

# Caracterização nutricional, física e sensorial de farinhas de milho produzidas sob adubação com diferentes fertilizantes nitrogenados a base de ureia





**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agrobiologia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

## **DOCUMENTOS 312**

# Caracterização nutricional, física e sensorial de farinhas de milho produzidas sob adubação com diferentes fertilizantes nitrogenados a base de ureia

*Claudia Pozzi Jantalia  
Talita de Santana Matos  
Josimar Nogueira Batista  
Maria Elisabeth Silveira Barros  
Paulo César Teixeira  
Daniela De Grandi Castro Freitas  
Cristina Yoshie Takeiti  
Carlos W. Piler de Carvalho  
Sidineia Cordeiro de Freitas  
Luzimar da Silva de M. do Nascimento  
Epaminondas Silva Simas*

**Embrapa Agrobiologia**  
Rio de Janeiro, RJ  
2019

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agrobiologia**  
Rodovia BR 465, km 7  
CEP 23891-000, Seropédica, RJ  
Caixa Postal 74.505  
Fone: (21) 3441-1500  
Fax: (21) 2682-1230  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Agrobiologia

Presidente  
*Bruno José Rodrigues Alves*

Secretária-Executiva  
*Carmelita do Espírito Santo*

Membros  
*Ednaldo Silva de Araújo, Janaina Ribeiro Costa  
Rouws, Luc Felicianus Marie Rouws, Luis  
Cláudio Marques de Oliveira, Luiz Fernando  
Duarte de Moraes, Marcia Reed Rodrigues  
Coelho, Maria Elizabeth Fernandes Correia,  
Nátia Élen Auras*

Supervisão editorial  
*Maria Elizabeth Fernandes Correia*

Normalização bibliográfica  
*Carmelita do Espírito Santo*

Tratamento das ilustrações  
*Maria Christine Saraiva Barbosa*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Maria Christine Saraiva Barbosa*

Foto da capa  
*Talita de Santana Matos*

**1ª edição:** 2019  
1ª impressão (2019): 50 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Agrobiologia

---

2257 CARACTERIZAÇÃO nutricional, física e sensorial de farinhas de milho produzidas sob adubação com diferentes fertilizantes nitrogenados a base de ureia / Cláudia Pozzi Jantália et. al. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2019.

27 p.: (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 312). ISSN: 1676-6709.

1. Milho. 2. Adubação nitrogenada. 3. Avaliação sensorial. 4. Propriedade físico-química. I. Jantalia, Claudia Pozzi. II. Matos, Talita dos Santos. III. Batista, Josimar Nogueira. IV. Barros, Maria Elizabeth Silveira. V. Teixeira, Paulo Cesar. VI. Freitas, Daniela de Grandi Castro. VII. Takeiti, Cristina Yoshie. VIII. Carvalho, Carlos W. Piler de. IX. Freitas, Sidineia Cordeiro de. X. Nascimento, Luzimar da Silva de M. do. XI. Simas, Epaminondas Silva. XII. Embrapa Agrobiologia. XIII. Série.

633.15- CDD 23. ed.

CGPE: 15596

Carmelita do Espírito Santo CRB7/5043

© Embrapa, 2019

## Autores

### **Claudia Pozzi Jantalia**

Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia. BR 465 – km 07 – CEP: 23.890-000 – Seropédica/RJ. E-mail: claudia.jantalia@embrapa.br

### **Talita de Santana Matos**

Pós-doutoranda da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. BR 465 – km 07 – CEP: 23.890-000 – Seropédica/RJ. E-mail: talitasmatos@gmail.com.

### **Josimar Nogueira Batista**

Pesquisador da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. BR 465 – km 07 – CEP: 23.890-000 – Seropédica/RJ. E-mail: josimarbatista@yahoo.com.br.

### **Maria Elisabeth Silveira Barros**

Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical. Rua Doutora Sara Mesquita 2270 Pici - 60511-110 Fortaleza, Ceará. E-mail: elisabeth.barros@embrapa.br

### **Paulo César Teixeira**

Pesquisador da Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico 1024, Rio de Janeiro - RJ. E-mail: paulo.c.teixeira@embrapa.br.

### **Daniela De Grandi Castro Freitas**

Pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Avenida das Américas, n: 29501. Guaratiba - 23020-470 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: daniela.freitas@embrapa.br.

### **Cristina Yoshie Takeiti**

Engenheira de Alimentos, Pesquisadora, Embrapa Agroindústria de Alimentos. Avenida das Américas, n: 29501. Guaratiba - 23020-470 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: cristina.takeiti@embrapa.br.

### **Carlos W. Piler de Carvalho**

Pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Avenida das Américas, n: 29501. Guaratiba - 23020-470 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: carlos.piler@embrapa.br.

### **Sidineia Cordeiro de Freitas**

Pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Avenida das Américas, n: 29501. Guaratiba - 23020-470 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: sidinea.freitas@embrapa.br.

### **Luzimar da Silva de M do Nascimento**

Assistente da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Avenida das Américas, n: 29501. Guaratiba - 23020-470 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: luzimar.mattos@embrapa.br.

### **Epaminondas Silva Simas**

Técnico da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Avenida das Américas, n: 29501. Guaratiba - 23020-470 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: epaminondas.simas@embrapa.br.

