



Universidade de Brasília  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária  
Curso de Agronomia

**ÍNDICE DE CAPACIDADE DE EXPANSÃO DE MILHO-PIPOCA  
COMERCIAIS**

Bruno Cesar Camargo dos Santos Silva

**Brasília, DF, Brasil**

**2022**



Universidade de Brasília  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária  
Curso de Agronomia

## **ÍNDICE DE CAPACIDADE DE EXPANSÃO DE MILHO-PIPOCA COMERCIAIS**

Bruno Cesar Camargo dos Santos Silva

Monografia de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da  
Universidade de Brasília como requerimento para a  
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.  
Orientador: Prof. Dr. Everaldo Anastácio Pereira.

**Brasília, DF, Brasil**

**2022**

## Ficha Catalográfica

SILVA, Bruno Cesar Camargo dos Santos.  
“ÍNDICE DE CAPACIDADE DE EXPANSÃO DE MILHO-PIPOCA COMERCIAIS”.  
Orientação: Prof. Dr. Everaldo Anastácio Pereira, Brasília 2022. 19 Páginas  
Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de  
Agronomia e Medicina Veterinária, 2022.

1. *Zea mays* L.    2. Qualidade    3. Classificação    4. Grãos

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS SILVA, Bruno Cesar Camargo dos. **Índice de capacidade de expansão de milho-pipoca comerciais**. 30f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2022.

## CESSÃO DE DIREITOS

**Nome do autor:** Bruno Cesar Camargo dos Santos Silva.

**Título da Monografia de Conclusão de Curso:** Índice de capacidade de expansão de milho-pipoca comerciais.

Grau: 3º    Ano: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Bruno Cesar Camargo dos Santos Silva  
Matrícula: 170068480  
e-mail: [brunocesar1998@gmail.com](mailto:brunocesar1998@gmail.com)

# ÍNDICE DE CAPACIDADE DE EXPANSÃO DE MILHO-PIPOCA COMERCIAIS

Bruno Cesar Camargo dos Santos Silva

Matrícula: 170068480

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília - UnB para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

APROVADO PELA BANCA COMISSÃO EXAMINADORA EM: 06/05/2022.

## BANCA EXAMINADORA

---

EVERALDO ANASTÁCIO PEREIRA, Dr. Universidade de Brasília – UnB  
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV  
(Orientador) [everaldo@unb.br](mailto:everaldo@unb.br)

---

FRANCISCO FAGGION, Dr. Universidade de Brasília – UnB  
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV  
(Examinador) [faggion@unb.br](mailto:faggion@unb.br)

---

GERVÁSIO FERNANDO ALVES RIOS, Dr. Universidade de Brasília – UnB  
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV  
(Examinador) [gervasiorios@unb.br](mailto:gervasiorios@unb.br)

*Que a tua vida não seja uma vida estéril.*

*- Sé útil. - Deixa rasto. - Ilumina com o  
resplendor da tua fé e do teu amor.*

*Apaga, com a tua vida de apóstolo, o  
rasto viscoso e sujo que deixaram os  
semeadores impuros do ódio. - E  
incendeia todos os caminhos da terra  
com o fogo de Cristo que levas no  
coração.*

*(São Josémaria Escrivá)*

## **Dedicatória**

*Dedico esse trabalho, primeiramente, à Deus!  
Que foi o principal responsável por toda essa jornada até aqui e à Santíssima  
Virgem Maria que cuidou para que tudo fosse  
providenciado da melhor forma possível.  
Dedico também, em especial, à minha família. Ao meu pai, que me criou, minha  
mãe, que me amou e a minha irmã, que me  
apoiou!  
Aos meus professores e mestres que me ensinaram e me guiaram até aqui.*

## **Agradecimentos**

A Deus-Pai, pela vida, e que tudo que eu faça seja feito o melhor possível para honrá-Lo.

Ao Professor Doutor Everaldo Anastácio Pereira, orientador deste trabalho, que me concedeu a oportunidade de fazê-lo, pelo apoio e pelos ensinamentos, minha gratidão.

Ao curso de graduação em Agronomia, a FAV e seus docentes, que tanto acrescentaram para esta formação.

E, especialmente, aos meus avaliadores, Professor Doutor Francisco Faggion e Professor Doutor Gervásio Fernando Alves Rios, que prontamente se disponibilizaram para participar da banca examinadora.

## RESUMO

O milho-pipoca é uma cultura que está em crescimento no país e, devido a pandemia da Covid-19, tornou-se ainda mais popular. Singular pela sua capacidade de expandir o endosperma, confere sabor e textura muito característicos e conhecidos do paladar do público em geral. Assim, aproveitando esse crescimento este trabalho teve como objetivo avaliar o Índice de Capacidade de Expansão de 6 diferentes marcas comerciais encontradas em mercados do Distrito Federal. Para tal, foram retiradas amostras de 30 mL de grãos e estouradas em pipoqueira de ar quente. Posteriormente, com a média dos volumes de pipoca estourada, foi realizado um teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que os tratamentos T1, T5 e T6 tiveram melhores ICEs, frente aos outros 3 tratamentos. Por fim, foi observado que 2 tratamentos apresentam excelentes ICEs, ou seja, acima de 26 mL/mL.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., Qualidade, Classificação, Grãos.

