

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**QUALIDADE DOS GRÃOS DE MILHO APÓS O PROCESSO DE
SECAGEM**

JOSÉ APARECIDO SARTORI

CAMPINAS, OUTUBRO DE 2001.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**QUALIDADE DOS GRÃOS DE MILHO APÓS O PROCESSO DE
SECAGEM**

JOSÉ APARECIDO SARTORI

Orientador: Prof. Dr. JOÃO DOMINGOS BIAGI

**Dissertação a ser apresentada como requisito parcial para a
obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola, na Área de
Concentração de Tecnologia de Pós Colheita**

CAMPINAS, OUTUBRO DE 2001.

DEDICO

A Deus pela minha saúde e pela minha família.

A minha esposa Edna Maria e a minha filha Andressa Maria, pela compreensão, apoio, carinho, dedicação e respeito a mim externados durante todos estes anos incansáveis de luta.

HOMENAGEM

Ao meu pai José Francisco, in memoriam,

A minha mãe Maria Madalena, que amo tanto,

Ao meu sogro Adalberto e a minha sogra Edna pela força, apoio e consideração,

A meus irmãos Adelita e Fernando, que tanto admiro.

AGRADECIMENTOS

O meu carinho especial a todos vocês que sem medir esforços colaboraram de uma ou outra forma para a elaboração desta dissertação. Que o Grande Arquiteto do Universo os ilumine para sempre:

Obrigado, ao Professor João Domingos Biagi, pela paciência, dedicação, apoio, orientação e pelo respeito endereçados a minha pessoa durante o decorrer destes anos.

Obrigado, à UNICAMP em oferecer a mim este espaço e pela honra em me tornar um Mestre nesta conceituada Instituição de Ensino.

Obrigado, Rosa Helena Aguiar, pela presteza e atenção dedicadas a mim durante todos estes anos de trabalho

Obrigado, Marta Aparecida Rigonatto Vechi, funcionária da Pós-Graduação pela delicadeza e atenção a mim dedicadas a todos esses anos.

Obrigado, a todos os funcionários da FEAGRI, que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

Obrigado, aos diretores da Fundação Pinhalense de Ensino pelo apoio.

Obrigado, José Roberto Stefano pelos incentivos dedicados durante estes incansáveis anos de trabalho em meu curso de Mestrado.

Obrigado, aos Estagiários: Alisson Fernando Chiorato, Antonio Ademir Zavarize Júnior e Elpídio Costa Júnior pela força na condução nos trabalhos.

Obrigado especial, ao Irmão e Mestre Júlio Cesar Octaviani, pela colaboração e apoio durante todo este período de estudos.

Obrigado especial, ao Irmão e Mestre Carlos A. Centurion Maciel pelo apoio para o desenvolvimento dos trabalhos.

Obrigado à Professora Maria Helena Calafiori pela força e pelo apoio durante o desenvolvimento do projeto.

Obrigado, ao Professor Benedito de Freitas Bueno pela colaboração nas análises estatísticas realizadas em meu trabalho.

Obrigado, à Professora Maristela Reis Dellalibera Piccinini, pela gentil colaboração nas análises agrometeorológicas cedidas para o presente trabalho.

Obrigado, à SUPRE MAIS, nas pessoas do Dr. José Eduardo Butolo, de seu filho Msc. Eduardo A. F. Butolo e da Eng. Agr^a Bernadete Ribeiro de Matos, pela enorme colaboração, gentileza e presteza no atendimento, que sem elas não seria possível a realização de meus trabalhos.

Obrigado, ao Dr. José Tadeu Jorge e Dr. Luiz Fernandes Razera, membros do Comitê de Orientação, colaborando no desenvolvimento deste trabalho.

Obrigado, à Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), à ZENECA Agrícola, à Sementes AGROCERES / MONSANTO , à sementes CARGILL / MONSANTO, pela gentileza do material utilizado neste trabalho.

Obrigado, a Deus por me dar saúde para poder suportar e carregar este fardo pesado durante estes incansáveis anos.

Obrigado, às demais pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que este Mestrado pudesse ser concluído.

Obrigado, a meus familiares pelos momentos que passei ausente a seu aconchego.

SUMÁRIO

PÁGINA DE ROSTO.....	i
DEDICATÓRIA.....	ii
HOMENAGEM.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
SUMÁRIO.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
SUMMARY.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivos principais.....	7
2.2. Objetivos específicos.....	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
3.1. Matéria prima.....	8
3.1.1. Histórico.....	8
3.1.2. Mercado e perspectivas.....	10
3.1.3. Composição química.....	14
3.1.4. Cultivares de milho.....	18
3.1.4.1. Caracterização dos cultivares.....	20
3.1.4.1.1. Variedade.....	20
3.1.4.1.2. Top-cross-TC.....	22

3.1.4.1.3. Híbrido simples – HS.....	22
3.1.4.1.4. Híbrido simples modificado – HSm.....	22
3.1.4.1.5. Híbrido triplo – HT.....	23
3.1.4.1.6. Híbrido duplo – HD.....	23
3.1.4.1.7. Híbrido múltiplo – HM.....	24
3.1.4.1.8. Híbrido intervarietal – HI.....	24
3.2. Secagem.....	26
3.2.1. Fundamentos da secagem.....	27
3.2.2. Sistemas de secagem.....	29
3.2.3. Secadores.....	31
3.2.3.1. Classificação dos secadores.....	31
3.2.4. Influência da temperatura sobre a qualidade dos grãos.....	31
3.2.4.1. Fluxo de ar.....	34
3.3. Importância da qualidade dos grãos do milho.....	36
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
4.1. Plano experimental do ensaio de campo.....	41
4.1.1. Delineamento experimental.....	41
4.1.2. Área experimental.....	42
4.1.3. Condições ambientais.....	42
4.1.4. Coleta de amostra de solo.....	42
4.1.5. Preparo da área.....	43
4.1.6. Instalação do ensaio.....	43
4.1.7. Adubação de semeadura.....	43

4.1.8. Semeadura.....	43
4.1.9. Correção do estande.....	44
4.1.9. Tratos culturais.....	45
4.1.10. Adubação de cobertura.....	45
4.1.11. Colheita.....	45
4.1.12. Anotações dos caracteres agronômicos das cultivares.....	46
4.2. Caracterização das cultivares de milho.....	46
4.3. Procedimento experimental de secagem.....	47
4.3.1. Secagem natural a campo dos grãos de milho.....	47
4.3.2. Secagem natural ao sol dos grãos de milho.....	47
4.3.3. Secagem artificial dos grãos de milho.....	48
4.3.3.1. Secador.....	48
4.3.3.2. Sistema de circulação e aquecimento do ar.....	49
4.3.3.3. Temperatura e umidade do ar.....	50
4.3.3.4. Fluxo de ar.....	51
4.3.3.5. Umidade da matéria prima.....	51
4.4. Qualidade da matéria prima.....	52
4.5. Análise estatística.....	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1. Caracteres agronômicos das cultivares de milho.....	53
5.2. Resultados de secagem das cultivares de milho.....	56
5.2.1. Características físicas dos grãos de milho.....	57
5.2.1.1. Densidade dos grãos de milho nas cultivares.....	57

5.2.1.2. Umidade final dos grãos de milho nas cultivares.....	58
5.2.1.3. Matéria seca total dos grãos de milho nas cultivares.....	58
5.3. Curvas de secagem.....	59
5.3.1. Curva de secagem da cultivar AL-25.....	59
5.3.2. Curvas de secagem das cultivares.....	63
5.4. Qualidade dos grãos de milho.....	63
5.4.1. Qualidade dos grãos de milho para o parâmetro proteína.....	63
5.4.2. Qualidade dos grãos de milho para o parâmetro extrato etéreo.	66
6. CONCLUSÕES.....	69
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.	Diferentes funções da água presentes nos grãos de milho.	28
Figura 4.1.	Campus II – Morro Azul – CREUPI.....	41
Figura 4.2.	Trincheira com 1,20m de profundidade.....	43
Figura 4.3.	Coleta de amostra de solo em camadas.....	43
Figura 4.4.	Plantio manual com matraca/"bengala".....	44
Figura 4.5.	Correção do estande do ensaio.....	44
Figura 4.6.	Fase de desenvolvimento do ensaio.....	45
Figura 4.7.	Debulha das espigas manualmente.....	46
Figura 4.8.	Secagem natural ao sol dos grãos de milho.....	48
Figura 4.9.	Esquema do secador com uma coluna de secagem.....	49
Figura 4.10.	Sistema de secagem artificial dos grãos.....	50
Figura 5.1.	Densidade dos grãos de milho em diferentes condições de secagem.....	57
Figura 5.2.	Umidade final dos grãos de milho em diferentes condições de secagem.....	58
Figura 5.3.	Matéria seca total dos grãos de milho em diferentes condições de secagem.....	59
Figura 5.4.	Tempo de secagem, em minutos, para a cultivar AL-25.....	60
Figura 5.5.	Curva de secagem da cultivar AL-25 em diferentes temperaturas.....	60
Figura 5.6.	Gradiente de umidade da cultivar AL-25 em diferentes temperaturas de secagem.....	61
Figura 5.7.	Água removida em função do tempo de secagem para temperatura de 40°C, para a cultivar AL-25.....	61
Figura 5.8.	Dados médios dos aspectos qualitativos da cultivar AL-25 em diferentes condições de secagem.....	62
Figura 5.9.	Umidade final das cultivares em diferentes condições de secagem.....	63

Figura 5.10. Proteína bruta dos grãos de milho das cultivares em diferentes condições de secagem.....	64
Figura 5.11. Extrato etéreo dos grãos de milho das cultivares em diferentes condições de secagem.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1.	Preços médios de milho por saca de 60Kg em US\$, desde 1996 a 2000.....	10
Tabela 3.2.	Custo de produção de milho (US\$/ha) – safra 2000/01.....	11
Tabela 3.3.	Custo de produção de milho safrinha (US\$/ha) - safra 2000/01.....	11
Tabela 3.4.	Oferta e demanda brasileiras de milho (mil toneladas métricas).....	12
Tabela 3.5.	Oferta e demanda mundial de milho (mil toneladas métricas).....	12
Tabela 3.6.	Produção brasileira de milho (mil toneladas).....	12
Tabela 3.7.	Área plantada de milho no Brasil (mil hectares).....	13
Tabela 3.8.	Balanço mundial do milho (mil toneladas métricas).....	13
Tabela 3.9.	Fontes de origem das matérias-primas na fabricação de rações.....	14
Tabela 3.10	Composição média do grão de milho.....	15
Tabela 3.11.	Médias da composição química e valor energético do milho analisado no laboratório de análises físico-químicas da EMBRAPA Suínos e Aves no período de 1979 a 1997. Valores expressos em material original.....	15
Tabela 3.12.	Distribuição percentual das proteínas nas diferentes partes da semente do milho.....	16
Tabela 3.13.	Época de plantio do milho safrinha em diferentes regiões..	19
Tabela 3.14.	Híbridos desenvolvidos nos programas de melhoramento.....	21
Tabela 3.15.	Classificação das cultivares de milho em relação à soma térmica e dias para colheita.....	26
Tabela 3.16.	Classificação de sistemas comerciais de secagem.....	31
Tabela 3.17.	Temperaturas máximas suportáveis por sementes, durante a secagem, em função do teor de água.....	32

Tabela 3.18.	Teores de água de equilíbrio do milho.....	32
Tabela 3.19.	Temperaturas máximas empregadas na secagem de diversos produtos.....	33
Tabela 3.20.	Produção de alimentos balanceados na América Latina (em mil toneladas).....	36
Tabela 3.21	Classificação de milho quanto aos tipos de grãos.....	38
Tabela 3.22.	Níveis aceitáveis de parâmetros na matéria prima.....	38
Tabela 4.1.	Média mensal dos dados das condições ambientais.....	42
Tabela 4.2.	Características das Cultivares de milho.....	46
Tabela 5.1.	Caracteres agronômicos da cultivar AL-25.....	54
Tabela 5.2.	Caracteres agronômicos da cultivar AG-6690.....	54
Tabela 5.3.	Caracteres agronômicos da cultivar C-444.....	54
Tabela 5.4.	Caracteres agronômicos da cultivar Z-8410.....	55
Tabela 5.5.	Médias da massa de grãos em Kg/ha das cultivares de milho.....	55
Tabela 5.6.	Resultados dos testes de secagem das cultivares de milho.....	56

RESUMO

Com o avanço tecnológico ocorrido nos últimos anos, verifica-se que a cada dia o mercado mundial de grãos torna-se mais exigente em relação a seus produtos. O trabalho teve como objetivo, estudar a qualidade dos grãos de milho após o processo de secagem, tendo sido utilizados uma variedade de milho e três híbridos (híbrido simples, triplo e duplo). O experimento foi conduzido no Campus II – Morro Azul – do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal-SP - CREUPI. O delineamento experimental no campo foi em blocos casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições, sendo utilizadas as seguintes cultivares: AL-25, Z-8410, AG-6690 e C-444. Os experimentos de secagem foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola FEAGRI – UNICAMP. Foi utilizado um secador com duas colunas de secagem, 4 temperaturas (40, 60, 80 e 100 °C), com fluxo de ar a um valor médio de $20,0 \pm 0,3 \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, secagem ao sol e a campo. Os produtos foram amostrados de forma aleatória, 24 horas antes do início de cada teste de secagem e o delineamento laboratorial foi inteiramente casualizado. Para todas as cultivares de milho estudadas, foi verificado que quanto aos parâmetros grau de umidade, matéria seca e densidade, antes e após as diferentes condições de secagem, não houve variação significativa que comprometesse a qualidade dos grãos. As perdas de água dos grãos de milho durante os processos de secagem, apresentaram uma taxa decrescente. Os resultados mostraram que o valor da proteína e extrato etéreo dos grãos submetidos às diferentes temperaturas do processo de secagem, não sofreram acentuadas modificações e o aumento da temperatura do ar de secagem, de 40°C para 100°C, reduziu o tempo de secagem de 450 minutos para 90 minutos e o aumento da temperatura do ar de secagem, de 40°C para 100°C, resultou em uma diferença da umidade entre as camadas inferiores e superiores, de 3,28 para 10,05 pontos percentuais.

SUMMARY

With the technological progress happened in the last years, it is verified that every day the world market of grains becomes more demanding in relation to their products. The work had as objective, to study the quality of the kernels after the drying process, having been used a corn variety and three hybrid (hybrid simple, triple and double). The experiment was realized at the Campus II – Morro Azul – of the Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal - SP - CREUPI. The block experimental design was used with 4 treatments and 4 repetitions. The cultivars: AL-25, Z-8410, AG-6690 and C-444 were used. The drying experiments were done at the Laboratory of Post-Harvest Technology of the Agricultural Engineering Faculty FEAGRI - UNICAMP. A dryer was used with two drying columns, 4 temperatures (40, 60, 80 and 100 °C), and air flow of $20,0 \pm 0,3 \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. The products were sampled in a random way, 24 hours before the beginning of each drying test which had a completely randomized desing. For all cultivars studied, it was verified that for the parameters the moisture content, dry mater and density, before and after the drying, there was not significant variation that committed the quality of the grains. The water remover from the corn kernels presented a decreasing tax during the drying. The results showed that the value of the protein and ethereal extract of the grains, submitted to the different temperatures, didn't suffer accentuated modifications. The drying air temperature increase from 40°C to 100°C. reduced the drying time from 450 minutes to 90 minutes, and the increased the moisture content difference between the bottom and superior layers, from 3,28 to 10,05.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade de grãos deverá permanecer como centro das atenções em programas avançados de produção agrícola, à medida que novas alterações ocorrem na agricultura, como decorrência de avanços da biotecnologia, da cultura de cultivares geneticamente modificados (transgênicos), da tecnologia para aprimorar o desempenho das sementes, da diversidade de exigências dos consumidores e da evolução de tecnologia de divulgação, o mercado exigirá maior eficiência na qualidade de grãos.

Considerando que no ano de 1900, a Terra tinha 1,5 bilhões de habitantes, que em 1960 passaram a 3 bilhões, e que hoje somos 6,3 bilhões, o mundo poderá ter em 2.030 cerca de 11 bilhões. Por outro lado, se em 1960 a área agricultável per capita era de um hectare, agora alcança apenas 0,513 e em 2030 será de apenas 0,296 ha. Assim, a necessidade de se aumentar a produtividade das culturas nas áreas agricultáveis, é fundamental. Este contexto mostra claramente o grande desafio no qual se constitui a alimentação da população mundial nos próximos anos. (DIMARZIO, 1997).

Para o período de 1995 a 2000, as projeções de crescimento demográfico serão da ordem de 32%. Isso corresponde a uma adição de 73 milhões de pessoas a

cada ano, ou seja, uma quantidade equivalente ao dobro da população Argentina estará engrossando anualmente a massa dos habitantes do planeta. Paralelamente, a expansão da renda e o processo de urbanização alimentam a dinâmica que irá alterar continuamente os estilos de vida, os gostos e as preferências alimentares das pessoas (WEBER, 2001).

Para o horizonte temporal mencionado, aguarda-se um crescimento na demanda de:

- 39% nos cereais (de 1,77 bilhão para 2,47 bilhão de toneladas), cerca de quase 8 safras brasileiras de cereais e oleaginosas;
- 58% na proteína animal (de 198 milhões para 313 milhões de toneladas), mais de 11 vezes a produção nacional de aves, bovinos, e suínos;
- 37% nas raízes e nos tubérculos (de 631 milhões para 864 milhões de toneladas) (WEBER, 2001).

O milho, uma das maiores fontes de alimentos, é cultivado em todo mundo. Movimenta um mercado de, aproximadamente U\$ 40 bilhões de dólares anuais, distribuídos entre indústrias de produção de alimentos para consumo humano, rações e matéria-prima para centenas de produtos industrializados (CARNEIRO et al., 2000).

A produção de grãos, passou de 631 milhões de toneladas, em 1950, para 2,06 bilhões em 2000, um aumento de 226%, o que permitiu um aumento na disponibilidade per capita de grãos, de cerca de 37% entre 1950 e 1990, períodos com maior expansão de produção. Estes resultados só foram possíveis graças à adoção de modernas tecnologias na produção alimentar. No entanto, nas duas últimas décadas, o crescimento global da produção de alimentos vem diminuindo seu ritmo de crescimento. Caiu de 3% ao ano, nos anos 70 para 2% nos 80 e para 1% nos anos 90 (ANDRADE, 2001).

Com a globalização da economia, o mercado fica cada vez mais exigente quanto à qualidade do produto e do serviço. Para serem competitivas e manterem bom desempenho financeiro, as organizações precisam, cada vez mais, adotar sistemas eficazes e eficientes.

Estudos sobre a cultura do milho procuram amenizar a hipótese da existência de um limite tecnológico. O limite teórico para a produção de alimentos tem sido estimado a décadas em 15 a 22 toneladas de alimentos por hectare, no entanto, os melhores produtores norte americanos de milho estão colhendo cerca de mais de 15 toneladas por hectare e a média norte americana é de 8 toneladas por hectare, ou seja, metade do seu potencial. No caso específico da cultura de milho no Brasil, a produção nos últimos 8 anos, ficou em torno de 32 milhões de toneladas com uma produtividade que variou de 2200 a 2700 Kg/ha. O Brasil vem apresentando produtividade média de milho muito aquém daquelas dos seus principais competidores. Nossa produtividade média, expressa em Kg/ha, é um terço dos Estados Unidos, metade da Argentina e China e 40% da França (ANDRADE, 2001).

