

Milho:

Teor de umidade x Atividade de água

Fotos e Ilustrações cedidas pelos autores

Uma relação no milho (*Zea mays* Linné) entre o teor de umidade e o teor de atividade de água

Rupérsio Alvares Cançado

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná – UFPR.
cançado@engquim.ufpr.br

Renato João Sossela de Freitas

Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná – UFPR.
rfreitas@brturbo.com

RESUMO

Este trabalho consistiu no estudo da correlação entre a umidade e atividade de água nos grãos de milho, já que estas características físico-químicas são um dos fatores ligados ao desenvolvimento de fungos produtores de micotoxinas. Nas análises dos teores de umidade e de atividade de água não foram constatado diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$). Em relação ao teor de umidade e atividade de água obteve-se a média 13,3% e 0,719, respectivamente, com uma fórmula estatística $y = 0,01182x + 7,605$, configurando a intersecção em zero.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os cereais cultivados no mundo, o milho (*Zea mays* Linné) coloca-se em terceiro lugar, sendo superado apenas pelo arroz e o trigo.

O grão de milho possui uma variedade de nutrientes que são essenciais para o metabolismo humano e animal. Em sua constituição encontram-se proteínas, carboidratos, lipídeos, minerais e

vitaminas; porém comumente consideram-se a constituição básica de 60% de carboidratos, 10% proteínas e 4% de óleo.

Uma das causas preocupantes no mundo hoje é o desenvolvimento de fungos em grãos, principalmente na lavoura e no armazenamento.

Atualmente, tanto os agricultores como as cooperativas estão preocupados com o armazenamento do milho e uma destas é o teor de umidade do cereal, sabem que é uma análise que se não for controlada pode vir a danificar o produto e causar sérios prejuízos.

A existência do microrganismo não depende apenas da quantidade de água superficial do cereal, mas também da quantidade de água livre existente no interior do mesmo, iniciando pesquisas em análise de detecção da atividade de água, e assim, podendo bloquear o crescimento de fungos e por consequência suas toxinas liberadas no alimento.

CELARO (1992) considerou estes valores de temperatura e de atividade de água e ainda as condições precárias de colheita e pós-colheita a que o milho é submetido no país, afirmando que o



FIGURA 1 – DETECTOR DE ATIVIDADE DE ÁGUA
AQUALAB.MODELO CX-2

FONTE: CANÇADO, 2001.

potencial de contaminação do milho armazenado no Brasil, nas várias regiões agroclimáticas, é grande.

O objetivo deste trabalho foi correlacionar o teor de atividade de água e o teor de umidade por meio de comparação de resultados.

TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade do alimento relaciona-se com a quantidade de água disponível nele existente.

O teor de umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo cereal quando aquecido em condições nas quais a água é removida. Na realidade, não é somente a água a ser removida mas outras substâncias que se volatilizam nessas condições. O resíduo obtido no aquecimento direto é chamado de resíduo seco. O aquecimento direto da amostra em torno de 100°C é o processo mais usual em amostras de alimentos. Amostras de alimentos que se decompõem, ou iniciam transformações a essa temperatura, devem ser aquecidas em estufas a vácuo, onde se reduz a pressão e se mantém a temperatura de 70°C. Nos casos em que outras substâncias voláteis estão presentes, a determinação de teor de umidade real deve ser feita por processo de destilação com líquidos imiscíveis. Outros processos são baseados em reações que se dão em presença de água. Em alimentos de composição padronizada, certas medidas físicas, como índice de refração, densidade, condutividade elétrica e outras, fornecem uma avaliação do teor de umidade de modo rápido, mediante o uso de tabelas ou gráficos já estabelecidos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w)

A atividade de água ou atividade aquosa, com o símbolo A_w ou como alguns autores propõe A_a , vem sendo discutida em diversos centros de pesquisas, bem como no âmbito econômico mundial, visto que ela dá a real quantidade de água do alimento. Os economistas e os cientistas querem um valor entrelaçando o teor de umidade e o teor de atividade de água do alimento para a venda como para a compra, assim os consumidores e compradores estariam comprando realmente o produto e não percentual dele com o complemento água, e pagariam somente pelo alimento adquirido; além de prevenir o crescimento de microrganismos indesejáveis.



FIGURA 2 – ESTUFA A VÁCUO *FABBE-PRIMAR*
FONTE: CANÇADO, 2001.

A necessidade de água dos microrganismos (Quadro 1) é referida como atividade de água do ambiente, sendo definida como: a pressão de vapor da solução (água do substrato alimentício), dividida pela pressão de vapor do solvente (água livre), à mesma temperatura.