## Sumário

<b>RESUMO .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. O milho pipoca .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Classificação botânica, origem e estrutura do milho pipoca .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Capacidade de Expansão (CE) .....</b>	<b>11</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Local, data e hora .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Marcas utilizadas .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Equipamentos .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 Delineamento do experimento .....</b>	<b>14</b>
<b>3.5 Análise estatística .....</b>	<b>15</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>19</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>20</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*Zea mays* L., o milho, é uma das culturas comerciais mais importantes do mundo. Oriundo da América Central, a cultura tem importante valor comercial. Ela é destinada a importantes setores da economia, tanto para a alimentação quanto para a indústria de alta tecnologia (MORTELE, 2010). Do total produzido no mundo, aproximadamente 66% são utilizados na ração animal, 25% são utilizados na alimentação humana e processos industriais e os outros 9% são utilizados como sementes ou são perdidos (FORNASIERI FILHO, 2007).

Segundo o informativo publicado em abril de 2022, da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), que trata sobre a Safra Mundial do Milho 2021/22, o Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América e da China.

A principal diferença entre os tipos de milho é a forma e o tamanho dos grãos, definidos pela estrutura do endosperma e o tamanho do gérmen. Baseadas nas características do grão, existem cinco classes ou tipos de milho: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. Os grãos de milho-pipoca possuem o pericarpo mais espesso, com o endosperma predominantemente vítreo, porém os grãos possuem menor tamanho e formato mais arredondado (PAES, 2006). Além disso, os grãos de milho-pipoca têm a capacidade de estourar quando aquecidas em altas temperaturas, diferenciando-se, desse modo, do milho pertencente à mesma espécie botânica, ou seja, *Zea mays* (SAWAZAKI, 2010).

Para Weatherwax (1922), esse estouro é a capacidade de expansão que pode ser definida como uma explosão provocada pela expansão, sob pressão, da umidade contida nos grânulos de amido.

O Brasil é o segundo maior consumidor de pipoca do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, que tem área plantada de 101,5 mil hectares e produção de aproximadamente 375,7 mil toneladas (PEREIRA FILHO; BORGHI, 2019).

O milho-pipoca é um aperitivo muito apreciado em todo o mundo. Esse grande sucesso se deve, em parte, à associação da pipoca a locais de diversão como cinemas, parques, circos etc. Além disso, esse de consumo, se concentra nos meses de maio, junho e julho (FREIRE, 2015).

Nos últimos dois anos, o aumento do consumo do milho-pipoca está ligado à pandemia da Covid-19, pela qual o mundo passou. Por estar bastante associado à cinematografia, antes proporcionado amplamente pelos cinemas, agora, também está sendo evidenciado pelos serviços de *streaming* (TOOGE, 2020).

### **Objetivo Geral**

Este trabalho tem por objetivo avaliar a capacidade de expansão dos grãos de seis marcas comerciais de milho-pipoca, disponíveis para o consumidor no Distrito Federal, por meio do Índice de Capacidade de Expansão (ICE).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O milho pipoca

Para Sawazaki (2010) o milho pipoca (*Zea mays* L.) é definido como “um tipo de milho que tem como característica principal, grãos duros e pequenos que tem a capacidade de estourar devido a uma pressão de 135 psi formada dentro do grão quando aquecidos em torno de 177° C”.

Para Pereira Filho e Borghi (2019) o milho-pipoca,

[...] é um alimento bastante apreciado no Brasil, tendo mostrado um aumento exponencial e um mercado promissor que só cresce, mas mesmo assim ainda é dependente do processo de importação para atender à demanda de consumo interna. Isso se deve, principalmente, à limitação de sementes de qualidade e ao uso muitas vezes de tecnologias inadequadas em seu sistema de produção.

De acordo com informações das empresas empacotadoras do segmento, o maior produtor e consumidor do grão de milho-pipoca mundial são os Estados Unidos da América, movimentado 1,8 bilhão de dólares produzindo 500 mil toneladas (MORTELE, 2010).

O Brasil, em 2018, produziu cerca de 260 mil toneladas, dos quais 220 mil foram consumidas internamente. Os dados revelam ainda que a região Sudeste é a que mais consome pipoca (56%), seguida das regiões Sul (16%), Nordeste (13%), Centro-Oeste (9%) e Norte (5%) (PEREIRA FILHO; BORGHI, 2019). Ainda, para Pereira Filho e Borghi (2019), “informações mais recentes indicam locais de concentração de milho-pipoca em Mato Grosso e em Goiás, devido à expansão de áreas para produção de sementes”. Segundo Blecher (2019) o cultivo é concentrado na região da Chapada dos Parecis, oeste de Mato Grosso, onde são colhidos 75% da produção nacional.

Nos últimos anos, há crescente tendência à autossuficiência no abastecimento do consumo interno de milho-pipoca. Na década de 1990, 75% da demanda era importada (GALVÃO et al., 2000). No ano de 2003, as importações reduziram para menos da metade, sendo importados apenas 30% (MORTELE, 2010).

Segundo Freire (2015), as pesquisas brasileiras encontram-se restritas a poucos pesquisadores de instituições públicas e, algumas empresas privadas produtoras de sementes. Graças ao lançamento de variedades desenvolvidas pelo

Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), o Brasil diminui a dependência de sementes importadas. Hoje, os produtores rurais têm à disposição no mercado os híbridos, IAC 112 e IAC 125 (VORONIAK, 2017).