## Apresentação

De acordo com estimativas das Nações Unidas, a população global deve crescer em 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, o que trará um grande desafio em relação à produção de alimentos. O desenvolvimento de tecnologias agrícolas de baixo impacto ambiental é a estratégia mais assertiva para garantir segurança alimentar à população mundial sem depauperar ainda mais os recursos naturais.

O desenvolvimento de novos fertilizantes que promovam uma maior eficiência da absorção de nutrientes pelas plantas e que ao mesmo tempo conjuguem outras características favoráveis, tais como: redução da contaminação ambiental, viabilidade econômica e que não apresentem riscos ao consumidor é, sem dúvida, uma das plataformas de pesquisa mais importantes nessa busca pela segurança alimentar no futuro próximo.

Pesquisas que busquem esclarecer a influência dos novos produtos fertilizantes no valor nutricional, nas características reológicas e no sabor dos alimentos são necessariamente parte do desenvolvimento dessas novas tecnologias.

De modo a suprir uma lacuna no conhecimento, a publicação “Caracterização nutricional, física e sensorial de farinhas de milho produzidas sob adubação com diferentes fertilizantes nitrogenados a base de ureia”, resultado da pesquisa da Rede FertBrasil com participação das equipes da Embrapa Agrobiologia, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Embrapa Agroindústria Tropical, Embrapa Solos e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, representa um documento com abordagem inédita no contexto dos novos produtos fertilizantes. Boa leitura!

*Gustavo Xavier*

Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia



## Sumário

Introdução .....	11
Materiais e métodos .....	12
Resultados .....	16
Composição centesimal dos grãos de milho produzidos com o uso de novos fertilizantes nitrogenados.....	16
Composição de macrominerais, microminerais e metais pesados em farinha de milho produzida a partir do uso de novos fertilizantes nitrogenados.....	18
Análise sensorial .....	21
Análise de cor.....	21
Avaliação consolidada dos resultados .....	24
Conclusões .....	25
Referências bibliográficas .....	26



## Introdução

As pesquisas mais recentes para a produção de novos insumos voltados para a correção de solo e adubação têm como objetivo o aproveitamento de resíduos das indústrias de mineração, bem como os resíduos da produção animal (suínos e aves), de zeólitas e tecnologias para melhorar a utilização de rochas encontradas em diferentes regiões brasileiras.

Na aplicação destes novos insumos existe uma preocupação com o uso adequado de nutrientes, reduzindo perdas e melhorando o aproveitamento pela planta, o que pode trazer benefícios para o alimento produzido.

Embora o tema adubação e nutrição de plantas e saúde humana pertençam a áreas de pesquisa distintas, no ponto básico de que todos os seres vivos em seu crescimento dependem da correta assimilação dos nutrientes que ingerem, os dois temas se interligam (GRUSAK & DELLAPENNA, 1999; GRAHAM & WELCH, 2000). A grande maioria dos nutrientes comprovadamente essenciais ao homem e aos animais também desempenha funções importantes no desenvolvimento vegetal e, em muitos casos, seus mecanismos de ação são similares (GRAHAM & WELCH, 2000). Na nutrição de plantas sabe-se que plantas que recebem quantidades adequadas de nutrientes crescem mais saudáveis e produzem alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade (MORAES, 2008) e que, quando a absorção de algum nutriente não é adequada, além de reduzir a produção, perde-se em qualidade nutricional no alimento. Assim, a disponibilidade ou não de nutrientes influenciará também na nutrição e, conseqüentemente, na saúde de quem os consumir (GRUSAK & DELLAPENNA, 1999).

Deste modo, é importante avaliar os efeitos dos fertilizantes conjuntamente na produtividade das culturas e na qualidade do alimento produzido, buscando determinar se os materiais adicionados podem provocar efeitos indesejados, como teores elevados de metais pesados e a queda no conteúdo de vitaminas e proteínas ou mesmo se acarretam a piora de parâmetros importantes para a indústria alimentar, ou seja, deve-se considerar os aspectos de composição nutricional, características reológicas e de caracterização sensorial, de acordo com a cultura e o tipo de fertilizante. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi realizar uma avaliação comparativa de diferentes aspectos

nutricionais em farinhas de milho produzidas com os novos fertilizantes nitrogenados e com fertilizantes convencionais.

## Materiais e métodos

O experimento para a produção de grãos de milho com diferentes fontes de N foi conduzido no Município de Seropédica-RJ, na área experimental da Embrapa Agrobiologia com coordenadas 22°46' latitude Sul e 43°41' longitude Oeste e altitude de 33m. O solo foi classificado como Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2013). O clima da região é Aw segundo a classificação de Köpen onde prevalecem verões úmidos e invernos secos com temperatura média anual de 24°C e precipitação média de 1500 mm, sendo os meses de julho e agosto os mais secos. As temperaturas mais altas são registradas nos meses de janeiro e fevereiro e as mais baixas no mês de julho. Os atributos químicos do solo foram: 0,6 cmolc.dm<sup>-3</sup> de Al, 3,5 cmolc.dm<sup>-3</sup> de Ca; 1,4 cmolc.dm<sup>-3</sup> de Mg; 3,2 mg.dm<sup>-3</sup> de P e 32 mg.dm<sup>-3</sup> de K e 1,1 g.kg<sup>-1</sup> de N. O valor de pH em H<sub>2</sub>O foi 5,5.