A A_w de um alimento ou solução é a razão entre a pressão de vapor de água do alimento (P) e a da pura água (P_o).

$$A_w = \frac{P}{P_o}$$

A água pura tem A_w igual a 1,0, uma solução de água com 22,0% de NaCl (Cloreto de sódio) tem A_w igual a 0,86 e uma solução saturada de NaCl tem uma A_w igual a 0,75. No Quadro 7 são apresentados os valores de A_w de diversos tipos de alimentos.

Quando a solução se torna mais concentrada, a pressão de vapor diminui e a A_w é inferior ao valor máximo 1, para a água pura. A A_w está relacionada com o ponto de congelamento, o ponto de ebulição, a umidade relativa de equilíbrio (URE) e a pressão osmótica (PO).

URE da mesma forma que A_w , é a razão entre as pressões de vapor da solução e da água pura e é expressa na forma de porcentagem:

$$URE(\%) = A_w \times 100$$

URE se refere estritamente à atmosfera em equilíbrio com uma solução ou alimento e é uma expressão menos adequada do que A_w , como medida da disponibilidade de água.

Pressão osmótica (PO) é relacionada com A_w , por meio da expressão:

$$PO = \frac{-RT \log_e A_w}{n_1 + n_2}$$

onde R é a constante do gás, T a temperatura absoluta, $\log_e A_w$ o logaritmo natural de A_w , e $n_1 + n_2$ é a fração molar parcial de água. O uso de pressão osmótica pressupõe a presença de uma membrana com propriedades de permeabilidade apropriada.

A lei de Raoult pode ser apresentada da seguinte maneira:

$$\frac{P}{P_o} = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

assim, a razão entre a pressão de vapor da solução e a pressão de vapor do solvente puro é igual a fração molar do solvente, onde o P e P_o são as pressões de vapor da solução e solvente, respectivamente e n_1 e n_2 são os números de moles de soluto e solvente, respectivamente. Onde pode-se expressar em formato de A_w :

$$A_w = \frac{P}{P_o} = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

Valores sobre a A_w apresentaram soluções de grande relevância na preservação de alimentos, como soluções de cloreto de sódio, sacarose, glicose, açúcar invertido e hidrolisados de amido.

Dentre os fatores que reduzem a pressão de vapor de água dos alimentos, além da A_w pode-se incluir a adsorção de moléculas de água na superfície e efeitos capilares (adaptado de ICMSE, 1997).

A adsorção de substâncias químicas e microrganismos depende das ligações

QUADRO 1 – VALORES DE ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w) DE DIVERSOS TIPOS DE ALIMENTOS

A_w	Tipos de alimentos
0,98 – 0,99	Leite, peixes, carne fresca, vegetais em salmoura, frutas em calda leve
0,93 – 0,97	Leite evaporado, queijo processado, carne curada, carne e peixe levemente salgado, lingüiça cozida, frutas em calda forte e pão
0,85 – 0,92	Leite condensado, queijo cheddar maturado, lingüiça fermentada, carne seca, presunto cru e bacon
0,60 – 0,84	Farinha, cereais, nozes, frutas secas, vegetais secos, leite e ovos em pó, gelatinas e geléias, melaço, peixe fortemente salgado, alguns queijos maturados, alimentos levemente úmidos
< 0,60	Confeitos, vegetais fermentados, chocolate, mel, macarrão seco, biscoitos e batatas chips.

FONTE: GERMANO e GERMANO, 2001.

que podem ser formadas entre as moléculas do agente e a superfície da célula. Isso pode acontecer por meio de ligações de Van der Waals, pontes de hidrogênio, ligações iônicas e ligações covalentes. As ligações iônicas são influenciadas pelo pH que determina a extensão de ionização do agente antimicrobiano e a disponibilidade de grupos de cargas opostas na célula.

Assim como o crescimento, a sobrevivência microbiana também é afetada pela A_w do ambiente.

Em microbiologia de alimentos, a sobrevivência microbiana é mais importante ao contexto de tratamento térmico. É menor a sobrevivência a altas temperaturas em condições de alta A_w . Para esporos bacterianos, a proteção resultante da redução da A_w é máxima no intervalo de A_w de 0,2 a 0,4.

LEITÃO (1988) e LACEY et al. (1991) observaram as temperaturas de 35°C como ótimas para o crescimento de *Aspergillus flavus* e no que diz respeito a atividade de água consideraram 0,78 a 0,80 como nível ótimo de crescimento. Todavia, os teores necessários para a formação das aflatoxinas seriam de 0,83 a 0,87.