Freire (2015) destaca que as variedades brasileiras mostram qualidade inferior quando comparadas com as norte-americanas que apresentam elevados ICEs. A pesquisadora, ainda relata que

[...] milho-pipoca apresenta condições e épocas de cultivo semelhantes às do milho comum. Os principais problemas da cultura observados no Brasil são: acamamento e quebramento do colmo, agravado pela necessidade de colheita dos grãos com umidade abaixo de 18%; podridão de grãos causada pelo excesso de chuva no período pós-maturação; alta severidade de doenças foliares, exigindo intenso controle químico; ataque de lagarta no cartucho e na espiga, demandando várias aplicações de defensivos agrícolas; danos mecânicos na colheita e secagem do grão; armazenamento em condições inadequadas para conservação da umidade dos grãos; prolificidade; espigas menores situadas em uma posição mais alta. Isto se deve ao fato dos caracteres agrônômicos serem considerados menos importantes que os caracteres de qualidade sofrendo menor pressão de seleção. As populações apresentam ainda, grande depressão por endogamia, dificultando a obtenção de linhagens e baixa capacidade de expansão.

Para que o Brasil não seja tão dependente das sementes importadas, há um grande esforço por parte de institutos de pesquisa, como o IAC, em desenvolver híbridos de milho-pipoca (CLUBE DA PIPOCA, 2022).

Em 2014 foram registrados no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) os híbridos IAC 367 e IAC 268, que estão disponíveis no mercado para os produtores. Além disso, essas variedades são adaptadas para o plantio de verão na região do Estado de São Paulo, podendo diversificar a produção da cultura (BISPO, 2020, p. 17).

O primeiro híbrido possui uma coloração amarela e alta resistência foliar e ao nematóide *Pratylenchus branchyurus*. O segundo apresenta coloração alaranjada que atende às expectativas do mercado. Ambos apresentam grãos pequenos do tipo pérola, com o Índice de Capacidade de Expansão superiores a 45mL/g, e produtividade que pode chegar a 5 toneladas de grãos por hectare (PATERNIANI *et al.*, 2020).

Em relação a custo e produtividade, Sergio Stefanelo, que cultivava pipoca em Campo Novo do Parecis (MT), plantou na Fazenda São Carlos, 4.000 hectares de milho-pipoca na segunda safra 2016/2017. Segundo ele, o custo de produção ficou na casa dos R\$ 2.000,00 por hectare, enquanto o cultivo de milho convencional na região custa de R\$ 1.400,00 a R\$ 1.600,00 por hectare (CLUBE DA PIPOCA, 2022).

Em relação às informações nutricionais, a pipoca é um grão inteiro não processado, sem aditivos adicionais ou ingredientes escondidos (POPCORN, 2022). Além disso,

- [...] A pipoca estourada por ar quente tem apenas 30 calorias por xícara (medida americana);  
A pipoca estourada com óleo tem apenas 35 calorias por xícara.
- Quando levemente amanteigado, pipoca apresenta cerca de 80 calorias por xícara.
- A pipoca é um grão inteiro que fornece carboidratos complexos produtores de energia.
- Pipoca contribui com fibras para a dieta. Fibras dietéticas de grãos integrais ou outros alimentos podem ajudar a reduzir os níveis de colesterol no sangue e podem reduzir o risco de doenças cardíacas, obesidade e diabetes tipo 2.
- Pipoca é naturalmente baixa em gordura e calorias.
- A pipoca não tem aditivos artificiais ou conservantes, e é sem açúcar.
- Pipoca é ideal para entre refeição, pois satisfaz e não altera o apetite.
- Os grãos são importantes fontes de nutrientes como zinco, magnésio, vitaminas B e fibras (traduzido e adaptado).

## **2.2 Classificação botânica, origem e estrutura do milho pipoca**

O milho-pipoca (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae, gênero *Zea*, espécie *mays*. É uma cultura alógama, com praticamente 100% de fecundação cruzada (PATERNIANI; CAMPOS, 2005, apud FREIRE, 2015, p. 15).

Goodman e Smith (1987) afirmam a existência de indícios genéticos e citológicos provando o parentesco entre o milho-pipoca e o teosinto, ancestral silvestre do milho, evidenciado pelo fato de ambos possuírem o mesmo número de cromossomos, facilitando o intercruzamento, o que gera descendentes férteis frequentemente.

O milho-pipoca tem seus primeiros relatos em um sítio arqueológico denominado “Bat Cave”, em Novo México, (MANGELSDORF; SMITH Jr., 1949). Segundo as descobertas arqueológicas encontradas em uma dúzia de sítios, localizados entre o México e Sudoeste dos Estados Unidos da América, há identificação de milhos mais antigos como precursores das raças mexicanas de milho-pipoca Chapalote ou Nal-tel, excluindo ligações possíveis de parentesco com o teosinto (MANGELSDORF, 1974).

Erwin (1949) sugere uma mutação do milho tipo “flint”, o mais cultivado e consumido no mundo, como a fonte de origem do milho-pipoca. Segundo Mortele (2010), há evidências arqueológicas que apontam uma evolução em sentido contrário ao mencionado anteriormente. Zinsly e Machado (1987) confirmam, ainda, que a característica de expansão, característica do milho-pipoca, é condicionada por vários genes.

Das várias hipóteses quanto à origem genética do milho, três são relevantes (GALINAT, 1977): a) o teosinto atual é o ancestral silvestre do milho; b) um teosinto primitivo é o ancestral silvestre, tanto do milho quanto do teosinto atual (*Zea mexicana*); e c) uma forma extinta de milho tunicado foi o ancestral do milho, sendo o teosinto uma forma mutante do tipo tunicado (MORTELE, 2010). Paterniani e Viegas (1987) afirmam que nenhuma delas é passível e de aceitação definitiva (FREIRE, 2015).

