UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA VEGETAL

PROPRIEDADE NUTRICIONAL, BIOATIVA E FÍSICA DE GRÃOS E CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE PIPOCAS DE DIFERENTES GENÓTIPOS

THAYNARA DA SILVA COSTA

VILA VELHA

AGOSTO / 2022

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA VEGETAL

PROPRIEDADE NUTRICIONAL, BIOATIVA E FÍSICA DE GRÃOS E CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE PIPOCAS DE DIFERENTES GENÓTIPOS

Dissertação apresentada à Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Vegetal, para a obtenção do grau de mestre em Biotecnologia Vegetal.

THAYNARA DA SILVA COSTA

VILA VELHA

AGOSTO / 2022

Catalogação na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

C196p Costa,Thaynara da Silva.
Propriedade nutricional, bioativa e física de grãos e caracteres-ticas sensoriais de pipocas de diferentes genótipos / Thaynara da Silva Costa. – 2022.
134 f. : il.

Orientadora: Christiane Mileib Vasconcelos.
Dissertação (Biotecnologia vegetal) – Universidade Vila Velha 2022.
Inclui bibliografias.

1. Biotecnologia vegetal. 2. Nutrição - Análise.
3. Melhoramento genético. I. Vasconcelos, Christiane Mileib.
II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 660.603

THAYNARA DA SILVA COSTA

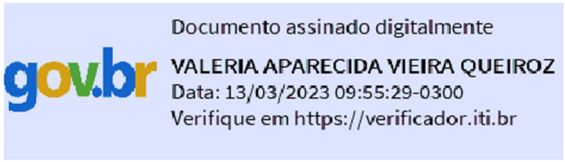
PROPRIEDADE NUTRICIONAL, BIOATIVA E FÍSICA DE GRÃOS E CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE PIPOCAS DE DIFERENTES GENÓTIPOS

Dissertação apresentada à Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Vegetal, para a obtenção do grau de mestre em Biotecnologia Vegetal.

Aprovada em 30 de agosto de 2022,

Banca Examinadora:

Dr. Antônio Teixeira Do Amaral Júnior (UENF)



Dr.a Valéria Aparecida Vieira Queiroz (UENF)

Dr.a Christiane Mileib Vasconcelos (UVV)
Orientadora

“Nada é permanente, exceto a mudança”

(Heráclito de Éfeso)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir chegar até aqui e me dar forças para continuar.

A minha mãe, por ter sido meu alento e minha força, ao meu pai e ao meu irmão, pelo carinho, atenção, amor e paciência que dedicaram a mim. Vocês são essenciais na minha trajetória e é imensa a minha gratidão a vocês.

As equipes do Laboratório de Biotecnologia de Alimentos. Em especial, Eduarda e Yasmin. Vocês foram incríveis comigo, pessoal e academicamente. Essas análises jamais seriam finalizadas a tempo sem vocês.

A minha orientadora Christiane Mileib Vasconcelos, por toda paciência, atenção, dedicação e ensinamentos. Por acreditar em mim e no meu projeto, por me dar apoio mesmo quando tomei decisões difíceis. Os últimos anos foram de muitas mudanças e a senhora soube me conduzir até aqui, durante todas essas transformações, com maestria.

Aos Doutores Antônio Teixeira do Amaral Júnior e Samuel Henrique Kamphorst, do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), por doarem os grãos de milho-pipoca essenciais para a realização desse trabalho. E por toda ajuda fornecida durante essa trajetória.

A Universidade Vila Velha, por fornecer espaço, material e equipamentos que permitiram o desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos meus amigos e familiares, pela paciência, pela atenção e por toda ajuda que me forneceram, em especial ao Santes, que não está mais aqui, mas que participou de grande parte desse projeto. Jamais te esquecerei.

E, finalmente, a todos mais que participaram dessa trajetória, contribuindo com a execução desse projeto. Funcionários da Universidade Vila Velha, laboratoristas, professores, colegas e voluntários. Meus mais sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

RESUMO xvii

ABSTRACT xviii

1 INTRODUÇÃO GERAL 1

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 2

2.1 Origem e importância socioeconômica do milho-pipoca 2

2.2 Composição nutricional e bioativa do milho 4

2.3 Milho-pipoca geneticamente melhorado 6

2.4 Análise sensorial 10

3 REVISÃO EM BANCOS DE PROPRIEDADE INTELECTUAL 12

4 REFERÊNCIAS 14

5 – CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL, BIOATIVA, FÍSICA E SENSORIAL DE VARIEDADES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE MILHO-PIPOCA 19

5.1 INTRODUÇÃO 19

5.2 MATERIAL E MÉTODOS 21

5.2.1 Material vegetal 21

5.2.2 Delineamento experimental 21

5.2.3 Determinação da composição centesimal 22

5.2.4 Determinação do teor de amilose e de amilopectina 23

5.2.5 Determinação da composição bioativa 23

5.2.5.1 Preparo do Extrato 23

5.2.5.2 Determinação do teor de compostos fenólicos 24

5.2.5.3 Determinação da atividade antioxidante 24

5.2.6 Determinação das características físicas dos grãos e das pipocas de milho-pipoca 25

5.2.6.1 Determinação da cor instrumental 25

5.2.6.2 Determinação da capacidade de expansão e rendimento 26

5.2.7 Analise sensorial da pipoca 26
5.2.7.1 Grupo de foco 26
5.2.7.2 Teste de aceitação associado ao CATA 28
5.2.8 Análise estatística 29
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 30
5.3.1 Composição centesimal 30
5.3.2 Teor de amilose e de amilopectina 35
5.3.3 Composição bioativa 38
5.3.4 Características físicas dos grãos e das pipocas de milho-pipoca 42
5.3.4.1 Cor instrumental 42
5.3.4.2 Determinação da capacidade de expansão e rendimento 47
5.3.5 Teste de aceitação associado ao CATA 52
5.4 CONCLUSÃO 61
5.5 REFERÊNCIAS 62
6 – CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL, BIOATIVA, FÍSICA E SENSORIAL DE HÍBRIDOS DE MILHO-PIPOCA 68
6.1 INTRODUÇÃO 68
6.2 MATERIAL E MÉTODOS 70
6.2.1 Material vegetal 70
6.2.2 Delineamento experimental 70
6.2.3 Determinação da composição centesimal 71
6.2.4 Determinação do teor de amilose e de amilopectina 71
6.2.5 Determinação da composição bioativa 72
6.2.5.1 Preparo do Extrato 72
6.2.5.2 Determinação do teor de compostos fenólicos 72
6.2.5.3 Determinação da atividade antioxidante 73
6.2.6 Determinação das características físicas dos grãos e das pipocas de milho-pipoca 74

6.2.6.1 Determinação da cor instrumental 74
6.2.6.2 Determinação da capacidade de expansão e rendimento 75
6.2.7 Analise sensorial da pipoca 75
6.2.7.1 Grupo de foco 75
6.2.7.2 Teste de aceitação associado ao CATA 76
6.2.8 Análise estatística 78
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 79
6.3.1 Composição centesimal 79
6.3.2 Teor de amilose e de amilopectina 84
6.3.3 Composição bioativa 88
6.3.4 Características físicas dos grãos e das pipocas de milho-pipoca 91
6.3.4.1 Cor instrumental 91
6.3.4.2 Determinação da capacidade de expansão e rendimento 95
6.3.5 Teste de aceitação associado ao CATA 99
6.4 CONCLUSÃO 106
6.5 REFERÊNCIAS 107
ANEXO I 114
ANEXO II 115
ANEXO III 116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ficha de avaliação do teste de aceitação associado ao CATA. 27

Figura 2 - Comportamento dos constituintes nutricionais (eixo y) nos diferentes ciclos de seleção (eixo x) dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. 34

Figura 3 - Comportamento dos constituintes amilose e amilopectina (eixo y) nos diferentes ciclos de seleção (eixo x) dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. 38

Figura 4 - Comportamento dos constituintes bioativos (ciclo y) nos diferentes ciclos de seleção (ciclo x) dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. 42

Figura 5 - Grãos in natura das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero. 45

Figura 6 - Grãos in natura dos ciclos de seleção da VPA de milho-pipoca UNB2. 47

Figura 7 - Pipocas preparadas a partir dos grãos de milho-pipoca das VPA de ciclo único ou ciclo zero. 50

Figura 8 - Comportamento da CE e do rendimento (eixo y) nos diferentes ciclos de seleção (eixo x) dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. 51

Figura 9 - Pipocas preparadas a partir dos grãos de milho-pipoca dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2-C0. 52

Figura 10 - Média das notas (eixo y) obtidas pelas VPA (eixo x) no teste de aceitação. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan. 54

Figura 11 - Mapa de preferência interno para as pipocas preparada a partir das VPA de ciclo único ou ciclo zero. 55

Figura 12 - Mapa de preferência interno para as pipocas preparada a partir dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2. 56

Figura 13 - Perfil sensorial das pipocas obtidas a partir das VPA de ciclo único ou ciclo zero. Legenda das cores correspondentes a cada VPA presente na imagem..... 58

Figura 14 - Perfil sensorial das pipocas obtidas a partir dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2. Legenda das cores correspondentes a cada VPA presente na imagem. 59

Figura 15 - Ficha de avaliação do teste de aceitação associado ao CATA 76

Figura 16 - Comportamento dos constituintes nutricionais (eixo y) nos diferentes ciclos de seleção (eixo x) dos grãos de milho-pipoca HS. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. 83

Figura 17 - Comportamento dos constituintes amilose e amilopectina (y) nos diferentes ciclos de seleção (x) dos grãos de milho-pipoca HS. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. 87

Figura 18 - Comportamento dos constituintes bioativos (ciclo y) nos diferentes ciclos de seleção (ciclo x) dos grãos de milho-pipoca HS. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. 91

Figura 19 - Grãos in natura dos híbridos simples de ciclo único ou ciclo um. . 93

Figura 20 - Comportamento das coordenadas de cor (ciclo y) nos diferentes ciclos de seleção (ciclo x) dos grãos de milho-pipoca HS. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. 94

Figura 21 - Grãos in natura dos híbridos simples de diferentes ciclos de seleção. 95

Figura 22 - Pipocas obtidas a partir dos HS de ciclo único ou ciclo um. 96

Figura 23 - Pipocas obtidas a partir do HS de diferentes ciclos de seleção. ... 99

Figura 24 - Média das notas (eixo y) obtidas pelos híbridos (eixo x) no teste de aceitação. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan. 100

Figura 25 - Mapa de preferência interno para as pipocas preparada a partir dos HS. 101

Figura 26 - Perfil sensorial das pipocas obtidas a partir dos grãos de milho-pipoca híbridos. Legenda das cores correspondentes a cada amostra presente na imagem..... 104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do grão de milho (por 100 gramas). 5

Tabela 2 - Denominação, ciclo, local de cultivo e instituição de origem das VPA, fornecidas pela UENF. 21