Porém, durante o armazenamento dos grãos de milho o crescimento do *Aspergillus flavus* depende ainda principalmente da umidade relativa do ar de 85% a 95%, nessas condições a temperatura situada entre 30°C a 35°C (limites ótimos de metabolismo) determinará a velocidade de crescimento do fungo. Logo, volta-se ao controle da atividade de água ($A_w = 0,75$) e principalmente com um controle de teor de umidade

baixo (13,0%), para evitar a produção de aflatoxinas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA-PRIMA

A matéria-prima utilizada neste trabalho foram amostras de grãos de milho integral, retiradas conforme a metodologia especificada na seqüência nas Cooperativas do Estado do Paraná, totalizando 144 amostras provenientes de diversas partes do Estado e cada uma sendo de cinco quilogramas e embaladas em saco de papel multifoldado com a terceira folha impermeável.

Cada Cooperativa possui o seu ranking de agricultores que lhe abastece com milho; as safras 2000 e 2001 ocorreram em condições climáticas definidas com seus ciclos de temperatura e precipitação, com meses de verão quentes e pouco chuvosos, e período de inverno com temperatura moderada, mas seca, contribuindo para que fossem safras com contaminação pequena e de maior qualidade.

2.2 EQUIPAMENTOS

2.2.1 Detector de Atividade de Água

O detector de atividade de água *AQUALAB modelo CX-2* (Figura 1) utiliza um espelho de resfriamento ao ponto de orvalho e ligeiramente aquecido para fazer a medida de atividade de água. Essa técnica é uma medida primária,

mais conhecida como método de análise de umidade relativa. Quando uma amostra esta sendo medida no *AQUALAB*, um espelho de aço dentro da câmara é repetidamente esfriado e aquecido, formando assim, o orvalho e evaporando-o. Um ventilador de ar acelera o processo de equilíbrio dentro da câmara. Cada orvalho criado e evaporado o *AQUALAB* mede a temperatura e calcula A_w da amostra. Quando a leitura de A_w no equipamento obtiver um erro 0,001 de diferença na câmara, o equipamento alcançou o equilíbrio e libera o valor da A_w final e da temperatura da amostra em seu visor.

A mudança da A_w devido à mudança de temperatura para a maioria dos materiais é menor que 0,02 por grau centígrado, por isso o equipamento deve estar em ambiente refrigerado para as suas leituras, de preferência entre 20 a 25°C.

As leituras do equipamento devem estar num período entre 2 a 6 minutos, após oito minutos a amostra foi danificada e se obterá um valor falso.

Deve-se calibrar o equipamento com as soluções padrões: uma de cloreto de sódio e duas de cloreto de lítio, com atividade de água 0,760; 0,500 e 0,250, respectivamente. Após essa calibração deve-se checar com a atividade de água pura, resultando o valor de 1,000.

O *AQUALAB* opera com freqüência entre 50 e 60 Hz, com as voltagens entre 110, 120, 220 e 240 volts.

As amostras devem ser condicionadas em cápsulas plásticas do próprio aparelho, preenchendo 1/3 da altura da cápsula e homogeneizadas.

2.2.2 Estufa a Vácuo de Determinação de Teor de Umidade

A estufa a vácuo utilizada neste trabalho foi da marca *FABBE-PRIMAR*, modelo 221, 600 watts, 700 mmHg, com escala de temperatura de 0 a 200° C, conforme a Figura 2.

Para as análises do teor de umidade dos grãos de milho foram acondicionados cinco gramas de amostra em pesa-filtro de alumínio com tampa, de 50mm de diâmetro por 30 mm de altura, em uma temperatura constante de 115° C num período de 6 horas.

O método utilizado foi o recomendado pela *American Oil Chemists Society* (AOCS, 1985).

2.3 MÉTODOS

2.3.1 Amostragem

As amostragens foram realizadas seguindo o critério de coleta de amostras

TABELA 1 – DADOS DAS AMOSTRAS DE GRÃOS DE MILHO COLETADAS NO ESTADO DO PARANÁ - SAFRAS 2000/2001.

SAFRAS	NÚCLEOS (Quantidade de Amostras)					TOTAL DE AMOSTRAS	MÉDIA POR NÚCLEO
	N1	N2	N3	N4	N5		
2000	18	12	18	12	12	72	14
2001	18	12	18	12	12	72	14

simples, ou seja, com calador (amostrador de grãos) e de acordo com o tamanho do local de armazenagem da Cooperativa, divididos em 20m² para a retirada e quantidade de pontos.