O milho-pipoca quando comparado ao milho comum apresenta em geral sementes mais duras, grãos menores, maior prolificidade, menor vigor. Entretanto, a capacidade de expansão é a principal diferença entre os tipos pipoca e comum. (ABREU, et al. 2012). Essa característica de pipoqueamento é que o torna diferente dos demais tipos de milho e esta diferença, por sua vez, lhe conferem maciez e sabor, bastante apreciáveis (FREIRE, 2015).

Para Paes (2006), os grãos do milho são,

[...] geralmente, amarelos ou brancos, podendo apresentar colorações variando desde o preto até o vermelho. O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300mg e sua composição média em base seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra (a maioria resíduo detergente neutro) e 4% de óleo.

Destaca, ainda, que conhecido botanicamente como uma cariopse, o grão de milho é formado por quatro estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo e ponta, as quais diferem em composição química e na organização dentro do grão.

A Figura 1, ilustra a descrição da estrutura do grão de milho.

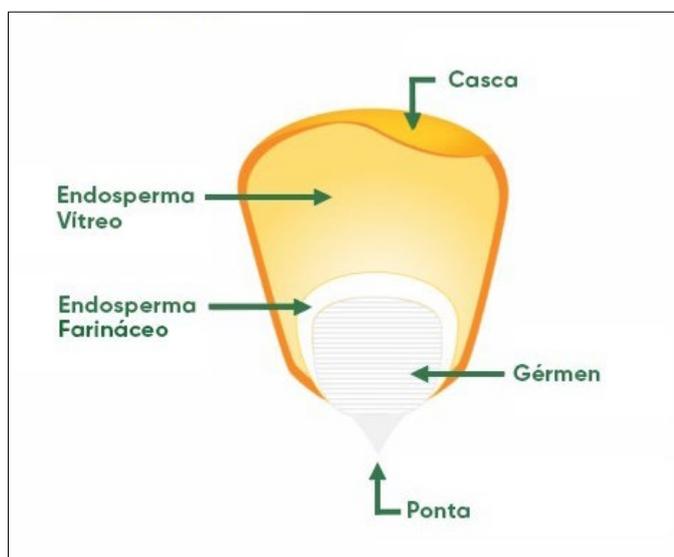


Figura 1 - Anatomia do grão de milho e suas partes. Fonte: Sementes Biomatrix, 2020 (adaptado).

O endosperma representa aproximadamente 83% do peso de grão, sendo constituído principalmente de amido, 88% na forma de grânulos e 8% de proteínas reserva do tipo prolaminas, denominadas zeínas. Essas proteínas formam corpos proteicos que compõe a matriz que envolve os grânulos de amido dentro das células do endosperma. As diferentes formas de distribuição dos grânulos de amido e de matriz proteica diferenciam o endosperma em duas classificações: farináceo e vítreo.

No endosperma farináceo, os grânulos de amido são arredondados e dispersos, não existindo matriz proteica circundando os grânulos. Isto resulta em espaços vagos, ocupados por água presente no desenvolvimento, durante a secagem do grão. Em contrapartida, no endosperma vítreo, há a presença da matriz proteica em maior quantidade e estruturada, circundando os grânulos de amido de formato poligonal, retirando os espaços entre essas estruturas.

Considerando as características de um grão de milho, em especial as conformações do endosperma e do gérmen, pode-se diferenciá-los em cinco classes ou tipos: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce, como mostrado na Figura 2.

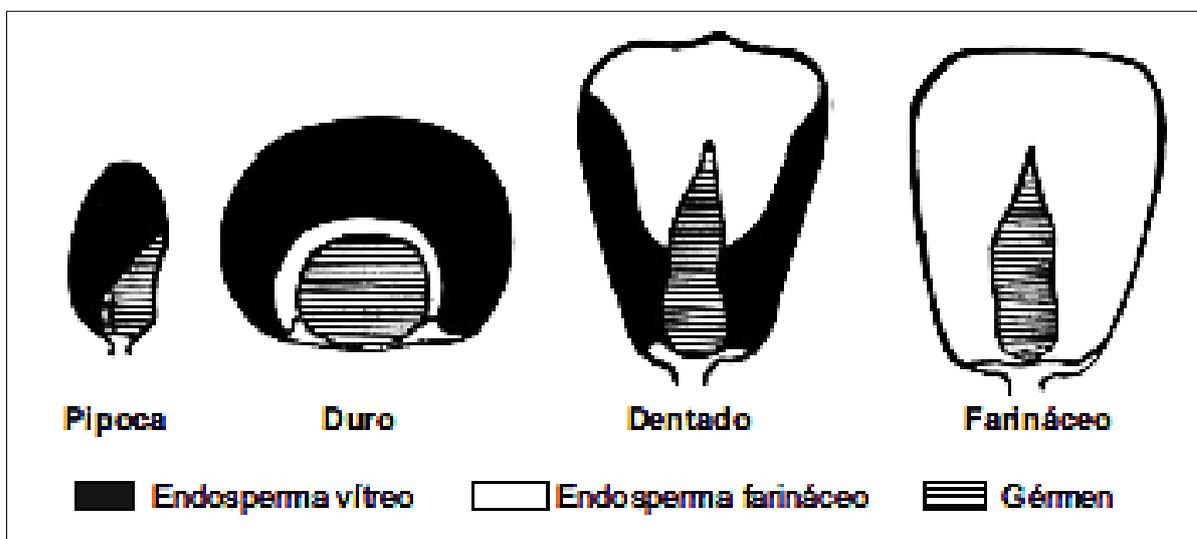


Figura 2- Tipos de milho e as relativas proporções do endosperma farináceo e vitreo. Fonte: Paes (2006).