Os Estados Unidos continuam a ser o maior produtor mundial do cereal, tendo colhido na safra 2000/01 um total de 263,2 milhões de toneladas, seguidos pela China com 115,0 milhões de toneladas e o Brasil, em terceiro lugar, com quase 36,3 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2001).

O milho, planta das mais eficientes na conversão da energia solar em alimento, é a cultura que ocupa a maior área cultivada no Brasil, aproximadamente 12,8 milhões de hectares (AGRIANUAL, 2001).

O Brasil foi um dos primeiros países de clima subtropical e tropical a produzir e introduzir na lavoura a semente de milho híbrido o que contribuiu para a expansão da área de plantio e da produção. O desenvolvimento de cultivares, possibilitou o plantio da época tradicional (das chuvas) e da safrinha (cultura de seca ou 2ª época), em rotação com outras culturas especialmente a soja, com aumento da produtividade de ambas lavouras.

O milho safrinha é o milho de sequeiro cultivado fora da época normal, quase sempre após a colheita da soja precoce. Em São Paulo são aproximadamente 400 mil hectares, que representam um terço da área total de milho do Estado, localizados, principalmente, nas regiões do Vale do Paranapanema e Norte / Noroeste do Estado (DUARTE et al., 2000).

O milho constitui um dos principais insumos para o segmento produtivo, sendo utilizado como destaque no arraçamento de animais, em especial na suinocultura,

na avicultura e na bovinocultura de leite. Na indústria, o milho é empregado como matéria-prima para a produção de amido, óleo, farinha, glicose, produtos químicos, rações animais e na elaboração de formulações alimentícias.

No Brasil, a produção de milho ocupa uma área superior a 12 milhões de hectares e se constitui no mais importante cereal produzido. Para 2001, a demanda deste grão no mercado interno brasileiro de rações será superior a 23 milhões de toneladas, correspondendo a 63% do volume produzido. Esta estatística pode ser considerada subestimada pois parcelas consideráveis de milho são consumidas “dentro das porteiras” das propriedades, na forma de grãos ou silagens. Estas parcelas correspondem a 17%, somado a 15% que seria consumido pela indústria de processamento e 5% consumido como alimento humano (ANDRADE, 2001).

A deficiência dos cereais, principalmente no milho, primariamente em lisina e em escala menor, em outros aminoácidos, é fator extremamente preocupante visto que este grupo vegetal representa cerca de 70% da matéria seca produzida e cerca de 73% da proteína vegetal consumida, tanto na alimentação humana como na alimentação animal (MOLINA et al., 2001).

O termo “qualidade de sementes ou grãos de milho” envolve diferentes componentes individuais, os quais podem ser definidos ou avaliados separadamente, no entanto, avaliação conjunta desses componentes é a ferramenta que propicia o conhecimento do valor real e do potencial de utilização de um lote de sementes ou grãos. Os componentes individuais da qualidade estão relacionados com aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários e assumem diferentes graus de importância (VIEIRA et al., 1999).

Os fatores que influem na formação da qualidade de grãos de milho são: sua espécie e cultivar, condições edafoclimáticas, manejo (adubação, irrigação, controle fitossanitário) e colheita (época, duração e procedimentos). A secagem tem por objetivo principal a conservação das qualidades nutricionais e organolépticas, desenvolvidas durante a fase de campo (ATHIÉ et al., 1998).

Os produtos agrícolas são colhidos após o ponto de maturidade fisiológica, grãos com teor de água entre 32 e 38% e 15 a 30 dias antes do ponto de colheita, apresentam teores máximos de amido, proteínas e óleo. A colheita na época

oportuna, tão logo o milho atinja os teores de água adequado (20 a 24% para a colheita mecânica e 18 a 22% para a colheita em espiga), reduz as perdas pelo ataque de roedores, insetos e fungos e diminui os problemas de pós-colheita, pela melhor qualidade do produto e menor grau de infestação. (VALENTINI, 1996).

Melhorar o valor nutritivo dos vegetais vem sendo, há algum tempo, um ponto de consenso entre pesquisadores. Muitas estratégias foram idealizadas com intuito de produzir cereais com sementes acumulando maior teor de proteína. Quatro estratégias principais têm sido adotadas: melhoramento genético convencional, identificação de mutantes espontâneos em populações naturais, indução de mutantes bioquímicos e produção de plantas transgênicas. Nas três primeiras técnicas, genótipos de milho têm sido selecionados apresentando variabilidade para concentração. Estas técnicas, no entanto, são mais difíceis que a última e requer um longo tempo para se atingir um progresso (MORO et al., 1996).

Apesar de possuir teores protéicos em torno de 10% da matéria seca, a proteína do grão de milho não é considerada adequada para nutrição de animais monogástricos incluindo o homem. Isto se deve ao fato de que o endosperma, aproximadamente 80% do peso seco do grão, possui uma baixa porcentagem de proteínas ricas em aminoácidos essenciais necessários à manutenção de uma dieta balanceada (CARNEIRO et al., 2000).

A secagem pode ser entendida em linhas gerais, como sendo o processo promotor do deslocamento de uma determinada quantidade de água, segundo as diferenças de potencial hídrico existentes, de um dado sistema para outro. Assim, ao se tratar tecnologicamente da secagem das sementes e dos grãos, subentende-se esta massa biológica como sistema doador de água e a atmosfera como receptor (CAVARIANI, 1996).

A secagem é importante no que concerne à produção e comercialização de produtos agrícolas, pois:

- possibilita a antecipação da colheita reduzindo as perdas de campo ocasionadas por intempéries, ação de insetos, roedores e pássaros;
- propicia o planejamento da colheita e o emprego mais eficiente de maquinário e mão-de-obra;

- dá condições ao produtor de obter melhores preços para seu produto se comercializado durante a entressafra, no caso da secagem estar associada ao armazenamento;
- permite a formação de estoques reguladores de mercado;
- permite a oferta de produtos de qualidade elevada, no caso de grãos quanto às características organolépticas e nutricionais e quanto às sementes, alta percentagem de germinação e vigor (ATHIÉ et al., 1998).

Um processo de secagem eficiente é aquele que, além de reduzir o teor de água do produto, aumenta seu potencial de conservação pós-colheita e preserva suas características físicas e propriedades tecnológicas, atribuindo-lhe alto valor comercial (ATHIÉ et al, 1998).

Programas de investimento para secagem, bem como melhorias no sistema de transporte, distribuição e armazenamento do produto a granel nas regiões de produção e consumo são fundamentais para aumentar a eficiência do processo de comercialização. É, também, imprescindível a utilização de mecanismos comerciais e mercadológicos, com vistas à ampliação do consumo interno e da ativação das exportações.

O presente trabalho visa avaliar a qualidade dos grãos de quatro cultivares de milho (*Zea mays* L.), após a secagem a campo, ao sol e com temperaturas de 40°C, 60°C, 80°C e 100°C, sendo: AL-25 (variedade), Z-8410 (Híbrido simples), AG-6690 (Híbrido triplo) e C-444 (Híbrido duplo).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

O presente trabalho tem a finalidade de avaliar a influência de diferentes condições de secagem na qualidade de grãos de quatro cultivares de milho (*Zea mays* L.), representados por uma variedade e três híbridos comerciais.

2.2. Objetivos específicos:

2.2.1. Determinar as características físicas dos grãos de diferentes cultivares de milho (umidade, matéria seca e densidade), antes e após a secagem.

2.2.2. Avaliar a influência da temperatura de secagem na qualidade dos grãos de milho, através da determinação do teor de proteína total e extrato etéreo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Matéria prima

3.1.1. Histórico

O milho constitui, uma das maravilhas do reino vegetal. Atingiu, no decorrer da sua evolução, extraordinário grau de especialização, manifestado, sobretudo, pelos seus órgãos de reprodução e principalmente pelas suas espigas. Apesar de exaustivamente estudado, ainda hoje desafia a capacidade investigadora do homem, porquanto a sua origem e o mecanismo da sua evolução continuam sendo problemas a esclarecer. Embora exista o consenso geral de que esta planta seja de origem americana, houve quem apontasse o Continente Asiático como sendo sua pátria (KRUG, 1966).

Modernas técnicas de pesquisa arqueológica, baseadas no uso do carbono radioativo, nos indicam que algumas raças deste cereal, muito parecidas com variedades hoje cultivadas, já existiam no México e no Estado de Novo México (USA), pelo menos, há 5.000 anos. A evolução desses tipos já tão aperfeiçoados a

partir de outra ou outras gramíneas primitivas, deve, pois, ter ocorrido há outros tantos milênios atrás (KRUG, 1966).

Já por ocasião da descoberta das Américas, era o milho cultivado em extensas regiões das três Américas, constituindo alimento básico das suas populações indígenas. Não se sabe, ao certo, a data da sua introdução na Europa, mas esta deve ter ocorrido na Espanha, na volta de uma das primeiras expedições de Colombo ao Novo Mundo, onde foi encontrado, pela primeira vez, em Cuba. A partir da Espanha, o milho invadiu Portugal, Itália e outros países mediterrâneos, sendo, logo após levado pelos portugueses à África e, provavelmente, também à Ásia (KRUG, 1966).

As primeiras referências ao milho na literatura européia aparecem no século XVI; a primeira ilustração conhecida apareceu em trabalho datado de 1542; na China a primeira ilustração sobre o cereal data de 1578. Das várias plantas úteis originária das Américas (batata, tomate, abacaxi, fumo, feijão, abóbora, milho, mandioca, algodão, pimenta, amendoim, cacau, e outras), foi o milho a planta que mais rapidamente se espalhou pelo mundo (CONAGIN & JUNQUEIRA, 1966).

Linnaeus lhe deu o nome científico *Zea mays*, supondo-se que a denominação específica seja derivada da palavra indígena “mahiz”. Em virtude da grande heterogeneidade genética do milho, que possui uma extraordinária amplitude de adaptação a condições ecológicas diversas, pode ser economicamente cultivado tanto nos trópicos e subtropicais como em zonas temperadas, localizando-se os maiores centros de sua produção nas regiões mais quentes destas últimas (KRUG, 1966).

O milho, originário do continente americano, onde foi domesticado há cerca de 7.000 a 10.000 anos atrás, é a espécie que atingiu o mais alto grau de domesticação. Graças as suas 300 raças, aproximadamente, e milhares de variedades, o milho é a espécie que conta com a mais ampla variabilidade genética natural. Isso tudo, aliado às características favoráveis do seu ciclo e de sua reprodução, tem contribuído para o grande desenvolvimento de sua cultura e progressos substanciais.

Entre as culturas de interesse econômico para o país, o milho pontifica como uma das mais importantes. Em virtude de seu largo uso nas atividades

agropecuárias e na indústria, constitui matéria prima para as mais variadas aplicações. No campo da indústria de alimentos, de bebidas e outras, o seu emprego como matéria-prima poderá ser aumentado de maneira considerável, abrindo novas fontes de consumo.

3.1.2. Mercado e perspectivas

Representa o milho, uma notável contribuição para o avanço da agricultura no país, especialmente considerando-se o desenvolvimento de uma vigorosa e competitiva indústria de sementes. De todas as regiões tropicais e subtropicais, onde o milho tem sido utilizado, é o Brasil o país onde pode-se constatar efetivamente a sua contribuição mais significativa para a agricultura.

Segundo o AGRIANUAL (2001) a estratégia de comercialização depende exclusivamente do acompanhamento de mercado visando buscar um preço médio melhor através da alternativa de comercialização do grão, como é observada na tabela 3.1.

Tabela 3.1. Preços médios de milho por saca de 60Kg em US\$, desde 1996 a 2000.

Ano	Preço médio (US\$)
1996	7,47
1997	6,19
1998	7,02
1999	5,58
2000	7,35
Preço médio	6,72

Fonte: AGRIANUAL (2001). Dados adaptados pelo autor.

O mercado de milho, nos últimos dois anos, vem enfrentando um delicado quadro de abastecimento, resultantes de quebras de safras, aumento de demanda e crescimento pouco significativo de sua área plantada. As baixas produções resultaram na queima dos estoques que se encontram atualmente em um de seus menores níveis históricos. Do lado do produtor, o mercado foi extremamente

vantajoso, uma vez que os altos preços cobriram com grande margem de folga os custos de produção, conforme vemos nas tabelas 3.2. e 3.3 (AGRIANUAL 2001).

Tabela 3.2. Custo de produção de milho (US\$ / ha) – safra 2000/01

Descrição	4.000 Kg/ha	5.500 Kg/ha	6.000 Kg/ha	6000 Kg/ha*
A – Operações	166,29	153,88	246,94	137,16
B – Insumos	151,66	256,20	207,92	222,42
C – Administração	66,20	35,90	43,49	41,36
D – Pós-colheita	29,72	40,87	41,88	41,88
Custo total (US\$ / ha)	413,87	486,85	540,23	442,82
Custo total (US\$ / sc 60Kg)	6,21	5,31	5,40	4,43
Receita (US\$ / ha)	433	596	755	755
Resultado (US\$ / ha)	19,46	108,99	214,77	312,18
Margem sobre a venda	4,5%	18,3%	28,4%	41,3%
Região de referência	GO	GO	SP	SP

Fonte: AGRIANUAL (2001). Dados adaptados pelo autor.

OBS:- Receita com base nos preços da safra 1999/2000. * Plantio Direto

Tabela 3.3. Custo de produção de milho safrinha (US\$ / ha) – safra 2000/01

Descrição	2.800 Kg/ha	3.000 Kg/ha	4.000 Kg/ha
A – Operações	65,46	105,66	140,54
B – Insumos	103,69	90,71	142,05
C – Administração	26,10	18,57	20,35
D – Pós-colheita	20,80	20,94	27,80
Custo total (US\$ / ha)	216,05	235,88	330,74
Custo total (US\$ / sc 60Kg)	4,63	4,72	4,96
Receita (US\$ / ha)	287	365	422
Resultado (US\$ / ha)	70,48	129,12	91,26
Margem sobre a venda	24,6%	35,4%	21,6%
Região de referência	MS	SP	PR

Fonte: AGRIANUAL (2001). Dados adaptados pelo autor.

OBS: Receita com base nos preços da safra 1999/2000.

Analisando a oferta e demanda brasileira de milho, observa-se na tabela 3.4., uma diminuição da produção, consumo, estoque final e preço e um aumento nas importações.

Tabela 3.4. Oferta e demanda brasileiras de milho (mil toneladas métricas).

Ano	Produção	Importação	Consumo	Estoque final	Preço (US\$/t)
1996/97	35.703	500	35.912	6.170	117,18
1997/98	30.188	1.765	35.000	3.122	107,93
1998/99	32.393	1.100	35.000	1.615	114,33
1999/00*	31.641	2.600	35.700	156	97,73

Fonte: AGRIANUAL (2001). Dados adaptados pelo autor. *Previsão

A tabela 3.5, mostra no cenário mundial que na safra de 96 / 97 até a previsão de mercado para 2002, houve um acréscimo de produção, consumo e diminuição do estoque final.

Tabela 3.5. Oferta e demanda mundial de milho (mil toneladas métricas)

Ano	Produção	Consumo	Estoque final
1996/97	592.179	563.041	100.322
1997/98	576.149	578.377	98.094
1998/99	605.513	580.423	123.184
1999/00	605.334	600.614	127.904
2000/01	607.169	607.425	126.648
2001/02*	608.600	613.300	115.300

Fonte: AGRIANUAL (2001); CONAB (2001). Dados adaptados pelo autor.
*Previsão

Verifica-se nas tabelas 3.6 e 3.7, que a produção brasileira de milho em toneladas e a área plantada em hectares, comparativamente tiveram uma baixa em relação ao ano de 1997 a 2000. (1ª safra + 2ª safra).

Tabela 3.6. Produção brasileira de milho (mil toneladas)

	1997	1998	1999	2000*	2001**
1ª Safra	31.704	24.605	26.742	27.716	30.323
2ª Safra	4.011	5.583	5.651	3.925	5.906
Total	35.715	30.188	32.393	31.641	36.229

Fonte: AGRIANUAL (2001). Dados adaptados pelo autor.

*Dados parciais em Out/2000

** Projeções para 2001

Tabela 3.7. Área plantada de milho no Brasil (mil hectares)

	1997	1998	1999	2000*	2001**
1ª Safra	11.600	9.070	9.822	9.875	10.752
2ª Safra	2.199	2.321	2.691	2.908	3.051
Total	13.799	11.391	12.513	12.783	13.803

Fonte: AGRIANUAL (2001). Dados adaptados pelo autor.

*Dados parciais em Out/2000

** Projeções para 2001

Na tabela 3.8., observa-se as tendências do mercado mundial do milho.

Tabela 3.8 – Balanço mundial do milho (mil toneladas métricas)

Países	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01*
Produção	592.179	576.149	605.513	605.334	607.169
Estados Unidos	234.518	233.864	247.882	239.719	263.216
China	127.470	104.300	132.954	128.080	115.000
Brasil	35.703	30.188	32.393	31.641	36.289
México	18.922	16.934	17.788	19.000	19.000
Argentina	15.500	19.360	13.500	16.000	16.500
Consumo	563.041	578.377	580.423	600.614	607.425
Estados Unidos	177.586	185.087	185.879	191.651	196.224
China	109.400	113.400	114.300	116.950	120.000
Brasil	35.912	35.000	35.000	35.700	37.500
México	22.090	22.002	23.037	23.100	24.100
Japão	16.100	15.900	16.436	16.350	16.150
Importação	72.836	71.332	75.554	76.730	77.299
Japão	15.963	16.422	16.336	16.250	16.100
Coréia do Sul	8.336	7.528	7.517	8.500	8.200
Taiwan	5.742	4.474	4.575	5.000	5.100
México	3.141	4.376	5.615	4.600	5.500
Egito	3.201	3.245	3.687	4.300	4.500
Exportação	73.337	71.700	75.511	80.265	78.964
Estados Unidos	45.655	38.214	50.310	48.897	55.248
Argentina	10.828	12.222	7.882	9.000	9.200
China	3.892	6.173	3.340	9.000	4.000
França	6.966	7.609	8.111	7.000	7.000
Hungria	1.122	1.236	1.829	1.700	200
Estoque final	100.322	98.094	123.184	127.904	127.648
China	50.961	35.975	51.551	53.831	44.981
Estados Unidos	22.433	33.220	45.391	44.943	56.941
Iugoslávia	2.200	4.200	4.600	4.775	2.450
México	2.450	1.500	1.850	2.335	2.720
África do Sul	2.500	817	1.022	1.850	1.600

FONTE: AGRIANUAL (2001). Dados adaptados pelo autor.

*Previsão.

Por estes dados, o fato é que o milho está deixando de ser uma commodity comercializada em grandes lotes, para se tornar um ingrediente especializado com características desejadas pelos processadores e produtores de ração (LIMA, 2001).

Na tabela 3.9 observa-se a demanda de matéria-prima para a fabricação de rações no Brasil no ano de 2000, para alguns segmentos, destacando a importância do milho na composição das rações.

Tabela 3.9 – Fontes de origem das matérias-primas na fabricação de rações

Milho “In Natura”	65,0%
Sub produtos de origem vegetal	27,0%
Sub produtos de origem animal	5,0%
Minerais	2,8%
Vitaminas e aminoácidos	0,2%

Fonte: SINDIRAÇÕES (2000). Dados adaptados pelo autor

BIAGI (1998), cita que o comércio internacional de grãos procura orientar a qualidade por variáveis como umidade, grãos quebrados, cor, material estranho e imperfeições, porém poderia-se incorporar junto a estes mais alguns fatores, como óleo, proteína, dureza, massa específica e histórico do produto.