Tabela 3 - Parâmetros do delineamento de blocos incompletos..... 28

Tabela 4 - Delineamento em blocos incompletos e balanceados, considerando dados da tabela 3. 28

Tabela 5 - Resumo ANOVA para as análises de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero. 30

Tabela 6 - Médias dos constituintes umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero..... 30

Tabela 7 - Resumo ANOVA para as análises de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT das VPA UNB2 de milho-pipoca de diferentes ciclos. 33

Tabela 8 - Resumo ANOVA para amilose e amilopectina das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero. 35

Tabela 9 - Médias dos constituintes amilose e de amilopectina das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero. 36

Tabela 10 - Resumo ANOVA para amilose e amilopectina das VPA UNB2 de milho-pipoca de diferentes ciclos. 37

Tabela 11 - Resumo ANOVA para compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero. 39

Tabela 12 - Médias dos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero. 39

Tabela 13 - Resumo ANOVA para compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH das VPA de milho-pipoca de diferentes ciclos. 41

Tabela 14 - Resumo ANOVA para as coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero..... 43

Tabela 15 - Médias das coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura dos VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero. 43

Tabela 16 - Resumo ANOVA para os parâmetros de cor instrumental dos grãos in natura das VPA de milho-pipoca de diferentes ciclos..... 45

Tabela 17 - Médias das coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 de milho-pipoca..... 46

Tabela 18 - Resumo ANOVA para capacidade de expansão (CE) e rendimento das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero. 48

Tabela 19 - Médias da CE e do rendimento das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero..... 48

Tabela 20 - Resumo ANOVA para capacidade de expansão (CE) e rendimento das VPA de milho-pipoca de diferentes ciclos..... 51

Tabela 21 - Resumo ANOVA para nota de aceitação das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero..... 53

Tabela 22 - Resumo ANOVA para os atributos das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero..... 57

Tabela 23 - Denominação, ciclo, local de cultivo, instituição de origem e número de registro pelo MAPA dos HS fornecidos pela UENF..... 70

Tabela 24 - Parâmetros do delineamento de blocos incompletos..... 77

Tabela 25 - Delineamento em blocos incompletos e balanceados, para avaliação sensorial da pipoca. 77

Tabela 26 - Resumo ANOVA para as análises de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um. 79

Tabela 27 - Médias dos constituintes umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um. 79

Tabela 28 - Resumo ANOVA para as análises de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos. .. 83

Tabela 29 – Resumo ANOVA para amilose e amilopectina dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um. 85

Tabela 30 - Médias dos constituintes amilose e amilopectina dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um. 85

Tabela 31 - Resumo ANOVA para amilose e amilopectina dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos. 87

Tabela 32 - Resumo ANOVA para compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um. 88

Tabela 33 - Médias dos compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um... 88

Tabela 34 - Resumo ANOVA para compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos. .. 90

Tabela 35 - Resumo ANOVA para as coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um. 92

Tabela 36 - Médias das coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um. 92

Tabela 37 - Resumo ANOVA para os parâmetros de cor instrumental dos grãos in natura dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos. 94

Tabela 38 - Resumo ANOVA para capacidade de expansão (CE) e rendimento dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um..... 95

Tabela 39 - Médias da CE e do rendimento dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um..... 96

Tabela 40 - Resumo ANOVA para capacidade de expansão (CE) e rendimento dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos..... 97

Tabela 41 - Médias da CE e do rendimento dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos de seleção..... 98

Tabela 42 - Resumo ANOVA para nota de aceitação dos híbridos de milho-pipoca..... 100

Tabela 43 - Resumo ANOVA para os atributos dos híbridos de milho-pipoca. 103

RESUMO

O milho-pipoca (*Zea mays L. var everta*) é um alimento bastante apreciado no Brasil, cuja importância se dá devido a sua capacidade de expansão a partir de exposição a fonte de calor, que o torna comestível enquanto mantém importantes componentes para a alimentação humana. Atualmente, o melhoramento genético tem sido explorado como um meio de incrementar características de importância comercial desse produto, favorecendo sua produtividade e comercialização nacional. Porém, poucos são os estudos que analisam os possíveis efeitos do melhoramento genético na qualidade nutricional e sensorial das sementes produzidas. Desse modo, a partir do estudo de alguns genótipos melhorados de milho-pipoca fornecidos pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), o presente trabalho avaliou os possíveis efeitos do melhoramento genético nos perfis nutricional, bioativo e sensorial dos grãos. Os genótipos com maiores teores de umidade obtiveram as melhores capacidades de expansão. Além disso, os teores de bioativos relacionaram-se diretamente às coordenadas de cor (luminosidade, hue e chroma). A associação entre as características nutricionais e físicas proporcionou as aceitações observadas na análise sensorial. Os resultados obtidos são capazes de auxiliar no desenvolvimento de estratégias que maximizem os benefícios do uso do melhoramento genético do milho-pipoca, intencionando beneficiar a saúde dos consumidores.

Palavras-chave: *Zea mays L.* Melhoramento genético. Análise nutricional. Potencial antioxidante. Análise sensorial.

ABSTRACT

Popcorn (*Zea mays L. var averta*) is a highly appreciated food in Brazil, whose importance is due to its capacity to expand from exposure to a heat source, which makes it edible while maintaining important component for human consumption. Currently, breeding has been explored as a mean of increasing commercially important characteristics of this product, favoring its productivity and national marketing. However, there are few studies that analyze the possible effects of breeding on the sensory and nutritional quality of the seeds produced. Thus, from the study of some popcorn inbred lines provided by the State University of Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), this work evaluated the possible effects of genetic improvement on the nutritional, bioactive and sensory profiles of the received grains. The genotypes with the highest moisture contents had the best expansion capacities. In addition, the levels of bioactives were directly related to the color coordinates (luminosity, hue and chroma). Thus, the association between nutritional and physical characteristics was able to provide the acceptances observed in the sensory analysis. The results obtained are capable of assisting in the development of strategies that maximize the benefits of using popcorn genetic improvement, intending to benefit the health of consumers.

Keywords: *Zea mays L*. Breeding. Nutritional analysis. Antioxidant potential. Sensory Evaluation.

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o milho-pipoca é um alimento muito apreciado e consumido e está associado, principalmente, a momentos de lazer e a salas de cinema (AMARAL JÚNIOR et al., 2013). Esse alimento possui compostos associados a diversos benefícios a saúde (BHANDARI et al., 2020). Uma importante ferramenta capaz de potencializar os benefícios que o milho-pipoca pode trazer a saúde é o melhoramento genético, através do incremento de compostos de interesse. Além disso, programas de melhoramento genético de milho-pipoca visam estimular o cultivo desse material, melhorando também sua produtividade (AMARAL JÚNIOR et al., 2013), facilitando seu cultivo e, também, sua comercialização, tornando-o não só mais consumido como também mais lucrativo para o produtor rural.

O programa de melhoramento genético do milho-pipoca conduzido pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), tem obtido ganhos genéticos expressivos para a cultura de genótipos comerciais de milho-pipoca, principalmente quanto às duas principais características: rendimento e capacidade de expansão dos grãos (FREITAS et al., 2013). No entanto, o programa ainda não apresenta estudos das propriedades nutricional, bioativa ou sensorial dos genótipos cultivados.

Como o milho, de forma geral, é um produto consumido também por populações mais carentes, melhoramentos visando o benefício dessas populações já foi explorado. A exemplo, novas variedades de milho rico em β-carotenos já foram cultivadas em países da África, com objetivo de combater a deficiência de vitamina A na população local (HARJES et al., 2008).

Desse modo, para que o melhoramento genético seja direcionado ao benefício da saúde humana, é necessário compreender onde o mesmo pode atuar. Além disso, deve-se compreender as possíveis consequências do melhoramento genético vegetal no milho-pipoca. A possibilidade de que o melhoramento genético influencia diretamente na composição nutricional do milho e nas características físicas e sensoriais da pipoca gerou o presente estudo, que traçou os perfis nutricional, bioativo, físico e sensorial dos genótipos fornecidos pelo

programa de melhoramento genético do milho-pipoca conduzido pela UENF, de modo a compreender os impactos do melhoramento nesses perfis e fornecer dados aos melhoristas, norteando-os para a produção de genótipos mais favoráveis ao consumo e saúde humana – atrelando tais benefícios a um alto rendimento dos milhos-pipoca e aceitação sensorial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Origem e importância socioeconômica do milho-pipoca

Grande parte das plantas domesticadas se originaram em um breve período da história humana, cerca de 9 mil anos atrás. Presente nesse contexto, o milho (*Zea mays L.*) é considerado, em muitos estudos, o produto de apenas uma domesticação com subsequente diversificação, e sua origem é ligada ao sudeste do México, a partir do progenitor teosinte (*Zea mays ssp. parviglumis*) (KISTLER et al., 2018). A origem do milho-pipoca (*Zea mays L. var. everta*), apesar de incerta, é também atrelada a essa espécie – já que a mesma possui capacidade de ser estourada a semelhança do milho-pipoca moderno e teoriza-se, também, que os primeiros materiais de milho utilizados pelo homem teriam endosperma expansível (MAGNAVACA; PARENTONI, 1990).

O milho-pipoca apresenta algumas características que o diferenciam do milho comum em aspectos físicos e agronômicos. Fisicamente, a semente do milho-pipoca se destaca por possuir um menor diâmetro e casca mais dura que a semente do milho comum e, ao ser submetido a uma fonte qualquer de calor, apresenta capacidade de estourar – podendo expandir até mais de 40 vezes em relação ao volume inicial dos grãos, originando a pipoca. O pericarpo rígido e o espaçamento entre os grânulos de amido no interior do grão conferem a capacidade de expansão ao endosperma dos grãos de milho-pipoca. As plantas também apresentam diferenças notáveis, já que as plantas de milho-pipoca geralmente são mais delicadas, de menor altura e menor número de folhas em relação as plantas do milho comum. No aspecto agronômico, ambos os milhos apresentam mesma época de plantio, no entanto, necessitam de atenção diferente durante o cultivo e a colheita. Para o milho-pipoca, a preservação do

pericarpo é essencial para manter a capacidade de expansão do grão e, nesse sentido, a ocorrência de chuvas em certas épocas do desenvolvimento das sementes são desfavoráveis para a qualidade final das mesmas. Além disso, o cultivo de milho-pipoca exige solos mais bem preparados e geralmente essas sementes apresentam crescimento inicial mais lento em relação as sementes do milho comum (EMBRAPA, 2010).

O Brasil é, atualmente, um dos maiores produtores de milho no mundo. A expectativa da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB - 2022) é que a produção total de milho comum para a safra 2021/22 poderá chegar a 116,19 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 33,4% em relação à safra 2020/21. Tal melhora na produção é explicada, segundo a CONAB, pelo aumento da área de plantio e pelo melhor desenvolvimento do ciclos das lavouras. Além disso, a projeção para exportação de milho para 2022 subiu, passando de 37 para 38 milhões de toneladas.