As amostras foram codificadas de acordo com o seu tempo de armazenagem, sendo imediata, 30 dias e 60 dias; de acordo com a safra, S20 para a safra de 2000 e S21 para a safra 2001 e ainda de acordo com os núcleos, N1 para o núcleo 1, N2 para o núcleo 2 e assim por diante até o N5.

2.3.2 Análise do Teor de Umidade

O método utilizado na análise do teor de umidade foi o da *American Oil Chemists Society* (AOCS, 1985), determinação de umidade para cereais, incluindo a metodologia para seus derivados.

A amostra foi pesada em balança analítica BOSCH padrão a 20°C em sala com atmosfera controlada. Para a análise foi utilizada a estufa a vácuo FABBE-PRIMAR, com temperatura de 115°C, num período de seis horas de secagem. Para a repesagem a amostra foi resfriada em dessecador.

2.3.3 Análise da Atividade de Água

A determinação do teor de atividade de água seguiu o método especificado pelo fabricante do equipamento, regulamentado pelo Departamento de Boas Práticas de Fabricação do *Food and Drugs Administration - FDA* dos Estados Unidos, sob o código federal de análise 21CFR110 (DECAGON DEVICES INC., 2001).

O equipamento empregado foi o detector de atividade de água AQUA-LAB CX-2 em sala com atmosfera controlada a 23°C, conforme a Figura 1 do item 2.2.1.

Acondicionou-se a amostra em cápsulas plásticas, homogeneizou-se, sendo estas colocadas no encaixe apropriado do equipamento para a leitura. A resposta da leitura ocorreu entre 2 a 6 minutos.

2.3.4 Análise Estatística

As variáveis consideradas foram o teor de umidade, o teor de atividade de água, o teor de aflatoxinas pelo método TLC, o teor de aflatoxinas pelo método CFLAE e o teor de contaminação em amostras das Cooperativas do Estado do Paraná. Esses dados foram obtidos nos grãos de milho em ensaios experimentais onde foi utilizado um delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas.

Para os cálculos estatísticos utilizou-se o Programa MSTATC da *Michigan State University* programado em sistema DOS para computador; cedido pelo Prof. Dr. Henrique Soares Koehler, Laboratório de Informática do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 TEOR DE UMIDADE EM GRÃOS DE MILHO (*Zea mays* Linné)

Com relação ao teor de umidade e atividade de água de grãos de milho (*Zea mays* Linné) foram utilizadas 144 amostras, divididas em dois blocos de 72 amostras cada, conforme a safra de 2000 ou 2001, de acordo com a Tabela 1.

A Tabela 2 mostra que a análise individual das safras 2000 e 2001 não apresentou diferença significativa a 5%, isto é, não houve uma variação estatística no controle de umidade entre as safras, obtendo um coeficiente de variação 4,90% entre as safras e entre os núcleos do Paraná um coeficiente de variação 2,95%, demonstrando que o Paraná possui uma uniformização em decorrência do controle de umidade de grãos de milho. Porém, quando se analisa em conjunto as duas safras houve diferença significativa no nível de 1%, acredita-se que devido as intempéries não se apresentarem uniformes e homogêneas. Algumas regiões do Paraná no ano de 2000 estiveram com umidade relativa do ar muito baixa (em torno de

75%) e em outras a umidade relativa do ar foi muito alta (em torno de 90%), e isto ocorreu com menor intensidade no ano de 2001 (SIMEPAR, 2001).

As análises das médias do teor de umidade nos núcleos do Paraná apresentou um índice favorável para uma segurança aparente, a qual desfavorece o crescimento fúngico no mesmo, conforme as pesquisas efetuadas em moageiras de milho que trabalham com no máximo 13,5% para que possam ter uma segurança na qualidade de seus produtos. Mesmo que a portaria vigente no Estado para umidade do milho tenha fixado o índice máximo 14,5% para o armazenamento, nas safras do milho verificou-se que o teor de umidade apresentou-se na faixa de 13,0 a 13,5%.

3.2 ATIVIDADE DE ÁGUA EM GRÃOS DE MILHO (*Zea mays* Linné)

A Tabela 3 mostra que a análise individual das safras 2000 e 2001 não apresentou diferença significativa a 5%, isto é, não houve uma variação estatística no controle de A_w entre as safras, obtendo um coeficiente de variação 4,90% entre as safras e entre os núcleos do Paraná um coeficiente de variação 0,60%.

As médias de teor de atividade de água nos núcleos do Paraná analisadas, para o crescimento micelial do fungo *Aspergillus flavus* é necessário uma A_w de 0,78 e para o seu desenvolvimento de 0,83, pela teoria não haveria crescimento de fungos e nem o desenvolvimento micelial, apresentando uma resposta nula. Porém, quando verifica-se a prática, obtém-se algumas respostas opostas a teoria indicada. Tal fato pode ocorrer devido a umidade relativa do ar alta, acima de 80%, em algumas regiões do Estado, proporcionando o crescimento desses fungos.

