PEREIRA, R. C.; DAVIDE, L. C.; PEDROZO, C. A.; CARNEIROS, N. P.; SOUZA, L. R. P.; PAIVA, E. Relationship between structural and biochemical characteristics and texture of corn grains. *Genetics of Molecular Research*, v.7, n.2, p.498-508, jun. 2008.

PHILIPPEAU, C.; MONREDON, F. Le D. de; MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. **Journal of Animal Science**, v.77, n.1, p.238-243, 1999.

POSNER, E. S. The technology of wheat germ separation in flour Mills. **Association of Operative Millers**. p. 4577-4592, out. 1985.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química dos Alimentos**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 184 p.

ROBUTTI, J.; BORRAS, F.; FERRER, M.; PERCIBALDI, M.; KNUSTSON, C. A. Evaluation of quality factors in Argentine maize races. **Cereal Chemistry**, v.77, n.1, p.24-26, jan./fev. 2000.

SALGO, A.; JUHASZ, R. Pasting Behavior of Amylose, Amylopectin and Their Mixtures as Determined by RVA Curves and First Derivatives. **Stärke**. v. 60, n.2, p.70-78, 2008.

SALINAS, M. Y.; BUSTOS, F.; GOMEZ J. H. Comparación de métodos para medir la dureza del maíz (*Zea mays* L.). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.42, n.1, p. 59–63, mar. 1992.

SANDHU, K. S.; SINGH, N.; MALHI, N. S.; Some properties of corn grains and their flours I: Physicochemical, functional and chapati-making properties of flours. **Food Chemistry**, v.101, n.3, p.938–946, 2007.

SASAKI, T.; YASUI, T.; MATSUKI, J. Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation, and pasting properties of starches from waxy and nonwaxy wheat and their F1 seeds. **Cereal Chemistry**, v.77, n. 1, p.58–63, jan./fev. 2000.

SCHMILDT, E. R; KRAUSE, W; CRUZ, C. D. Melhoria da eficiência dos experimentos de indicação de cultivares de milho. **Ciência e Agrotecnologia**. v.30, n.1, p.72-80, jan./fev.2006.

SCHOCH, T. J.; MAYWALD, E. C. Preparation and properties of various legume starches. **Cereal Chemistry**, v. 45, n.6, p.564-573, nov./dez. 1968.

SEETHARAMAN, K.; TZIOTIS, A.; BORRAS, F.; WHITE, P. J.; FERRER, M.; ROBUTTI, J. Thermal and functional characterization of starch from Argentinean corn. **Cereal Chemistry**, v.8, n.4, p.379-386, jul./ago. 2001.

SERNA-SALDIVAR, S. O.; GUERRA, C. A. A.; MACIAS, P. H.; CUELLER, J. L. M.; ORTIZ, R. E. P.; IBARRA, A. D. T.; CARRILLO, G, V. Evaluation of the Lime-Cooking and Tortilla Making Properties of Quality Protein Maize Hybrids Grown in Mexico. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 63, n.3, p.119-125, set. 2008.

SILVA, L. P da; CIOCCA, M. L. S. Total, insoluble and soluble dietary fiber values measured by enzymatic–gravimetric method in cereal grains. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, n.1,,p. 113–120, fev. 2005.

SILVA, L. P da; CIOCCA, M. L. S.; FURLONG, E. B. Avaliação do método enzimico-gravimétrico AOAC 985.29, para a determinação da fibra alimentar em grãos crus de aveia e milho. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.53, n.4, p.393-399, out./dez. 2003.

SILVA, F. de A. e. **Assistat versão 7.1 beta**. Departamento de Engenharia agrícola do CCT-UFGC, Campina Grande – PB, 2004.

SINGH, S. K.; JOHNSON, L. A.; POLLAK, L. M.; HURBURGH, C. R. Compositional, Physical, and Wet-Milling Properties of Accessions Used in Germplasm Enhancement of Maize Project. **Cereal Chemistry**, v. 78, n.3, p.330-335, mai./jun.2001.

SMANHOTTO, A.; NÓBREGA, L. H. P.; OPAZO, M. A. U.; PRIOR, M. Características físicas e fisiológicas na qualidade industrial de cultivares e linhagens de trigo e tritcale. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.867-872, 2006.

TANG, M. C; COPELAND, L. Analysis of complexes between lipids and wheat starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 67, n.1, p.80-85, jan. 2007.

TRINDADE, C. C. Sementes crioulas e transgênicos. Uma reflexão sobre sua relação com as comunidades tradicionais. In: CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI, 15, 2006, Manaus. **Anais...** Manaus: CNC, 2006. p.1-15.

UNESP – Universidade Estadual Paulista. Disponível em: http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_ch/teste_amido.htm. Acesso em: 20.03.2009.

USDA - United States of America Department of Agriculture. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>. Acesso em: 25.03.2009.

VILLA, T.C.C.; MAXTED N.; SCHOLTEN, M.; FORD-LLOYD, B. Defining and identifying crop landraces. **Plant Genetic Resources** v.3,n.3, p.373–384, 2006.

WICKRAMASINGHE, H. A. M.; TAKIGAWA, S.; ENDO, C. M.; YAMAUCHI, H.; NODA, T. Comparative analysis of starch properties of different root and tuber crops of Sri Lanka. **Food Chemistry**, v.112, n.1, p.98–103, jan. 2009.

ZEVEN, A. C. Results of activities to maintain landraces and other material in some European countries in situ before 1945 and what we may learn from them. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 43, n. 4, p.337-341, ago.1996.