Foi realizada a aração e gradagem antes da implantação do experimento e o desenvolvimento da cultura ocorreu durante a safra de verão, com aplicação de irrigação na ocorrência de períodos acima de 5 dias de estiagem. O milho foi cultivado com densidade de plantio de 55 mil plantas.ha<sup>-1</sup> Cada parcela possuía 3,0 m de comprimento e 7 m de largura, considerando 1,0 m das extremidades como bordas e 0,9 m de espaçamento entre linhas.

Utilizou-se o cultivar de milho híbrido duplo BR-206 da empresa Riber. Este cultivar de milho é destinado tanto para ração como também para fabricação de farinha. Os tratamentos consistiram em fertilizantes nitrogenados a base de ureia, misturada com aditivos para redução de perdas de N. Estes aditivos na ureia são resultados de trabalhos que foram desenvolvidos na Embrapa Solos (Rio de Janeiro-RJ), no Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes. Neste experimento foi inserido um tratamento que foi denominado de controle por utilizar o adubo tradicionalmente utilizado nas lavouras de milho (ureia comercial). Assim, o experimento foi composto por 5 tratamentos com diferentes fertilizantes nitrogenados. Por esta razão a descrição será genérica quanto a forma de obtenção destas misturas.

Os materiais aditivos utilizados neste estudo foram zeolita, gesso agrícola, cloreto de potássio e ácido húmico, ainda em caráter experimental, com pedido de patente em andamento em alguns destes produtos. O recobrimento da ureia com os aditivos foi realizado pelo processo de granulação em disco peletizador. Foram realizados os seguintes procedimentos para a obtenção de todos os tratamentos: a ureia comercial foi moída em moinho especial, evitando o aquecimento excessivo durante o processo de moagem, pois em altas temperaturas ocorre a formação de biureto ( $C_2H_5N_3O_2$ ), que é tóxico às plantas. Após a moagem o material foi passado em peneira de 1,0 mm para padronização. A ureia utilizada em todos os tratamentos apresentava uma concentração de 41% de nitrogênio. As outras matérias-primas também foram peneiradas e pesadas. A descrição resumida dos tratamentos é a seguinte: 1) ureia + ácido húmico (UH): mistura de ureia com 5% de ácido húmico (p/p); 2) ureia + zeolita (UZ): mistura de ureia com 20% de arenito zeolítico (p/p); 3) ureia + gesso agrícola (UG): mistura de ureia com 50% de gesso agrícola oriundo da extração de fosfato (p/p). 4) ureia + KCl (UK): mistura de ureia com 50% de cloreto de potássio de pureza analítica (p/p); 5) Ureia Comercial (UC): a ureia comercial que foi inicialmente moída, foi regranulada pelo mesmo processo que as demais formulações passaram.

A homogeneização da mistura de ureia com cada aditivo foi realizada em um misturador tipo "V", para obtenção das formulações descritas acima, que em seguida foram levadas ao disco peletizador para a formação dos grânulos. A granulometria obtida neste processo ficou entre 1,0 a 4,0 mm. Os grânulos obtidos foram espalhados em bandejas de papel e levados a estufa com ventilação forçada e temperatura constante de 70°C para secagem completa. Depois os grânulos foram passados em peneiras de 4,0; 2,0 e 1,0 mm para separação por granulometria e embalados em sacos plásticos.

A produção dos grãos de milho no campo aconteceu entre 15 de novembro de 2010 a 4 de abril de 2011. O delineamento do experimento de campo foi o de blocos casualizados, com 3 repetições. A dose de nitrogênio total fornecida para a cultura do milho foi de 170 kg de N por hectare, sendo 20 kg de N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia comercial na adubação de semeadura e 150 kg N ha<sup>-1</sup> em cobertura, utilizando os tratamentos descritos acima. Trinta dias antes da semeadura, realizou-se a calagem aplicando 5 Mg ha<sup>-1</sup> de Minercal, com 100% de PRNT. O milho foi semeado manualmente. A adubação de plantio

consistiu em 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato triplo, 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de KCl. Para corrigir as doses de KCl e de gesso que foram adicionadas nos tratamentos UK e UG respectivamente, foram aplicadas em cobertura, na linha fora do contato com o adubo nitrogenado, uma dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de KCl nos tratamentos que não receberam a UK, e 180 kg de gesso ha<sup>-1</sup> nos tratamentos que não receberam UG. As espigas de milho foram então colhidas e debulhadas manualmente.