3.3 CORRELAÇÃO ENTRE UMIDADE E ATIVIDADE DE ÁGUA EM GRÃOS DE MILHO (*Zea mays* Linné)

Os itens 3.1 e 3.2 foram analisados

separadamente, mostrando que não existem individualmente diferenças significativas no nível de 5%. Visualizando graficamente e separadamente, conforme as Figuras 19 e 21, e se interpolar os dois gráficos e correlacionar os teores de umidade e de atividade de água, retira-se uma fórmula matemática dessa correlação.

A Figura 3 apresenta o teor de umidade das safras 2000 e 2001 conforme os dados colhidos nas análises.

A Figura 3 mostra o teor de umidade de grãos de milho no Paraná, safras 2000 e 2001, com uma equação linear:

$$y_{2000} = 0,022x + 13,024$$

$$y_{2001} = -0,069x + 13,765$$

Estatisticamente não há diferença significativa, pode-se unir as duas equações, construindo uma única equação das safras para o teor de umidade, por meio de suas médias, configurando a intersecção das retas para 13,25, tem-se:

$$y_{\text{safras}} = -0,0235x + 13,3945$$

A Figura 4 mostra o teor de atividade de água das safras 2000 e 2001 conforme os dados colhidos nas análises.

A Figura 4 mostra o teor de atividade de água de grãos de milho no Paraná,

safras 2000 e 2001, com uma equação linear:

$$y_{2000} = -0,0001x + 0,717$$

$$y_{2001} = -0,0002x + 0,721$$

Estatisticamente não há diferença significativa, podendo unir as duas equações, construindo uma única equação das safras para o teor de atividade de água, configurando a intersecção das retas para a média 0,719, tem-se:

$$y_{\text{safras}} = -0,00015x + 0,719$$

TABELA 2 – RESULTADOS DE ANÁLISES DE TEOR DE UMIDADE NAS AMOSTRAS DE GRÃOS DE MILHO NO ESTADO DO PARANÁ – SAFRAS 2000/2001

NÚCLEOS	SAFRAS	Teor de Umidade				
		Mínimo	Máximo	\bar{X}	SD	SE
N1	2000	11,80	13,90	13,08	0,61	0,16
	2001	13,00	14,20	13,80	0,30	0,08
N2	2000	12,60	14,10	13,42	0,56	0,20
	2001	12,90	13,80	13,34	0,25	0,10
N3	2000	10,80	14,10	12,42	0,93	0,16
	2001	12,80	14,40	13,73	0,50	0,08
N4	2000	12,40	13,90	13,23	0,47	0,20
	2001	13,20	13,90	13,59	0,20	0,10
N5	2000	11,80	13,90	13,27	0,59	0,20
	2001	13,00	13,80	13,33	0,23	0,10
Média Geral	2000	10,80	14,10	13,03	0,75	0,09
	2001	12,80	14,40	13,59	0,38	0,04

Nota: \bar{X} - média; SD= desvio -padrão; SE= erro-padrão

TABELA 3 – RESULTADOS DE ANÁLISES DE TEOR DE ATIVIDADE DE ÁGUA NAS AMOSTRAS DE GRÃOS DE MILHO NO ESTADO DO PARANÁ – SAFRAS 2000/2001

NÚCLEOS	SAFRAS	Teor de Atividade de Água				
		Mínimo	Máximo	\bar{X}	SD	SE
N1	2000	0,704	0,723	0,718	0,00	0,00
	2001	0,719	0,725	0,722	0,00	0,00
N2	2000	0,716	0,725	0,720	0,00	0,00
	2001	0,716	0,723	0,719	0,00	0,00
N3	2000	0,699	0,723	0,713	0,01	0,00
	2001	0,717	0,726	0,722	0,00	0,00
N4	2000	0,715	0,723	0,719	0,00	0,00
	2001	0,719	0,723	0,721	0,00	0,00
N5	2000	0,704	0,723	0,718	0,00	0,00
	2001	0,718	0,721	0,719	0,00	0,00
Média Geral	2000	0,699	0,725	0,717	0,01	0,00
	2001	0,716	0,726	0,721	0,00	0,00

