

CLASSIFICAÇÃO FÍSICA DE GRÃOS DE MILHO E A CORRELAÇÃO COM A COMPOSIÇÃO CENTESIMAL UTILIZANDO ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

ROSANA SANTOS DE MORAES¹, PAULO CARTERI CORADI², JEAN CARLOS ROBATTINI³, DÁGILA MELO RODRIGUES⁴, MARISA MENEZES LEAL⁵ ANDERSON HENRIQUE SOARES³

¹Eng^a. Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFSM/PPGEA, rosana-moraes95@hotmail.com

²Eng^o. Agrícola, Professor Associado, UFSM-CS, Laboratório de Pós-Colheita (LAPOS)

³Estudante de Graduação em Engenharia Agrícola, Bolsista Iniciação Científica, UFSM-CS

⁴Eng^a. Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFSM/PPGEA

⁵Eng^a. Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, UFSM/PPGEA, Santa Maria-RS

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A classificação física é a operação realizada para avaliação da qualidade física dos grãos de milho para comercialização, entretanto, devido a subjetividade dos defeitos avaliados, são necessárias tecnologias e métodos de avaliação mais objetivos para auxiliar no processo de caracterização da qualidade do milho. O objetivo deste estudo foi correlacionar os defeitos físicos classificados em amostra de grãos de milho com a qualidade físico-química utilizando a tecnologia de espectroscopia no infravermelho próximo como método complementar a classificação convencional. Para isto, realizou-se a classificação dos grãos de 100g de cada defeito de milho duro e mole, quanto a grãos quebrados, mofados, imaturos, germinados, gessados, fermentados, carunchados e ardidos, em comparação com grãos normais. As amostras foram submetidas a análises da composição centesimal (umidade, amido, proteína, lipídios, fibras e cinzas) utilizando espectroscopia no infravermelho próximo-NIR. Os resultados obtidos foram avaliados com testes de médias e multivariadas. Conclui-se que o método de avaliação por espectroscopia no infravermelho próximo foi eficaz para avaliação da qualidade de grãos sendo uma alternativa à classificação física convencional.

PALAVRAS-CHAVE: classificação física do milho, composição centesimal, espectrofotômetro de infravermelho próximo.

PHYSICAL CLASSIFICATION OF CORN GRAINS AND THE CORRELATION WITH THE CENTIMAL COMPOSITION USING NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

ABSTRACT: The physical classification is the operation carried out to evaluate the physical quality of corn grains for commercialization, however, due to the subjectivity of the evaluated defects, more objective technologies and evaluation methods are needed, which can help in the process of characterizing corn quality of corn. The objective of this study was to correlate the physical defects classified in a corn grain sample with the physical-chemical quality using near infrared spectroscopy technology as a complementary method to conventional classification. For this, the classification of grains 100g of each defect of hard and soft corn was classified, in terms of broken, moldy, immature, germinated, chalky, fermented, rotten and burned grains, in comparison with normal grains. The samples were submitted to centesimal composition analysis (moisture, starch, protein, lipids, fibers and ash) using NIR-near infrared spectroscopy. The results obtained were evaluated with

means and multivariate tests. It is concluded that the evaluation method by near infrared spectroscopy was effective for evaluating the quality of grains, being an altar native to the conventional physical classification.

KEYWORDS: classification, Near Infrared Spectrophotometer, centesimal composition, maize.