As amostras de grãos foram divididas, sendo uma parte enviada para Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza-CE) para análise de composição centesimal e carotenoides totais. Os carotenoides totais foram determinados por espectrofotometria e o perfil de carotenoides foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência, após extração segundo Rodriguez-Amaya (1999) e quantificação de acordo com o método descrito por Pacheco (2009). Os teores foram calculados em matéria seca (base seca). A outra parte dos grãos foi enviada para Embrapa Agroindústria de Alimentos, localizada no Rio de Janeiro-RJ. Os grãos de milho secos foram limpos e moídos em moinho de martelo, no Laboratório de Reologia de Cereais, para transformação em farinha. As características determinadas foram umidade, proteínas, extrato etéreo e cinzas, atividade de água, pH e acidez das amostras, segundo a metodologia descrita pela Associação de Químicos Agrícolas Oficiais (AOAC, 2010). As análises de minerais foram realizadas no Laboratório de Minerais da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Os elementos foram determinados por mineralização via úmida em bloco digestor segundo AOAC e a quantificação através de instrumento com uma fonte de íons por plasma indutivamente (ICP) com gerador de Hidretos acoplado.

Os dados de composição centesimal e minerais foram avaliados através da análise de variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey no nível de 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

A avaliação sensorial das farinhas de milho foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial, através do teste de Comparação Múltipla, que investigou a existência ou não de diferença global nas características sensoriais de polenta obtida do cozimento das farinhas com água e sal. O preparo da polenta seguiu as seguintes etapas:

- a) Pesagem dos ingredientes: 1 parte de farinha, 10 partes de água (volume inicial: 390 mL; volume final: 780 mL) e sal em dose equivalente a 10% do peso da parte de farinha;
- b) Adição da farinha em parte da água;
- c) Tempo de hidratação (20 minutos);
- d) Adição do sal ao restante da água e aquecimento em fogão;
- e) Adição da mistura de farinha hidratada após início de fervura da água + sal;
- f) Cozimento por 2 minutos.

Porções de aproximadamente 20g foram servidas a temperatura de  $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$  em pires de louça brancos, codificados com números de três dígitos, nas cabines individuais sob iluminação branca.

Provadores não treinados, em número de 70, habituados a consumir polenta, receberam as amostras modicamente, acompanhadas por uma referência (R), que foi o tratamento controle (farinha do milho adubado com ureia comercial). Aos provadores solicitou-se que assinalassem, para cada amostra, se esta era igual ou diferente da referência e o grau da diferença de acordo com uma escala de categorias que variou de 1-nenhuma diferença a 9-extremamente diferente, após a avaliação global das polentas, considerando aparência, consistência e sabor. Para a coleta e tratamento estatístico dos dados foi utilizado o software FIZZ (Dijon, Versão 2,10) que avaliou as diferenças ao nível de 5% pelo teste de Dunnett.

Os participantes foram mulheres (40) e homens (30) caracterizados como jovens de 18 a 35 anos e renda familiar variando de 1 a 10 salários mínimos em sua maioria.

Foi realizada também a análise instrumental de cor das farinhas de milho. Os parâmetros de cor foram medidos por reflectância no aparelho ColorQuest XE, através das escalas CIELAB e CIELCh, com abertura de 25mm de diâmetro e iluminante D65/10. As amostras foram dispostas em cubeta de quartzo de 10mm para a realização do teste. Foram realizadas 4 repetições para cada amostra.

Os parâmetros de cor medidos foram:

- $L^*$  = luminosidade (0 = preto e 100 = branco);
- $a^*$  (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho);
- $b^*$  (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo);
- $C^*$  chroma =  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  em um sistema de coordenadas polares;
- $h^\circ$  ângulo hue =  $\arctan(b^*/a^*)$  em um sistema de coordenadas polares.

No laboratório da Embrapa Agroindústria de Alimentos foram avaliados os parâmetros relacionados ao comportamento da viscosidade das amostras, através da análise da taxa de cisalhamento constante ( $100 \text{ s}^{-1}$ ) por 15 minutos, em reômetro rotacional. Os dados obtidos foram ajustados pelo modelo de Weltman. O efeito da temperatura (50 a  $100^\circ\text{C}$ ) foi avaliado pela determinação da viscosidade no mesmo valor de taxa de cisalhamento durante 15 minutos, gerando dados referentes à gelatinização e retrogradação, faixa da temperatura de gelatinização e *set back*.

## Resultados

### Composição centesimal dos grãos de milho produzidos com o uso de novos fertilizantes nitrogenados

Os resultados da composição centesimal das características nutricionais encontram-se descritos na Tabela 1. Os tratamentos UH e UK apresentaram ligeiro aumento; porém, não significativo ( $p > 0,05$ ), nos valores de acidez (0,41%), quando comparados aos demais tratamentos e ureia comercial, com concentração de 0,37%. O tratamento UK resultou em um milho com teor proteico de 6,6%, semelhante estatisticamente ao tratamento controle (ureia comercial). Os demais tratamentos apresentaram teor de proteínas superior ao encontrado no milho produzido com ureia comercial, variando de 7,8 a 8,5%, não podendo-se diferenciar pelo teste de Tukey, UZ de UG e UH e nem de UC e UK. Este aumento pode ser atribuído a melhor utilização do N aplicado via adubação pela planta, o que foi verificado por Matos (2011), que observou maiores teores de N nos grãos de milho submetido a estes mesmos trata-