Ainda de acordo com Paes (2006), o grão de milho-pipoca apresenta espesso pericarpo e endosperma predominantemente vitreo, pequeno em dimensão, variando entre 0,5 e 1,0 cm, com formato arredondado, chato ou pontiagudo (ZINSLY; MACHADO 1978), apresenta uma vasta coloração (rosa creme, vermelha, roxa, preta ou azul), tendo as cores branca e amarela as mais comuns (ZINSLY; MACHADO 1978). Comercialmente os mais atrativos aos consumidores são os grãos redondos, tipo pérola e endosperma de coloração alaranjada (ZIEGLER; ASHMAN, 1984).

“O grão ideal de milho-pipoca é o que tem maior proporção de endosperma vitreo com pequena quantidade de endosperma farináceo no seu centro, e que seja uniforme em todos os grãos” (SAWAZAKI, 2010).

### 2.3 Capacidade de Expansão (CE)

Para Weatherwax (1922), a capacidade de expansão pode ser definida como uma explosão provocada pela expansão, sob pressão, da umidade contida nos grânulos de amido. Assim, o valor do milho-pipoca como cultura depende fundamentalmente de sua qualidade, que é determinada pela capacidade de expansão (SAWAZAKI, 2010). Para Mortele (2010), “a capacidade de expansão consiste no estouro da pipoca quando o grão é aquecido em temperaturas superiores a 180°C”. Além disso, comenta que, nestas temperaturas, a pressão interna do grão atinge 930,8 kPa (SILVA et al., 1993). Segundo Tissot et al. (2001), a capacidade do milho-pipoca em se expandir sob o aquecimento é explicada pela resistência do pericarpo, associada à presença de óleo e de umidade no grão. Assim, o milho, quando aquecido em temperatura apropriada, o óleo e a umidade exercem pressão sobre o pericarpo, cujo rompimento expõe o endosperma.

Para Sawazaki (2010),

[...] endosperma vítreo é o que contribuir para expansão do grão quando estourado, e o endosperma farináceo é importante por reter água, que é o combustível para estouro do grão. Em linhagens, é importante a seleção de materiais com 100% de endosperma vítreo, que em combinações híbridas, podem contribuir para redução e uniformidade do endosperma farináceo nos grãos.

Mortele (2010), relata que a avaliação da qualidade do milho-pipoca é realizada por meio da análise da CE, a qual corresponde à relação entre o volume de pipoca e o volume ou o peso de grãos e, quanto maior for esta relação, maior também será o valor comercial do produto.

Uma das características mais importantes para o milho pipoca é a capacidade de expansão, estimada pela relação entre o volume de pipoca estourada e o volume de grãos utilizados para estourar. Essa relação é expressa pelo Índice de Capacidade de Expansão (ICE), na unidade de mL/mL (PACHECO et al., 1996).

A alta capacidade de expansão que confere à pipoca textura e maciez, interessa ao consumidor e ao agricultor a alta produtividade. Além disso, o número de grãos sem estourar, também pode ser usado como parâmetro para avaliação da

qualidade do milho-pipoca, já que os consumidores consideram uma boa pipoca aquela que deixa poucos grãos sem estourar (FREIRE, 2015).

A autora destaca ainda, que a “importância em estimar a capacidade de expansão está na existência de uma forte correlação positiva entre este índice e a qualidade da pipoca. Ou seja, quanto maior a capacidade de expansão maior a maciez e textura da pipoca”.

Mortele (2010) diz que,

[...] a capacidade de expansão é afetada por várias propriedades físicas dos grãos, entre as quais se destacam o grau de umidade, a massa dos grãos, as injúrias mecânicas, a secagem rápida dos grãos e a temperatura do pipocador (GREEN; HARRIS (1960); ZINSLY; MACHADO 1987; SAWAZAKI, 1995).

Além disso, a pesquisadora comenta que os graus de umidade situados entre 13 e 14% são os mais adequados para obtenção do índice máximo de capacidade de expansão.

Um experimento de Pacheco et al. (1992), que trabalhou com amostras de 29 marcas comerciais de pipoca coletadas em todo o País, estimaram um ICE médio de 15,38 ml/ml sendo que, 50% das marcas comerciais ficaram abaixo dessa média e a melhor entre as pipocas testadas foi importada da Argentina e atingiu um ICE de apenas 23,98 ml/ml (PACHECO et al. 1996).

Para Galvão et al. (2000) a relação volume/volume que apresenta o valor de 18 a 20 é considerado aceitável, 21 a 26 bom e acima de 26 excelente.

Por fim, segundo Matta e Viana (2001), para a comercialização, uma população de milho-pipoca precisa ter,

[...] CE de no mínimo 15 mL mL<sup>-1</sup> (Pacheco et al., 1996). Segundo Green & Harris (1960), população com CE menor que 25 mL g<sup>-1</sup> é considerada pobre. Se a CE está entre 25 e 30 ela é considerada como regular. Valores entre 30 e 35 são considerados como bons e populações com CE acima de 35 são classificadas como excelentes. Além disso, citam que os sistemas de avaliação ‘Official Volume Tester’ (volume por volume), usado entre 1916 e 1956, e ‘Weight Volume Tester’ (volume por peso), adotado a partir de 1956, são equivalentes.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Local, data e hora

O experimento foi realizado em residência própria, localizada na cidade de Brasília-DF, Asa Norte, no dia 12 de abril de 2022 às 16h.

Na data do experimento, a temperatura média era de 26° C e a umidade relativa do ar de 56%.