Devido à produção de milho-pipoca representar um segmento do setor de produção do milho, são poucos os dados precisos para produção ou consumo de pipoca no país. Os órgãos públicos não isolam as informações desse tipo de pipoca das informações da pipoca comum. A informação disponível tem sido veiculada através da mídia, estimada por empresários do setor (KIST; CARVALHO; BELING, 2019). No entanto, de acordo com Santos e Colaboradores (2020), houve uma importante mudança no mercado nacional de milho-pipoca. Tal mudança pode ser atribuída, principalmente, a dois fatores: o primeiro diz respeito ao aumento de parcerias entre produtores e empresas empacotadoras do grão, já que esse fato incentivou um aumento no número de produtores desse grão no país; o segundo fator relaciona-se ao aumento da produção do milho-pipoca e ao melhoramento genético da cultura, o que permite a oferta de materiais mais adaptados.

Os dados de produção nacional de cultivares de milho também são poucos. Segundo Catão e Caixeta (2020), a disponibilidade de híbridos de milho-pipoca (*Zea mays L. var everta (Sturtev.) L. H. Bailey*) no país ainda é escassa, gerando a necessidade de importação de volumes significativos desse tipo de grão. No

entanto, a produção está crescendo e isso se deve, em parte, à seleção, ao desenvolvimento e à adaptação de cultivares importados às condições climáticas do país (CATÃO; CAIXETA, 2017).

O crescimento da produção e do consumo de milho-pipoca tornam ainda mais relevantes estudos que relacionam a composição desse produto aos benefícios que o mesmo pode fornecer a saúde de quem o consome.

2.2 Composição nutricional e propriedade bioativa do milho

O milho é uma importante fonte de nutrientes com excelente potencial funcional. A presença de compostos bioativos, óleos e amido fazem com que esse alimento seja associado a uma série de benefícios à saúde. Os compostos bioativos são potencialmente capazes de reduzir risco de desenvolvimento de algumas doenças crônicas, como câncer e doenças cardiovasculares (LIU, 2004; SHAH; PRASAD; KUMAR, 2015; BHANDARI et al., 2020). Uma colher de sopa de óleo de milho é capaz de satisfazer a necessidade diária de ácidos graxos essenciais de uma criança ou adulto saudável; enquanto que o amido resistente do milho, presente em um tipo especial de milho chamado high-maize, reduz risco de desenvolvimento de câncer de cólon, aterosclerose, diabetes tipo II, obesidade e problemas cardiovasculares (JIANG et al., 2010). Desse modo, o consumo diário de milho é recomendado, podendo o mesmo ser inserido em variados tipos de dietas (SHAH; PRASAD; KUMAR, 2015).

A semente do milho compõe a parte comestível da planta e possui uma composição rica e nutritiva. Apesar de algumas diferenças, os grãos de milho comum e de milho-pipoca possuem teores próximos de diversos compostos, conforme demonstra tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Composição do grão de milho (por 100 gramas).

NUTRIENTE	MILHO COMUM	MILHO-PIPOCA
Umidade	10,23 ± 0,54 g	11,57 a 15 g
Cinzas	2,33 ± 1,33 g	1,43 g
Lipídios	4,57 ± 0,12 g	3,14 g
Proteínas	8,84 ± 0,35 g	10,68 g
Carboidratos	71,88 ± 1,50 g	75,05 a 77,50 g
Amido Total	59,35 ± 0,83 g	-
Alumínio	2,82 ± 0,16 mg	-
Cálcio	8,91 ± 0,61 mg	0,45 mg
Cobre	0,45 ± 0,23 mg	-
Ferro	2,49 ± 0,32 mg	0,22 mg
Magnésio	145,00 ± 12,40 mg	279,86 mg
Manganês	0,71 ± 0,08 mg	-
Fósforo	279,00 ± 35,30 mg	143,55 mg
Potássio	291,00 ± 27,70 mg	87,17 mg
Sódio	4,44 ± 0,18 mg	1,15 mg
Zinco	2,27 ± 0,23 mg	0,39 mg

Fonte: (IJAROTIMI OS, 2012; PEREIRA et al., 2014; SHAH; PRASAD; KUMAR, 2015; GÓIS; HOJO; AGUIAR, 2017; LONGVAH et al., 2017). Dados adaptado.

De acordo com tabela 1, estão presentes no milho comum e no milho-pipoca macro e microminerais que são importantes na manutenção da saúde humana. Macrominerais são os minerais cuja ingestão diária recomendada para um adulto saudável é superior a 100 miligramas; e, microminerais são os minerais cuja ingestão diária recomendada nas mesmas condições é inferior a 100 miligramas (NESPOLO *el. al*., 2015). Dos macrominerais presentes no milho o potássio recebe destaque, pois se apresenta em quantidade significativa e é um composto geralmente em falta na dieta humana (SHAH; PRASAD; KUMAR, 2015). Dentre os microminerais destaca-se o ferro, presente tanto no milho comum quanto no milho-pipoca de acordo com a tabela 1, que é um composto essencial para uma série de processos vitais no corpo humano. A deficiência desse mineral é uma das principais causas de anemia no mundo (ABBASPOUR; HURRELL; KELISHADI, 2014).

Além dos macro e micronutrientes, vários compostos bioativos – que possuem propriedades associadas à promoção da saúde e prevenção de doenças – são também reportados no milho (SINGH; SINGH; SHEVKANI, 2019). Os compostos fenólicos são a forma mais comum de bioativos no milho, estando presentes nas formas solúvel conjugada, solúvel não-conjugada ou insolúvel ligada. Os principais compostos fenólicos são flavonoides e ácidos fenólicos, cujo primeiro se apresenta em teores mais elevados no milho. Uma função significativa dos flavonoides, porém não exclusiva desses, é atribuir forte coloração aos alimentos nos quais estão presentes. Além disso, os flavonoides – junto aos compostos fenólicos em geral – estão ligados a diversos benefícios à saúde. Atribui-se a esses compostos fenólicos do milho atividade antioxidante e antirradical, atividade anticancerígena, atividade metabólica, inibição de enzimas e até mesmo efeito antidiabético. Tais efeitos já foram demonstrados principalmente por estudos *in vitro* (NILE; PARK, 2014).

Diferentes países têm se esforçado no desenvolvimento de novas variedades de milho rico em carotenoides, a fim de aumentar os benefícios que o consumo do grão pode trazer à saúde. Novas variedades de milho rico em β-carotenoides já foram cultivadas em países da África, com objetivo de combater a deficiência de vitamina A na população (HARJES et al., 2008).

2.3 Milho-pipoca geneticamente melhorado

O milho possui um conjunto de características como alogamia (necessidade de fecundação cruzada), protandria (abertura dos compartimentos responsáveis pela dispersão de grãos de pólen antes da liberação do estilo-estigma – responsável por levar grãos de pólen aos óvulos do milho) – que favorece a alogamia – e grande variabilidade genética que, unidas, dão à planta uma excelente oportunidade de melhoramento genético (SHETE et al., 2011).

O melhoramento genético vegetal é um processo lento e que exige controle para herança de caraterísticas desejadas nas plantas geradas. Nesse processo, plantas com características de interesse são intencionalmente selecionadas e cruzadas, de modo que essas características sejam incrementadas. Diferente da modificação genética, o melhoramento não envolve a transferência de

características de interesse agronômico entre espécies diferentes. Ou seja, no melhoramento não ocorre isolamento de genes de organismos vivos para transferi-los às plantas, ocorre apenas o resultado de cruzamentos entre as mesmas (PEREIRA FILHO; BORGHI, 2018).

Variedades de polinização aberta (VPA) são desenvolvidas a partir do cruzamento de milhos crioulos, outros VPA ou híbridos. As plantas são cultivadas de maneira próxima, de modo que possam cruzar-se aleatoriamente no campo, garantindo maior variabilidade genética entre elas (DIAS, 2021). Diferente das variedades, para a ocorrência de híbridos, é necessário que ocorram cruzamentos forçados entre diferentes plantas do milho – que podem ser linhagens, variedades ou até mesmo outros híbridos (MAGNAVACA; PARENTONI, 1990). Em geral, VPA utilizadas por muitos anos pelos agricultores, apresentam menor potencial de rendimento de grãos em relação aos híbridos. Contudo, a conservação das VPA é importante, pois as mesmas constituem fonte de variabilidade genética que pode ser explorada na busca de genes que confiram tolerância a estresses ou resistência a doenças. Além disso, as VPA constituem-se em alternativa ao uso de híbridos, principalmente por agricultores que não possuem capital para adquirir sementes híbridas (BALBINOT JUNIOR et al., 2005).

Existem vantagens e desvantagens para o uso de variedades e de híbridos. Para saber qual desses escolher para uma determinada situação, é necessário levar em consideração diversos aspectos: ciclo e potencial de rendimento dos cultivares, a época de semeadura, nível de investimento financeiro e tecnológico do produtor e o nível de produtividade desejado. As VPA exigem menor investimento tecnológico e tornam o produtor menos dependente de terceiros, sendo uma opção apropriada para colheitas menores. Já em cultivos maiores, com alta produtividade e alto investimento tecnológico, os híbridos podem ser uma escolha mais apropriada (MAGNAVACA; PARENTONI, 1990).

Essa diferença marcante de uso entre variedades e híbridos é explicada através de uma importante característica das plantas: o vigor híbrido. Quando grãos de um híbrido são replantados, é normal que ocorra uma grande perda de

produtividade. Isso se deve à chamada “perda de vigor híbrido” – quando o produto é sempre inferior aos pais. Sem acesso às sementes que produziram tal híbrido, o produtor tem uma grande perda. Por isso tal cultivar é recomendado para colheitas com alto investimento financeiro. Mas tal fato não ocorre nas variedades, já que as sementes dessas podem ser replantadas sem perda de produtividade, tornando-as apropriadas para colheitas menores (MAGNAVACA; PARENTONI, 1990).

Houve, ao longo dos anos, aumento significativo nos rendimentos mundiais da safra de milho. Isso demonstra o sucesso dos melhoristas agrícolas ao aproveitarem o vigor híbrido da planta. Embora o rendimento seja o atributo mais discutido, o vigor híbrido também é uma característica quantitativa de grande importância agronômica, sendo utilizada para identificar pais com base na capacidade de combinação das plantas (WALI *el. al.*, 2010). Nesse sentido, programas de melhoramento genético de milho objetivam incrementar em seus produtos as características de maior importância econômica, mantendo, simultaneamente, suficiente variabilidade genética dos grãos. A produtividade e a qualidade do milho são asseguradas através de avaliação inicial de características específicas, seguida da identificação e seleção apropriada das linhagens parentais mais promissoras disponíveis (JILO et al., 2018).