INTRODUÇÃO: O milho (*Zea mays* L.) é um dos grãos mais cultivados no mundo devido ao seu alto potencial produtivo, composição química e valor nutricional que possibilita ser utilizado tanto no consumo humano e alimentação animal, como na produção de biocombustíveis. A qualidade dos grãos é um parâmetro importante para a comercialização e processamento, sendo tradicionalmente assegurada pela classificação física dos lotes (LUTZ & CORADI, 2023). Entretanto, os procedimentos tradicionais utilizados são relativamente demorados, dispendiosos, necessitando de mão-de-obra qualificada. Além disso, o padrão adotado de classificação física dos grãos pode gerar dúvidas, por ser um método subjetivo. Portanto, a aplicação de novos métodos para melhorar a assertividade da medição da qualidade dos grãos, aumentar a operacionalidade do processo e melhorar os fluxos dos lotes de grãos nas etapas de pré-processamento e armazenamento são requeridos dentro do sistema agroindustrial (MA et al., 2017). Desta forma, a espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) pode ser indicada como uma tecnologia mais confiável para controle da qualidade dos grãos. O NIR é uma técnica rápida, não destrutiva e com pouco preparo para analisar os compostos químicos e nutrientes em produtos agrícolas. Portanto, o estudo teve como objetivo avaliar o uso da espectroscopia de infravermelho próximo como método complementar a classificação de grãos, correlacionando os defeitos físicos com a composição físico-química dos grãos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS: Os defeitos nos grãos de milho duro e milho mole foram classificados conforme o regulamento técnico de classificação para definir o padrão oficial de classificação do milho, considerando seus requisitos de identidade e qualidade (BRASIL, 2011). A classificação foi realizada no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Agrícolas (LAPOS) da UFSM/CS. Obteve-se uma amostra de 100 g de cada defeito de grãos de milho duro e mole (quebrado, mofado, imaturo, germinado, gessado, fermentado, carunchado e ardido) e uma amostra de grãos normais. As amostras de grãos inteiros e com defeitos foram moídas em moinho com rotor de facas usando uma peneira de 20 – 30 “Mesh” e analisados com o auxílio de um espectrofotômetro de infravermelho próximo – NIR (Metrohm, espectrômetro DS2500, Herisau, Suíça). Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente com auxílio do programa SISVAR versão 5.8 e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (FERREIRA, 2011), e por análise multivariada de componentes principais e correlação de Pearson no software Rbio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nos resultados obtidos não houve diferença estatística para as diferentes composições físico-químicas dos defeitos do milho classificado (Tabela 1). Para o milho duro, o menor teor de água foi encontrado em grãos gessados (11,74%). Enquanto no milho mole, o menor valor foi encontrado nos grãos germinados (11,25%). Os grãos ardidos do milho duro tiveram alteração nos percentuais de amido (57,39%). Já nos grãos mofados e carunchados os resultados de teores de amido foram semelhantes. Para as proteínas, tanto no milho mole quanto no duro, houve redução nos teores proteicos nos grãos germinados. Os teores de lipídios foram menores nos grãos germinados. Foram encontrados menores percentuais de fibras para o milho mole e duro nos grãos sem defeitos (2,11 e 2,13

%, respectivamente). Além disso, foi observado, que os grãos de milho duro quebrados apresentaram percentuais menores de cinzas (2,06%), diferindo do milho mole (2,55%).

TABELA 1. Composição físico-química dos defeitos encontrados em grãos de milho duro e milho mole