#### 3.2 Marcas utilizadas

As marcas de milho-pipoca utilizadas no experimento foram selecionadas por serem comuns nos supermercados no Distrito Federal. Para o experimento, foram adquiridas 6 marcas comerciais de milho-pipoca 500g, sendo elas nomeadas por: Yoki (T1), Yoki Premium (T2), Yoki Super Premium (T3), Nippon (T4), Ecobio (T5) e BSB Alimentos (T6), (Figura 3). As marcas foram classificadas como tratamentos (T) de 1 a 6 respectivamente.



Figura 3 - Marcas Comerciais de milho-pipoca utilizadas no experimento.

### 3.3 Equipamentos

Para mensurar o volume de cada amostra de 30 ml e o volume dos grãos estourados, foi utilizada uma proveta de vidro 500 ml da marca PYREX (Figura 4).

Para o estouro das amostras de milho-pipoca, foi utilizada uma pipoqueira da marca Britânia Pop Movie BPI06V, 220 Volts de circulação de ar quente (Figura 4):



Figura 4 - Proveta 500 mL e Pipoqueira de circulação de ar quente.

### 3.4 Delineamento do experimento

Foi realizado um delineamento inteiramente casualizado do experimento para a avaliação dos ICEs, com quatro repetições por tratamento comercial. Cada repetição com volume 30 mL de grãos medidos na proveta.

Cada amostra foi levada à pipoqueira de circulação de ar quente, que foi desligada 3 segundos após não se escutar som de estouro de milho-pipoca, para que o máximo de grãos fossem estourados. Ao final desse tempo, as pipocas foram recolhidas em um recipiente e em seguida, medidas na proveta de 500 mL.

### 3.5 Análise estatística

Cada marca corresponde a um tratamento, de 4 repetições para cada uma. Os dados obtidos foram tabelados numa planilha do Excel (Gráfico 1) e os resultados das capacidades de expansão foram avaliados no *software* estatístico Sisvar por meio de uma Análise de Variância com teste de F a 5% de probabilidade. A comparação de médias foi realizada pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Gráfico 1, podemos ver os ICEs de cada tratamento em cada repetição executada. As médias dos ICE de cada tratamento mostram que os tratamentos com melhores desempenhos são respectivamente: T6 com uma capacidade de expansão igual a 27,408 mL/mL, T5 com o resultado de 27,350 mL/mL, T1 com 25,517 mL/mL, T2 com 24,758 mL/mL, T4 com 22,958 mL/mL e T3 com 22,900 mL/mL. Considerando a classificação de Galvão et al. (2000), os dois primeiros tratamentos possuem um desempenho excelente, pois obtiveram ICE acima de 26.

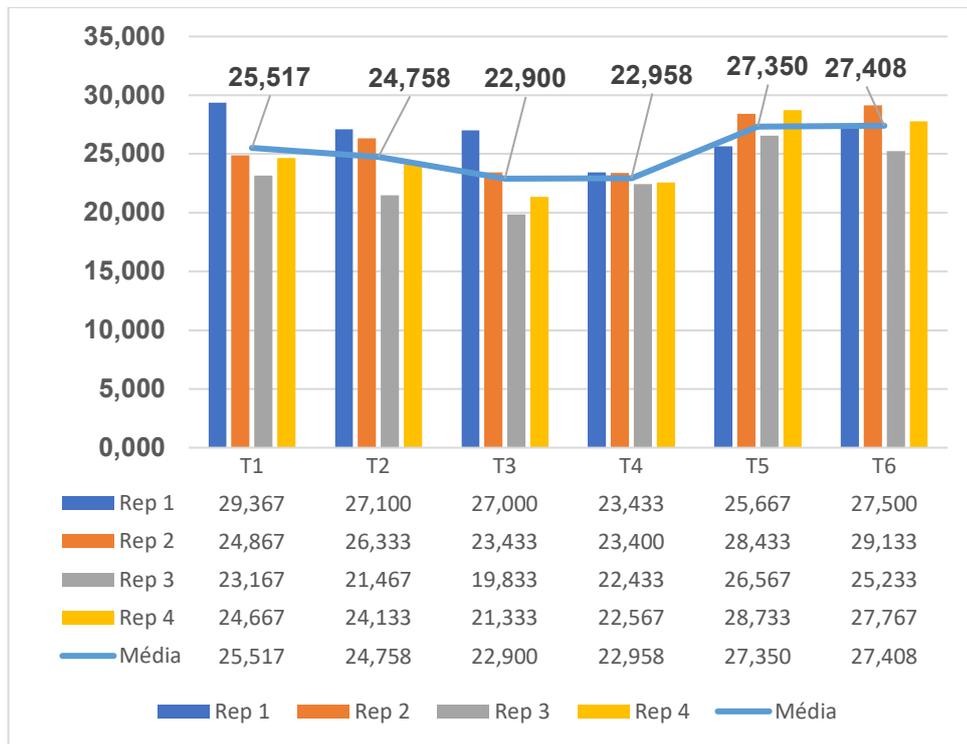


Gráfico 1 - Índice de Capacidade de Expansão (ICE) (mL/mL). Fonte: autoria própria

A Tabela 1, mostra o resultado da análise de variância obtida na avaliação dos ICEs dos tratamentos avaliados. O teste F a 5% de probabilidade mostra que há discrepância em alguma das médias dos ICEs obtidos, pois se observa que o valor de  $Pr > F_c$  é inferior a 0,05, o que indica diferença, em ao menos uma, das médias.

Tabela 1 - Resultado da Análise de variância

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Pr &gt; Fc</i>
<b>Entre grupos</b>	80.380.925	5	16.076.185	3.410	0.0242
<b>Dentro dos grupos</b>	84.857.207	18	4.714.289		
<b>Total</b>	165.238.132	23			
<b>CV (%) = 8.63</b>					

Fonte: Sisvar – adaptada para o Excel.