Nota: \bar{X} - média; SD= desvio -padrão; SE= erro-padrão

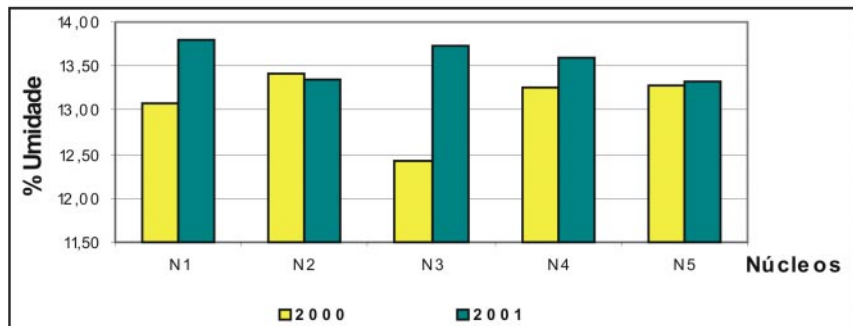


FIGURA 3 – TEOR DE UMIDADE DOS GRÃOS DE MILHO NO ESTADO DO PARANÁ - SAFRAS 2000/2001

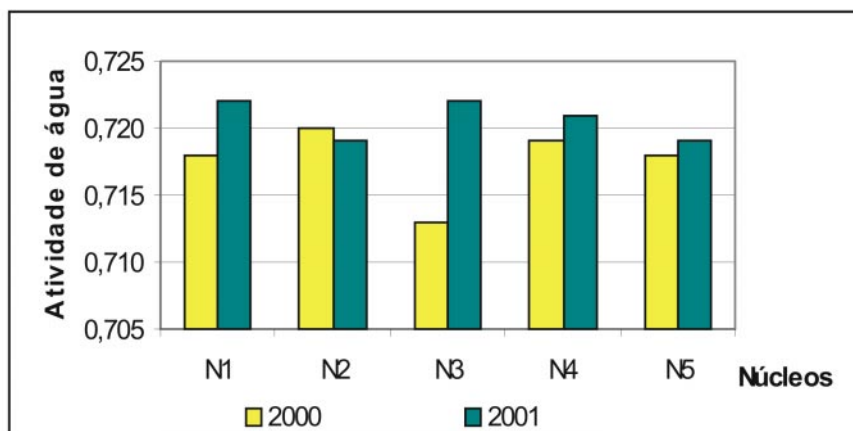


FIGURA 4 – TEOR DE ATIVIDADE DE ÁGUA DOS GRÃOS DE MILHO NO ESTADO DO PARANÁ - SAFRAS 2000/2001

Por interpolação das equações de teor de umidade e de teor de atividade de água tem-se uma curva única e homogênea configurando a intersecção das retas no zero, obtendo a fórmula estatística linear:

$$y = 0,01182x + 7,605$$

4 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos neste trabalho, podem-se extrair as seguintes conclusões nos testes realizados com grãos de milho (*Zea mays* Linné).

Em relação ao teor de umidade para a safra 2000 encontrou valores entre 10,8 e 14,1%, com uma média de 13,0% e para a safra 2001 encontrou valores entre 12,8 e 14,4%, com uma média de 13,6%, resultado abaixo do valor requerido pela Portaria nº 845 de 08/11/1976, 14,5%. Não houve diferença significativa entre as amostras no nível de 5%, seja separando as amostras por safra ou mesmo por núcleos estabelecidos. O teor de umidade nas safras 2000 e 2001 no Estado do Paraná

obtiveram a média de 13,3%, resultado que beneficia a qualidade em referência a micotoxina bem como a prevenção fúngica no armazenamento.

Quanto ao teor de atividade de água para a safra 2000 encontrou valores entre 0,704 e 0,725, com uma média de 0,717 e para a safra 2001 encontrou valores entre 0,716 e 0,726, com uma média de 0,721, resultado abaixo do valor requerido para crescimento miscelial do fungo *Aspergillus flavus* que é de 0,780. Não houve diferença significativa em relação ao teor de atividade de água destes no nível de 1%, seja separando as amostras por safra ou mesmo por núcleos estabelecidos. O teor de atividade de água nas safras 2000 e 2001 no Estado do Paraná obtiveram a média de 0,719, resultado que beneficia a prevenção de crescimento de fungos no armazenamento.

A correlação entre o teor de umidade e o teor de atividade de água foi constatada pela fórmula estatística

$$y = 0,01182x + 7,605$$

, configurando a intersecção em zero.