Defeito	Código		Umidade (%)		Amido (%)		Proteína (%)		Lipídeos (%)		Fibras (%)		Cinzas (%)	
	MD	MM	Milho duro	Milho mole	Milho duro	Milho mole	Milho duro	Milho mole	Milho duro	Milho mole	Milho duro	Milho mole	Milho duro	Milho mole
Germinado	M5	M10	11,73aB	11,25aA	58,83cdA	58,48bcA	8,01aB	7,60aA	1,06aB	0,71aA	2,52bA	2,54Ba	2,20cA	2,21cA
Gessado	M3	M18	11,74aA	11,89bA	58,15bcA	59,41dB	8,78bcB	8,36bA	1,82bA	2,25bcB	2,67cB	2,49bA	2,20cB	1,99bA
Mofado	M2	M17	12,41bB	11,63bA	57,54abB	56,88aA	8,93bcdA	9,12deA	2,31dA	2,37cA	2,95eA	3,13fB	2,78eA	2,93fB
Fermentado	M6	M11	12,57bcA	12,86cdeB	58,67dA	58,86bcdA	9,11cdeB	8,88cdA	1,99cA	2,17bB	2,87dA	2,86dA	2,37dA	2,40dA
Imaturo	M8	M16	12,70cdA	12,98deB	60,38eB	58,36bA	8,62abA	8,77cA	2,36dA	2,31bcA	2,53bA	2,91deB	1,92bA	2,25cB
Carunchado	M9	M13	12,90deB	12,72cdA	58,67cdB	56,89aA	9,51fA	9,98fB	2,82eB	2,54dA	2,55bA	2,96eB	1,94bA	2,21cB
Ardido	M4	M12	12,91deB	12,74cdeA	57,39aA	59,18cdB	9,13deA	9,28eA	2,04cA	2,23bcB	3,27fB	2,70cA	2,74eB	2,53eA
Sadio	M1	M15	12,92deA	13,00eA	62,28gB	61,31eA	9,44efB	9,23eA	2,98fA	3,19eB	2,11aA	2,13aA	1,72aA	1,79aB
Quebrado	M7	M14	13,06eB	12,62cA	61,36fB	59,36dA	9,62fB	8,79cdA	3,19gB	2,58dA	2,06aA	2,55bB	1,72aA	1,93bB

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey pela probabilidade de erro de 0,05. Milho Duro (MD); Milho Mole (MM).

O mesmo comportamento ocorreu para os percentuais de cinzas, com (1,72 e 1,79%, respectivamente) para o duro e para o mole, em grãos sadios. Os grãos quebrados de milho duro também tenderam a menores teores de cinzas. Na análise de agrupamento (Figura 1), a soma das PCA correspondeu a 88% da variação total, acima do indicado de 70% por Lutz & Coradi (2023). Os grãos quebrados, carunchados, imaturos e normais do milho duro se assemelharam aos grãos quebrados e normais do milho mole, quanto à composição centesimal. Já os grãos carunchados, mofados, ardidos, imaturos e fermentado do milho mole apresentam comportamento similar aos grãos ardidos, mofados e fermentados do milho duro, evidenciando um grupo com baixa qualidade nutricional. Por fim, os grãos gessados e germinados do milho duro e do milho mole se assemelharam entre si.

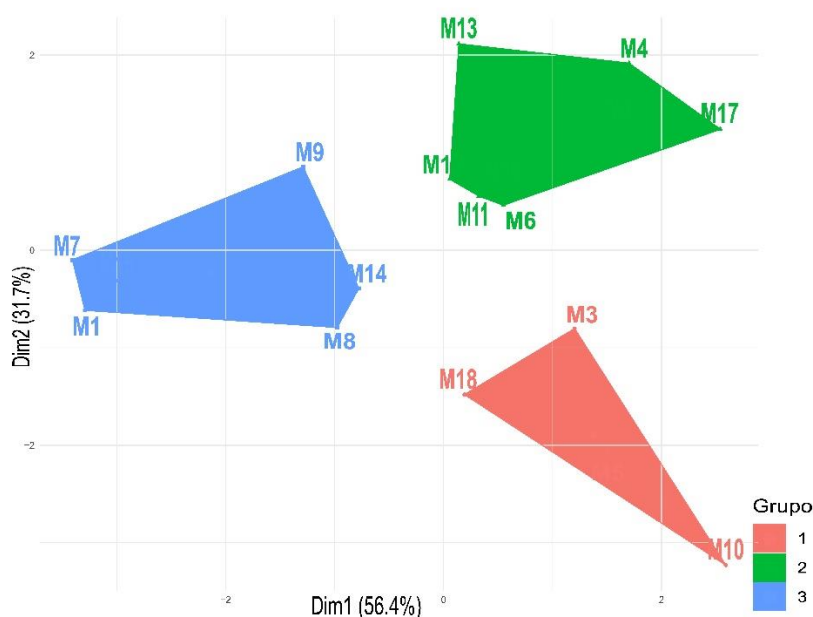


FIGURA 1. Agrupamento dos defeitos de grãos de milho e a interação com a composição físico-química.