3.1.3. Composição química

O conhecimento da composição química é de interesse para a tecnologia de sementes e grãos, influi tanto no vigor quanto no potencial de armazenamento.

Tem sido mostrado que a composição química dos grãos de milho pode ser alterada através da manipulação genética. Somente nos últimos anos é que melhoristas têm dado maior atenção a este aspecto. Tradicionalmente o melhorista de milho tem procurado obter material de maior rendimento por unidade de área, assim como, obter variedades ou híbridos resistentes ao ataque de pragas e doenças, sem contudo se preocupar com o valor nutricional dos grãos (TOSELLO, 1987).

As substâncias componentes de interesse na alimentação animal são os macronutrientes: proteínas, carboidratos e extrato etéreo; e os micro-nutrientes: vitaminas e minerais. Com o intuito de satisfazer as necessidades nutricionais é

importante ter um conhecimento do valor nutritivo desses componentes. Comparando-se as quantidades consumidas dos três principais grupos de alimentos, isto é, as proteínas, carboidratos e lipídios ou extrato etéreo, constata-se que o último grupo está colocado em último lugar, porém, no que respeita ao fornecimento de energia, ocupa o primeiro lugar (PEDROSO, 2001).

Relacionar o papel dos óleos e gorduras (lipídios) e seus constituintes primários (ácidos graxos), na nutrição e saúde, é importante para o desenvolvimento de produtos derivados e para a compreensão de suas propriedades físicas e químicas (PEDROSO, 2001).

O milho apresenta a seguinte composição média, conforme tabela 3.10 abaixo:

Tabela 3.10 – Composição média do grão de milho

Proteína bruta	10,0%
Extrato etéreo	5,0%
Fibra bruta	2,0%
Matéria mineral	1,5%
Hidratos de carbono	68,5%

Fonte: PUZZI (1986). Dados adaptados pelo autor.

A composição química do milho, por exemplo, o teor de proteína bruta, amostrado aleatoriamente e analisado no Laboratório de Análises Físico-Químicas da EMBRAPA Suínos e Aves no período de 1979 a 1999, tem caído nos últimos 20 anos. Embora o milho seja, predominantemente, uma fonte de energia para os animais, sua proteína é importante como mostra a tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Médias da composição química e valor energético do milho analisado no laboratório de análises físico-químicas da EMBRAPA Suínos e Aves no período de 1979 a 1997. Valores expressos em matéria original.

Proteína bruta	8,49%
Extrato etéreo	3,67%
Matéria seca	87,70%
Fibra bruta	2,25%
Matéria mineral	1,50%

Fonte: LIMA (2000). Dados adaptados pelo autor.

A proteína, cujo nome significa “primeiro” ou o “mais importante” é a macromolécula mais importante encontrada nos seres vivos. É um componente básico de toda célula viva e funciona como enzima, componente estrutural e material de reserva.

O valor nutricional de uma proteína está intimamente relacionada à sua composição em aminoácidos, sendo a lisina o principal aminoácido em todos os cereais (MOLINA et al., 2001).

As proteínas destacam-se na hierarquia bioquímica que mantém a homeostase do organismo vivo, não apenas por suas funções de sustentação de órgãos e tecidos, como por sua atuação como hormônios protéicos e enzimas, relacionadas a quase todas as etapas do metabolismo. Assim, entre os grupos de substâncias associados à alimentação e nutrição, a carência de proteínas reflete-se mais intensamente sobre o equilíbrio dinâmico do metabolismo que outros grupos integrantes da alimentação de seres humanos e animais. Isto torna-se mais evidente em estados de carência, que persistindo por certos períodos compromete o indivíduo levando a danos irreversíveis (AZEVEDO et al., 1997).

Os grãos caracterizam-se por apresentarem uma parte das proteínas metabolicamente ativas, como enzimas e as nucleoproteínas, e outra metabolicamente inativas, as proteínas de reserva. De uma maneira geral, as proteínas, estão em menor proporção que os carboidratos e lipídios. São encontradas em todos os tecidos da semente, ocorrendo em maiores concentrações no embrião e na camada de aleurona dos cereais. Os grãos de cereais apresentam em geral, menor teor de proteínas que os grãos de leguminosas e oleaginosas (GUIMARÃES, 1999).

Tabela 3.12. Distribuição percentual das proteínas nas diferentes partes da semente do milho.

Componentes	Semente inteira	Endosperma	Embrião	Restante da semente
Semente	100	84,0	10,0	6,0
(%) Proteína do total	100	76,4	20,3	3,3

Fonte:- CARVALHO & NAKAGAWA (1983). Dados adaptados pelo autor

O grão de milho um fruto seco, indeiscente, do tipo cariopse, contendo uma única semente, composta por embrião, endosperma, pericarpo. O endosperma é responsável por 98% do amido, 80% da proteína e 15% dos lipídios presentes no grão.

A composição química do milho, varia de acordo com o tipo de semente, tipo de solo, qualidade do fertilizante e das condições climáticas.

Em relação à proteína, 73% do total encontrado está no endosperma e 24% no embrião. No endosperma a principal proteína é a zeína, que é relativamente insolúvel e perfaz ao redor de 50% do total. Essa proteína é baixa em aminoácidos essenciais, particularmente lisina e triptofano, o que torna a proteína total do milho deficiente nesses aminoácidos para os monogástricos.

O triptofano é precursor da niacina (vitamina do complexo B) e devido ao seu baixo nível, o nível da niacina também será baixo, o que poderá levar à deficiência dessa vitamina, quando o milho for o principal componente da dieta.

A adubação nitrogenada do milho tem grande influência na sua produção bem como no seu teor protéico, sendo esse aumento de proteína acompanhado de uma diminuição de sua qualidade protéica em função do aumento da fração zeína.

Quando o teor protéico abaixa, diminui a fração zeína, permanecendo a fração glutelina, que contém lisina, aumentando assim a porcentagem de lisina em relação à proteína.

O amido do milho, contém dois tipos de moléculas: amilose e amilopectina, na proporção de 27% e 73%, respectivamente, conferindo a esse ingrediente um alto valor energético, pois seu elevado conteúdo de amido encontra-se na forma facilmente digerível.

Os lipídios do milho, estão representados pelo extrato etéreo, palmítico (12%), esteárico (2%), oléico (27%), linoléico (55%) e linolênico (0,8%); sendo o ácido linoléico de suma importância na alimentação das aves e suínos.

Ainda como característica do milho podemos citar sua alta palatabilidade, riqueza em caroteno, alto teor de fósforo, porém baixo nível de cálcio.

Quanto à matéria seca, o grão e a semente são fortes drenos na planta, que necessitam de acumular reservas para cumprir seu papel de alimento e de

perpetuação da espécie. A acumulação de matéria seca começa de forma lenta mas em curto espaço de tempo esse acúmulo passa a ser rápido e constante até atingir o máximo. Este peso seco é estável por algum tempo e pode sofrer um pequeno decréscimo no final do processo (GUIMARÃES, 1999).

A seleção de cultivares para a qualidade nutricional pode ser realizada através de simples avaliação do conteúdo de frações protéicas específicas (CARVALHO et al., 1996).

A velocidade de secagem de milho em espiga duplica ao elevar-se a temperatura de secagem de 15°C (base úmida – bu), sendo que existem acentuadas diferenças entre genótipos de milho quanto a sensibilidade à exposição a alta temperatura no processo de secagem (ROMANO F^a, 1997).

A composição química das sementes e grãos varia com a espécie e entre cultivares, por fatores genéticos e até mesmo dentro das cultivares, influenciadas por fatores ambientais (GUIMARÃES, 1999).

Na qualidade nutricional dos grãos, a herança genética é o principal fator, porém esta qualidade também se expressa como resultado de uma série de fatores externos, tais como a região de plantio, devido às diferenças edáficas e climáticas, técnicas de cultivo e métodos de processamento dos grãos.

3.1.4. Cultivares de milho

Dentre os insumos utilizados na lavoura de milho, a semente é de especial importância, pois agrega valores como potencial produtivo, tolerância a pragas, doenças, resistência a condições adversas de clima e solo, entre outros. Mais de 150 cultivares de milho são comercializados atualmente no Brasil (SARTORI, 2000).

A escolha da cultivar mais adequada a cada situação é fator de acréscimo na produtividade, que pode ser obtido sem qualquer custo adicional no sistema de produção (SARTORI, 2000).

No Brasil são oferecidas, anualmente, sementes melhoradas suficientes para o plantio de cerca de 8 milhões de hectares, sendo, o insumo de uso mais generalizado na cultura do milho. Entretanto, mais de 4 milhões de hectares

continuam sendo plantados com materiais de baixo potencial de produção, como variedades locais não melhoradas e segunda geração de híbridos comerciais de milho (CRUZ et al., 1996).

Hoje, com sua evolução o cultivo de milho safrinha é uma atividade econômica ajustada ao sistema de produção, com tecnologia e escolha de cultivar.

Os principais fatores que afetam a produtividade do milho cultivado na safrinha são a limitação na disponibilidade de umidade do solo, os riscos com a ocorrência de geadas e desenvolvimento de doenças quando ocorrem condições climáticas desfavoráveis (PITOL, 1999).

Tais fatores contribuíram para que, no início do cultivo do milho “safrinha”, a produtividade fosse muito baixa, pois esta época de cultivo era considerada uma alternativa de alto risco, usada em substituição ao trigo, visando a ocupação e cobertura do solo com um baixo custo, o qual conduzia, a um baixo nível tecnológico. Isso em grande parte devido à falta de tecnologia disponível e cultivares inadequados, por se tratar de uma atividade agrícola recente, que cresceu inicialmente à revelia da pesquisa, visando solucionar um problema causado pela redução de áreas cultivadas com trigo, e a ociosidade do solo.

A época de plantio consiste em um dos fatores mais importantes para o desempenho da safrinha, conforme tabela 3.13.

Tabela 3.13. Época de plantio do milho safrinha em diferentes regiões.

Região	Plantio
Goiás	Até 15 de fevereiro
Oeste Paranaense	Até 28 de fevereiro
Mato Grosso	Até 10 de março
Alta Mogiana	
Triângulo Mineiro	
Alto Paranaíba	Até 15 de março
Mato Grosso do Sul	
Norte Paranaense	
Vale do Paranapanema	Até 30 de março

Fonte:- Manual Técnico MONSANTO, 2000.

3.1.4.1. Caracterização dos cultivares

3.1.4.1.1. Variedade

Variedade é a população de plantas que, pela aparência e pelo comportamento, pode ser distinguida de outras populações na mesma espécie, de acordo com os interesses do homem. É o resultado de gerações avançadas por polinização aberta ou livre de todas as combinações possíveis entre genótipos selecionados, com base na capacidade combinatória que apresentam e podem ser uma linha pura, uma população mendeliana ou um clone. É o mesmo que variedade agrônômica ou cultivada (RONZELLI Jr., 1996).

Segundo BORÉM (1997) variedade é a subdivisão de uma espécie, ou grupo de indivíduos dentro de uma espécie, que se distingue de outra por sua forma ou função.

Analisando RONZELLI Jr. (1996) e BORÉM (1997) em suas definições de variedade, observa-se uma relativa distinção entre elas.

Segundo RONZELLI Jr. (1996) variedade é a subdivisão de uma espécie cultivada que se distingue de outra ou de outras pela aparência e/ou pelo comportamento, ou seja, por característica ou características perfeitamente identificável ou identificáveis de ordem morfológica, fisiológica, bioquímica ou outra.

Segundo BORÉM (1997) variedade é definida como um grupo de plantas com características distintas uniformes e estáveis. Uma variedade deve apresentar sua própria identidade e a que a distingue das demais. Os descritores varietais que conferem identidade às variedades podem ser: ciclo, cor das sementes, caracteres morfológicos, reação a doenças, produção de grãos, padrões izoenzimáticos ou de ácidos nucleicos. A estabilidade da variedade é importante para a sua identificação de geração após geração.

O termo cultivar, que tem sido usado como sinônimo de variedade, foi cunhado a partir da contração das palavras inglesas “cultivated variety” (variedade cultivada).

Tendo em vista a igualdade de definições de autores já citados acima, será usado o termo “a cultivar” para relacionar variedade e híbrido no presente trabalho

pois, os boletins científicos do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) anos 1998 a 2000 e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), ano 2000, generalizam o termo cultivar para variedade e híbrido.

Além disso, por terem menor custo de produção, são encontradas no mercado a preços mais baixos do que os híbridos. Por essa razão, seu uso tem sido mais difundido entre produtores menos capitalizados, existindo, inclusive, ações de entidades governamentais e não governamentais para a sua difusão. Nas regiões Norte e Nordeste, onde a oferta de híbridos é mais limitada, tem havido grande difusão do uso de variedades (CRUZ et al., 1996).

Segundo RONZELLI Jr. (1996) híbrido é o indivíduo ou população de indivíduos resultante do cruzamento entre indivíduos com diferentes constituições genéticas.

Os híbridos predominam no mercado no Centro-Sul do Brasil e são classificados em: híbridos intervarietais, resultantes do cruzamento entre duas variedades; híbridos simples, resultantes do cruzamento entre duas linhagens; híbridos triplos, resultantes do cruzamento de um híbrido simples com uma linhagem; híbridos triplos modificados, resultantes do cruzamento de um híbrido simples com duas linhagens irmãs; híbridos duplos, resultantes do cruzamento de dois híbridos simples (MIRANDA F° & VIÉGAS, 1987).

Na tabela 3.14, são apresentados os híbridos e os cruzamentos desenvolvidos nos programas de melhoramento.

Tabela 3.14 - Híbridos desenvolvidos nos programas de melhoramento.

Tipo de híbrido	Cruzamentos envolvidos
1. Top-cross – TC	Linhagem x variedade
2. Híbrido simples – HS	Linhagem A x linhagem B
3. Híbrido simples modificado – HSm	$(A \times A') \times B$ ou $(A \times A') \times (B \times B')$
4. Híbrido triplo – HT	$(A \times B) \times C$
5. Híbrido duplo – HD	$(A \times B) \times (C \times D)$
6. Híbrido múltiplo – HM	$(A \times B) \times (C \times D) \times (E \times F) \times (G \times H) \dots$ e outros
7. Híbrido intervarietal – HI	Variedade A x variedade B

Fonte: MIRANDA F° & VIÉGAS (1987).

3.1.4.1.2. Top-cross - TC

Resulta do cruzamento entre uma linhagem endogâmica (cruzamento entre indivíduos aparentados) e uma variedade de base genética ampla. Este tipo de híbrido não tem sido considerado de valor comercial, mas é amplamente utilizado nos programas de avaliação de linhagens para utilização em híbridos (MIRANDA F° & VIÉGAS, 1987).

Segundo RONZELLI Jr. (1996) Top-cross é o resultado do cruzamento de uma variedade de polinização livre com uma linhagem. O seu valor comercial é também limitado, mas tem importância por ser uma etapa na avaliação da capacidade combinatória nos testes de mesmo nome utilizados nos métodos de melhoramento por meio da seleção.

Comparando as definições de MIRANDA F° & VIÉGAS (1987) e RONZELLI Jr. (1996), verifica-se uma semelhança entre elas.

3.1.4.1.3. Híbrido simples – HS

É obtido mediante o cruzamento de duas linhagens endogâmicas. Em geral, é mais produtivo do que os outros tipos de híbridos, apresentando grande uniformidade de plantas e de espigas. A semente tem um custo de produção mais elevado porque é produzida nas linhagens que, por serem endógamas, exibem produção mais baixa (MIRANDA F° & VIÉGAS, 1987).

3.1.4.1.4. Híbrido simples modificado - HSm

Utiliza-se como progenitor feminino o híbrido entre duas progênes (descendentes de única planta mãe) afins da mesma linhagem, isto é, (A x A') e como progenitor masculino uma outra linhagem (B) ou também um híbrido entre progênes afins (B x B'). Em qualquer caso, o custo de produção de sementes é reduzido porque o progenitor feminino apresenta um certo vigor que se manifesta em maior produção (MIRANDA F° & VIÉGAS, 1987).

O híbrido simples modificado pode ser obtido de duas formas. A primeira prevê a preparação da linhagem que servirá como genitor masculino, por meio da hibridação com uma linhagem afim, e, em seguida, o resultante é cruzado com outra

linhagem. Esse caminho é muitas vezes confundido com o da obtenção do híbrido triplo. A segunda forma de se obter o híbrido simples modificado prevê a preparação das linhagens por meio de cruzamentos com as suas afins, e pode confundir-se com o modelo da obtenção do híbrido duplo (RONZELLI Jr., 1996).

Observa-se que as definições de MIRANDA & VIÉGAS (1987) e RONZELLI Jr. (1996), são descritas com uma mesma característica genética.

3.1.4.1.5. Híbrido triplo - HT

É obtido do cruzamento de um híbrido simples (A x B) com uma terceira linhagem (C). A linhagem polinizadora deve ser suficientemente vigorosa para poder ser plantada intercaladamente ao híbrido simples e produzir quantidade de pólen suficiente para garantir uma boa produção de grãos nas linhas femininas. O híbrido triplo também pode ser obtido sob forma de híbrido modificado, isto é, (A x B) x (C x C'), onde C e C' são duas progênies afins de uma mesma linhagem. O híbrido triplo é também bastante uniforme e requer dois ciclos para ser produzido a partir das linhagens (MIRANDA F° & VIÉGAS, 1987).

O híbrido triplo tem revelado resultados comerciais discutíveis quanto à produtividade. É obtido pelo cruzamento de um híbrido simples, em geral na função de genitor feminino, com uma terceira linhagem, que deve ser satisfatoriamente vigorosa para atender às necessidades de produção de pólen. O híbrido triplo modificado é o resultado do cruzamento de um híbrido simples, também como genitor feminino, com uma terceira linhagem previamente cruzada com outra linhagem afim. Esse modelo se confunde com o da obtenção do híbrido duplo (RONZELLI Jr., 1996).

Verifica-se nestas definições de MIRANDA F° & VIÉGAS (1987) e RONZELLI Jr. (1996) uma exatidão de informações a respeito dos híbridos.

3.1.4.1.6. Híbrido duplo – HD

É o tipo de híbrido com larga utilização no Brasil, obtido no cruzamento de dois híbridos simples, (A x B) x (C x D), envolvendo portanto, quatro linhagens endogâmicas. Para sua obtenção, são necessários dois ciclos a partir das linhagens.

No primeiro ano são obtidos os híbridos simples (A x B) e (C x D), que constituem a semente básica para a obtenção do híbrido duplo no ano seguinte (MIRANDA F° & VIÉGAS, 1987).

O híbrido duplo, é o de produção de semente com preço mais economicamente viável e ainda é o mais difundido no território nacional. É o resultado do cruzamento entre dois híbridos simples (RONZELLI Jr., 1996).

Também nestas definições de MIRANDA F° & VIÉGAS (1987) e RONZELLI Jr. (1996), existe a igualdade de termos entre eles.

3.1.4.1.7. Híbrido múltiplo – HM

São produzidos mediante a utilização de 6,8 ou mais linhagens. Têm sido muito pouco usados comercialmente e sua principal vantagem reside na maior variabilidade genética, que pode resultar em maior amplitude de adaptação. As gerações avançadas de um híbrido múltiplo podem ser utilizadas como fonte de novas linhagens (MIRANDA F° & VIÉGAS, 1987).

O híbrido múltiplo é o resultado da hibridação entre mais de 5 linhagens. Tem limitado valor comercial. A vantagem que lhe pode ser atribuída é a de que apresenta maior variabilidade genética e, conseqüentemente maior adaptabilidade. Em geral, é utilizado como fonte para obtenção de novas linhagens (RONZELLI Jr., 1996).