Desde 1998, o programa de melhoramento genético do milho-pipoca conduzido pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), tem obtido ganhos genéticos expressivos para a cultura de híbridos comerciais de milho-pipoca, principalmente quanto às duas principais características: rendimento e capacidade de expansão dos grãos (FREITAS et al., 2013).

Um dos trabalhos desenvolvidos no programa, publicado por Silva e Colaboradores (2021), explorou a interação entre a comunidade de Campos dos Goytacazes com o grupo de melhoramento de milho-pipoca da UENF. O objetivo foi a promoção e o desenvolvimento da agricultura regional no Norte Fluminense por meio do cultivo de milho-pipoca. Com as cultivares híbridas lançadas pelo grupo junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que foram: UENF-UVV 01, UENF HS 01, UENF HS 02, UENF HS 03, UENF HS 04

e UENF HS 05 – o grupo trabalhou em despertar o interesse de produtores rurais e de consumidores do Norte e Noroeste Fluminense quanto as qualidades das novas cultivares para incentivar o agronegócio e a agricultura familiar.

O programa de melhoramento da UENF ainda não possui estudos publicados focados no aspecto nutricional e bioativo dos híbridos e variedades que possui, de modo que as cultivares híbridas desenvolvidas pelo grupo de melhoramento de milho-pipoca da UENF foram avaliadas no presente trabalho. Mas, estudos fora do programa, avaliaram cultivares de milho nesse aspecto.

Um estudo realizado por Harrigan e Colaboradores (2007) teve como foco traçar a composição de alguns metabólitos de diferentes híbridos de milho. Para ácidos graxos livres e açúcares o estudo concluiu que os teores de tais atributos podem ser afetados pelo melhoramento genético e/ou pela exposição das sementes a estresses. Chegou-se a tal conclusão pois, as variações detectadas nas sementes estavam acima de variações naturais esperadas pelo estudo.

Outro estudo, realizado por Ullah e Colaboradores (2010), sobre a composição nutricional de dez variedades diferentes de milho, mostrou que houve grande variação na composição de proteínas, lipídios e fibras entre as diferentes variedades analisadas e as referências consideradas. Os autores observaram que as variações encontradas nas composições de carboidratos, proteínas, lipídios, cinzas, fibras e umidade podem ser devidas tanto a fatores genéticos das sementes analisadas quanto a fatores ambientais – que possivelmente impactaram de forma direta na composição individual das sementes.

Ambos os estudos demonstram variação na composição dos genótipos melhorados de milho, mesmo entre uma mesma espécie. Porém, mais estudos são necessários para esclarecer o quanto dessas variações podem de fato serem atribuídas ao melhoramento genético ou a fatores externos (como condições ambientais e exposição das plantas a diferentes tipos de estresse).

Os estudos citados atribuíram grande ênfase ao aspecto quantitativo dos constituintes avaliados, não considerando o poder de aceitação mercadológica

dos milhos estudados. O estudo sensorial de produtos desenvolvidos para fins de comercialização também é essencial para o sucesso desses produtos.

2.4 Análise sensorial

A análise sensorial é uma importante ferramenta mercadológica, capaz de medir, entre outros aspectos, a aceitação de produtos pelos clientes. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2017) define a análise sensorial como uma disciplina científica utilizada para medir, analisar e interpretar reações percebidas pelos órgãos dos sentidos às caraterísticas dos alimentos. Utiliza-se os sentidos da visão, olfato, paladar, tato e até mesmo a audição para se avaliar a aceitabilidade mercadológica e a qualidade de um alimento. A característica sensorial a ser avaliada é definida conforme o objetivo da análise. Por exemplo, pode-se avaliar o sabor, a estabilidade, efeito de processamento, efeito de armazenamento, reação e preferência do consumidor, entre outros. Para que o objetivo de cada análise seja alcançado, são elaborados métodos de avaliação diferenciados, visando a obtenção de respostas mais adequadas ao perfil pesquisado do produto (TEIXEIRA, 2009).

Ao obter respostas subjetivas das características sensoriais do produto avaliado, os testes afetivos procuram identificar características sensoriais atribuídas pelos consumidores, gostos e/ou opiniões sobre o produto. Tais testes, podem ter como foco determinar o mercado potencial, a preferência entre dois ou mais produtos ou sua aceitabilidade – registrando as reações do consumidor quanto ao grau de gostar/desgostar a partir de atributos e disposição do mesmo a comprar/pagar (MINIM, 2013).

De modo a detectar, descrever e quantificar atributos sensoriais em alimentos, métodos sensoriais descritivos são adotados. Metodologias simplificadas e de baixo custo que podem ser aplicadas diretamente aos consumidores são de grande interesse mercadológico, pois representam economia de tempo, recursos financeiros e apresentam resultados satisfatórios. A metodologia *Check-All-That-Apply* (CATA) é uma técnica amplamente utilizada para coletar informações sobre a percepção dos consumidores em relação as características sensoriais dos produtos. O formato da questão CATA permite aos consumidores escolher

todos os atributos possíveis para descrever o produto, a partir de uma lista apresentada. Além disso, os descritores podem estar também relacionados ao uso do produto ou ao conceito em que se encaixam. Como as respostas CATA estão diretamente ligadas à percepção dos consumidores das características do produto, essas respostas podem ser utilizadas como dados suplementares, para maximizar a aceitação dos produtos avaliados (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

Estudo realizado por Nobre e Colaboradores (2000) comparou sensorialmente dez marcas comerciais de milho-pipoca utilizando dez provadores não treinados e não fumantes que avaliaram, por meio de teste de preferência, os atributos de textura, sabor e aparência das pipocas de cada marca, além de avaliarem a cor dos grãos antes de pipocados. Ao final dos testes, concluiu-se que apenas quatro marcas de pipoca obtiveram preferência mínima de acordo com escala utilizada e, não houve diferença estatística ($p \geq 0,01$) na preferência dos julgadores entre as outras seis marcas de pipoca. No entanto, as preferências foram baixas e atribuiu-se como uma das causa a esses valores o baixo índice de capacidade de expansão (CE) dos grãos, já que uma baixa CE está associada a menor maciez da pipoca obtida, reduzindo sua preferência sensorial. De acordo com Instrução Normativa n° 61, publicada em dezembro de 2011 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é definido como valor mínimo para a CE do milho-pipoca 30 mL/g e todas as pipocas do estudo apresentaram valores de CE inferiores a tal referência (BRASIL, 2012).

Outro estudo, realizado por Paraginski e Colaboradores (2016), comparou a aceitação de três diferentes tipos de milho-pipoca após pipocagem dos grãos de seis maneiras diferentes (incluindo uso de diferentes meios de aquecimento na presença e na ausência de óleo). O teste de aceitação foi realizado com cinquenta julgadores não treinados, que compararam amostras de acordo com escala hedônica de 1 a 5 (1 para “amostra que gostei menos” e 5 para “amostra que gostei mais”). Concluiu-se que o modo de preparo dos grãos interfere diretamente na aceitação dos julgadores, já que nesse estudo houve diferença estatística ($p \leq 0,05$) para a aceitação dos julgadores entre as pipocas avaliadas.

A pipoca preparada na panela com uso de óleo apresentou as maiores mudanças após expansão e obteve maior aceitação dos avaliadores.

Desse modo, a partir do uso das metodologias de avaliação sensorial descritas, os milhos-pipocas do presente trabalho serão também avaliados sensorialmente após sua pipocagem.

3 REVISÃO EM BANCOS DE PROPRIEDADE INTELECTUAL

De modo a estabelecer o estado da técnica do presente estudo, buscas em bancos de patentes foram realizadas. Utilizou-se como palavras-chave os termos: "*zea mays L."* AND "breeding" AND ("nutritional value" OR "nutrition" OR "composition"). A pesquisa foi realizada nos bancos de dados ESPACENET (European Patent Office), Google Patents, INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) e WIPO (World Intellectual Property Organization).

A plataforma ESPACENET obteve 7.133 resultados, Google Patents obteve 14.001 resultados e WIPO obteve 15 resultados com as palavras-chave pesquisadas. Já o INPI não apresentou nenhum resultado com tais termos. A retirada dos termos "("nutritional value" OR "nutrition" OR "composition")" e a alteração dos termos "*zea mays L.*" para "*zea mays*" e "breeding" para "melhorado" também não retornou nenhum resultado. Ao substituir o termo "*zea mays L.*" por "*zea mays L. var everta*", o número de resultados obtidos em todas as plataformas foi zero.

É possível observar que desde as patentes mais antigas, já havia uma preocupação em manipular a composição do milho através do melhoramento genético. Destacava-se a preocupação em incrementar no milho o teor de alguns aminoácidos essenciais (como lisina e triptofano) – de modo a torná-lo capaz de prover uma dieta mais balanceada. Tal intenção, pode ser demonstradas por patentes como a de Hibberd, Anderson e Baker (1987), na qual é descrito um direcionamento para a produção de novos genótipos ou linhagens vegetais que produzem maior teor de triptofano livre e são resistentes a inibição de enzima específica. A invenção relaciona essas características a expressão de genes específicos nas plantas estudadas. Tal situação também pode ser observada na

patente de Hubbard (1988), onde é descrito um processo para aumento do teor de lisina livre não apenas nas plantas de milho, como também para mantimento desse aumento nos grãos individuais de milho produzido por essas plantas. Esse processo compreende a seleção de plantas que possuem caule resistente a enzima específica e a regeneração das plantas selecionadas. Hubbard e Colaboradores (1991) publicou ainda outra patente, onde apresenta o processo com algumas alterações, para a produção de plantas de milho capazes de gerar grãos com maior teor de lisina livre.

Poucos anos mais tarde, apresentou-se também uma preocupação em incrementar o teor de outros compostos benéficos no milho, como também, em reduzir o teor de compostos não tão benéficos. O milho contém diferentes formas de ácidos graxos. Destaca-se na forma monoinsaturada o ácido oleico e na forma poli-insaturada o ácido linoleico. De posse de tal informação, a patente de Leto e Ulrich (1997) apresentou modelo de obtenção de um milho com teor de ácido oleico incrementado e/ou teor de ácido linoleico reduzido. A obtenção desse resultado se deu a partir do controle dos ambientes onde as plantas de milho foram cultivadas (como controle de exposição ao ar livre e adição de compostos ao solo).

Em patentes mais recentes, é possível observar que os métodos desenvolvidos visam melhorar uma série de características do milho simultaneamente, como é o caso da patente de Brog e Colaboradores (2022), onde é descrito um método de obtenção de plantas de milho com maior produtividade, taxa de crescimento, biomassa, vigor, teor de ácidos graxos, maior teor, qualidade e tamanho de fibras, capacidade fotossintética, eficiência no uso de nitrogênio e maior tolerância à um tipo estresse abiótico – quando se compara as plantas desenvolvidas por esse método as plantas de mesma espécie desenvolvidas sob as mesmas condições ambientais sem o uso do método patenteado. No método descrito, envolve-se não apenas seleção de plantas como a edição de genes.