mentos. O aumento do teor de proteína está relacionado à forma de produção e ao potencial genético da planta. Guimarães & Pacheco (1998) avaliando diferentes cultivares de milho comum e variedades indicadas para obtenção de teores de proteínas mais elevados encontraram valores médios de 7,6% nas variedades comuns e de 10% nas variedades com potencial de aumento do valor proteico. De acordo com a Tabela de Composição de Alimentos, que tem como objetivo gerar dados sobre a composição dos principais alimentos consumidos no Brasil (TACO, 2011), o valor médio de proteína na farinha de milho em alimentos no Brasil é de 7,2%, indicando que os valores observados neste estudo estão dentro do esperado. O teor de lipídios foi semelhante e não significativo dentre os tratamentos, variando de 4,5 a 5,2%. O conteúdo de cinzas variou de 1,4 a 1,6%; porém, com UK apresentando significativamente menor valor médio, igualando-se pelo teste estatístico somente à UZ. Os valores observados de lipídeos e cinzas, neste estudo ficaram acima daqueles observados na tabela TACO (2011) que são em média de 1,5% e 0,5%, respectivamente, sendo uma característica do cultivar utilizado.

O tratamento UZ resultou em maior concentração de carotenoides totais (14,9  $\mu\text{g/g}$ ) no grão de milho quando comparados ao tratamento com ureia comercial (10,6  $\mu\text{g/g}$ ); De acordo com Rodriguez-Amaya et al. (2008), os carotenoides estão entre os compostos pigmentares mais importantes na alimentação, devido aos seus efeitos benéficos à saúde. Precursores de vitaminas A ou não, os carotenoides também atuam no fortalecimento do sistema imunológico e mesmo na diminuição do risco de doenças degenerativas (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008). Embora seja sabido que o milho não é um dos alimentos mais ricos em carotenoides, que são aqueles que apresentam 20  $\mu\text{g/g}$ , este aumento nos tratamentos com o fertilizante a base de ureia com zeólita foi positivo para a qualidade do alimento. Levando-se em consideração o valor médio de 2,3  $\mu\text{g/g}$  de carotenoide total encontrado para farinhas de milho comerciais na tabela brasileira de composição de alimentos (TACO, 2011), os valores encontrados neste estudo estão cerca de 5 vezes acima desta referência. Em relação à ureia comercial, o pH dos tratamentos UH e UK foram significativamente menores, enquanto a atividade de água não apresentou diferença.

## **Composição de macrominerais, microminerais e metais pesados em farinha de milho produzida a partir do uso de novos fertilizantes nitrogenados**

Os resultados da determinação do perfil de teores de minerais das farinhas de milho estão apresentados na Tabela 2. Foram verificadas diferenças significativas nos teores de minerais nas farinhas. No tratamento com ureia comercial (UC) foram encontrados os maiores teores de cálcio e ferro entre as farinhas avaliadas. No tratamento UZ observou-se o maior teor de potássio que todos os demais tratamentos (que não diferiram significativamente entre si). No tratamento UG observou-se a maior concentração de manganês entre as farinhas analisadas. Os maiores teores de zinco acima da ureia comercial foram observados apenas nos tratamentos UZ e UK. O tratamento UH foi aquele que apresentou menores teores em 5 elementos (fósforo, magnésio, manganês; ferro e bário) em relação aos demais

Tendo-se como referência a Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2011), observa-se que a concentração de ferro encontrada neste estudo (18,8 a 23,9 mg/kg), ficou próximo ao teor médio de ferro encontrado em farinhas de milho, que é de 23 mg/kg. Chama a atenção os valores na concentração de zinco observados neste estudo (21,7 a 24,5 mg/kg), que são bem acima dos valores médios da tabela TACO de 6 mg/kg. O zinco é um micro mineral que a população brasileira tem um consumo médio abaixo do ideal, de acordo com a OMS, ficando abaixo de países como Uruguai, Chile e Venezuela (MAFRA e COZZOLINO, 2004).

Quanto à presença de elementos traço e metais pesados não foram detectados cromo, cobalto, molibdênio, chumbo e estrôncio em nenhuma das farinhas analisadas. O elemento selênio foi detectado apenas na farinha obtida do tratamento UC. Os tratamentos ureia comercial (UC) e UG, foram os tratamentos que apresentaram o maior teor de bário que os demais. Assim, a adição dos materiais não resultou em contaminação de metais pesados no alimento final, mas afetou a absorção de selênio.

**Tabela 1.** Composição centesimal dos grãos de milho produzido com diferentes fontes de N.

	Atividade de água (Aw)	pH	Acidez (%)	Umidade (%)	Carotenoides totais (µg)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteína (%)
UC	0,28 a	6,6 a	0,37 a	6,7 b	10,6 b	1,6 a	4,9 a	6,7 b
UG	0,29 a	6,5 ab	0,37 a	6,8 ab	13,9 ab	1,6 a	4,5 a	8,3 a
UH	0,27 a	6,4 b	0,41 a	6,9 ab	13,8 ab	1,6 a	4,5 a	8,5 a
UZ	0,32 a	6,5 ab	0,37 a	7,0 ab	14,9 a	1,6 ab	4,8 a	7,8 ab
UK	0,33 a	6,4 b	0,41 a	7,1 a	13,3 ab	1,5 b	5,2 a	6,6 b
CV%	0,5	0,5	1,9	1,1	6,1	0,4	0,9	1,5

UC: Ureia Comercial; UG: Ureia + gesso agrícola; UH: Ureia + ac. Húmico; UZ: ureia + zeolita; UK: ureia + KC. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não indicam diferenças entre os tratamentos, à significância de 5% pelo teste Tukey. CV: coeficiente de variação.