Analisando as definições de MIRANDA F° & VIÉGAS (1987) e RONZELLI Jr. (1996), verifica-se a semelhança em suas informações.

3.1.4.1.8. Híbrido intervarietal - HI

Os híbridos intervarietais podem ser utilizados comercialmente, pois permitem a utilização da heterose (estado em que a primeira geração de um híbrido é mais forte que qualquer das raças paternas) sem a necessidade de obtenção de linhagens. As gerações avançadas dos híbridos intervarietais podem ser utilizadas como população base para o melhoramento (MIRANDA F° & VIÉGAS, 1987).

A obtenção de híbridos é facilitada quando a espécie vegetal é monóica, ou seja, possui flores masculinas e femininas na mesma planta como por exemplo o milho. Evidentemente, as facilidades dizem respeito ao controle das polinizações. A

cultura do milho não só pelas facilidades citadas mas também por sua importância sócio-econômica, tem sido objeto de inúmeros trabalhos experimentais (MIRANDA F° & VIÉGAS, 1987).

Outra classificação usada para caracterizar cultivares é quanto ao seu ciclo, geralmente medido em dias da emergência até o florescimento masculino, ou através da soma térmica necessária do plantio ao florescimento masculino. Para o cálculo da soma térmica (ST), ou unidades de calor (UC), ou unidades térmicas de desenvolvimento (UTD), ou graus dias (GD), consideram-se as temperaturas máxima e mínima diárias, sendo que, quando a temperatura máxima ultrapassar a 30°C, considera-se apenas 30°C e quando a temperatura mínima for inferior a 10°C, considera-se apenas 10°C. O resultado diário é obtido pela fórmula (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000):-

$$ST = \sum \left[\frac{(T. \text{máxima} + T. \text{mínima})}{2} \right] - 10$$

Onde:

ST = soma térmica em graus Celsius, (°C)

T. máxima = temperatura máxima em graus Celsius, (°C)

T. mínima = temperatura mínima em graus Celsius, (°C)

Assim, o número de dias necessários para alcançar a soma térmica de uma cultivar pode variar em função das condições climáticas prevalentes em diferentes épocas ou regiões de plantio.

FANCELLI & DOURADO NETO (2000) definem graus dias, como a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura base exigida por uma espécie.

As cultivares são classificadas quanto ao ciclo em: superprecoces, precoces, semiprecoces e normais ou tardios, conforme tabela 3.15, a seguir:

Tabela 3.15 – Classificação das cultivares de milho em relação à soma térmica e dias para colheita.

Ciclo	S.T.	Dias
Superprecoces	780 – 820	100 – 110
Precoces	825 – 910	120 – 125
Semiprecoces	915 – 990	130 – 135
Tardio/Normal	1000 – 1200	140 – 150

Fonte:- SARTORI (2000).

Existem, ainda, classificações de milho com relação ao tipo de grão, dureza e coloração. Essas classificações são de maior interesse dos segmentos que comercializam e utilizam o milho para fins industriais.

3.2. Secagem

Muito embora a secagem constitua o método mais antigo para a conservação de matérias primas agropecuárias, é desconhecido o momento ao longo da história, em que o homem percebeu a sua importância. O desenvolvimento maior da agricultura, depois de seu surgimento, deu-se na região a que hoje chamamos de Oriente Médio, principalmente nas áreas que correspondem ao Egito e à Mesopotâmia, razão pela qual esta região é considerada como o “berço da civilização”. A baixa umidade relativa do ar teria sido fator pelo qual os agricultores daquela região sempre contavam com sementes de boa qualidade fisiológica.

Sementes conservadas secas são sementes que conservam em alto nível sua qualidade fisiológica (CARVALHO, 1994).

A taxa de secagem resulta da velocidade de evaporação da água da semente, relacionada à velocidade de movimentação da água do seu interior para a superfície, e depende fundamentalmente, da umidade, da temperatura e do fluxo de ar empregado paralelamente. É influenciada também pela espessura e permeabilidade do pericarpo, pelo genótipo, pelo estágio de maturação e pelo teor de água (VON PINHO, 1998).

A secagem, como atividade econômica, é um processo artificial, mecânico, destinado a remover o excesso de água, levando o produto a um padrão exigido por

cada espécie, com a responsabilidade de não alterar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas (AMARAL , 2000).

Segundo WEBER (2001) atualmente, procura-se colher os produtos com teores de água mais elevados, pois existe uma relação entre as perdas na lavoura e o teor de água, na qual a “secagem na lavoura” acontece com grande perda de matéria seca. As perdas serão menores na medida em que os grãos são colhidos com mais umidade, permanecendo menos tempo na lavoura e, portanto, menos sujeito ao ataque de insetos e fungos, que encontram no ambiente quente e úmido, condições ideais para o seu desenvolvimento. O clima favorece, ainda, a respiração que, juntamente com o metabolismo e as reações químicas denominadas oxidação, são as grandes responsáveis pela “quebra”, que é a perda de peso dos grãos.

3.2.1. Fundamentos da secagem

A secagem mecânica pode ser entendida como a atividade destinada a diminuir artificialmente o teor de água dos grãos, até 13,0 ou 14,5%, sem comprometer as suas propriedades naturais (WEBER, 2001).

As três formas de umidade nos grãos, de interesse na secagem mecânica são:

1. Umidade superficial, simplesmente aderida externamente;
2. Umidade intersticial, sem função biológica, existe livre entre as moléculas dos grãos. É mantida por forças capilares e pelo diferencial da pressão osmótica.
3. Umidade de constituição, existente nas moléculas dos grãos e que se encontra quimicamente ligada, possuindo função biológica (WEBER, 2001).

Na secagem, a umidade retirada dos grãos, diz respeito à umidade superficial e à umidade intersticial, estas umidades representam um percentual de 13% até 27%.(LASSERAN, 1981). A umidade de constituição fica em até 13%. Enquanto a umidade nos grãos é variável, pois altera com a temperatura e a umidade relativa do ar, a parte seca do grão permanece constante (WEBER, 2001).

A umidade interna é retirada dos grãos através do aquecimento até o ponto em que se dá um diferencial de pressão, suficiente para a passagem da umidade interna à periferia do grão. A retirada da umidade superficial, por evaporação, é fácil e rápida, não ocorrendo o mesmo com a umidade intersticial, que atravessa os tecidos dos grãos, pela diferença da pressão osmótica e pela capilaridade (WEBER, 2001).

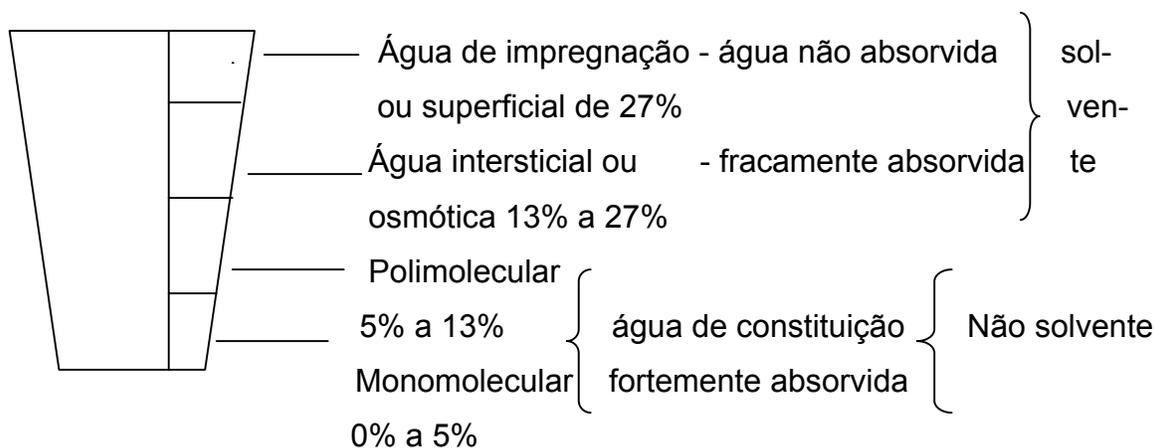


Figura 3.1. Diferentes funções da água presentes nos grãos de milho.

O processo de secagem pode alterar a umidade de constituição, mesmo quando se atinge o teor de 11%, o que é difícil, pois, nesta faixa, a umidade se encontra fortemente adsorvida (WEBER, 2001).

Pode ser mais rápido ou mais lento o processo de secagem, dependendo dos seguintes fatores:

- Teor de água inicial e final dos grãos;
- Localização da maior parte da água a ser removida, se interna ou superficial;
- Avanço da "frente de secagem" interna ao grão (WEBER, 2001).

O sentido do avanço da umidade, em se tratando de secagem, naturalmente será de dentro para fora. Entretanto, os grãos podem ter o movimento da água nos dois sentidos. De fora para dentro, quando estiver diante do processo de umedecimento (adsorção), e de dentro para fora, quando estiver no processo de secagem (dessorção), o que depende da pressão do vapor de água no ar e no

produto, originando o movimento das moléculas de água, num ou noutro sentido. Isto se deve à propriedade higroscópica dos grãos. É a característica higroscópica que confere aos grãos a propriedade de perder ou ceder umidade para o ar, denominada dessorção e a de absorver a umidade do ar, chamada adsorção (WEBER, 2001).

O efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem na germinação e no vigor de sementes de milho híbrido logo após a secagem e ao completar doze meses de armazenamento, foi estudado na secagem e no armazenamento das sementes de milho, houve efeito prejudicial latente sobre a germinação somente entre 55°C e 60% de umidade relativa e efeito prejudicial imediato e latente à temperatura de 55°C no vigor das sementes de milho (BORÉM et al., 1996).

Sementes de milho colhidos com altos níveis de umidade, acima de 40%, são intolerantes a altas temperaturas de secagem (50°C); mas toleram altas temperaturas se submetidas a uma prévia secagem a baixas temperaturas (35°C), por períodos que variam de 12 a 36 horas, em função do cultivar (VON PINHO, 1998).

3.2.2. Sistemas de secagem

A secagem de um produto, como grãos e sementes, é um processo simultâneo de transferência de calor e massa utilizado para evitar o desenvolvimento de fungos, microrganismos e insetos, que normalmente são as causas da deterioração desses produtos, quando estão sendo secos individualmente ou em camada delgada, apresentam perda de umidade a uma taxa constante durante o período inicial de secagem, seguida por um período de secagem a uma taxa decrescente (MATA, 1997).

A secagem à taxa constante pode ser observada nos produtos nas quais a resistência interna ao transporte de umidade é muito menor do que a resistência externa à remoção do vapor de água na superfície do produto para o meio ambiente. O período de secagem à taxa constante é considerado como aquele em que a umidade das sementes é suficiente para manter a água na superfície do produto, na

forma de água livre, constantemente exposta às mesmas condições do ambiente (MATA, 1997).

As secagens de produtos agrícolas como grãos e sementes, geralmente, não ocorrem no período de secagem à taxa constante, a menos que eles sejam colhidos em um estágio muito imaturo ou que tenha havido condensação de umidade ou chovido sobre eles. Entretanto, muitos outros produtos biológicos, como batatas e beterrabas apresentam comportamento de secagem com taxa constante quando são desidratados sob condições ambientes constantes (MATA, 1997).

Durante o período de secagem à taxa decrescente, a superfície do produto não se encontra coberta por uma camada fina de água, como no caso anterior, porque a resistência interna ao transporte de água se torna maior do que a resistência externa. À medida que o teor de água vai decrescendo abaixo do teor de água crítico, o potencial motriz do processo de secagem decresce junto com a taxa de secagem. Aparece também um gradiente de umidade no interior do produto e sua temperatura se eleva. O ideal, para manter a qualidade do produto seria que, após atingir seu ponto de maturação fisiológica, os processos de colheita, debulha e secagem fossem feitos seqüencialmente; no entanto, tanto para a colheita quanto para a debulha existe um teor de água ideal no qual o produto não sofre injúrias mecânicas nestes processos. Portanto, a maioria dos grãos e sementes, quando vão para as unidades de secagem, apresentam teores de umidade em torno de 17 a 30% . Dessa forma, geralmente, a secagem só é feita no período de taxa decrescente (MATA, 1997).

VILLELA & SILVA (1992) considerando temperaturas do ar de secagem de 70, 80 e 90°C e reduções do teor de água de 16,5 para 13%, obtiveram aumento da velocidade de secagem e a redução do tempo total de exposição das sementes ao ar aquecido devido à elevação da temperatura do ar de secagem.

O período de tempo, após o qual a semente e os grãos começam a exibir quedas significativas de qualidade fisiológica, é tanto mais curto quanto maior for seu teor de água inicial e as condições de temperatura sob as quais se encontrem (CARVALHO, 1994).

As secagens intermitentes rápida e lenta, empregando temperaturas do ar de secagem de até 60°C e 70°C, mostram-se eficientes na remoção de água de milho com elevados teores de água, não afetando a qualidade fisiológica imediata das sementes (AHRENS et al., 1998).

3.2.3. Secadores

3.2.3.1. Classificação dos secadores

Os secadores agrícolas encontrados no mercado nacional são dos mais variados tipos e sistemas de funcionamento, conforme tabela 3.16.

Tabela 3.16. – Classificação de sistemas comerciais de secagem.

Classificação	Secadores
Quanto ao tipo de fabricação	Móveis ou fixos (silos secadores, de torre)
Quanto ao sistema de carga	Intermitente ou contínuos
Quanto a ventilação	Insuflação de ar ou aspiração de ar
Quanto ao fluxo de ar	Concorrente, contracorrente, cruzado ou misto
Quanto a torre de secagem	Calhas paralelas, calhas cruzadas, de colunas e com câmara descanso
Quanto ao sistema descarga	Descarga de bandeja mecânica, descarga pneumática, descarga de eclusas rotativas
Quanto ao combustível	Líquido, sólido ou gasoso
Ar da fornalha	Direto e indireto
Grau de automatização	Secagem com controle manual e automatizada

Fonte:- WEBER (2001)

3.2.4. Influência da temperatura sobre a qualidade dos grãos

O efeito da temperatura de secagem sobre o valor nutricional do milho para a alimentação animal tem recebido considerável atenção dos pesquisadores. Estudos têm mostrado que o milho seco em temperaturas acima de 60°C tem seu valor energético diminuído, além de sofrer perdas na palatabilidade (SOUZA E SILVA et al., 2001).

A pesquisa tem demonstrado, conforme tabela 3.17, que a temperatura das sementes, durante a secagem, não deve ultrapassar determinados valores que variam em função do teor de água com que as sementes se encontrem no momento em que estão sendo expostos à corrente de ar aquecido (CARVALHO, 1994).

Tabela 3.17 – Temperaturas máximas suportáveis por sementes, durante a secagem, em função do teor de água.

Teor de água das sementes (%)	Temperatura máxima que as sementes podem atingir sem dano fisiológico (°C)
> 18	32
10 - 18	38
< 10	43

Fonte:- CARVALHO (1994).

No Brasil, a prática da secagem natural é favorecida pelas condições meteorológicas e se harmoniza, geralmente, com as condições do produtor brasileiro (CARVALHO, 1994).

Tabela 3.18 – Teores de água de equilíbrio do milho

Temperatura (°C)	Teor de água e equilíbrio do milho (%bu)						
	Umidade relativa (%)						
Ar	30	40	50	60	70	80	90
16	9,2	10,5	11,8	13,2	14,8	16,7	19,7
20	8,8	10,1	11,5	12,8	14,4	16,4	19,4
24	8,5	9,8	11,1	12,5	14,1	16,1	19,1
28	8,1	9,4	10,8	12,2	13,8	15,8	18,8
32	7,8	9,1	10,5	11,9	13,5	15,5	18,6

Fonte: ATHIÉ et al., (1998). Dados adaptados pelo autor.

Pela tabela 3.18 – Teores de água de equilíbrio de milho, um lote de grãos de milho com umidade de 14% é armazenado em um ambiente com temperatura de 24°C e umidade relativa de 80%. Considerando que as condições atmosféricas permanecerão constantes, o produto tende a se umedecer com o tempo, aumentando para 16,1% o seu teor de água, vindo a ganhar umidade com o tempo e diminuindo a qualidade dos grãos.

Um produto com alto grau de umidade possui maior quantidade de água livre, a qual funciona como um verdadeiro dissolvente e, quanto mais alta a sua

temperatura, tanto maior será o seu poder dissolvente. Pela evaporação da água, os dissolvidos vão se acumulando na periferia das substâncias solúveis em água quente. É evidente que um produto que sofreu este fenômeno, em grande escala, ficará alterado no fim da secagem (PUZZI, 1986).

A secagem de cereais é uma operação pós-colheita essencial para conservação da qualidade do produto, no entanto, se conduzida inadequadamente pode ter um efeito negativo na qualidade do produto (ATHIÉ et al., 1998).

As temperaturas máximas empregadas na secagem de diversos produtos, encontram-se mencionadas na tabela 3.19., abaixo:

Tabela 3.19. - Temperaturas máximas empregadas na secagem de diversos produtos.

Produto e Destino	Temperatura °C
Cereais	
Milho – Sementes	44
Amido	55
Alimentação animal	82
Sorgo – Semente	44
Amido	60
Alimentação animal	82
Trigo – Semente além de 24% de umidade	44
Moagem	66
Leguminosa	
Soja – Semente	
Agroindústria	38
	48

Fonte: PUZZI (1986). Dados adaptados pelo autor.

Durante a secagem, a remoção de água das sementes pode causar alterações químicas, físicas e biológicas, tornando críticas as condições de realização da secagem, as quais devem ser escolhidas tendo em vista, primordialmente, os efeitos que podem ter sobre a qualidade da semente (AGUIRRE & PESKE, 1992).

O milho colhido deve ser secado imediatamente. Umidade elevada dá condições ao desenvolvimento de microorganismos e aumenta as perdas de peso

devido ao aceleração do processo respiratório dos grãos, causando elevação da temperatura e deterioração do produto. Recomenda-se utilizar uma temperatura de secagem de 90°C. Com essa temperatura o grão atinge um aquecimento em torno de 45°C, o que não causa nenhum dano a sua integridade. Temperaturas mais elevadas até 140°C, podem causar injúrias como quebras e fissuras nos grãos, prejudicando a qualidade de estocagem. A umidade recomendada para o armazenamento é de 13 a 14% quando a granel. (LIMA, 2001).

A eficiência do processo de secagem está relacionada com a qualidade do produto final. No caso de grãos de milho é desejável que, ao final do processo, o teor de umidade seja uniforme e apropriado às condições de armazenamento; apresentem baixa porcentagem de grãos quebrados e danificados; baixa suscetibilidade à quebra; redução da incidência de fungos e conservação das características nutricionais (ATHIÉ et al., 1998).

3.2.4.1. Fluxo de ar

A água evaporada dos grãos é retirada pelo fluxo de ar em movimento de modo que se modificam sua temperatura e sua umidade relativa. Assim, à medida que se afasta do ponto de entrada na massa de grãos, o ar fica cada vez mais úmido e cada vez mais frio. A partir de um determinado ponto, em função da temperatura e da umidade relativa que o ar adquiriu em sua passagem pela massa de grãos, interrompe-se o processo de secagem, isto é, o ar, ainda que continue em movimento, não mais tem a capacidade de provocar a evaporação da água contida nesses grãos (CARVALHO, 1994).

Como o ar quente continua a ser insuflado pelo ventilador, essa linha que separa os grãos que estão secando dos que estão na área de ar saturado, avança constantemente, até que toda massa de grãos seja atravessada por ela e, conseqüentemente, o processo de secagem se complete. Essa linha é uma camada de espessura variável e que, na prática, recebe o nome “frente de secagem”. O deslocamento da frente de secagem é determinado, essencialmente, pelo fluxo de ar

que atravessa a massa de semente. Quanto maior for o fluxo de ar, mais rápido é o deslocamento da frente de secagem (CARVALHO, 1994).