REFERÊNCIAS

- ABIMILHO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS MOAGEIRAS DE MILHO. **Riqueza e produtividade**. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/milho.htm>> Acesso em: 13 set.2000.
- ABIMILHO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS MOAGEIRAS DE MILHO. **Dados estatísticos**. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/milho.htm>> Acesso em: 11 nov.2001.
- ALLINGER, N. L.; CAVA, M. P.; JONGH, D.C.; JOHNSON, CARL R.; LEBEL, N.A. & STEVENS, C.L. **Química Orgânica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. 961p.
- AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY – AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society**. 3.ed. Champaign, IL: AOCS, 1985. v. 1.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1999. 416p.
- ATKINS, P.W. **Moléculas**. Tradução: Paulo Sérgio Santos e Fernando Galembeck. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.. p.100-101. Original inglês.
- ATKINS, P.W. **Moléculas**. Tradução: Paulo Sérgio Santos e Fernando Galembeck. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.. p. 153. Original inglês.
- BUDAVARI, S. **The merck index: an encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals**. 13.ed. Whitehouse Station, NJ: Merck Research Laboratories, 2001. 1818p.
- BÜLL, L.T. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1993. 301p.
- CAMPO E CIDADE. **Milho**. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1998. 63p.
- CANÇADO, R. A. **Acervo de fotos experimentais para dissertação**. 2001. 1 álbum (51 fotos): color. e p & b; várias dimensões.
- CELARO, J.C. Unidades armazenadoras a nível de propriedade. In: CONGRESSO NACIONAL DO MILHO E SORGO, 19, Porto Alegre, 1992. **Conferências**. Porto Alegre: SAA, 1992. p. 234-46.
- CIRIO, G. M. **Deteção e controle de fungos em sementes de milho (*Zea mays* L.) armazenados**. Curitiba, 1998, 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO,