Notou-se, no estudo da técnica, poucas patentes referentes a métodos de melhoramento genético em relação à modificação genética do milho. Desse modo, apresenta-se uma lacuna para o estudo abordado no presente trabalho.

4 REFERÊNCIAS

ABBASPOUR, N.; HURRELL, R.; KELISHADI, R. Review on iron and its importance for human health. **Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences**, v. 19, n. 2, p. 164, 2014.

ABNT, A. B. DE N. T. **ABNT NBR ISO 5492 - Analise Sensorial: Vocabulario**. [s.l: s.n.].

ALCANTARA, M. DE; FREITAS-SÁ, D. DE G. C. Rapid and versatile sensory descriptive methods - An updating of sensory science. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; CANDIDO, L. S.; VITTORAZZI, C.; PENA, G. F.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R. C.; PEREIRA, M. G..; SCAPIM, C. A.; VIANA, A. P.; CARVALHO, G. F. UENF 14: A new popcorn cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, n. 3, p. 218–220, 2013.

BALBINOT JR, A.; BACKES, R.; ALVES, A.; OGLIARI, J.; FONSECA, J. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 2, 2005.

BHANDARI, D.; RAFIQ, S.; GAT, Y.; GAT, P.; WAGHMARE, R.; KUMAR, V. A Review on Bioactive Peptides: Physiological Functions, Bioavailability and Safety. **International Journal of Peptide Research and Therapeutics**, v. 26, n. 1, p. 139–150, 2020.

BRASIL, Federativa Do. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. BINAGRI - SISLEGIS. v. i, p. 1–10, 2012.

BROG, Y. M.; DANGOOR, I. N.; DAYAN-GLICK, C.; GALON, Y. W.; GOREN, S. Z.; KARCHI, H.; MATARASSO, N.; PORATY-GAVRA, L.; KNOPF, R. R.; SHORESH, M.; VAN-OSS, R.; WEISSHAUS, O. **Methods of increasing specific plants traits by over-expressing polypeptides in a plant.** Patent Australia, 2022.

CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; LOPES, A. M.; NERY-SILVA, F. A.; SÁ JÚNIOR, A. D. Antioxidant activity and physiological performance of popcorn seed after saline stress and analysis of seedling images. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 44, p. 1–9, 2020.

CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F. Physiological, isozyme changes and image analysis of popcorn seeds submitted to low temperatures. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 3, p. 234–243, 2017.

CONAB, C. N. DE A. Safra de grãos deve subir 6,4% em 2022, estima Conab. **EBC. Empresa Brasil de Comunicação**, maio 2022.

DIAS, G. Milho com variedades de polinização aberta têm boa aceitação no mercado. **EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina**, set. 2021.

EMBRAPA. **A CULTURA DO MILHO-PIPOCA**. 1. ed. Brasilia, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

FREITAS, I. L. D. J.; AMARAL JUNIOR, A. T. D.; VIANA, A. P.; PENA, G. F.; CABRAL, P. D. S.; VITTORAZZI, C.; SILVA, T. R. D. C. Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1464–1471, 2013.

GÓIS, A. C.; HOJO, E. T. D.; AGUIAR, C. G. Avaliação da capacidade de expansão de milho pipoca coletados em estabelecimentos comerciais no Oeste do Paraná. p. 59–66, 2017.

HARJES, C. E. et al. Natural genetic variation in lycopene epsilon cyclase tapped for maize biofortification. **Science**, v. 319, n. 5861, p. 330–333, 2008.

HARRIGAN, G. G.; STORK, L. G.; RIORDAN, S. G.; REYNOLDS, T. L.; RIDLEY, W. P.; MASUCCI, J. D.; GLENN, K. C. Impact of genetics and environment on nutritional and metabolite components of maize grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 15, p. 6177–6185, 2007.

HIBBERD, K. A.; ANDERSON, P. C.; BARKER, M. **Tryptophan Overproducer Mutants of Cereal Crops**United States, 1987.

HUBBARD, E. T.; HOLLINGSWORTH, M. D.; RAM, N. V. R.; COOK, J. P. **Process for increasing free pool lysine content in maize**Unietd States, 1991.

HUBBARD, E. T. **Process for increasing free pool lysine content in maize**United States, 1988.

IJAROTIMI OS; OLUWALANA, I. B.; OGUNEDOJUTIMI, M. O. Nutrient composition, functional, sensory and microbial status of popcorn-based. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrivetion and Development**, v. 12, n. 5, p. 6424–6446, 2012.

JIANG, H.; LIO, J.; BLANCO, M.; CAMPBELL, M.; JANE, J. L. Resistant-starch formation in high-amylose maize starch during kernel development. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 58, n. 13, p. 8043–8047, 2010.

JILO, T.; LETA, T.; TECHALE, B.; LEMI, B. Genetic variability, heritability and genetic advance of maize (Zea mays L.) inbred lines for yield and yield related traits in southwestern Ethiopia. **Journal of plant breeding and crop science**, v. 10, n. 10, p. 281–289, 2018.

KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. Anuário Brasileiro do Brazilian Corn Yearbook 2016. 2019.

KISTLER, L.; MAEZUMI, S. Y.; SOUZA, J. G. D.; PRZELOMSKA, N. A.; COSTA, F. M.; SMITH, O.; ALLABY, R. G. Multiproxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America. **Science**, v. 362, n. 6420, p. 1309–1313, 2018.

LETO, K. J.; ULRICH, J. F. **Corn plants and products with improved oil composition.** HungaryIFI CLAIMS Patent Services, , 1997.

LIU, R. H. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. **The Journal of nutrition**, v. 134, n. 12, p. 3479S-3485S, 2004.

LONGVAH, T.; ANANTAN, I.; BHASKARACHARY, K.; VENKAIAH, K. **Indian food composition tables**. [s.l.] National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research Hyderabad, 2017.

MAGNAVACA, R.; PARENTONI, S. N. Cultivares x híbridos: conceitos básicos.

Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE), v. 14, n. 165, p. 5–8, 1990a.

MAGNAVACA, R.; PARENTONI, S. N. Cultivares X Híbridos. **Inf. Agropec. Embrapa**, v. 14, n. 165, p. 5–8, 1990b.

MINIM, V. P. R. Análise sensorial. **Estudos com consumidores. Viçosa: Editora UFV**, v. 3, 2013.

NESPOLO, C. R.; OLIVEIRA; F. A., PINTO, F. S. T.; OLIVERA, F. C. **Práticas em tecnologia de alimentos**. [s.l.] Artmed Editora, 2015.

NILE, S. H.; PARK, S. W. Antioxidant, α-glucosidase and xanthine oxidase inhibitory activity of bioactive compounds from maize (Zea mays L.). **Chemical Biology & Drug Design**, v. 83, n. 1, p. 119–125, 2014.

NOBRE, R. G.; LIBERALINO FILHO, J.; PRAÇA, E. F.; DIAS, N. D. S.; FERREIRA NETO, M. Avaliação da qualidade de diferentes marcas comerciais de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 133–135, 2000.

PARAGINSKI, R. T.; DE SOUZA, N. L.; ALVES, G. H.; ZIEGLER, V.; DE OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Sensory and nutritional evaluation of popcorn kernels with yellow, white and red pericarps expanded in different ways. **Journal of Cereal Science**, v. 69, p. 383–391, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. Sementes de milho no Brasil – A dominância dos transgênicos. **Embrapa Milho e Sorgo**, p. 13, 2018.

PEREIRA, M.; CANEPPELE, C.; SILVA, S. L.; NUNES, J. A.; ORMOND, A. Propriedades físicas de marcas comerciais de milho pipoca: grão e estourada. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2525–2532, 2014.

SANTOS, J. S.; VIVAS, M.; DE SOUZA, Y. P.; JUNIOR, A. T. D. A.; DE ALMEIDA, R. N.; SALUCI, J. C. G.; VIVAS, J. M. S. Resistance of popcorn hybrid (Zea mays) to multiple diseases and correlation between leaf disease intensity and agronomic traits. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 11, p. 1800–1809, 2020.

SHAH, T. R.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Studies on physicochemical and functional characteristics of asparagus bean flour and maize flour. **Conceptual frame work & innovations in agroecology and food sciences**, p. 103–105, 2015.

SHETE, J. M.; PATEL, D. B.; PATEL, M. P.; GAMI, R. A.; PATEL, C. G. Combining ability studies in top cross derivatives of maize (Zea mays L.). **Agricultural Science Digest**, v. 31, n. 1, 2011.

SILVA, R. M. R.; KAMPHORST, S. H.; LAMÊGO, D. L., CARVALHO, C. M.; DA SILVA JÚNIOR, S. B.; FIGUEIREDO, J. S. M.; CRUZ, V. A.; XAVIER, K. B.; LIMA, V. J.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Experiências extensionistas do grupo de melhoramento de milho-pipoca da UENF: Interagindo com a comunidade de Campos dos Goytacazes. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e41610716711–e41610716711, 2021.

SINGH, N.; SINGH, S.; SHEVKANI, K. Maize: Composition, bioactive constituents, and unleavened bread. In: **Flour and breads and their fortification in health and disease prevention**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 111–121.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12–21, 2009.

ULLAH, I.; ALI, M.; FAROOQI, A. Chemical and nutritional properties of some maize (Zea mays L.) varieties grown in NWFP, Pakistan. **Pakistan journal of Nutrition**, v. 9, n. 11, p. 1113–1117, 2010.

WALI, M.; KACHAPUR, R. M.; CHANDRASHEKHAR, C. P.; KULKARNI, V. R.; NAVADAGI, S. D. Gene action and combining ability studies in single cross hybrids of maize (Zea mays L.). **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 23, n. 4, p. 557–562, 2010.

CAPÍTULO 1: PROPRIEDADES NUTRICIONAL, BIOATIVA E FÍSICA DE GRÃOS E CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE PIPOCAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE POLINIZAÇÃO ABERTA

5.1 INTRODUÇÃO

Apesar de bastante apreciado no Brasil, o milho-pipoca ainda tem seu cultivo restringido a pequenas áreas e, uma boa parte da pipoca encontrada no mercado, ainda é importada. Uma das principais causas desse cenário é a pouca oferta de cultivares de alta qualidade (PEREIRA FILHO et al., 2019). No entanto, dois fatores principais tem proporcionado uma importante mudança nesse cenário nacional: 1) aumento de parcerias entre produtores e empresas empacotadoras do grão, já que esse fato incentiva um aumento no número de produtores desse grão no país; 2) aumento da produção do milho e do melhoramento genético da cultura, o que permite a oferta de materiais mais adaptados (SANTOS et al., 2020).

Nesse sentido, programas de melhoramento genético focados em desenvolver novos híbridos e variedades de milho-pipoca (*Zea mays L. var. everta (Sturtev.) L. H. Bailey*) com alto potencial agronômico são pontos chaves para incentivar o subsetor de cultivo desse grão (AMARAL JÚNIOR et al., 2013). Existem vantagens e desvantagens para o uso de variedades e de híbridos. Para saber qual desses escolher para uma determinada situação, é necessário levar em consideração diversos aspectos, como disponibilidade de recursos financeiros e de alto investimento tecnológico (MAGNAVACA; PARENTONI, 1990).