Para o milho duro, a rede de correlação de Pearson indicou que a umidade (UMI) teve correlação forte entre teores de proteínas (PRO) e lipídios (LIP), e mesmo que fraca, ainda influenciou nos teores de amido (AMI). Observou-se que os teores de PRO e LIP se

correlacionaram forte e positivamente. Os teores de fibras (FIB) e cinzas (CIN) se correlacionam forte e positivamente, porém negativamente e forte com os teores de amido (AMI). Quanto menores os teores de amido, menores foram as proporções de cinzas e fibras nos grãos de milho duro (Figura 2A).

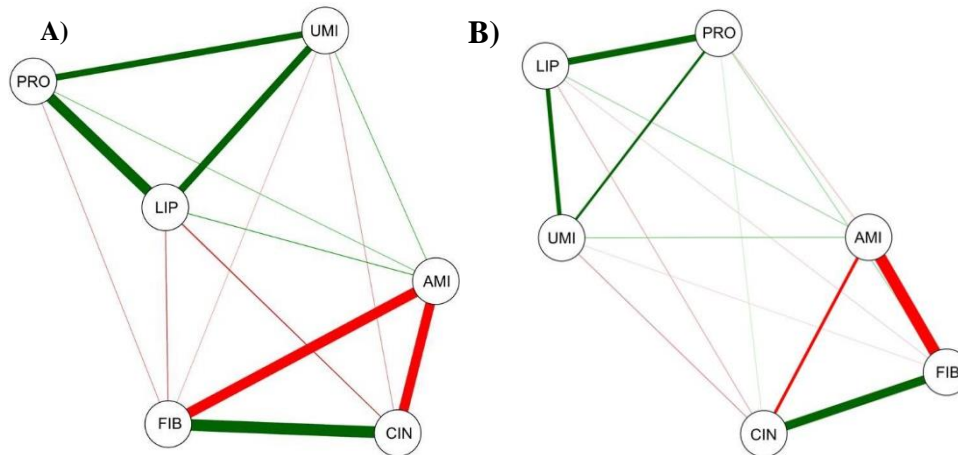


FIGURA 2. Rede de correlação de Pearson entre as variáveis Umidade (UMI), Amido (AMI), Proteína (PRO), Lipídeos (LIP), Fibras (FIB) e Cinzas (CIN). A) Milho duro e B) Milho mole.

Para o milho mole, existe uma correlação medianamente forte entre UMI sobre PRO x LIP e fracamente positiva sobre os teores de amido (AMI). Os teores de (CIN) e (FIB) se correlacionam forte e positivamente entre si, porém interferem nos percentuais de (AMI), uma vez que se correlacionam negativamente e forte (Figura 2B).

CONCLUSÕES: Os defeitos físicos dos grãos de milho tiveram correlação com a qualidade físico-química. Conclui-se que o método de avaliação por espectroscopia no infravermelho próximo foi eficaz para avaliação da qualidade de grãos sendo uma alternativa a classificação física convencional.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, ao Research Group at Postharvest Innovation: Technology, Quality & Sustainability (UFSM), Laboratório de Pós-Colheita (LAPOS-UFSM), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão de bolsas de estudos, recursos financeiros e espaços físicos para desenvolvimento dos experimentos.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011). **Mapa. Instrução Normativa Mapa nº 60, de 28 de março de 2011.** Estabelece o regulamento técnico do Milho, definido o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade intrínseca e extrínseca, a amostragem e a marcação ou rotulagem.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dez. 2011.
- MA, H. L. et al. Rapid authentication of starch adulterations in ultrafine granular powder of Shanyao by near-infrared spectroscopy coupled with chemometric methods. *Food Chemistry*, v. 215, p. 108– 115, 2017.
- LUTZ, É. & CORADI, P. C. Equilibrium Moisture Content and Dioxide Carbon Monitoring in Real- Time to Predict the Quality of Corn Grain Stored in Silo Bags using Artificial Neural Networks. *Food Analytical Methods*, p. 1-20, 2023.