Em algumas operações, como a secagem e a aeração, os aspectos de engenharia relacionados ao fluxo de ar são fundamentais para a seleção de equipamentos e dimensionamento de sistemas de ventilação (ATHIÉ et al., 1998).

Para a secagem e a aeração de grãos de milho com 13% de umidade é utilizada à razão de 1,21 m³/s de ar natural mecanicamente insuflado através da massa de grãos; é viável para o Estado de São Paulo, fazendo-se restrições às regiões com clima tropical úmido (FERREIRA & MUIR, 1981).

Em relação a uma massa de grão, o fluxo de ar é estabelecido mecanicamente, pela ação de compressores centrífugos (ventiladores), distinguindo-se do processo da ventilação natural, que ocorre pela ação dos ventos ou pela convecção térmica do ar (ATHIÉ et al., 1998).

CAVARIANI (1996) estudou as conseqüências das variações no fluxo e na temperatura do ar insuflado, na massa de grãos de milho. Foram caracterizados o ar ambiente, o ar insuflado, as temperaturas e os teores de água da massa, as velocidades de secagem e a qualidade fisiológica dos grãos. O autor concluiu que, admitindo os intervalos de 18,6 a 24,7 m³/min/t e de 40 a 48°C, respectivamente para o fluxo, temperatura e ar insuflado, o aumento conjunto nos valores de ambos os fatores, além de fisicamente eficiente, permite evitar efeitos negativos, advindos da secagem, na qualidade fisiológica dos grãos de milho, recomendando assim a combinação de 24,7 m³/min/t com 48°C.

Quando o ar é forçado através de um circuito, ele perde pressão estática devido ao atrito com as paredes das tubulações e à resistência oferecida pela passagem por obstáculos. Essa perda de pressão, também conhecida como perda de carga, deve ser compensada pelo ventilador com aumento do fluxo de ar, para que não haja redução da vazão (ATHIÉ et al., 1998).

3.3. Importância da qualidade dos grãos do milho

O milho traz em sua composição vitaminas A e do complexo B, proteínas, gorduras, carboidratos, cálcio, ferro e fósforo. Cada 100 gramas do alimento tem cerca de 360 Kcal, 70% de glicídios, 10% de proteínas e 4,5% de lipídios (FIGUEIREDO et al., 1997).

Tabela 3.20 – Produção de alimentos balanceados na América Latina (em mil toneladas).

Países	Produção (1000 ton)	% da participação
Brasil	35.400	48,81
México	20.301	27,99
Argentina	5.880	8,11
Chile	3.255	4,49
Venezuela	3.255	4,49
América Central	2.940	4,05
Colômbia	2.415	3,33
Peru	1.470	2,03
Caribe	1.260	1,74
Equador	840	1,16
Bolívia	370	0,51
Uruguai	270	0,37
Paraguai	160	0,22

FONTE: SINDIRAÇÕES (2001).

Observando a tabela 3.20, nota-se a importância do Brasil neste segmento e mercado.

Na alimentação animal, o milho é um produto estratégico apresentando cerca de 82% da produção interna destinada ao consumo na forma de ração, enquanto na forma de alimentos processados voltados ao consumo humano está na ordem de 13% da produção total. Na composição das rações, o milho representa 63,5% na avicultura de corte, 59,5% na avicultura de postura, 65,6% na suinocultura e 23,0% na pecuária de leite. Assim, a maior parte do milho destinado ao aproveitamento animal vai para a criação de suínos e aves de corte. (FIGUEIRERO et al., 1997).

A alimentação animal é o importante elo da agroindústria brasileira. O setor consome cerca de 65% da produção nacional de milho, constituindo assim em um dos principais clientes da produção agrícola nacional, além de movimentar a indústria

química para o fornecimento de insumos tais como: vitaminas e micronutrientes para a nutrição animal. É também, um importante pólo de desenvolvimento voltado à produção de proteína animal destinado à alimentação humana, pois está na base da produção de carnes (de frango, suínos e bovinos), ovos, leite, etc. A indústria de alimentação animal movimentou 35,4 milhões de toneladas/ano de rações, que representou no ano de 2000 algo em torno de US\$ 6,6 bilhões, gerando em torno de 62 mil empregos diretos (SINDIRAÇÕES, 2001).

A evolução genética dos animais imprimiu uma mudança alimentar necessária para que o potencial de desenvolvimento e ganho de peso fossem atingidos ao se utilizar matérias-primas com alta densidade nutricional, como farinha de glúten de milho e as gorduras vegetais e animais, obtendo-se rações com altos níveis protéicos e energéticos.

Na alimentação humana, a industrialização do milho divide-se fundamentalmente em dois setores que são o de moagem a seco e a úmido, sendo que a primeira possui grande tradição no Brasil (FIGUEIREDO et al., 1997).

A agroindústria do milho está voltada, basicamente para o mercado interno. O milho é um cereal que apresenta grande diversidade de utilização na alimentação humana e animal, com mais de 500 derivados, muitos dos quais se prestam a diversos empregos em diferentes indústrias, como as de química alimentícia, química mecânica, bebidas, rações e outras. Alguns subprodutos do processamento do milho são de fácil obtenção, enquanto outros exigem manufatura mais sofisticada e complexa (LIMA, 2001).

O processamento a seco do milho é essencialmente realizado através de moagem. O milho após ser seco, tem sua umidade elevada a 20%. O germe é removido para a extração do óleo, sendo o restante do milho separado através de peneiras. Como resultado da moagem a seco, processo mais comumente utilizado, são produzidos a farinha de milho de mesa, a canjica e o fubá de milho, produtos tradicionalmente consumidos no Brasil e muito populares. O processo industrial do milho através da moagem úmida resulta na produção de amido, açúcar, xarope, adoçantes, adesivos e óleo de milho para consumo humano (LIMA, 2001).

O grão de milho amarelo destinado à alimentação animal e avícola deve se enquadrar nos três tipos de milho , de acordo com o COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (1998), conforme registra a tabela 3.21 a seguir:

Tabela 3.21. Classificação de milho quanto aos tipos de grãos

Tipos	Umidade máxima (%)	Impurezas máximas (%)	Avariados total máximos (%)	Ardidos e brotados máximos(%)
1	14,5	1,5	11,0	3,0
2	14,5	2,0	18,0	6,0
3	14,5	3,0	24,0	10,0

FONTE: Ministério da Agricultura (1976)

De acordo com o envio de amostras ao laboratório da Supre Mais Produtos Bioquímicos Ltda, o recebimento da matéria prima deve conter níveis aceitáveis, conforme indica a tabela 3.22. a seguir:

Tabela 3.22. Níveis aceitáveis de parâmetros na matéria prima

Denominação	Nível aceitável
Proteína bruta	Mín. 8,50%
Umidade	Máx. 15,00%
Extrato etéreo	Mín. 3,00%
Fibra bruta	Máx. 2,0%
Aflatoxina	Máx.20,0 p.p.b.

Fonte: COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (1998)

Além dos problemas com a qualidade, outros dois fatores têm de ser ultrapassados para que se tenha um crescimento significativo nos próximos anos.

O primeiro deles é o de modernização do parque industrial, que está sendo enfrentado e vencido pelos moageiros porque há consciência de que melhores produtos exigem melhores equipamentos. Grandes investimentos estão sendo feitos neste sentido, mesmo com a difícil situação econômica atual do país. O segundo é o da pesquisa e desenvolvimento de novos produtos para que se possa apresentar crescimento do volume total de moagem que está estacionado nos últimos anos em cerca de 1 milhão e 800 mil toneladas anuais. As empresas têm sido cada vez mais exigidas pelo mercado e pelos clientes no sentido de controlar as variáveis, para se obter um bom resultado nos produtos finais (FIGUEIREDO et al., 1997).

Em nível mundial, sobre o fato de a desnutrição ser proveniente principalmente de um déficit protéico (qualidade do alimento ingerido) ou calórico (quantidade do alimento ingerido), ficou mais uma vez demonstrada a importância de buscar alternativas alimentares capazes de fornecer proteína de alta qualidade associadas a um baixo custo de produção. Dentro deste contexto, os milhos QPM (Quality Protein Maize) surgem como uma opção tanto para utilização na alimentação humana, quanto animal (PEIXOTO et al., 1990).

A realização da secagem de grãos exige a compatibilização entre os procedimentos operacionais relativos ao rendimento físico do processo e os voltados à preservação da qualidade dos grãos. (VON PINHO, 1998).

Segundo WEBER (2001) a questão da produção, a disponibilidade nos volumes necessários e a geração de excedentes exportáveis de grãos são elementos fundamentais num país como o Brasil, convocação natural de exportador de alimentos. Porém, a quantidade não é tudo. Mais do que nunca, hoje se fala em qualidade total, se busca a qualidade se exige qualidade em todos os setores e, em especial, deve ser observada a qualidade dos alimentos.

A competitividade dos nossos produtos agrícolas vai depender de basicamente dois fatores. A elaboração de regras e políticas agrícolas que permitam a nossos produtos competir em igualdade de condições com os produtos importados e do aprimoramento de toda a cadeia produtiva do grão de milho, englobando desde os fornecedores de insumos ao produtor, passando pelas fases de escolha da cultivar, manejo da cultura, colheita, secagem, armazenamento, transporte até o consumidor final da cadeia produtiva (RISSI, 1997).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em diversas localidades:

- a) Campus II – “Morro Azul” do Curso de Engenharia Agrônômica do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal - SP – CREUPI, (figura 4.1), onde foi instalado o ensaio de produção de grãos;
- b) Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Química, Solos e Tecnologia do Curso de Engenharia Agrônômica do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal - SP – CREUPI, utilizado para as análises de solo;
- c) Laboratório de Sementes do Curso de Engenharia Agrônômica do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal - SP – CREUPI, onde os grãos de milho foram debulhados em espigas para a secagem;
- d) Laboratório de Tecnologia de Pós Colheita, do Departamento de Pré-Processamento de Produtos Agropecuários, da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI – UNICAMP-SP, onde foram realizados os testes experimentais da secagem de grãos e,
- e) Laboratório de Bioquímica da Empresa Supre Mais Produtos Bioquímicos Ltda – Valinhos-SP, onde foram analisados os dados referentes à qualidade

dos grãos após a secagem, no período de Janeiro de 2000 a Setembro de 2000.



Figura 4.1. – Campus II – Morro Azul – CREUPI

4.1. Plano experimental do ensaio de campo

4.1.1. Delineamento experimental:- O ensaio foi realizado com 4 cultivares, sendo 3 híbridos (híbrido simples, triplo e duplo) e uma variedade comercial. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro (4) repetições. A parcela experimental foi constituída por doze (12) linhas de vinte (20) metros. O espaçamento entre as linhas de milho foi de noventa centímetros, (0,90) metros. Os talhões inicial e final junto com as linhas laterais das parcelas foram consideradas como bordaduras e as dez (10) linhas centrais de vinte (20) metros, constituíram as linhas úteis, onde foram efetuadas as anotações e coleta dos grãos de milho.

AL-25	
R ₁	AL-25
	C-444
R ₂	Z-8410
	AG-6690
R ₃	C-444
	AL-25
R ₄	AG-6690
	Z-8410
R ₄	AL-25
	C-444
AL-25	

Croqui do ensaio de milho

4.1.2. Área experimental:- para a escolha da área levou-se em conta os seguintes fatores:

- solo representativo da região, plano, cultivado anteriormente, sem problema de acidez, mancha, fertilidade média e sem erosão;
- área de fácil acesso e protegida contra roubo e invasão de animais;

4.1.3. Condições ambientais:

A tabela 4.1. mostra as médias dos dados das condições ambientais para o período de 05 de Janeiro de 2000 a 31 de Agosto de 2000.

Tabela 4.1. Média mensal dos dados das condições ambientais

Mês	Temp.max. (°C)	Temp. mín. (°C)	Temp. média (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	28,50	17,67	23,09	281,00
Fevereiro	28,45	17,41	22,93	264,00
Março	28,78	18,62	23,70	188,00
Abril	28,75	17,15	22,95	14,50
Mai	25,26	14,42	19,84	26,20
Junho	23,23	12,09	18,07	0,00
Julho	21,50	11,01	16,25	67,50
Agosto	25,69	15,75	20,81	60,00

Fonte: Dados coletados no Departamento de Química, Solos e Tecnologia do CREUPI. Dados trabalhados pelo autor

Observamos que durante o período da condução do ensaio, houve uma relativa queda na precipitação, não alterando o desenvolvimento vegetal pois neste período, a colheita já estava sendo realizada.

Analisando os resultados do ensaio, verificou-se que as médias da análise ambiental estão de acordo com dados em (1996) BÜLL & CANTARELLA (1993), CRUZ et al., (1996) e FANCELLI & DOURADO NETO (2000).

4.1.4. Coleta de amostra de solo:- coletadas amostras compostas nas camadas de 0 a 1,20m, parceladas em 0,20m, numa trincheira cavada no centro do ensaio e amostras de 0 a 0,20cm e 0,20 a 0,40cm, retiradas de 20 pontos, para análise química (figuras 4.2 e 4.3).



Figura 4.2. Trincheira com 1,20m de profundidade.



Figura 4.3. Coleta de amostra de solo em camadas.

4.1.5. Preparo da área:- O tipo de preparo foi uma subsolagem, uma aração e duas gradeações niveladoras.

4.1.6. Instalação do ensaio:- O ensaio foi instalado no dia 11 de Janeiro de 2000, utilizando semeadora adubadora de três (3) linhas. A adubação foi efetuada de maneira semelhante à lavoura comercial, porém o mecanismo de fornecimento de sementes não foi utilizado. Foram aproveitados os sulcos deixados pela semeadora para a demarcação das linhas das parcelas. Delimitou-se o comprimento das parcelas com corda de nylon. As parcelas foram identificadas por estacas.

4.1.7. Adubação de semeadura:- De acordo com o resultado de análise de solo, a fórmula de adubo foi 8-30-16 + 0,3, na dosagem de 320 Kg/ha. (N + P₂O₅ + K₂O + ZN).

4.1.8. Semeadura:- Realizada com matraca/"bengala" (matraca especial para ensaio), colocou-se duas sementes por cova a cada 20cm (figura 4.4.).



Figura 4.4. Plantio manual com matraca/“bengala”.

4.1.9. Correção do estande:- 20 dias após o plantio, foram retiradas as plantas em excesso em cada linha. O estande inicial foi de 4 plantas em um (1,0) m no ensaio, correspondendo à população de 45.000 plantas por hectare (figura 4.5.).



Figura 4.5. Correção do estande do ensaio.

4.1.10 Tratos culturais:- Realizou-se o controle da comunidade vegetal infestante com capinas manuais. Foi feita uma capina no florescimento para facilitar protocolos e a colheita do ensaio (figura 4.6.).



Figura 4.6. Fase de desenvolvimento do ensaio.

4.1.11. Adubação de cobertura:- No estágio fenológico de 4 a 5 folhas, utilizou-se a fórmula 20-00-20 na dosagem de 250Kg/ha.

4.1.12. Colheita:- A colheita realizada com 130 dias (espigas) a 150 dias (grãos secos) após a semeadura, contando-se o número total de plantas por parcelas; as espigas foram colhidas com palha e umidade em torno de 30%. No Laboratório de Sementes do Curso de Agronomia do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal - SP, foram debulhadas para obter o peso e o teor de água dos grãos (figura 4.7).



Figura 4.7. Debulha das espigas manualmente.

4.1.13. Anotações dos caracteres agrônômicos das cultivares:- Em todas as parcelas foram anotados os seguintes dados das linhas:-

- florescimento (data): quando 50% das plantas estavam com pendão e liberando pólen.
- estande final (linhas úteis)
- peso dos grãos: obtido logo após a debulha das espigas e trabalhado para a umidade de 14,5%
- teor de água (%) de todas as parcelas

4.2. Caracterização das cultivares de milho:

Utilizadas no presente trabalho, as cultivares relacionadas na tabela 4.2:

Tabela 4.2. Características das cultivares de milho.

Nº	Cultivar	Ciclo	Tipo	Endosperma	Cor	Soma térmica (°C)
1	AL-25	Precoce	Variedade	Semiduro	Alaranjada	900
2	Z-8410	Precoce	Híbrido simples	Semiduro	Alaranjada	860
3	AG-6690	Precoce	Híbrido triplo	Semiduro	Alaranjada	825
4	C-444	Precoce	Híbrido duplo	Semiduro	Alaranjada	910

Fonte: DUARTE (1999). Dados adaptados pelo autor.

As cultivares foram fornecidas pelas Empresas, abaixo listadas:

- a) CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
DSMM – Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes /CATI
Av. Brasil, 2340 – CEP 13073-001 - Campinas-SP
- b) ZENECA Agrícola
Rua Prof. Manoelito de Ornellas, 303 – CEP 04719-040 –
São Paulo-SP.
- c) Sementes AGROCERES / MONSANTO
Rua Eduardo Oliveira, 940 – 38400-174 – Uberlândia-MG
- d) Sementes CARGILL / MONSANTO
Rua Jacarezinho, 1.121 – CEP 86380-000 – Andirá-PR

4.3. Procedimento experimental de secagem

4.3.1. Secagem natural a campo dos grãos de milho

Os grãos de milho foram deixados no campo para secagem natural, colhidos com a umidade aproximada de 14,5% e levados ao laboratório da Supre Mais Nutrição Animal, Valinhos - SP, para análise da qualidade dos grãos.

4.3.2. Secagem natural ao sol dos grãos de milho

Os grãos de milho de cada cultivar, foram colhidos manualmente em torno de 30% de umidade e secados ao sol até atingirem a umidade aproximada de 14,5% (figura 4.8).



Figura 4.8. Secagem natural ao sol dos grãos de milho

4.3.3. Secagem artificial dos grãos de milho

Foram utilizados 140 Kg de grãos de cada cultivar, colhidos manualmente em torno de 30% de umidade, embalados em sacos plásticos impermeáveis com granulometria adequada a não permitir troca de umidade com o ambiente e armazenados em câmaras frias a 5°C.

Os grãos de milho, foram retirados da câmara fria a 5°C, 24 horas antes da realização dos testes de secagem e deixados em condições ambientais para estabilizar a temperatura dos grãos.

4.3.3.1. Secador

Foi utilizado um secador de madeira de base quadrada em escala de laboratório com sistema de secagem em coluna e camada fixa, com capacidade estática de 0,25 m³ (figura 4.9.). Utilizadas 2 colunas de secagem, com um sistema de 5 bandejas teladas removíveis em cada coluna. Foram escolhidas as bandejas 1, 3 e 5, nas quais foram realizados todos os controles das condições de secagem (temperatura e umidade do produto) e coletadas amostras para realização dos testes

de qualidade. Cada bandeja possui dimensões de 25 x 25 x 5 cm de volume, com a utilização de 1,4 Kg de matéria prima.