**Tabela 2.** Teores de minerais e metais pesados (mg/kg) encontrados nas farinhas de milho produzidas com diferentes fertilizantes.

	Macrominerais			
	Cálcio	Fósforo	Magnésio	Sódio
UC	51,9 a	2701,5 a	1082,0 a	3808,5 b
UG	42,7d	2701,0 a	1056,0 a	3752,5 b
UH	49,7 b	2541,5 b	991,0 b	3718,5 b
UZ	48,9 b	2700,0 a	1060,5 a	3987,0 a
UK	46,5 c	2690,0 a	1063,5 a	3840,5 b
CV%	4,1	3,3	2,3	4,8

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Microminerais						
	Manganês	Ferro	Cobre	Zinco	Alumínio	
UC	6,9 b	23,9 a	7,3 a	23,1 b	5,6 a	
UG	7,1 a	21,9 b	7,0 b	23,1 b	5,4 ab	
UH	6,0 d	18,8 d	7,0 b	22,7 b	4,9 b	
UZ	6,7 bc	21,1 c	7,3 a	24,2 a	5,4 ab	
UK	6,6 c	21,8 bc	7,0 b	24,5 a	5,8 a	
CV%	2,1	3,9	1,2	3,0	1,3	
Minerais traço e metais pesados						
	Bário	Cromo	Cobalto	Selênio	Chumbo	Molibdênio
UC	1,2 a	NQ	NQ	0,473	NQ	NQ
UG	1,2 a	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
UH	0,6 d	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
UZ	0,9 c	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
UK	1,1 b	NQ	NQ	NQ	NQ	NQ
CV%	1,5	-	-	-	-	-

UC: Ureia Comercial; UG: Ureia + gesso agrícola; UH: Ureia + ac. Húmico; UZ: ureia + zeolita; UK: ureia + KCl. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, não indicam diferenças entre os tratamentos para a mesma condição, à significância de 5% pelo teste Tukey. NQ não quantificável, abaixo dos níveis de detecção.

## **Análise sensorial**

Os resultados da análise sensorial das polentas obtidas de diferentes farinhas, em comparação a farinha de milho controle (UC) estão apresentados na Tabela 3.

Os resultados revelaram que apenas o tratamento UH apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) com relação à ureia comercial nas características sensoriais de polentas preparadas com as farinhas de milho.

## **Análise de cor**

Os resultados obtidos na análise de cor da farinha produzida estão apresentados na Tabela 4.

A análise da cor é uma consideração importante quando se determina a preferência dos consumidores. Isso porque o consumidor pode ter ideias preconcebidas de como um determinado produto deve apresentar-se. Esta análise é complementar às avaliações sensoriais, indicando se a cor do produto influenciou na preferência do consumidor na hora de dar a nota.

A análise instrumental da cor permite também comparar os produtos, sendo que os valores representados pela tonalidade (h) e cromaticidade ( $C^*$ ) indicam a coloração dos mesmos. O ângulo hue (h) representa a tonalidade de cor: quanto maior o ângulo maior a tonalidade de amarelo. No eixo horizontal, positivo  $a^*$  indica uma tonalidade de vermelho-púrpura; negativo  $a^*$ , de verde azulado. No eixo vertical, positivo  $b^*$  indica amarelo e negativo  $b^*$  azul. Os valores de  $C^*$  (croma) estão relacionados com a saturação e intensidade da cor definida pelo hue, ou seja, quanto maior o croma, mais saturada e também intensa é a cor (McGUIRRE, 1992).

O tratamento UK conferiu maior tonalidade amarela ( $h=81,61$ ) à farinha de milho, porém, apenas o tratamento UG apresentou significativamente ( $p < 0,05$ ) menor tonalidade amarela que o milho produzido com ureia comercial. A intensidade da cor ( $C^*$ ) das farinhas de milho não diferiu estatisticamente do tratamento controle. Não houve diferença significativa entre a luminosidade ( $L^*$ ) das farinhas de todos os tratamentos. Com estes resultados da avaliação

**Tabela 3.** Valores médios das notas atribuídas pelos provadores na avaliação sensorial.

Farinha milho	Tratamento				
	UC	UH	UK	UZ	UG
	2,01	2,91	2,14	2,61	2,84
	Controle	*	NS	NS	NS

UC: Ureia Comercial; UG: Ureia + gesso agrícola; UH: Ureia + ac. Húmico; UZ: ureia + zeolita; UK: ureia + KCl. \* Significativo e NS não significativo em relação ao controle, ao nível de 5% pelo teste de Dunnett e Médias obtidas de escala de diferença variando de 1-nenhuma diferença a 9-extremamente diferente.