O uso de variedades de polinização aberta (VPA) de milho representa uma alternativa viável para a realidade de pequenos agricultores, quando comparadas aos híbridos. Isso ocorre, pois, os híbridos exigem maior investimento em relação a tecnologia, utilização de nutrientes e condições de acidez e umidade do solo – de tal modo que a maior parte dos pequenos agricultores não dispõem dos recursos financeiros necessários para aplicar a tecnologia exigida para explorar o potencial genético dos híbridos. Assim, a utilização de VPA possibilita a esses pequenos produtores a obtenção de maior remuneração em sua atividade produtiva (DÁVALOS; VOGT, 2010).

Ainda que a maior porção do milho seja composta de carboidratos e proteínas, existem nesse alimento diversas outras substâncias de interesse para a saúde humana, como compostos de atividade antioxidante, anticancerígena e anti-inflamatória, que podem ser explorados (REICHERT JR. et al., 2020). Desse modo, o aumento da preocupação com doenças como diabetes, obesidade, doenças cardiovasculares e outras síndromes metabólicas têm incentivado estudos para o desenvolvimento de novas variedades de milho-pipoca com propriedades nutricionais e funcionais incrementadas (AI; JANE, 2016).

O programa de melhoramento genético vegetal da Universidade do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) obteve um importante ganho ao gerar uma variedade, UENF-14, obtida após diversos ciclos de seleção (AMARAL JÚNIOR et al., 2013). No entanto, não houve estudos focados em avaliar as propriedades nutritiva, bioativa e sensorial dos genótipos obtidos pelo programa de melhoramento genético.

Nesse cenário, o objetivo do presente estudo foi determinar as propriedades centesimal, bioativa e física dos grãos e determinar as características sensoriais das pipocas das variedades de milho-pipoca recebidas pelo programa, intencionando fornecer dados relevantes aos melhoristas para auxiliar no direcionamento do melhoramento genético dessas variedades, visando não apenas maior produtividade e menor custo, como também maior aceitação e benefício ao consumo humano.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Material vegetal

Amostras de 16 variedades de polinização aberta (VPA) de milho-pipoca, de diferentes ciclos de seleção, foram cedidas pelo Doutor Antônio Teixeira do Amaral Júnior e Doutor Samuel Henrique Kamphorst, do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), no ano de 2020, conforme discriminado na tabela 2.

Tabela 2 - Denominação, ciclo, local de cultivo e instituição de origem das VPA, fornecidas pela UENF.

DENOMINAÇÃO DA VPA	CICLO	LOCAL DE CULTIVO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
BARAO DE VICOSA	Ciclo único	Viçosa/MG	UFV
BOYA 462	Ciclo único	Colômbia	CIMMYT
BOZM 260	Ciclo único	Bolívia	CIMMYT
PARA 172	Ciclo único	Paraguai	CIMMYT
POPSINT	Ciclo único	População sintética	–
URUG 298	Ciclo único	Uruguai	CIMMYT
UNB2-C0	Ciclo zero	Campos/RJ	UNB
UNB2-C1	1° ciclo	Campos/RJ	UNB
UNB2-C2	2° ciclo	Campos/RJ	UNB
UNB2-C3	3° ciclo	Campos/RJ	UNB
UNB2-C4	4° ciclo	Campos/RJ	UNB
UNB2-C5	5°ciclo	Campos/RJ	UNB
*UNB2-C7	7° ciclo	Campos/RJ	UNB
UNB2-C8	8° ciclo	Campos/RJ	UNB
UNB2-C9	9° ciclo	Campos/RJ	UNB
UNB2-C10	10° ciclo	Campos/RJ	UNB

UFV = Universidade Federal de Viçosa; CIMMYT = International Maize and Wheat Improvement Center (localizado no México); UNB = Universidade de Brasília. *Amostra UNB2-C6 não foi recebida.

5.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em duas etapas distintas:

A 1ª etapa foi realizada com os grãos de milho-pipoca *in natura* seguindo um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) considerando 7 parcelas (6 variedades de ciclo único e 1 variedade de ciclo zero) avaliadas em 3 repetições, totalizando assim 21 unidades experimentais. As 10 variedades de diferentes ciclos de seleção também foram avaliadas em 3 repetições, mas de forma distinta, por serem variáveis independentes quantitativas, totalizando 30 unidades experimentais. Todas as variedades foram avaliadas em relação à composição nutricional, teor de amilose e de amilopectina, compostos fenólicos, atividade antioxidante e cor instrumental.

A 2ª etapa foi realizada com os grãos após submetê-los ao processo de expansão. O milho-pipoca foi então avaliado em relação à capacidade de expansão e rendimento seguindo um DIC com 3 repetições, da mesma forma anterior, considerando as variáveis independentes qualitativas (variedades de ciclo único e 1 variedade de ciclo zero) e quantitativas (diferentes ciclos de seleção).

Nessa 2ª etapa os milhos-pipoca foram avaliados sensorialmente por meio dos testes de grupo de foco e aceitação associado ao *Check-All-That-Apply* (CATA), seguindo um Delineamento em Blocos Casualizados Incompletos, no qual cada avaliador foi considerado um bloco, como descrito em maiores detalhes no tópico 5.2.7.2 Para obtenção da pipoca, os grãos de milho foram estourados em pipoqueira elétrica Mondial® PopFlix, sem o uso de óleo, por cerca de 10 minutos.

5.2.3 Determinação da composição centesimal

O teor de umidade foi determinado a partir do método de secagem em estufa a 105℃ até obtenção de peso constante; para determinação de cinzas utilizou-se metodologia de incineração em mufla a 550℃; na determinação de lipídios totais utilizou-se extração pelo método de Goldfish; para determinação de proteínas utilizou-se método de Kjeldahl seguido da conversão do resultado em proteína bruta, utilizando fator de conversão de 5,75 – referente aos cereais; e, o teor de carboidratos foi obtido por diferença (AOAC, 2002). Já o valor calórico total determinou-se aplicando os valores de conversão de Atwater, que considera 1

grama de carboidratos equivalente a 4 kcal, assim como proteínas, enquanto 1 grama de lipídios corresponde a 9 kcal (MERRILL; WATT, 1955).

5.2.4 Determinação do teor de amilose e de amilopectina

Os teores de amilose e de amilopectina foram determinados através do método colorimétrico do iodo. Após trituração, pesou-se 0,1 grama de grãos de milho que foram dissolvidos em dimetilsulfóxido sob aquecimento por 15 minutos em banho-maria a 85 °C. Após dissolução dos grãos, transferiu-se a solução formada para balão volumétrico de 25 mL e completou-se seu volume com água deionizada. Quando houve leve turbidez na mistura, a mesma foi gentilmente aquecida com 10 mL de água e resfriada rapidamente antes da próxima etapa. Uma alíquota de 1 mL dessa solução foi posteriormente diluída com 40 mL de água deionizada, 2,5 mL de solução de iodo 0,0025 $mol.L^{-1}$ e 2,5 mL solução de iodeto de potássio 0,0065 $mol.L^{-1}$. Em seguida, leu-se a absorbância a 600 nm da mistura formada em espectrofotômetro UV-Vis (MCGRANCE; CORNELL; RIX, 1998).

Uma curva analítica padrão com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9872 foi plotada para as amostras (equação 1). Para gerar os pontos da curva, utilizou-se amido de milho Yoki® (27,8% amilose), amido de milho ceroso waxy maize 3Vs Nutrition® (1,8% amilose) e mistura entre ambos os produtos, gerando curva com concentrações de amilose de 0,05 a 0,70 $mg.mL^{-1}$ de solução preparada. A mesma leitura foi feita para os brancos da análise. A porcentagem de amilose foi determinada de acordo com a equação 1 e de amilopectina subtraindo-se de 100 o valor obtido para amilose, conforme equação 2 (MCGRANCE; CORNELL; RIX, 1998; WEBER; COLLARES-QUEIROZ; KIL CHANG, 2009).

$$\text{Teor de amilose (\%)} = \left(\frac{\text{Absorbância-0,0199}}{0,4511}\right) \qquad \text{(EQUAÇÃO 1)}$$

$$\text{Teor de amilopectina (\%)} = 100 - \text{teor de amilose} \qquad \text{(EQUAÇÃO 2)}$$

5.2.5 Determinação da composição bioativa

5.2.5.1 Preparo do Extrato

Pesou-se um grama de amostra, que foi colocada em tubo plástico coberto por papel alumínio. Em seguida, adicionou-se 10 mL de metanol 60% sob agitação manual e constante até completa solubilização. Levou-se a mistura obtida até a centrífuga a 3500 rpm por 10 minutos e, em seguida, o sobrenadante foi coletado em tubo Falcon de 50 mL, cujo volume foi completado até 15 mL com água deionizada (KREPSKY et al., 2012). Os procedimentos descritos foram realizados no escuro e os extratos foram acondicionados sob refrigeração e ao abrigo de luz até a realização das análises.

5.2.5.2 Determinação do teor de compostos fenólicos

Para determinação de compostos fenólicos, foram pipetados 20 µL de cada extrato em microplaca e 80 µL de reagente de Folin Ciocalteu 20%. Após 4 minutos, adicionou-se 100 µL de Carbonato de Sódio 7,5%. Após 2 horas, leu-se a absorbância a 765 nm em espectrofotômetro SpectraMax® 190. A análise do branco foi realizada com água substituindo o extrato (LUO et al., 2018; AOURABI; SFAIRA; MAHJOUBI, 2020). Utilizou-se uma curva analítica de ácido gálico (0,625 – 15 µg.mL^{-1}), com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9821, para expressar os resultados em miligramas equivalentes de ácido gálico por grama de amostra, conforme equação 3.

$$\text{Teor de fenólicos}_{\text{eq. ác. gálico/g}} = \left(\frac{\text{Absorbância}+0{,}0614}{0{,}2393}\right) \quad \text{(EQUAÇÃO 3)}$$

5.2.5.3 Determinação da atividade antioxidante

Para determinação da atividade antioxidante, utilizou-se dois métodos: o método colorimétrico DPPH e o método do radical ABTS.

5.2.5.3.1 Método DPPH

No método colorimétrico de sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), foram pipetados 20 µL de cada extrato em microplaca adicionados de 280 µL de solução contendo o radical DPPH. Após 60 minutos de incubação ao abrigo de luz, realizou-se a leitura em espectrofotômetro SpectraMax® 190 a 517 nm. A análise do branco foi realizada com metanol 60% (LUO *el. al.*, 2018). Os

resultados foram expressos por meio da atividade de eliminação do radical (I), que foi calculado de acordo com equação 4 (SCHERER; GODOY, 2009; YANG; ZHAI, 2010).

$$I\ (\%) = \frac{[(\text{Abs branco} - \text{Abs amostra}) \cdot 100]}{\text{Abs branco}} \qquad \text{(EQUAÇÃO 4)}$$

Onde:
Abs branco = absorbância do branco (em nm);
Abs amostra = absorbância da amostra (em nm).