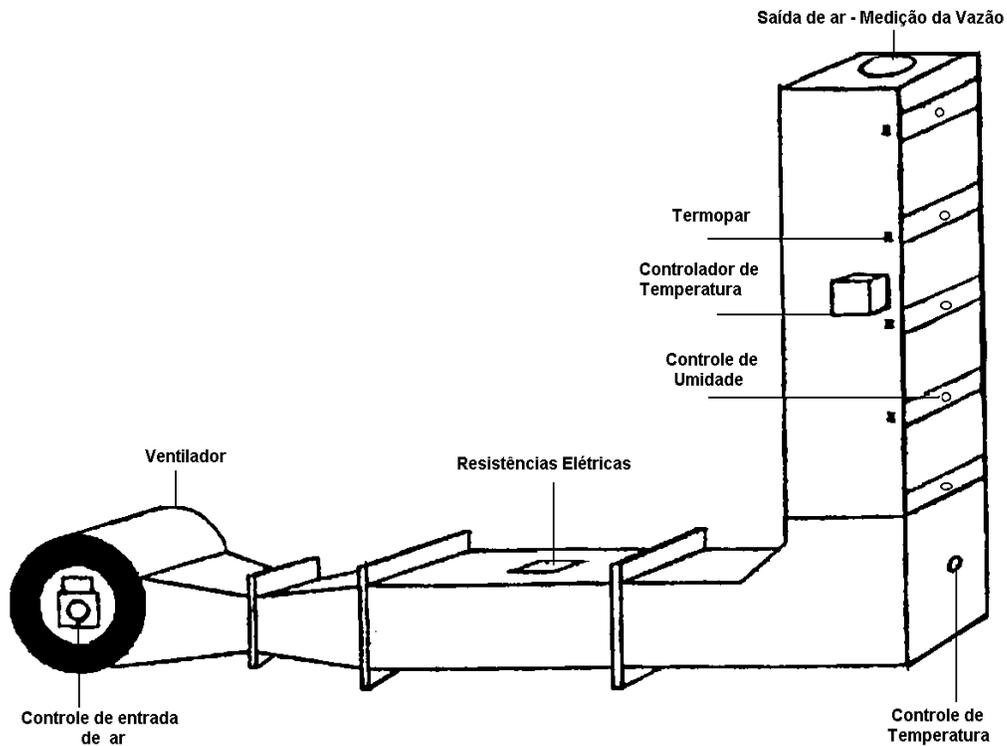


Figura 4.9. Esquema do secador com uma coluna de secagem

4.3.3.2. Sistema de circulação e aquecimento do ar

O sistema é composto por um ventilador centrífugo, com pás voltadas para trás, conjugado com um motor de 1 HP de potência e rotação de 3400 rpm. A conexão do ventilador com a câmara de secagem é feita com um duto de madeira de secção quadrada, contendo um jogo composto por três resistências elétricas de 1000 w cada., ligadas em paralelo e protegidas por isolante térmico (figura 4.10).



Figura 4.10. Sistema de secagem artificial dos grãos.

4.3.3.3. Temperatura e umidade do ar

As temperaturas do ar de secagem, 40, 60, 80 e 100 °C, faixas utilizadas pelas usinas de processamento de grãos, foram controladas no plenum do secador, utilizando-se termopares ligados a um termostato, que acionam as resistências para manter a temperatura de secagem estabelecida.

Os dados de temperatura na coluna de secagem bem como os de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido foram obtidos através de um registro de sinais, a partir de termopares de cobre “constatan”, instalados sob cada bandeja removível na coluna de secagem e na saída de exaustão do secador. Os termopares foram previamente calibrados, e os resultados obtidos no experimento foram transformados nos seus valores reais correspondentes.

A temperatura e umidade relativa ambiente foram registradas por um termohigrógrafo instalado próximo à entrada de ar do ventilador.

4.3.3.4. Fluxo de ar

O fluxo de ar foi um valor médio, de $20,0 \pm 0,3 \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, determinado em condições experimentais e informações de literatura, e controlado na entrada de ar no ventilador por um dispositivo de madeira tipo comporta, sua velocidade foi obtida através de um anemômetro com precisão de $\pm 2\%$, com leitura digital, na saída do secador, ajustada ao diâmetro do anemômetro (10cm). As leituras foram realizadas no início de cada operação, onde foram feitos os ajustes necessários e a cada coleta de dados, ao longo do desenvolvimento do processo de secagem.

4.3.3.5. Umidade da matéria prima

Os produtos foram amostrados de forma aleatória, 24 horas antes do início de cada teste de secagem e determinada a umidade inicial dos mesmos. A determinação da umidade foi realizada pelo método de estufa a 105°C por 24 horas (RAS, 1992). Para a pesagem foi utilizada uma balança analítica com precisão de 0,0001 gramas. O valor da umidade inicial serviu como ponto de referência para o controle da umidade final na secagem da matéria prima.

Antes de iniciar o processo de secagem, as bandejas carregadas com o grão úmido foram pesadas em balança semi-analítica com precisão de 0,01 gramas. A umidade, durante o período de secagem, foi calculada com a leitura do peso da matéria prima a cada intervalo de tempo e com o valor da matéria prima seca obtida com o teor de umidade inicial. O processo iniciou quando o secador alcançou as condições de secagem estabelecidas em relação aos parâmetros de temperatura e fluxo de ar. Esta operação continuou até que a matéria prima atingiu teores de umidade médios nas bandejas de 14,5%. Neste ponto, as resistências foram desligadas e foi procedido o resfriamento da matéria prima até a temperatura da massa de grãos atingir valor igual ou, no máximo, de 5°C acima da temperatura ambiente. No final de cada teste, foi determinado em estufa o teor de umidade final da matéria prima.

A coleta de dados foi realizada no início de cada experimento, e em intervalos de 30 minutos.

4.4. Qualidade da matéria prima

O grão de milho dos cultivares utilizados para análise foi o amarelo destinado à alimentação animal e avícola e, se enquadrava no tipo 1. A proteína bruta (macro) foi obtida pelo método analítico de Kjeldahl. O extrato etéreo foi obtido pelo método analítico de Soxhlet ou Goldfish, todos em conformidade com o COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (1998).

4.5. Análise estatística

O delineamento experimental de campo foi instalado no Campus II – “Morro Azul” do Curso de Engenharia Agrônoma do Centro Regional e Universitário de Espírito Santo do Pinhal - SP – CREUPI, em blocos casualizados com 4 repetições.

Os dados obtidos em cada teste de secagem e qualidade, foram submetidos a análises de variâncias e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5%, pelo SISTEMA DE ANÁLISE ESTATÍSTICA ANOVA 1 (BUENO, 1998).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos permitiram a análise das condições experimentais, características físicas dos grãos de milho, condições de secagem e qualidade dos grãos, para as diferentes cultivares de milho.

5.1. Caracteres agronômicos das cultivares de milho

Os dados foram coletados em todas as parcelas do ensaio, em cada cultivar como: altura da planta e espiga, plantas acamadas e quebradas, florescimento masculino (d.a.s. - dias após a semeadura), população e massa dos grãos de milho, conforme mostram as tabelas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, a seguir:

Tabela 5.1: Caracteres agronômicos da cultivar AL-25

Repetição	Altura		Plantas		Floresc.	População	Massa/ Grãos
	Planta	Espiga	Acam.	Quebr.	Masc.		
	cm	cm	%	%	d.a.s.	Plantas/ha	Kg/ha
R1	183	91	2	5	80	43685	2760
R2	182	90	1	4	79	43496	2690
R3	182	90	2	4	79	43570	2740
R4	183	91	3	5	80	43590	2660
Média	182,5	90,5	2	4,5	79,5	43585	2713
Média/IAC	183	90	3	5	80	43584	2710

Fonte: Dados coletados pelo autor.

d.a.s. dias após semeadura.

Tabela 5.2: Caracteres agronômicos da cultivar AG-6690

Repetição	Altura		Plantas		Floresc.	População	Massa/ Grãos
	Planta	Espiga	Acam.	Quebr.	Masc.		
	cm	cm	%	%	d.a.s.	Plantas/ha	Kg/ha
R1	190	95	10	5	79	45650	2380
R2	188	96	8	5	79	45540	2400
R3	187	95	8	6	80	45580	2340
R4	188	96	7	4	81	45638	2350
Média	188,3	95,5	8,25	5	79,8	45602	2368
Média/IAC	187	92	8	4	80	45640	2360

Fonte: Dados coletados pelo autor

d.a.s. dias após semeadura.

Tabela 5.3: Caracteres agronômicos da cultivar C-444

Repetição	Altura		Plantas		Floresc.	População	Massa/ Grãos
	Planta	Espiga	Acam.	Quebr.	Masc.		
	cm	cm	%	%	d.a.s.	Plantas/ha	Kg/ha
R1	171	75	2	2	80	45950	2690
R2	170	74	3	2	79	45930	2695
R3	170	73	2	2	79	45972	2590
R4	172	75	2	1	80	45962	2640
Média	170,8	74,3	2,3	1,8	79,5	45954	2654
Média/IAC	170	73	3	2	80	45980	2674

Fonte: Dados coletados pelo autor

d.a.s. dias após semeadura.

Tabela 5.4: Caracteres agronômicos da cultivar Z-8410

Repetição	Altura		Plantas		Floresc.	População	Massa/ Grãos
	Planta	Espiga	Acam.	Quebr.	Masc.		
	cm	cm	%	%	d.a.s.	Plantas/ha	Kg/ha
R1	171	79	4	3	67	45930	2310
R2	174	82	5	4	69	45990	2340
R3	171	80	6	3	68	45910	2320
R4	172	80	6	4	67	45960	2360
Média	172	80,3	5,3	3,5	67,8	45948	2333
Média/IAC	172	80	6	4	67	45940	2336

Fonte: Dados coletados pelo autor

d.a.s. dias após semeadura.

Na análise de variância dos seis primeiros parâmetros de cada cultivar, verifica-se que não houve variação significativa entre o ensaio instalado e os dados da Avaliação Regional de Cultivares de Milho Safrinha no Estado de São Paulo – Região Norte DUARTE et al., (1999).

O aspecto quantitativo, ou seja, massa de grãos em Kg/ha das cultivares trabalhadas, é apresentado e analisado na tabela 5.5., que se segue:

Tabela 5.5: Médias da massa de grãos em Kg/ha das cultivares de milho.

Tratamentos	Médias
AG-6690	2368 a
Z-8410	2333 a
AL-25	2713 b
C-444	2654 b

OBS: Médias seguidas pela mesma letra são iguais estatisticamente (Teste de Tukey a 5%). Coeficiente de variação = 1,5 %.

A comparação das médias para o parâmetro de massa de grãos em Kg/ha, com o coeficiente de variação a 1,50%, foi a seguinte:

- as médias das cultivares AL-25 e C-444, são estatisticamente iguais por Tukey a 5% de probabilidade,
- as médias das cultivares AG-6690 e Z-8410, são estatisticamente iguais por Tukey a 5% de probabilidade,
- as demais comparações foram significativas por Tukey a 5% de probabilidade.

5.2. Resultados de secagem das cultivares de milho

A tabela 5.6 mostra a umidade relativa e a temperatura ambiente, a umidade inicial e final dos grãos de milho, o gradiente de umidade, a temperatura do ar de secagem e o fluxo de ar das cultivares em diferentes condições de secagem.

Tabela 5.6: Resultados dos testes de secagem das cultivares de milho

Cultivar	URelativa %	TempAmb °C	Gradiente Umidade				TempoSec Min	TempSec °C	Fluxo m3/min
			Uinicial %	Ufinal %	Final	Médio			
AG669040	61,6	25,6	26,54	15,09	3,53	3,35	450	39,80	22,00
AG669060	89,4	19,8	26,54	15,30	6,75	5,64	210	57,71	21,49
AG669080	70,0	21,3	26,54	14,48	10,38	8,85	150	74,67	21,60
AG6690100	66,2	24,2	26,54	15,14	12,40	8,61	90	88,90	22,30
AL2540	60,4	23,6	26,97	15,08	3,45	3,28	450	38,60	21,26
AL2560	56,9	25,5	26,97	15,04	5,90	5,17	210	57,89	21,67
AL2580	80,3	20,7	26,97	14,32	9,36	8,31	150	76,56	20,83
AL25100	66,2	24,2	26,97	14,99	14,38	10,05	90	98,20	23,50
C44440	66,0	21,7	27,84	15,19	3,62	3,75	540	39,01	21,19
C44460	69,6	22,6	27,84	15,54	6,16	5,55	240	57,23	21,75
C44480	53,1	25,0	27,84	15,38	9,06	7,69	150	75,58	21,32
C444100	55,1	28,0	27,84	16,25	11,46	8,27	90	90,60	21,60
Z841040	67,6	23,5	29,97	15,27	4,52	4,50	570	38,26	20,86
Z841060	61,5	24,8	29,97	15,65	7,41	6,23	240	57,90	21,60
Z841080	78,3	21,4	29,97	15,64	12,24	10,04	150	76,18	20,88
Z8410100	55,1	28,0	29,97	16,24	13,31	9,71	90	97,20	22,40

Fonte: Dados coletados pelo autor.

Observando-se a umidade relativa, verifica-se que sua percentagem variou de 53,1 a 89,4; quanto à temperatura ambiente houve uma variação de 19,8° C a 28°C considerando tratar-se da estação inverno, com temperaturas médias nos meses de junho e julho variando entre 11,01°C a 23,23 °C.

Os grãos de milho foram colhidos com uma umidade média de 26°C a 30°C para determinar uma melhor qualidade do grão e aproveitamento maior da área de plantio e secos na faixa de 16,25% a 14,32%, tendo como padrão 14,5% conforme COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (1998) e em conformidade com WEBER (2001).

O tempo de secagem para a qualidade dos grãos de milho variou na faixa de 90 min para uma temperatura de 100°C e 570 min para uma temperatura de 40°C.

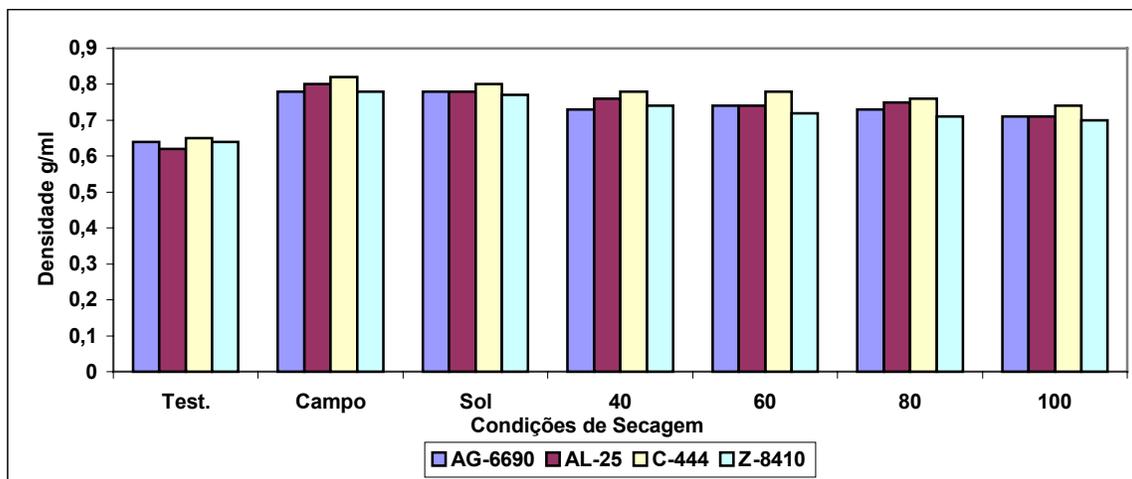
O fluxo de ar utilizado foi um valor médio de $20,0 \pm 0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, variando entre $20,83 \text{ m}^3/\text{min}$ a $23,50 \text{ m}^3/\text{min}$.

5.2.1. Características físicas dos grãos de milho

5.2.1.1. Densidade dos grãos de milho nas cultivares.

A figura 5.1, mostra a densidade dos grãos de milho nas cultivares em diferentes condições de secagem:

Figura 5.1: Densidade dos grãos de milho em diferentes condições de secagem

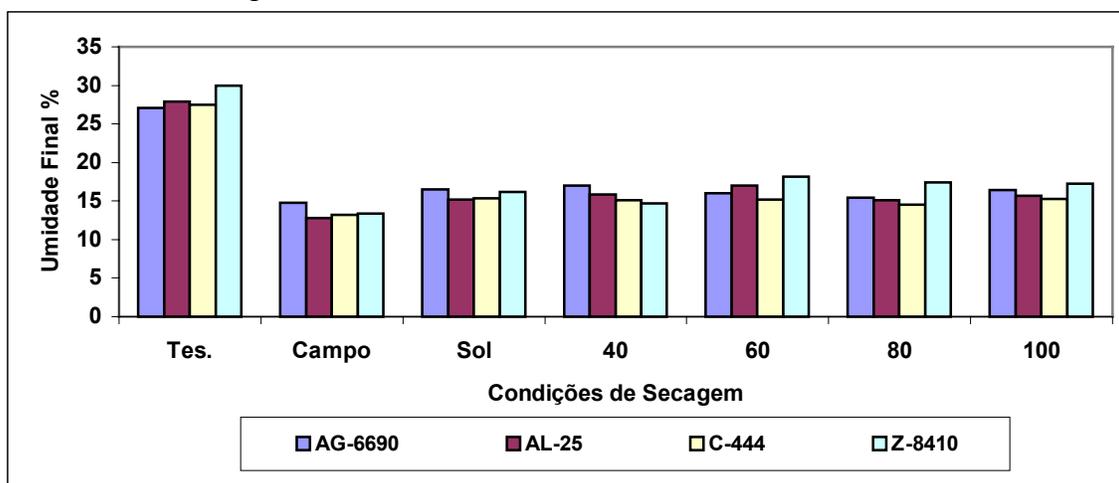


Conforme a figura 5.1 nas condições de secagem, houve uma pequena variação entre os cultivares para cada parâmetro utilizado, sendo que para o parâmetro testemunha a densidade foi menor, haja vista possuir maior quantidade de água nos grãos; nos outros parâmetros nota-se uma variação mínima da densidade das cultivares, sendo observada uma pequena diferença para a cultivar C-444, conforme as observações de WEBER (2001).

5.2.1.2. Umidade final dos grãos de milho nas cultivares

A figura 5.2 mostra a umidade final dos grãos de milho nas cultivares em diferentes condições de secagem:

Figura 5.2: Umidade final dos grãos de milho em diferentes condições de secagem.

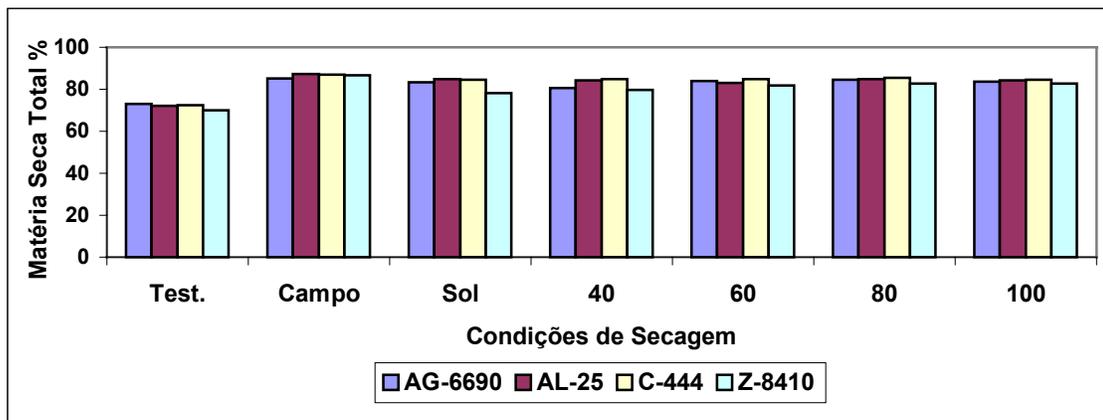


No parâmetro testemunha, observa-se que os grãos foram colhidos na faixa de 26% a 30% de umidade. Avaliando os demais parâmetros, nas diversas condições de secagem, não foram observadas variações significativas na umidade final dos grãos entre os cultivares. Observa-se uma pequena variação para a cultivar Z-8410, sendo os níveis aceitáveis de umidade da matéria prima na faixa de 15 a 14,5% COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (1998), confirmando as observações de WEBER (2001).