**Tabela 4.** Características de cor instrumental das farinhas de milho produzidas com diferentes fertilizantes.

Tratamento	Luminosidade (L*)	Eixo horizontal (a*)	Eixo vertical (b*)	Cromaticidade (C*)	Tonalidade (h)
UC	80,92a	3,87bc	24,99ab	25,33ab	80,67ab
UG	79,83a	5,14a	26,21a	26,71a	78,89c
UH	81,08a	3,87bc	24,95ab	25,25ab	81,18ab
UZ	79,30a	4,30b	24,97ab	25,34ab	80,22b
UK	80,58a	3,55c	24,02b	24,28b	81,61a
CV%	3,9	0,9	1,1	3,8	4,9

UC: Ureia Comercial; UG: Ureia + gesso agrícola; UH: Ureia + ac. Húmico; UZ: ureia + zeolita; UK: ureia + KCl. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, não indicam diferenças entre os tratamentos para a mesma condição, à significância de 5% pelo teste Tukey.

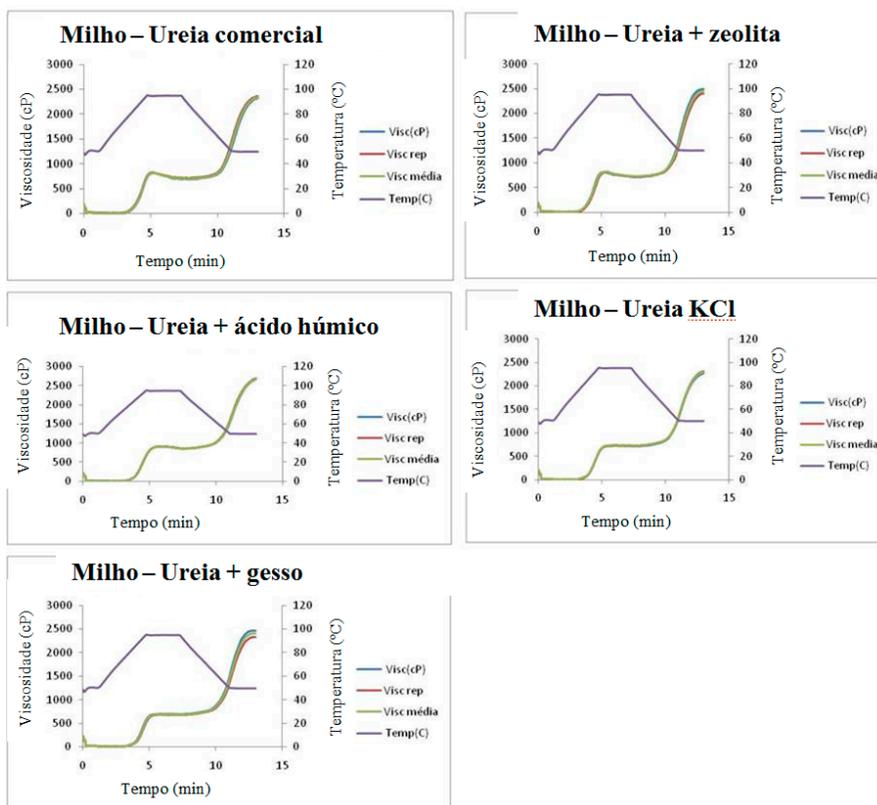
instrumental podemos inferir que a cor não interferiu na atribuição da nota diferenciada pelos consumidores para a farinha do tratamento UH, pois as características não diferiram do controle UC.

Assim, o sabor da polenta feita com a farinha produzida com fertilizante UH foi o fator determinante nesta diferença. A Tabela 5 apresenta os resultados da determinação de viscosidade de pasta das farinhas de milho. Estes dados podem ser visualizados também através da Figura 1.

O comportamento reológico durante a variação de temperatura de cada tratamento está apresentado na Figura 1.

**Tabela 5.** Leitura de viscosidade de pasta (cP) de farinhas de milho produzida com diferentes fertilizantes nitrogenados a base de ureia.

Tratamento	Visc. máxima 95°C	Visc. mínima	Breakdown	Setback	Visc. final
UC	823,5	698,5	125,0	1646,5	2345,0
UG	697,5	645,5	52,0	1756,0	2401,5
UH	911,5	817,0	94,5	1860,5	2677,5
UZ	817,5	718,0	99,5	1733,0	2451,0
UK	739,0	683,5	55,5	1609,5	2293,0



**Figura 1.** Comportamento reológico das farinhas de milho obtidas de grãos produzidos com diferentes fertilizantes nitrogenados a base de ureia.

Observando a Figura 1, as curvas de viscosidade revelaram ligeiras diferenças no comportamento de viscosidade de pasta dos amidos de milho. As amostras dos tratamentos UG e UZ apresentaram perfis semelhantes de amidos mais resistentes à quebra, uma vez que não se observa redução da viscosidade no platô da temperatura a 95°C (Figura 1). Já as demais amostras apresentaram ligeira queda de viscosidade nesta região.

Todas as amostras apresentaram altos valores de retrogradação observado pelo alto valor de viscosidade final, sendo o tratamento UH a amostra com maior valor (Tabela 5). A maior retrogradação do amido observada neste milho se caracteriza pela formação de um gel mais firme.