5.2.5.3.2 Método ABTS

No método de sequestro do radical ABTS•+ [ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)], 30 µL de cada extrato foram pipetados em uma microplaca e adicionados de 270 µL de solução contendo o radical ABTS. Após 6 minutos de incubação ao abrigo de luz, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro SpectraMax® 190 a 734 nm. A análise do branco foi realizada com metanol 60% e os resultados foram expressos por meio da atividade de eliminação do radical (I), que foi calculado de acordo com equação 4 demonstrada anteriormente (SCHERER; GODOY, 2009; STRATIL; KLEJDUS; KUBÁŇ, 2006).

5.2.6 Determinação das características físicas dos grãos e das pipocas de milho-pipoca

5.2.6.1 Determinação da cor instrumental

A determinação de cor dos grãos *in natura* foi realizada utilizando-se um colorímetro triestímulo trabalhando com D_{65} (luz do dia, 6.500 K) a partir de leitura direta das amostras. Registrou-se os valores da reflectância das coordenadas de cromaticidade L* (luminosidade), a* (tonalidades de vermelho a verde) e b* (tonalidades do amarelo para o azul), empregando-se a escala correspondente a marca do colorímetro (HUNTER LAB, 2012; PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013).

Após leitura das coordenadas de cromaticidade, calculou-se o valor de chroma (C*) (equação 5) e o ângulo Hue (H*) (equação 6) onde croma indica o nível de saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo Hue indica a cor observável – considerando as coordenadas “a” e “b” (MABASSO et al., 2019).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2+(b^*)^2} \qquad \text{(EQUAÇÃO 5)}$$

$$H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \qquad \text{(EQUAÇÃO 6)}$$

5.2.6.2 Determinação da capacidade de expansão e rendimento

Para obtenção da capacidade de expansão (CE) dos grãos de milho-pipoca, primeiramente pesou-se os grãos que correspondessem ao volume de 30 mL, medidos em proveta de 100 mL, e, em seguida, estes foram pipocados e as pipocas obtidas foram avolumadas em proveta de 1000 mL. A relação entre a massa de 30 mL de grãos e o volume da pipoca obtida representa o índice da CE dos grãos (SAWAZAKI; MORAIS; LAGO, 1986). O rendimento das pipocas foi obtido a partir da relação entre a massa inicial dos grãos e a massa de piruá obtida após pipocagem, conforme Matta e Viana (2001).

5.2.7 Análise sensorial da pipoca

Os testes sensoriais foram conduzidos no Laboratório de Técnica Dietética da Universidade Vila Velha e iniciaram após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UVV, Brasil, sob parecer nº 5.419.861 (anexo I).

5.2.7.1 Grupo de foco

Para obtenção dos descritores sensoriais das pipocas, foi realizada uma sessão de grupo de foco, com duração de aproximadamente 30 minutos, em que 7 avaliadores não treinados forneceram os aspectos sensoriais mais relevantes (em relação a aparência, aroma, textura e sabor) das pipocas em estudo (AGUIAR et al., 2020). Foram levantados os principais termos utilizados para descrever as pipocas e ainda, os adjetivos que condizem com as emoções. A sessão, que foi gravada, foi conduzida por moderador e auxiliares que

transcreveram as falas dos participantes, a fim de obter informações mais detalhadas sobre as pipocas avaliadas.

Antes de iniciar a sessão, os participantes foram convidados a preencher um questionário com informações socioeconômicas e relacionadas ao consumo de pipoca (anexo II). Posteriormente, puderam provar as amostras. Foi seguido um roteiro de perguntas (anexo III) para facilitar condução da sessão.

Após realização da sessão e análise das informações por meio da leitura das respostas transcritas e da escuta das gravações, foi confeccionada uma lista contendo 20 termos que melhor caracterizaram os produtos em estudo em relação a percepções, sentimentos ou emoções despertadas nos participantes/consumidores, os quais foram utilizados para compor a lista CATA (MEYNERS; GMBH; CASTURA, 2014) acrescentada na ficha de avaliação do teste de aceitação (figura 1), permitindo maiores inferências às avaliações realizadas pelos consumidores quanto ao gostar ou desgostar das pipocas (SANCIO et al., 2022).

Nome:_____

Data: ___/___/___

Por favor, prove as amostras e indique a opção que melhor reflete o seu julgamento.

Código da amostra: _____

9- ( ) Gostei extremamente	4- ( ) Desgostei ligeiramente
8- ( ) Gostei muito	3- ( ) Desgostei moderadamente
7- ( ) Gostei moderadamente	2- ( ) Desgostei muito
6- ( ) Gostei ligeiramente	1- ( ) Desgostei extremamente
5- ( ) Indiferente	

Marque com um "X" as características que contribuíram para sua avaliação acima. Pode marcar quantas alternativas desejar.

( ) Cor branca	( ) Murcha	( ) Sabor de pipoca	( ) Sem cheiro
( ) Cor amarela	( ) Crocante	( ) Sabor residual	( ) Cheiro agradável
( ) Grande	( ) Macia	( ) Sem sabor	( ) Aparência desagradável
( ) Pequena	( ) Dura	( ) Sabor intenso	( ) Aparência agradável
( ) Saudável	( ) Lembra isopor	( ) Presença de casca	( ) Lembrança afetiva

Figura 1 - Ficha de avaliação do teste de aceitação associado ao CATA.

5.2.7.2 Teste de aceitação associado ao CATA

Realizou-se a análise sensorial seguindo o delineamento de blocos incompletos balanceados (COCHRAN; COX, 1981) para os 16 tipos de milho-pipoca, com os parâmetros descritos na tabela 3 e o delineamento descrito na tabela 4, respectivamente a seguir.

Tabela 3 - Parâmetros do delineamento de blocos incompletos.

Símbolo	Significado	Valor
t	Número de tratamentos	16
k	Número de unidades por bloco por consumidor	4
r	Número de repetições	1
b	Número de blocos	4
λ	Número de vezes que um par de tratamentos é testado junto	1

Tabela 4 - Delineamento em blocos incompletos e balanceados, considerando dados da tabela 3.

PIPOCA	BLOCO			
	1	2	3	4
1	X			
2	X			
3		X		
4	X			
5	X			
6		X		
7			X	
8		X		
9		X		
10			X	
11			X	
12				X
13			X	
14				X
15				X
16				X

As amostras de pipoca preparadas foram colocadas em pratos e mantidas cobertas com papel toalha até o momento da avaliação.

A análise foi realizada por 120 julgadores não treinados (30 avaliações por amostra), de ambos os sexos, consumidores do produto, recrutados entre acadêmicos, funcionários e professores da Universidade Vila Velha (UVV), dispostos a participarem da avaliação. A avaliação sensorial foi realizada em cabines individuais. Durante as sessões, 4 variedades de pipoca foram servidas em copos descartáveis, em ordem equilibrada e aleatória, seguindo o delineamento proposto.

Os consumidores receberam fichas de avaliação para cada amostra para registrar sua aceitação pelo produto. A aceitabilidade sensorial das pipocas em relação à impressão geral foi avaliada usando uma escala hedônica de nove pontos (1 = desgostei extremamente a 9 = gostei extremamente) (CHAVES, 1980; STONE; SIDEL, 2004).

5.2.8 Análise estatística

Os resultados foram avaliados quanto à sua normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para resultados não normais, a análise foi conduzida por meio do teste de Kruskal-Wallis e, quando houve diferença estatística, os dados qualitativos foram avaliados pelo teste Dunn. Para resultados normais, realizou-se a análise de variância (ANOVA) e, em caso de diferença estatística dos dados qualitativos, os mesmos foram comparados pelo teste Duncan.

Para os dados quantitativos foram ajustados modelos de regressão linear ou quadrático para explicar o comportamento da variável dependente analisada em função dos ciclos de seleção. Para todos os testes realizados foi adotado o nível de 5% de probabilidade.

Todos os resultados foram analisados por meio do programa estatístico Statistical Analysis System (SAS University Studio Online, Cary, North Carolina), versão online.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Composição centesimal

A análise da composição centesimal dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero apresentaram normalidade (p>0,05) para todos os constituintes. Logo, realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 5 e 6 a seguir.

Tabela 5 - Resumo ANOVA para as análises de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

Constituinte	FV	GL	QM	p(F)
Umidade	Variedades	6	1,5087	0,0004*
	Erro	11	0,1355	
Cinzas	Variedades	6	0,0401	0,0164*
	Erro	9	0,0081	
Lipídios	Variedades	6	0,6821	0,8687^{ns}
	Erro	11	1,7362	
Proteínas	Variedades	6	3,5105	0,0434*
	Erro	7	0,8554	
Carboidratos	Variedades	6	8,0303	0,3013^{ns}
	Erro	11	5,7864	
VCT	Variedades	6	10,2087	0,7628^{ns}
	Erro	10	18,6818	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 6 - Médias dos constituintes umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

GENÓTIPO	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	CHO (%)	VCT (kcal/100g)
BARÃO	11,59±0,26^{a}	1,49±0,12^{b}	3,92±1,74^{a}	9,25±0,47^{a}	73,56±2,41^{a}	367,26±7,83^{a}
BOYA 462	9,69±0,63^{b}	1,88±0,01^{a}	2,56±0,40^{a}	8,88±0,86^{a}	76,98±1,90^{a}	366,56±0,54^{a}
BOZM 260	10,22±0,28^{b}	1,60±0,06^{b}	3,18±0,97^{a}	8,47±1,80^{a}	76,52±0,60^{a}	368,62±3,97^{a}
PARA 172	10,07±0,43^{b}	1,55±0,07^{b}	3,22±0,17^{a}	8,22±0,28^{a}	76,68±0,65^{a}	369,74±2,78^{a}
POPSINT	11,39±0,42^{a}	1,49±0,06^{b}	3,63±0,22^{a}	8,98±0,00^{a}	77,78±5,32^{a}	366,65±0,82^{a}
URUG 298	9,95±0,32^{b}	1,67±0,16^{b}	3,59±2,36^{a}	8,21±0,75^{a}	76,64±1,68^{a}	364,33±4,14^{a}
UNB2-C0	11,11±0,24^{a}	1,53±0,06^{b}	4,16±0,56^{a}	5,26±0,77^{b}	79,01±2,57^{a}	370,26±2,71^{a}

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Pode-se observar que existe variação de alguns nutrientes da composição centesimal entre as VPA analisadas. Detectou-se diferença estatística ($p \leq 0,05$) para umidade, cinzas e proteínas.