5.2.1.3. Matéria seca total dos grãos de milho nas cultivares

A figura 5.3 mostra a matéria seca total dos grãos de milho nas cultivares em diferentes condições de secagem.

Figura 5.3: Matéria seca total dos grãos de milho em diferentes condições de secagem



Conforme a figura 5.3 nas condições de secagem, houve uma pequena variação entre os cultivares para cada parâmetro utilizado, sendo que para o parâmetro testemunha a matéria seca total foi menor, por possuir maior quantidade de água nos grãos; nos outros parâmetros nota-se a variação mínima da matéria seca total das cultivares, confirmando as observações de WEBER (2001).

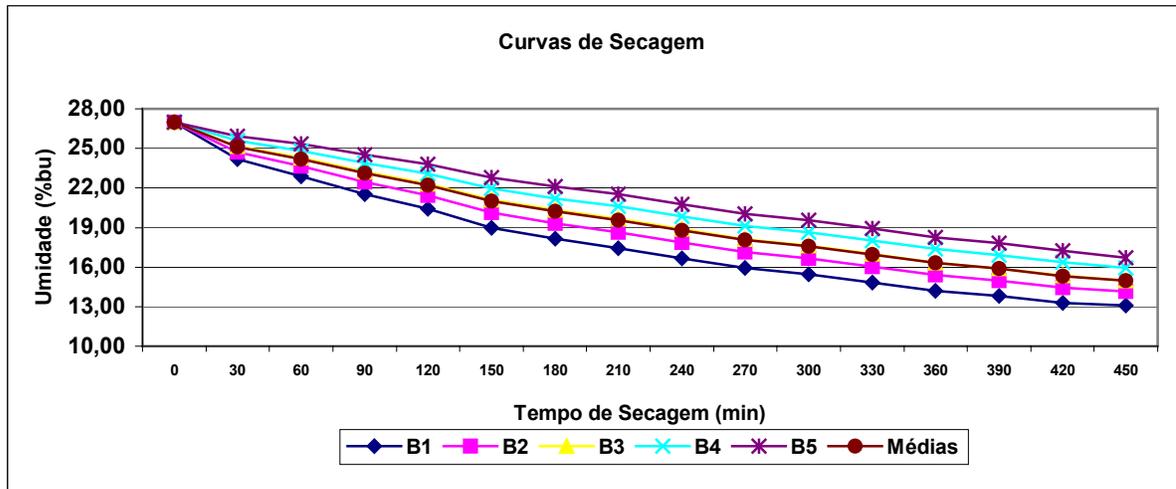
5.3. Curvas de secagem

Dentre os resultados experimentais de secagem, foi escolhida a variedade AL-25, como exemplo, por se tratar de uma cultivar oficial (DUARTE, 2000). As outras cultivares seguem os mesmos comportamentos na secagem dos grãos.

5.3.1. Curva de secagem da cultivar AL-25

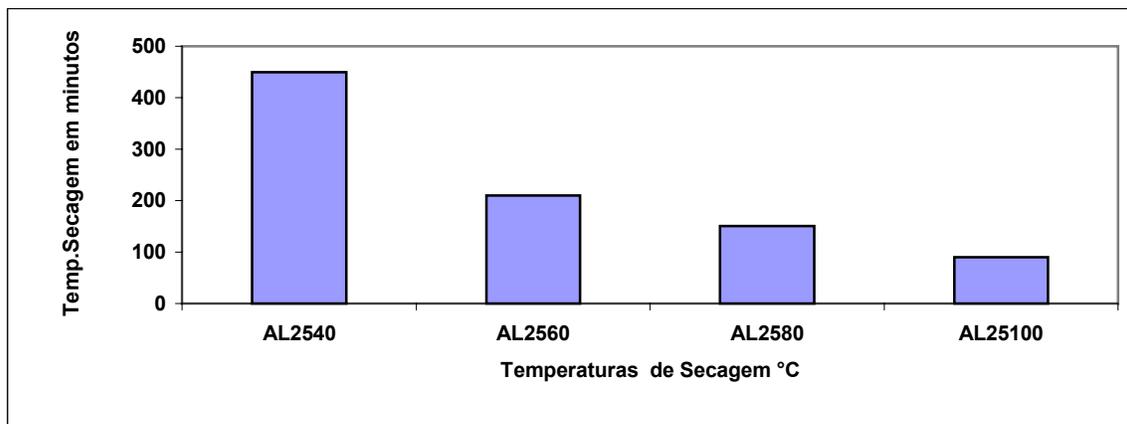
A figura 5.4, mostra o tempo de secagem em minutos, para diferentes condições de secagem.

Figura 5.4. Tempo de secagem, em minutos, para a Cultivar AL-25



Como mostra a figura 5.4., observamos um decréscimo na umidade à medida em que ocorre o desenvolvimento da secagem.

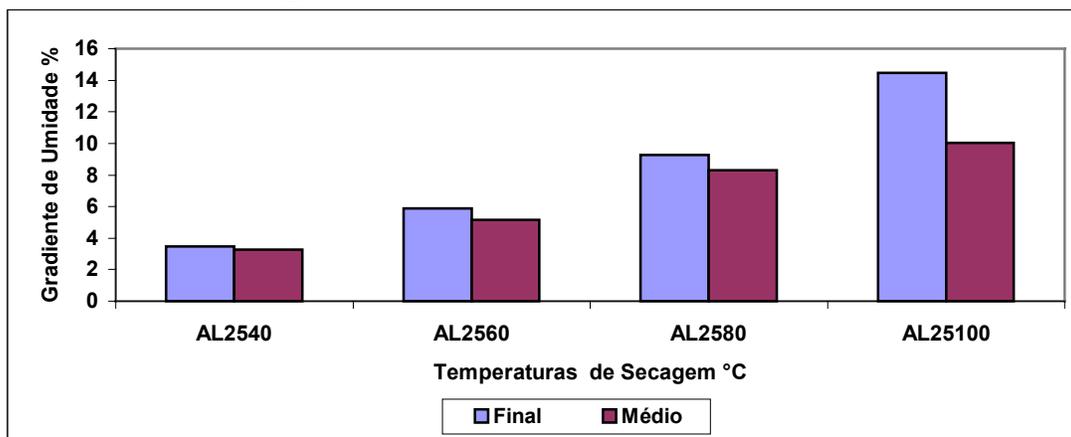
Figura 5.5: Curva de secagem da cultivar AL – 25 em diferentes temperaturas



Observamos na figura 5.5 que, a temperatura do ar de secagem da cultivar AL-25 esteve próxima da temperatura estabelecida. O tempo de secagem variou de 450 a 90 minutos, para a temperatura de 40°C a 100°C, respectivamente, conforme ATHIÉ et al., (1998).

Na figura 5.6 observamos os resultados do gradiente de umidade da cultivar AL-25 em diferentes temperaturas de secagem.

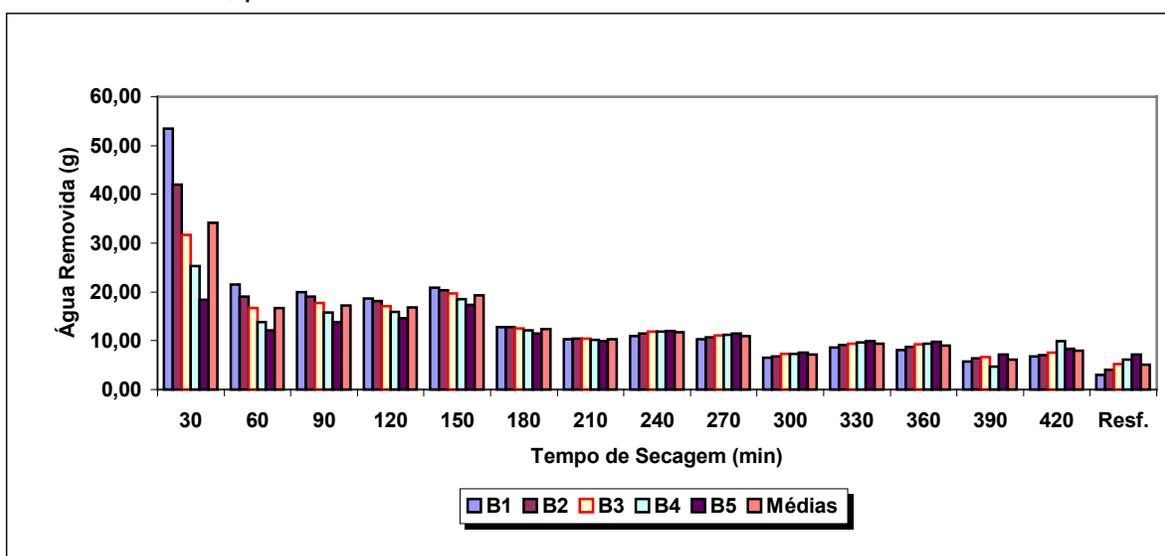
Figura 5.6: Gradiente de umidade da cultivar AL-25 em diferentes temperaturas de secagem.



O gradiente de umidade é a diferença entre os valores de umidade das bandejas nos extremos da coluna de secagem. O comportamento deste parâmetro evidencia o problema na secagem estática dos grãos de milho, ou seja, uma secagem mais acentuada nas camadas inferiores e menor nas camadas superiores. O aumento da temperatura do ar de secagem de 40°C a 100°C, provocou acréscimo do gradiente de umidade.

A figura 5.7 mostra a quantidade de água removida em gramas da cultivar AL-25, em função do tempo de secagem em minutos, nas bandejas de 1 a 5.

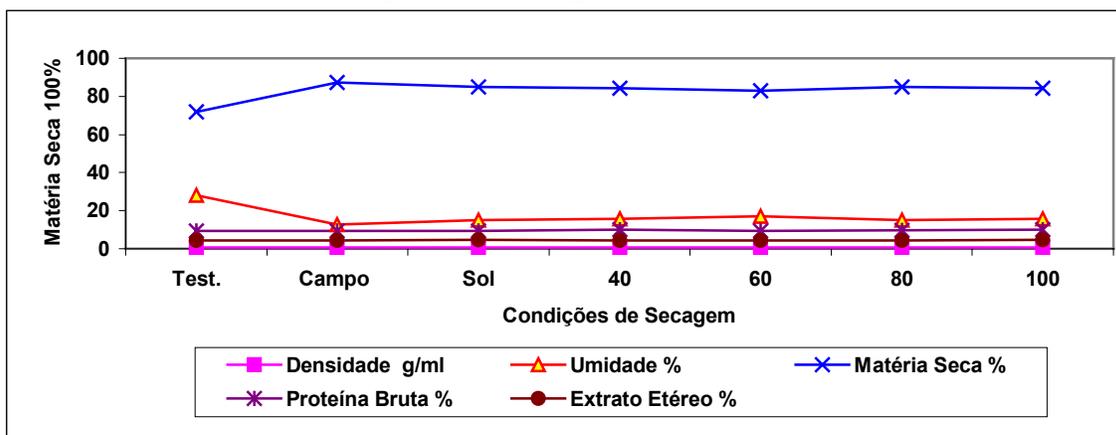
Figura 5.7: Água removida em função do tempo de secagem para temperatura de 40°C, para a Cultivar AL-25



Observamos na figura 5.7 que a água removida da cultivar AL-25, aconteceu com maior intensidade nos primeiros 60 minutos e menor intensidade da perda de água nos grãos durante o término do teste. A mesma tendência para todas as bandejas da retirada de água dos grãos, conforme as observações de AHRENS et al., (1998) e ATHIÉ et al., (1998).

Na figura 5.8 observamos os dados médios dos aspectos qualitativos: densidade, umidade, matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo da cultivar AL-25 em diferentes condições de secagem, sendo os resultados expressos em 100% de matéria seca.

Figura 5.8: Dados médios dos aspectos qualitativos da cultivar AL-25 em diferentes condições de secagem

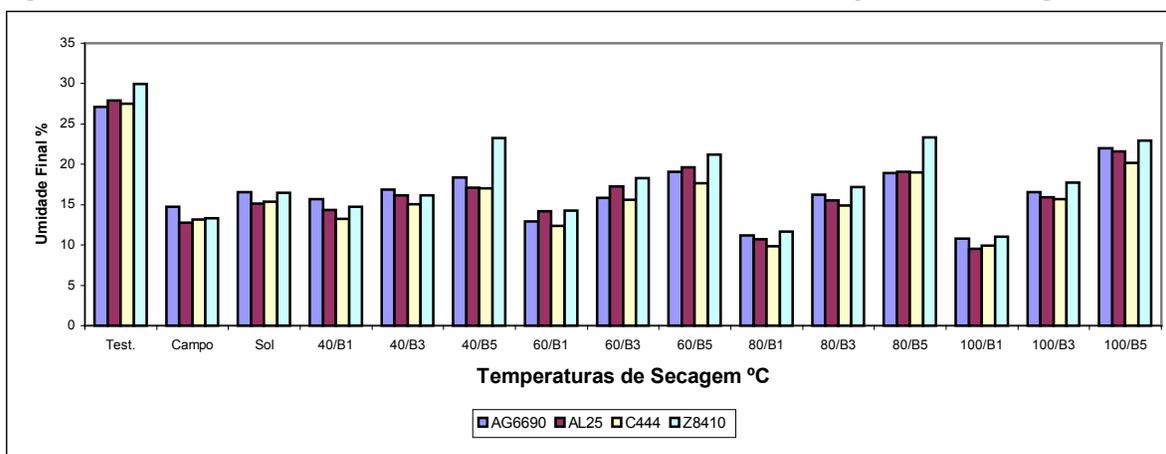


Os resultados dos aspectos qualitativos dos grãos de milho submetidos às diferentes condições de secagem, conforme figura 5.8, apresentou um coeficiente de variação de 1,5 %, tendo uma diferença significativa para os parâmetros umidade e matéria seca em virtude do maior teor de umidade inicial. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%, não apresentando diferenças significativas, confirmado por AHRENS et al., (1998) ATHIÉ et al., (1998) e VON PINHO (1998).

5.3.2. Curvas de secagem das cultivares

A figura 5.9 mostra os resultados experimentais obtidos para os parâmetros: umidade final e temperaturas de secagem em todas as cultivares de milho, em diversas condições de secagem e nas diferentes bandejas.

Figura 5.9: Umidade final das cultivares em diferentes condições de secagem



Ao avaliar os parâmetros umidade final e temperatura de secagem, não observamos diferenças significativas, nas cultivares AG-6690, AL-25 e C-444, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% e pequena variação para a cultivar Z-8410, como mostra a figura 5.9.

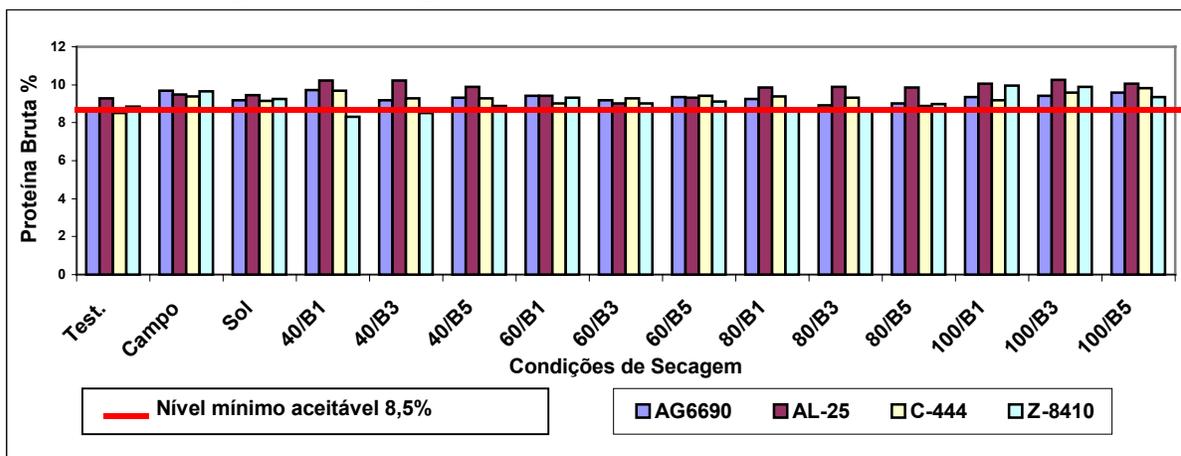
5.4. Qualidade dos grãos de milho

Os aspectos qualitativos dos grãos de milho das cultivares, submetidos às diferentes condições de secagem, foram analisados segundo os parâmetros: proteína bruta e extrato etéreo.

5.4.1. Qualidade dos grãos de milho para o parâmetro proteína

A figura 5.10 mostra a porcentagem de proteína bruta nos grãos de milho, nas cultivares estudadas em diferentes condições de secagem.

Figura 5.10: Proteína bruta dos grãos de milho das cultivares em diferentes condições de secagem



A análise de variância para a porcentagem de proteína nas diferentes condições de secagem, apresentou um coeficiente de variação de 3,58% e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Das cultivares estudadas e colocadas em diversas condições de secagem, todas tiveram dentro do nível mínimo aceitável, ou seja 8,5%, com exceção da **Cultivar Z-8410** que apresentou na bandeja 1 e temperatura de 40°C, uma pequena diferença abaixo do nível mínimo aceitável conforme determinação do COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (1998).

Cultivar AG-6690:

- a) apresentou características diferentes no decorrer das diversas condições de secagem, tendo respostas iguais a campo, secagem a 40°C na bandeja 1, secagem a 100°C nas bandejas 3-5;
- b) como uma segunda observação, apresentou a secagem ao sol, a secagem a 40°C nas bandejas 3-5, a secagem a 60°C nas bandejas 1-5, a secagem a 80°C na bandeja 1 e secagem a 100°C na bandeja 1, as mesmas características no decorrer destas temperaturas;
- c) como uma terceira avaliação, verifica-se que a 60°C na bandeja 3 e a 80°C nas bandejas 3-5, as respostas às condições de secagem são as mesmas e o nível mais próximo ao mínimo aceito, foi a testemunha.

Cultivar AL-25:

- a) respondeu de maneira igual com relação às seguintes temperaturas e bandejas: 40°C bandeja 1-3-5, 80°C bandejas 1-3-5, 100°C bandejas 1-3-5;
- b) em uma segunda análise verifica-se que a testemunha, campo, sol, temperatura a 60°C bandejas 1-5, são iguais e a temperatura que mais se aproximou ao mínimo aceito, tendo porém valor acima, foi a temperatura 60°C bandeja 3;
- c) cultivar AL-25 foi a que apresentou maior característica positiva em relação à proteína, e manteve um nível acima de 9% de proteína a todas as condições de secagens com pequenas variações, atingiu um nível ótimo de proteína nas temperaturas 40°C bandejas 1-3 e 100°C bandejas 1-3-5.

Cultivar C-444:

- a) apresentou um ponto máximo nas temperaturas 40°C bandeja 1 e 100°C bandeja 5;
- b) em uma segunda análise verifica-se uma relativa igualdade na secagem a campo, sol, nas temperaturas 40°C bandejas 3-5, 60°C bandejas 3-5, 80°C bandejas 1-3 e 100°C bandejas 1-3;
- c) em outra análise verifica-se a proximidade nas temperaturas de 60°C bandeja 1 e 80°C bandeja 5, tendo a testemunha próxima ao limite mínimo aceito de 8,5% de acordo com o COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (1998).