Para classificar esses tratamentos em relação às diferenças entre as médias, foi efetuado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, onde foi possível identificar dois grupos diferentes de pipoca. Os tratamentos dentro de cada grupo (“a”, “b” conforme a Tabela 2) são estatisticamente semelhantes entre si. Portanto para se observar a diferença das médias nos ICEs, é necessária a comparação dos diferentes grupos.

Tabela 2 - Classificação dos tratamentos segundo Scott-Knott

<i>Tratamentos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>
<b>T6</b>	27,408	a
<b>T5</b>	27,350	a
<b>T1</b>	25,517	a
<b>T2</b>	24,758	b
<b>T4</b>	22,958	b
<b>T3</b>	22,900	b

**Erro padrão: 1,086**

Fonte: Sisvar – adaptada para o Excel.

Observa-se na Tabela 2, que o teste classificou os tratamentos em dois diferentes grupos, o grupo “a” com os tratamentos T1, T5 e T6, e os grupos “b” e com os tratamentos T2, T4 e T3, respectivamente.

Observa-se, ainda, na Tabela 2 que a tratamento T6 obteve menor ICE. Levando em consideração a embalagem desse tratamento, há um destaque para maiores flores de pipoca e sabor melhorado, conforme a Figura 5.



Figura 5 - Embalagem da marca Yoki Super Premium (T6).

Considerando apenas o tamanho da flor de pipoca, para Sawazaki (2010), “grãos muito grandes geralmente apresentam maior proporção de amido farináceo, germe grande, grão chato tipo dente e menor ICE, mesmo tendo uma flor de pipoca maior”.

Por fim, o resultado confirma uma boa qualidade das marcas selecionadas no comércio do Distrito Federal, como afirma Galvão et al. (2000) “a relação volume/volume que apresenta o valor de 18 a 20 é considerado aceitável, 21 a 26 bom e acima de 26 excelente”.

## 5 CONCLUSÕES

O experimento realizado neste trabalho comprova que os tratamentos T5, T6 e T1 podem ser classificados como excelentes, pois apresentaram Índice de Capacidade de Expansão (ICE) acima de 26 mL/mL, segundo a classificação de Galvão et al (2000). Além disso, segundo a mesma classificação, todos os demais tratamentos foram classificados como bons, pois apresentam ICE entre de 21 mL/mL e 26 mL/mL.

O teste de médias Scott-Knott separou os tratamentos em dois grupos. No primeiro grupo encontram-se os tratamentos T1, T5 e T6; e o segundo grupo os tratamentos T2, T3 e T4. Os tratamentos T1, T5 e T6 apresentaram melhores ICEs do que os tratamentos T2, T3 e T4, segundo o teste de médias Scott-Knott.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Milena Moreira et al. Avaliação da Qualidade De Diferentes Marcas Comerciais De Milho Pipoca. In: **VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. 2012.

ANDRADE, R. A. **Cruzamentos dialélicos entre seis variedades de milho pipoca**. 1996. 79 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

BLECHER, Bruno. Brasil já é o segundo maior produtor de milho pipoca do mundo. **Revista Globo Rural**, 21 maio de 2019. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Colunas/bruno-blecher/noticia/2019/05/brasil-ja-e-segundo-maior-produtor-de-milho-pipoca-do-mundo.html#:~:text=Hoje%2C%20Brasil%20é%20o%20segundo,Parecis%2C%20oeste%20de%20Mato%20Grosso>. Acesso em: abril 2022.

CLUBE DA PIPOCA. **O mercado para produtores de milho de pipoca**. Disponível em: <https://clubedapipoca.com/blog/producao-do-milho-de-pipoca-no-brasil/> Acesso em: abril 2022.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2009/2010**. Embrapa, 2009.

EMATNÉ, H. J. **Seleção recorrente intrapopulacional em milho pipoca**. 2011. 93 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

ERWIN, A. T. The origin and history of popcorn, Zea mays L. var. indurata (Sturt) Bailey mut. Everta (Sturt) Erwin. **Agronomy Journal**, Madison, v.41, n.2, p.53-56, 1949.

FARMNEWS. **Maiores produtores mundiais de milho**, safra 2021/22: dados de setembro. 2021. Disponível em: <https://www.farmnews.com.br/mercado/maiores-produtores-mundiais-de-milho-safra-2021-22-dados-de-setembro/>. Acesso em: abril 2022.

FELKER, C. F.; SHANNON, J.C. Movement of <sup>14</sup>C-labeled assimilates into kernels of Zea mays L. **Plant Physiology**, Rockville, v.65, n.5, p.864-870, 1980.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576p.

FIESP - **SAFRA MUNDIAL DE MILHO**: Disponível em <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/> Acesso em: abril 2022.

FREIRE, A. I. **Avaliação da capacidade de expansão de milho-pipoca pelas técnicas de espectrometria no infravermelho próximo, composição química e microscopia eletrônica.** / Ana Izabella Freire. – Lavras: UFLA, 2015. 53 p. : il.

GALINAT, W. C. The origin of corn. *In*: SPRAGUE, G. F. (Ed.). **Corn and corn improvement.** New York: Academic, 1977. p. 1-48.

GALVÃO, J. C. C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G. V. Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n.270, p.201-218, 2000.

GOODMAN, M. M.; SMITH, J. S. C. Botânica *In*: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho.** Campinas: Fundação Cargil, 1987, cap.1, p.41-78.