## **Avaliação consolidada dos resultados**

Os resultados encontrados nos tratamentos de ureia com materiais em relação à ureia comercial que se destacaram foram os teores de proteína e alteração de sabor detectada na análise sensorial em um dos tratamentos. A caracterização nutricional indicou haver um aumento do teor de proteína no milho com o uso de três dos quatro fertilizantes testados (UG, UH, UZ). Este resultado pode ser explicado pela influência que os materiais adicionados à ureia tiveram em reduzir a perda de N e melhorar a eficiência de uso do N, o que foi observado nos trabalhos de campo (MATOS, 2011). Aumentando a disponibilidade deste nutriente, a planta absorve mais pela demanda na fase de crescimento e síntese de proteína. Outro parâmetro nutricional observado no fertilizante UZ foi o maior teor de carotenoides totais, mas que não causou uma diferença na coloração. Em um estudo que avaliou a qualidade de tomate cereja cultivado com ureia e ureia com zeolita, o teor de carotenoide também foi significativamente maior com a adição de zeolita a ureia (UZ) (FREITAS et al, 2013). Estes dois estudos indicam que a presença da zeolita em conjunto com a ureia aplicada influencia na elevação dos teores de carotenoide em relação ao fertilizante tradicional, característica que pode ser avaliada em estudos futuros.

A diferenciação do gosto da farinha de milho produzido com UH na avaliação sensorial ocorreu por influência de mais de um parâmetro. As características que influenciaram no sabor desta farinha foram a mudança na sua retrogradação e viscosidade em relação às demais, produzindo uma polenta

mais consistente (Tabela 3), juntamente com o pH um pouco mais ácido (4,1) que este tratamento apresentou em relação à ureia. Não foram encontrados trabalhos com avaliações sensoriais em função do uso de fertilizantes nitrogenados em milho. Na tecnologia de alimentos esta avaliação é mais utilizada em mudanças de alimentos processados para verificar a aceitação do consumidor. A equipe envolvida no projeto considera que os resultados obtidos são inéditos e por esta razão sua divulgação pode contribuir para que oportunidades de estudos neste campo sejam realizadas.

## Conclusões

A caracterização nutricional indicou haver um aumento do valor proteico (exceto no tratamento UK) em relação à ureia comercial.

O conteúdo de carotenoides totais na farinha de milho produzida com ureia com zeólita foi maior do que aquele observado na farinha produzida com ureia comercial.

Não foram encontrados traços dos elementos cromo, cobalto, molibdênio, chumbo e estrôncio em nenhuma das farinhas de milho analisadas.

Foram verificadas diferenças significativas no perfil de minerais das farinhas, destacando-se que o elemento selênio estava presente apenas na farinha obtida do tratamento 'ureia comercial' (controle), cujos teores de cálcio e ferro foram encontrados em maior concentração em relação aos demais tratamentos.

Os menores teores de ferro, bário, manganês, fósforo e magnésio foram encontrados na farinha de milho produzido com ureia + ácido húmico (UH).

A avaliação sensorial revelou haver diferença significativa favorável ( $p < 0,05$ ) em relação ao tratamento controle (ureia comercial) nas características sensoriais da polenta preparada com a farinha de milho produzida com UH. Esta diferença pode ser atribuída à consistência da polenta, uma vez que a maior retrogradação do amido foi observada neste tratamento, o que caracteriza a formação de um gel mais firme.

## Referências bibliográficas

AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 18.ed. 3. rev. Rockville, USA, 2010.

FERREIRA, D F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, D. de G. C.; JANTALIA, C. P.; MATTOS, C. T. G. B.; FERREIRA, J. C. S.; FREITAS, S. C. de; NASCIMENTO, L. da S. de M. do; BORGUINI, R. G.; BATISTA, J. N. **Qualidade de tomate cereja cultivado com fertilizante nitrogenado de eficiência aumentada**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2013. 5 p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Comunicado técnico, 191).

GUIMARÃES, P. E. O.; PACHECO, C. A. P. **O milho com alto valor nutricional**. In: WORKSHOP SOBRE QUALIDADE DO MILHO, 1997, Dourados. Anais... Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 22-32. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 23).

GRAHAM, R D.; WELCH, R M Plant food micronutrient composition and human nutrition, **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 31, n.11-14, p. 1627-1640, 2000.

GRUSAK, M. A; DELLAPENNA, D. Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 50, p.133-161, 1999.

McGUIRRE R. G. Reporting of objective color measurements. **Hortscience**, v. 27, n.12, p. 1254-1255, 1992.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 1, p. 79-87, 2004.

MATOS, T. S. **Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes nitrogenados granulados de liberação lenta, baseados no uso da ureia**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2011.

MORAES, M. F. Relação entre nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana. **Informações agrônômicas**, v. 123, p. 21-23, 2008.

PACHECO, S. **Preparo de padrões analíticos, estudo de estabilidade e parâmetros de validação para ensaio de carotenóides por cromatografia líquida**. 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to carotenoids analysis in foods**. Washington, DC: ILSI Press, 64 p. 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B; KIMURA, M; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenóides: tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Conservação da Biodiversidade, 2008. 99 p. Organizado: por Lidio Coradin Vivian Beck Pombo

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de;  
LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B.  
de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa,  
2013. 353 p.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4. ed. rev. ampl. Campinas: NEPA/  
UNICAMP, 2011. p.161.





**Embrapa**

---

**Agrobiologia**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

CGPE 15596