Cultivar Z-8410:

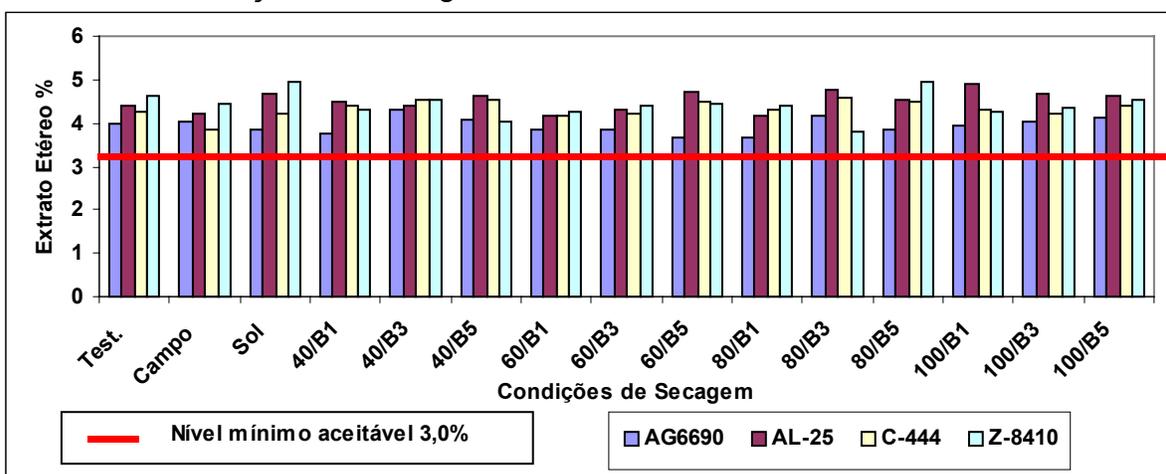
- a) o ponto maior foi a secagem a campo, temperatura a 100°C bandeja 1-3;
- b) em uma segunda análise aparecem a secagem ao sol, temperaturas 60°C bandejas 1-5 e 100°C bandeja 5;
- c) em uma terceira análise observa-se uma relativa igualdade nas temperaturas a 40°C bandeja 5, 60°C bandeja 3, 80°C bandeja 5 e a testemunha acompanhando;

- d) próximas ao padrão mínimo exigido, ou, 8,5%, ficaram as temperaturas 40 °C bandeja 3, e 80°C bandejas 1-3 e,
- e) abaixo do padrão mínimo exigido, apresentou-se a temperatura em 40°C bandeja 1, de conformidade com as afirmações de PUZZI (1986), AHRENS et al., (1998), ATHIÉ et al., (1998), GUIMARÃES (1999) e LIMA (2000).

5.4.2. Qualidade dos grãos de milho para o parâmetro extrato etéreo

A figura 5.11 mostra a porcentagem de extrato etéreo nos grãos de milho, nas cultivares em diferentes condições de secagem.

Figura 5.11: Extrato etéreo dos grãos de milho das cultivares em diferentes condições de secagem



A análise de variância para a porcentagem do extrato etéreo em diferentes condições de secagem, apresentou um coeficiente de variação de 4,98% e as médias, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Das cultivares em estudo colocadas nas diversas condições de secagem, todas tiveram acima do nível mínimo aceitável, ou seja 3,0%, conforme determinação do COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (1998).

Cultivar AG-6690:

- a) apresentou características diferentes no decorrer das diversas condições de secagem, tendo melhor resposta a secagem a 40°C na bandeja 3;

- b) como uma segunda análise, apresentou na secagem a 80°C na bandeja 3, a secagem a 100°C na bandeja 5 tendo respostas iguais;
- c) a testemunha, a secagem a campo, a temperatura a 40°C bandeja 5 e a 100°C bandeja 3, as mesmas características;
- d) verifica-se que a secagem ao sol, a temperatura a 40°C na bandeja 1, a 60°C nas bandejas 1-3, 80°C bandejas 1-5 as características são as mesmas;
- e) as temperaturas 60°C bandeja 5 e 100 °C bandeja 1, foram as que apresentaram menor comportamento ao extrato etéreo mas mesmo assim encontram-se acima do nível mínimo aceitável.

Cultivar AL-25:

- a) a temperatura que melhor desempenho apresentou em relação ao extrato etéreo foi 100°C bandeja 1, seguidas das temperaturas 60°C bandeja 5 e 80°C bandeja 3;
- b) a secagem ao sol, a temperatura 40°C bandeja 5 e 100°C bandeja 3-5, foram semelhantes;
- c) a temperatura 40°C bandeja 1 e 80°C bandeja 5, se comportaram de maneira semelhante, seguidas da testemunha e temperatura 40°C bandeja 3 temperatura 60°C bandeja 3;
- d) e as que apresentaram nível mais baixo, foram a secagem a campo, temperaturas 60°C bandeja 1 e 80°C bandeja 1.

Cultivar C-444:

- a) a temperatura que melhor desempenho apresentou em relação ao extrato etéreo foi a 80°C bandeja 3, seguida das temperaturas a 40°C bandejas 3-5, 60°C bandeja 5 e 80°C bandeja 5;
- b) as temperaturas 40°C bandeja 1, 80°C bandeja 1, 100°C bandejas 1-5, se comportaram de forma iguais;
- c) a testemunha, a secagem ao sol, a temperatura 60°C bandeja 3 e 100°C bandeja 3 apresentaram as mesmas características de secagem e a temperatura 60°C bandeja 1 abaixo;

d) a nível de campo está a resposta em menor valor.

Cultivar Z-8410:

- a) apresentou em relação ao extrato etéreo a secagem ao sol e temperatura a 80°C bandeja 5 maior desempenho;
- b) relativamente iguais a testemunha, temperatura a 40°C bandeja 3 e 100°C bandeja 5;
- c) verificamos uma igualdade entre a secagem a campo, temperaturas 60°C bandeja 3-5 e 80 °C bandeja 1;
- d) as temperaturas 40°C bandeja 1, 60°C bandeja 1, 100°C bandejas 1-3, as mesmas características de secagem;
- e) a temperatura 40°C bandeja 5 e a temperatura 80°C bandeja 3 apresentou um nível aproximado ao mínimo exigido, ou, 3,0%, conforme o COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (1998), confirmando as observações de AHRENS et al., (1998), ATHIÉ et al. (1998), e GUIMARÃES (1999).

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho quanto ao processo de secagem, analisados através da variação das temperaturas do ar de secagem a 40°C, 60°C, 80°C, 100°C, secagem a campo e ao sol, nos parâmetros proteína e extrato etéreo, na qualidade de quatro cultivares de milho (*Zea mays* L), uma variedade e três híbridos comerciais existentes no mercado agropecuário, permitiram as seguintes conclusões:

- a) Para todas as cultivares de milho estudadas, foi verificado que quanto aos parâmetros do grau de umidade, matéria seca e densidade, antes e após as diferentes condições de secagem, não houve variação significativa que compromettesse a qualidade dos grãos.
- b) As perdas de água dos grãos de milho durante às diferentes condições de secagem, apresentaram uma taxa decrescente de redução da umidade ao longo do processo.

- c) Para o parâmetro proteína, verificamos através das diferentes condições de secagem que o milho com tendência mais tolerante foi a cultivar AL-25, seguida em igualdade, entre si, pelas outras cultivares.
- d) Para o parâmetro extrato etéreo, verificamos através das diferentes condições de secagem que o milho com tendência mais tolerante foi a cultivar Z-8410, seguida em igualdade, entre si, pelas outras cultivares.
- e) Aumentando a temperatura do ar de secagem, de 40°C para 100°C, o tempo de secagem foi reduzido de 450 minutos para 90 minutos.
- f) Aumentando a temperatura do ar de secagem , de 40°C para 100°C, a diferença da umidade entre as camadas inferiores e superiores, aumentou de 3,28 para 10,05.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 01 – **Anuário da Agricultura Brasileira**. FNP/C&C. São Paulo, 2001, p. 417 a 438.

AGUIRRE, R. & PESKE, S.T. **Manual de Beneficiamento de Sementes**. CIAT, Cali, Colômbia, 1992, 217p.

AHRENS, D.C.; BARROS. A.S.R.; VILLELA, F.A.; LIMA, D. Qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) sob condições de secagem intermitente. Piracicaba, **Scientia Agrícola**, 1998, 55(2):320-325.

AMARAL, D.; DALPASQUALE, V.A. Custos de secagem de sementes de milho (*Zea mays* L.) em espigas usando simulação matemática. Jaboticabal, **Engenharia Agrícola**, 2000, 20(1): 56.

ANDRADE, A.N. de. Produção mundial de grãos e a situação atual e perspectivas do milho e soja no mercado brasileiro. Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal. Campinas, CBNA, **2001**, p.1, 2, 3, 6, 7 e 9.

ATHIÉ, I.; CASTRO, M.F.P.M. de.; GOMES, R.A.R.; VALENTINI, S.R.T. **Conservação de Grãos**. Campinas, Fundação Cargill, 1998. p. 15, 16, 115, 123, 125, 171, 172, 191.

AZEVEDO, R.A.; ARRUDA, P.; TURNER, W.L.; LEA, P.J. The biosynthesis and metabolism of the aspartate derived amino acids in higher plants. **Phytochemistry**, 1997, v.46, p.395-419.

- BIAGI, J.D. Implicações na granulometria de ingredientes na qualidade de peletes e na economia da produção de rações. In: Anais do Simpósio sobre granulometria de ingredientes e rações para Aves e Suínos. Concórdia-SC. **1998**. p. 57.
- BORBA, C.S.; ANDREOLI, C.; ANDRADE, R.V. de.; AZEVEDO, J.T. de.; OLIVEIRA, A.C. de. Efeito do retardamento da secagem na qualidade fisiológica de sementes de milho. Brasília, PAB, v.33, n.1, **1998**, p-105-108.
- BORÉM, F.M.; HARA, T, SILVA, R.F.da.; ARAÚJO, E.F. Efeito da secagem e do armazenamento na germinação e no vigor de sementes de milho (*Zea mays* L.). Viçosa, RBA, **1996**, 21(1,2):33-39.
- BÓREM, A. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa, UFV, 1997. p. 231, 232, 519, 545.
- BUENO, B.F. **Sistema de análise estatística anova 1.0**. Espírito Santo do Pinhal, Centro Regional Universitário - CREUPI, 1998.
- BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do Milho: Fatores que Afetam a Produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, 1993.
- CARNEIRO, A.A.; CARNEIRO, N.P.; CARVALHO, C.H.S.; VASCONCELOS, M.J.V.; PAIVA, E.; LOPES, M.A. Milho Transgênico, Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento, ano III, n. 15, **2000**, p. 42, 43, 44 e 45.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 2ª ed. rev. Campinas, Fundação Cargill, 1983. p.53-72.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 3ed. rev. Campinas, Fundação Cargill, 1988.
- CARVALHO, N.M. **A Secagem de Sementes**. Jaboticabal, FUNEP, 1994. p. 61, 66, 67 e 135.
- CARVALHO, M.E. de.; GUIMARÃES, P.E.O.; BARDUCHE, D.; PAIVA, E.; VASCONCELOS, M.J.V. & LOPES, M.A. "SCREENING" de linhagens de milho de alta qualidade nutricional através da avaliação de frações protéicas acumuladas no endosperma. Londrina, ABMS/IAPAR, **1996**.
- CAVARIANI, C. **Secagem estacionária de sementes de milho com Distribuição radial do fluxo de ar**. Piracicaba, ESALQ, 1996. TESE (Doutorado), ESALQ/USP, 1996. p. 64.
- CBA. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. Brasília, DFFPA, 1998

- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores da agropecuária**. Brasília, Novembro 2000, ano IX, nº 11.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores da agropecuária**. Brasília, Maio 2001, ano X, nº 05.
- CONAGIN, A., JUNQUEIRA, A.A.B. **O milho no Brasil**. IN: Cultura e Adubação do Milho. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1966.p.21.
- CRUZ, J.C.; MONTEIRO, J.A.; SANTANA, D.P.; GARCIA, J.C.; BAHIA, F.G F.T. de.; SANS, L.M.A.; PEREIRA FILHO, I.A. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília, EMBRAPA/SPI, 1996.
- DIMARZIO, J. A. Oportunidade do Brasil / Importância da Semente. **Anuário ABRASEM 97**. Editorial. Brasília, 1997, p 5-8.
- DUARTE, A.P.; BORTOLETTO, N.; BIANCHINI, M.T.; RIBEIRO, J.L.; BOLONHESI, D.; SARTORI, J.A.; COICEV, L.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; RECO, P.C.; MARTINS, A.L.M.; GALLO, P.B.; MARTINS, A.C.M.; MOEMAZ, M.; SABINO JÚNIOR, J. Avaliação de cultivares de milho “safrinha” na região norte/noroeste do estado de São Paulo em 1998. Barretos, V Seminário sobre a cultura do milho “safrinha”, **1999**. p. 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257.
- DUARTE, A.P.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Cultivares de milho no Estado de São Paulo - resultados das avaliações regionais IAC/CATI/EMPRESAS – 1998/99. Campinas (Documento IAC, 66), **1999**. p. 4, 15, 18, 19, 20, 26, 27, 28, 41, 42, 56, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 96 e 97.
- DUARTE, A.P.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Fatores bióticos e abióticos em Cultivares de milho e estratificação ambiental: avaliação IAC/CATI/EMPRESAS – 1999/2000. Campinas, (Boletim Científico IAC, 05). **2000**. p. 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73 e 74.
- DUARTE, A.P., MARTINS, A.C.N., BRUNINI, O., CANTARELLA, H., DEUBER, R., PATERNIANI, M.E.A.G.Z., TSUNECHIRO, A., SAWAZAKI, E., DENUCCI, S., FANTIN, G.M., RECO, P.C. **Milho safrinha – Técnicas para o cultivo no Estado de São Paulo**. Campinas, (Documento Técnico 113) CATI, 2000. p.1, 10, 11, 12, 13 e 14.
- FANCELLI, A.L., DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba, Agropecuária, 2000. p.25, 345.
- FERREIRA, W.A.; MUIR, W.E. Aeração de grãos de milho armazenados sob condições climáticas do estado de São Paulo. São Paulo, **Científica**, 1981, 9(2):197-20.

- FIGUEIREDO, A.; BOTELHO, E.; ZANI, M.; SETTI, T.; KINOSHITA, K. O milho como funciona a cadeia do grão. edição nº 22-28. Pelotas, **Seed News**, 1997.
- GUIMARÃES, R.M. **Fisiologia de Sementes**. Lavras, UFLA/FAEPE, 1999. p.6, 15, 16, 55 e 56.
- GUSTAFSON, R.J. e MOREY, R. V. Study of factors affecting quality changes During high temperature drying. St. Joseph, Michigam, ASAE, v.22, **1974**, n.4: 932,
- KRUG, C.A. **O Milho no Mundo**. In: Cultura e Adubação do Milho. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1966. p.11 a 12.
- LASSERAN, J.C. **Aeração de grãos**. Viçosa, CENTREINAR, 1981.
- LIMA, G.J.M.M. de. Qualidade nutricional do milho: situação atual e suínos, 2000. Campinas-SP. **Anais**. Campinas, CBNA, 2000. p.153 – 174.
- LIMA, G.J.M.M. de; Milho e Subprodutos na alimentação animal. Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação animal. Campinas, CBNA, **2001**. p.13, 14, 15, 16, 18, 19, 24, 27 e 28.
- MATA, M.E.R.M.C. Secagem a nível de produtor. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campina Grande, UFPB, **1997**.
- MIRANDA FILHO, J.B.; VIÉGAS, G.P. **Melhoramento e Produção de Milho**. Campinas, Fundação Cargill, 1987, p. 297 –300.
- MOLINA, S.M.G.; GAZIOLA, S.A.; LEA, P.J., AZEVEDO, R.A. Manipulação de cereais para acúmulo de lisina em sementes. Piracicaba, **Scientia Agrícola**, 2001 v.58, n.1, p. 205, 206, 208.
- MONSANTO. **Milho Safrinha**. Andirá-PR, Manual Técnico. 2000. p. 114.
- MORO, G.L.; HABBEN, J.E.; HAMAKER, B.R.; LARKINS, B.A. Characterization of the variability in lysine for normal and opaque-2 maize endosperm. **Crop Science**, 1996, v.36, p. 1651-1659.
- PEDROSO, J. F. Óleos e gorduras na alimentação animal. Campinas, CNBA, **2001**, p.199.
- PEIXOTO, M.J.V.V.D.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R.; PAIVA, E.; REGO, M.M. do. Perspectiva de utilização de milho de alta qualidade protéica no Brasil. Belo Horizonte, **Inf. Agropecuário**, 1990, 14(165): 23-34.

- PEPLINSKI, A.J.; PAULIS, J.W.; BIETZ, J.A.; PRATT, R.C. Drying of high-moisture corn: changes in properties and physical quality. v. 71, **Cereal Chemistry**, 1994, n.2, p.129-133.
- PITOL, C. Cursos para agricultores do 5º seminário sobre a cultura do milho “safrinha”, 3 a 5 de fevereiro de 1999. V Seminário sobre a cultura do milho “safrinha”, Barretos, IAC, **1999**.
- PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenagem de Grãos**. Campinas, ICEA, 1986.
- RAS. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DNDV, 1992.
- RISSI, A.F.R. de. Cadeia produtiva do milho. Pelotas, **Seed News**, 1997, 2:12.
- ROMANO F^a, M.L. **Alta temperatura de secagem na qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. Pelotas, UFP, 1997. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 1997.
- RONZELLI Júnior, Pedro. **Melhoramento Genético de Plantas**. Curitiba, UFPR/ SCA/DFF, 1996. p, 125, 126, 127, 191, 200 e 214.
- SARTORI, J.A. **Melhoramento da Cultura do Milho**. E.S.Pinhal, CREUPI, 2000. Curso de Cereais.
- SINDIRAÇÕES. Fontes de origem das matérias-primas na fabricação de Rações. **Revista de Alimentação Animal**. Sindirações, 2000.
- SINDIRAÇÕES. Produção de alimentos. **Revista de Alimentação animal**. Sindirações, 2001.
- SOUZA E SILVA, J. de.; AFONSO, A.D.L.; LACERDA FILHO, A.F.de. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**, 2001.
- SUPRE MAIS. Folheto técnico de normas de especificação para macro e micronutrientes. Valinhos, **Supre Mais Produtos Bioquímicos Ltda**, 1999.
- TOSELLO, G.A., **Melhoramento e Produção de Milho**. 2ªed., Campinas, Fundação Cargill, 1987, p.375.
- VALENTINI, S.R.T. Curso geral de armazenagem. Princípios de armazenagem, 1ª ed. Campinas, CEPEC/ITAL, **1996**.
- VIEIRA, M.G.G.C.; CARVALHO, M.L.M.de; MACHADO, J.C. **Controle de Qualidade de Sementes**. Lavras, UFLA/FAEPE, 1999, p. 1, 4.

VILELA, F.A.; SILVA, W.R. Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente. Piracicaba, **Scientia Agricola**, 1992, 49(1): 145-153,

VON PINHO, E.V.R. **A Secagem de Sementes**, Lavras, UFLA/FAEPE, 1998. p. 64, 66, 68 e 70.

WEBER, E.A. **Armazenagem Agrícola**. Guaíba, Agropecuária, 2001., p. 11, 13, 15, 21, 26, 27, 93, 98, 113 e 114.