- P.S. **Introdução a métodos cromatográficos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1997. 279p.
- CRUZ, I. Manejo de pragas da cultura do milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5, 1999, Barretos, SP. **Cursos para agricultores**. Campinas: IAC, 1999. p. 27-56.
- DECAGON DEVICES INC. **Water activity meter**: operator's manual. 3.ed. Pullman, WA: Decagon, 2001. 185p.
- FAO—FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **World agricultural information center**. Disponível em: <<http://www.fao.org/waicent/search/default.asp>> Acesso em: 12 set. 2001.
- GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos e treinamento de recursos humanos. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p. 37-42.
- GOULD, W. A.; GOULD, R. W. **Total quality assurance**. 2.ed. Baltimore: CIT Publications, Inc., 1993. 463p.
- HOBBS, B. C.; ROBERTS, D. **Toxinfecções e controle higiênico-sanitário de alimentos**. Tradução: Silvia Panetta Nascimento, Marcelo Arruda Nascimento. São Paulo: Livraria Varela, 1998. p. 03-47. Original inglês.
- ICMSF—COMISSÃO INTERNACIONAL PARA ESPECIFICAÇÕES MICROBIOLÓGICAS DOS ALIMENTOS. **APPCC na qualidade e segurança microbiológica de alimentos**: análises de perigos e pontos críticos de controle para garantir a qualidade e a segurança microbiológica de alimentos. Tradução: D. Anna Terzi Giova; revisão científica: Eneo Alves da Silva JR. São Paulo: Livraria Varela, 1997. 377p. Original inglês.
- ICMSF—INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. **Ecologia microbiana de los alimentos**: factores que afectan a la supervivencia de los microorganismos em los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1983.
- ICMSF—INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. **Microorganisms in foods**: characteristics of microbial pathogens. London: Black Academic & Professional, 1996.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3.ed. São Paulo: O Instituto, 1985. v. 1, cap. 4, p. 21-22.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3.ed. São Paulo: O Instituto, 1985. v. 1, cap. 2, p. 04-09.
- KOEHLER, H. S. **Estatística experimental**. Curitiba: UFPR, 1999. 124p. (Apostila).
- KOEHLER, H. S. **Manual de uso do programa mstatc**. Curitiba: UFPR, 1996. 38p. (Apostila).
- LACEY, J. Prevention of mould growth and mycotoxin production through control of environmental factors. In: INTERNATIONAL IUPAC SYMPOSIUM ON MYCOTOXINS AND PHYCOTOXINS, 7, Tokyo, 1988. **Mycotoxins and phycotoxins '88**, edited by S. Natori and others. Amsterdam: Elsevier Science, 1989. p. 161-9. (Bioactive Molecules, 10).
- LACEY, J.; RAMAKRISHNA, N.; HAMER, A.; MANGAN, N.; MARFLEET, C. Grain fungi. In: ARORA, D.K.; MUKERJI, K.G.; MARTIN, E.H. (Ed.). **Handbook of applied mycology: foods and feeds**. New York: Marcel Decker, 1991.
- LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. Traduzido por: W. R. Lodi, A. A. Simões. São Paulo: SARVIER, 1990. p. 203-222. Original inglês.
- LEITÃO, M. F. F. Microbiologia de alimentos. In: ROITMAM, I.; TRAVASSOS, L. R.; AZEVEDO, J. L. **Tratado de microbiologia**. São Paulo: Manole, 1988. p. 1-81.
- MALLOZZI, M.A.B.; CORRÊA, B. Fungos toxigênicos e micotoxinas. **Boletim Técnico Instituto Biológico**, São Paulo, n. 12, p. 5-26, jul., 1998.
- MARTIN, P.M.D.; GILMAN, G.A. **A consideration of the mycotoxin hypothesis with special reference to the mycotoxin of maize, sorghum, wheat and groundnuts**. London: Tropical Products Institute. 1976. 111p. (Report, G105).
- MILLER, B. M. **Mycotoxins**: general information. Lansing: Neogen Corporation, 1999. 39p. (Report).
- MICHIGAN STATE UNIVERSITY. **MSTATC, versão 2.10**, East Lansing, MI, 1989, 2 disquetes 3½ pol., MSDOS.
- NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. **Understanding and coping with effects of mycotoxins in livestock feed and forage**. NC-USA: NCCES, 1993. p. 4-17. (Report).
- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoria do milho. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. p. 429-485.
- PIMENTEL, I. C. **Estudo de fungos endofíticos do milho (*Zea mays* L.) e da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e busca de possíveis entomopatógenos no controle de pragas agrícolas**. Curitiba, 2001. 149f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos)—Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.
- PRADO, G.; MARTINS-VIEIRA, M.B.C.; SANTOS, J.P.; NICÁCIO, M. A. S. Ocorrência de micotoxinas em milho pós-colheita e armazenado no Estado de Minas Gerais, safra 1991. Parte I. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS 13., São Paulo, 1992. **Anais**. São Paulo: SBCTA, 1992. p. 41.
- ROMEIRO, R. S. **Bactérias fitopatogênicas**. Viçosa: UFV, 1995. 283p.
- SÃO PAULO. Código Sanitário do Estado de São Paulo: Leinº 10.083, de 23 de setembro de 1998. Decreto nº 12.342, de 27 de setembro de 1978 (Regulamento da promoção, preservação e recuperação da saúde no campo de competência da Secretaria do Estado da Saúde). **Normas técnicas e legislação estadual e federal básica e complementar**. Bauru, SP: EDIPRO, 4.ed. atual. ampl., 2001. nta. 33. (Série Legislação Estadual).
- SCUSSEL, V. M. (Org., Ed.). **Atualidades em micotoxinas e armazenagem de grãos**. Florianópolis: Ed. da Autora, 2000. 382p.
- SCUSSEL, V. M. **Micotoxinas em Alimentos**. Florianópolis: Insular, 1998. 144p.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ—SEAB. **Acompanhamento da situação agropecuária do Paraná**. Curitiba: SEAB/DERAL/CEPA/PR, v. 25, n. 10, p. 26-42, out. 1999.
- SEGANFREDO, R. Micotoxinas: para prevenir, o segredo é monitorar plantio, colheita, armazenagem, ração... **Revista Batavo**, Castro, n. 79, p. 8-10, Mai. 1998. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 83, p. 5-6, Set. 1998. Resumo.
- SEMPLE, R. L.; FRIO, A. S.; HICKS, P. A.; LOZARE, J. V. (Ed.). **Mycotoxin prevention and control in foodgrains**. Bangkok, Thailand: FAO/UM, 1998. 2v.
- SETTI, T. Industrialização do milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DO MILHO E SORGO, 19., Porto Alegre, 1992. **Conferências**. Porto Alegre: SAA, 1992. p. 176-85.
- SILVA JR., E. A. **Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos**. 4.ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 432p.
- SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C.; MORRILL, T. C. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1987. 299p.
- SIMEPAR—SISTEMA DE METEOROLOGIA DO PARANÁ. **Monitoramento e previsão do tempo—Paraná**. Disponível em: <<http://previsao.simepar.br>> Acesso em: 26 nov. 2001.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1970. 580p.
- TOXINA. In: MICHAELIS 2000: moderno dicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Reader's Digest; São Paulo: Melhoramentos, 2000. v. 2, p. 2090-2091.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ—Departamento de Bioquímica. **Bioquímica**: aulas práticas. 6.ed. Curitiba: Ed. da UFPR, 2001, 178p.
- USDA—UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Office of operations**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oo/services.htm>> Acesso em 09 abr. 2000.