GREEN JR., V. E.; HARRIS JR., E. D. Popcorn quality and the measurement of popping expansion. **Proceedings of The Soil and Crop Science Society of Florida**, Flórida, v.20, n.1, p.28-41, 1960.

HOSENEY, R. C.; ZELEZNAK, K.; ABDELRAHMAN, A. Mechanism of popcorn popping. **Jornal of Cereal Science** -1983; p. 43-52.

LUZ, M. L. S.; DALPASQUALE, V. A.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; ROYER, M. R.; MORA, F. Influência da umidade das sementes na capacidade de expansão de três genótipos de milho-pipoca (*Zea mays* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.27, n.3, p.549-553, 2005.

MANGELSDORF, P. C. **Corn its origin, evolution and improvment.** Cambridge: Harvard University Press, 1974, 262p.

MANGELSDORF, P.C.; SMITH JR., C.E. A discovery of remains of primitive maize in New Mexico. **The Journal of Heredity**, Washington, v.40, n.2, p.39-43, 1949.

MATTA, F. P.; VIANA, J. M. S. Testes de capacidade de expansão em programas de melhoramento de milho pipoca. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 845-851, 2001.

MORTELE, L. M. **Análise biométrica da qualidade fisiológica de sementes de milho.** 2010. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010.

PACHECO, C.A.P.; GARCIA, J. C.; OLIVEIRA, A. C. & MONTEIRO, I. A. **Avaliação de milho pipoca de diferentes marcas comerciais disponíveis no mercado brasileiro.** *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19, Porto Alegre, 1992.

PACHECO, C. A. P. et al. **BRS Angela: variedade de milho pipoca.** Brasília: EMBRAPA/CNPMS, 2000. p. 1-6. (Comunicado Técnico).

PACHECO, C. A. P.; CASTOLDI, F. L.; ALVARENGA, E. M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho pipoca. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 267-270, 1996.

PAES, M. C. D. **Circular Técnica**, 75, dezembro de 2006, Embrapa Milho e Sorgo.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2005, p.491-552.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; FACHINI, C.; RODRIGUES, C. S. Innovation and specialty maize breeding for market niches in the state of São Paulo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 19, e1202, 2020.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; GUIMARÃES, P. S.; LÜDERS, R. R.; GALLO, P. B.; SOUZA, A. P.; LABORDA, P. R.; OLIVEIRA, K. M. Capacidade combinatória, divergência genética entre linhagens de milho e correlação com heterose. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.639-648, 2008.

PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção de milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p. 413-421.

PEREIRA FILHO, Israel Alexandre; BORGHI, Emerson. Milho-pipoca é um novo atrativo para o produtor? **CAMPO E NEGÓCIOS**, 01 de nov. 2019. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/milho-pipoca-e-um-novo-atrativo-para-o-produtor/#:~:text=A%20maioria%20da%20semente%20de,convencional%20porque%20não%20são%20transgênicas>. Acesso em: abril 2022.

RANGEL, R. M. **Dialelo circulante na avaliação de híbridos e na identificação de compostos superiores de milho pipoca**. 2006. 127p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campus de Goytacazes, 2006.

RUMSEY, Deborah. **Estatística II para leigos**. Alta Books Editora, 2018.

SAWAZAKI, E. A cultura do milho pipoca no Brasil. **O Agrônomo**, Campinas, v.53, n.2, p.11-13, 2001.

SAWAZAKI, E. **Melhoramento do milho pipoca**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1995. 21p. (Documento IAC, 53).

SAWAZAKI, E. **Milho Pipoca**. 2010. Disponível em: [http://www.abms.org.br/eventos\\_anteriores/cnms2010/palestras/010.pdf](http://www.abms.org.br/eventos_anteriores/cnms2010/palestras/010.pdf). Acesso em: abril 2022.

SAWAZAKI, E. **Milho: IAC 112 cultivar híbrido de milho-pipoca**. 2003. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/Cultivares/Folders/Milho/IAC112>. Acesso em: 17 nov. 2004.

SAWAZAKI, E.; MORAIS, J.F.L.; LAGO, A. A. Influência do tamanho e umidade do grão na expansão da pipoca South American Mushroom. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p.363-370, 1986.

SEMENTES BIOMATRIX. Disponível em: <https://sementesbiomatrix.com.br/blog/silagem/milho-para-silagem/> Acesso em: abril 2022.

SCAPIM, C. A. *et al.* Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 36-41, 2006.

SILVA, W. J.; VIDAL, B. C.; MARTINS, M. E. Q.; VARGAS, H.; PEREIRA, A. C.; ZERBETTO, M.; MIRANDA, L.C.M. What makes popcorn pop. **Nature**, London, v.362, n.6419, p.417, 1993.

TOOGE, Ricardy. De onde vem o que eu como: milho vai além da pipoca e alimenta a economia do país. **G1 Online**. 2020 Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/agro-a-industria-riqueza-do-brasil/noticia/2020/08/03/de-onde-vem-o-que-eu-como-milho-vai-alem-da-pipoca-e-alimenta-a-economia-do-pais.ghtml> Acesso em: 01 abril 2022.

Voroniak, J. M. **Simulação da produtividade do milho pipoca em diferentes épocas de semeadura na região nordeste do Paraná**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2017.

WEATHERWAX, P. The popping of corn. **Proceedings of the Indian Academy of Science, Bangalore**, v. 1921, p. 149-153, 1922.

ZIEGLER, K. E.; ASHMAN, B. Popcorn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. Iowa: CRC, 1994. p. 189-223.

ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Milho pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 413-421.