A umidade das variedades BARÃO DE VICOSA, POPSINT e UNB2-C0 não apresentam diferença estatística entre si e são os maiores teores dentre as amostras comparadas. O teor dessas amostras variou de 11,11 a 11,59%. Já as amostras BOYA 462, BOZM 260, PARA 172 e URUG 298 – que também são estatisticamente semelhantes entre si ($p > 0,05$) – apresentam os menores teores, variando de 9,69 a 10,22%. O teor de umidade do milho-pipoca comercial apresenta leve variação entre diferentes autores. Estudo de Pereira e Colaboradores (2014) encontrou uma média de umidade de 12,25% considerando 5 marcas comerciais distintas. Já estudo de Góis e Colaboradores (2017) encontrou uma média de 14,75% de umidade, considerado 4 marcas comerciais de milho-pipoca. Levando em consideração ambos os estudos, os teores encontrados para as VPA analisadas estão abaixo do esperado. Tal resultado pode ser explicado por diversos fatores que podem influenciar diretamente na umidade do milho, como condições de plantio, período de realização da colheita e armazenamento inadequado (SAWAZAKI, 2008), com utilização de embalagens que permitam absorção de umidade do meio e/ou perda de umidade para o meio.

A umidade é um dos parâmetros que impactam diretamente na CE dos grãos de milho-pipoca. Isso ocorre, pois, a presença de água no interior do grão permite que o mesmo se expanda ao ser submetido a uma fonte de calor com temperatura suficiente para iniciar o processo de estouro. Quantidade insuficiente de água impede expansão máxima do grão, enquanto excesso de água pode causar problemas no armazenamento do mesmo, tornando-o propício ao acúmulo de fungos e, posteriormente, impedindo expansão adequada do mesmo. A umidade ideal para máxima expansão dos grãos varia de acordo com o medidor de umidade, o cultivar e se os grãos foram reidratados. Nos trabalhos de melhoramento, avalia-se que umidade ideal se encontra entre 13 e 14% para grãos após secagem, podendo chegar a 15% considerando grãos que passaram por reidratação (SAWAZAKI, 2008). Outro estudo, no entanto, encontrou que

teores de umidade situados entre 10,2 e 13,4% seriam os mais adequados para obtenção do índice máximo de capacidade de expansão (KRUG; CONAGIN; JUNQUEIRA, 1996). Considerando esse último estudo, apenas as pipocas BOYA 462, 260, PARA 172 e URUG 298 estariam abaixo do teor de umidade ideal para uma boa CE.

Para cinzas, apenas a variedade BOYA 462 diferiu ($p \leq 0,05$) das outras, apresentando essa o maior teor de cinzas entre as amostras comparadas, cujos teores variaram de 1,49 a 1,88%. Tal intervalo de valores se encontra dentro do esperado para o milho comum (2,33 ± 1,33 g), no entanto, está acima do valor declarado em literatura para milho-pipoca (IJAROTIMI OS, 2012). Define-se teor de cinzas como a quantidade de material mineral (resíduo não combustível) presente na amostra analisada. Apresentar teor de cinzas acima do esperado é um ponto positivo para as variedades, já que estudos vêm sendo realizados intencionando incrementar níveis de minerais no milho, devido aos efeitos benéficos que alguns minerais podem proporcionar ao corpo humano no curto e longo prazo (ULLAH; ALI; FAROOQI, 2010; REICHERT JR. et al., 2020).

Para a composição de proteínas, apenas a variedade UNB2-C0 diferiu ($p \leq 0,05$) das outras amostras – e essa apresentou a menor quantidade desse constituinte. Estudo de Uarrota e Colaboradores (2013), que analisou 8 variedades de milho-pipoca, encontrou teores entre 7,04 e 11,59%, condizentes com seis das sete variedades comparadas em nosso estudo. O teor proteico pode variar de acordo com o genótipo do milho e as condições ambientais aos quais ele estava submetido (REICHERT JR. et al., 2020).

Não houve, entre as amostras, diferença estatística ($p > 0,05$) para lipídios, cujos teores variaram de 2,56 a 4,16%. Tais valores indicam uma redução do teor lipídico em relação ao milho comum (4,57 ± 0,12 g). Reichert Jr. e Colaboradores (2020), avaliaram a composição de algumas variedades de milho-pipoca e encontraram teores lipídicos variando entre 3,01 e 5,53%, condizentes com o esperado para milho-pipoca geneticamente melhorado.

Também não houve diferença ($p > 0,05$) entre as amostras para o teor de carboidratos e, tampouco, para o valor calórico total (VCT). O teor de

carboidratos variou de 73,56 a 79,01%, enquanto o VCT variou entre 364,33 e 370,26 kcal/100g. Carboidrato é o composto de maior teor no grão de milho, responsável por fornecer energia. De acordo com Ijarotimi Os (2012) e Reichert Jr. e Colaboradores (2020), pode-se esperar teor entre 75,05 e 77,50% desse constituinte no milho-pipoca. Já Ullah e Colaboradores (2010) e Adeniyi e Ariwoola (2019), analisaram variedades cujos teores de carboidratos variaram entre 67,56 e 74,54%. Esses achados mostram resultados bem diversos em relação ao constituinte majoritário do milho-pipoca. Os valores encontrados para VCT dessas variedades variaram de 307,05 a 381,81 kcal/100g. É possível que as diferenças observadas para os carboidratos possam originar-se não somente por fatores genéticos inerente a cada variedade, como também por fatores ambientais e práticas agronômicas realizadas para cada genótipo durante seu desenvolvimento (ULLAH; ALI; FAROOQI, 2010).

A análise da composição centesimal dos grãos de milho-pipoca UNB2 em seus diferentes ciclos de seleção apresentou normalidade (p>0,05) para todos os constituintes. Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 7.

Tabela 7 - Resumo ANOVA para as análises de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT das VPA UNB2 de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Constituinte	FV	GL	QM	p(F)
Umidade	Ciclos	9	1,7181	<0,0001*
	Erro	17	0,0896	
Cinzas	Ciclos	9	0,0076	0,3751^{ns}
	Erro	17	0,0065	
Lipídios	Ciclos	9	1,5038	0,0017*
	Erro	17	0,2868	
Proteínas	Ciclos	9	5,4356	0,0158*
	Erro	13	1,4551	
Carboidratos	Ciclos	9	13,6338	0,3858^{ns}
	Erro	17	11,9022	
VCT	Ciclos	9	44,5492	0,0020*
	Erro	17	8,7827	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Realizou-se para as mesmas amostras, uma apresentação gráfica do comportamento de cada constituinte ao longo dos ciclos (figura 2). Para o teor de proteínas, foi possível ajustar uma equação de regressão (equação 7), cujo coeficiente de determinação (R^2) é 0,9078.

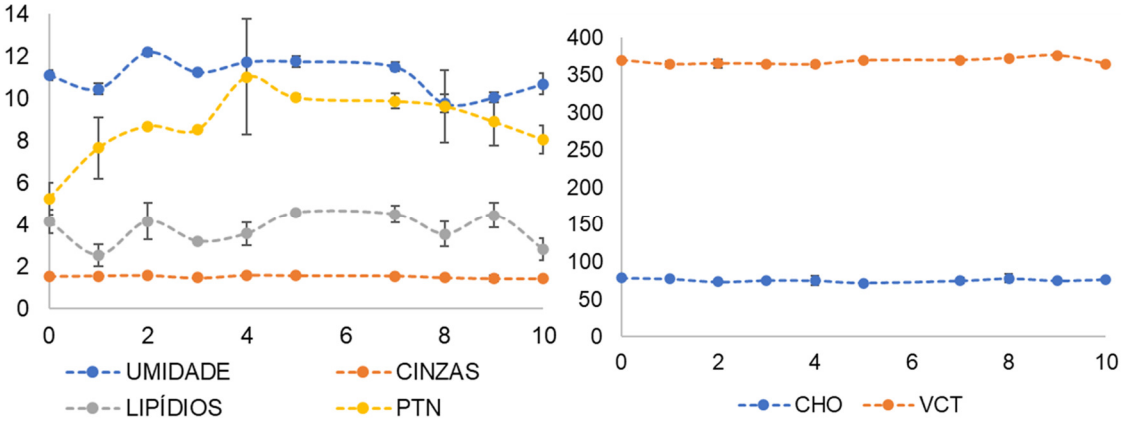


Figura 2 - Comportamento dos constituintes nutricionais (eixo y) nos diferentes ciclos de seleção (eixo x) dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

$$\text{Proteína} = 5{,}8093 + 1{,}6273 \times (\text{ciclo}) - 0{,}1422 \times (\text{ciclo})^2 \quad \text{(EQUAÇÃO 7)}$$

De acordo com a tabela 7, existe diferença ($p \leq 0{,}05$) entre as amostras de diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 para os constituintes umidade, lipídios, proteínas e VCT.

É possível observar que há, especialmente para umidade, lipídios e proteínas, uma inconstância quanto a queda e elevação do teor ao longo dos ciclos. O conceito básico de melhoramento genético consiste em aumentar as frequências de genes superiores dentro da população a ser melhorada. Isso é realizado através de um processo dinâmico, contínuo e progressivo, denominado a cada etapa como ciclo de seleção (DÁVALOS; VOGT, 2010). Desse modo, é possível que a cada ciclo de seleção, ao aumentar a expressão dos genes de interesse, houvesse alteração na expressão dos genes responsáveis por determinar o teor desses constituintes nessas amostras. Mas a inconstância na presença desses constituintes, cujos teores de lipídios e proteínas mostraram-se com maior constância entre as variedades de ciclo único, também pode ser causada por fatores externos (como condições ambientais, de plantio e de manejo), que são capazes de influenciar nesses constituintes tanto quanto fatores genéticos

inerentes dessa VPA em diferentes ciclos de seleção (ULLAH; ALI; FAROOQI, 2010).

Os ciclos de 4 até 7, tendem a se mostrar quantitativamente mais semelhantes e com os teores de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT favoráveis em relação aos outros ciclos de seleção, considerando os benefícios que os mesmos podem trazer a saúde humana. Tais ciclos apresentam valores de umidade entre 11 e 12%, teor de lipídios entre 2 e 4,5%, além de teor de proteínas acima dos demais ciclos – tornando-os favoráveis a uma boa CE, com baixo teor de gorduras e maior teor proteico.

5.3.2 Teor de amilose de e amilopectina

A análise do teor de amilose e de amilopectina dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero apresentaram normalidade ($p>0,05$) para ambos os constituintes. Logo, realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 8 e 9 a seguir.

Tabela 8 - Resumo ANOVA para amilose e amilopectina das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

Constituinte	FV	GL	QM	p(F)
Amilose	Variedades	6	10,7307	0,0500*
	Erro	10	3,3345	
Amilopectina	Variedades	6	9,3180	$0,1224^{ns}$
	Erro	10	4,1305	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 9 - Médias dos constituintes amilose e de amilopectina das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

GENÓTIPO	Amilose (%)	Amilopectina (%)
BARÃO	13,41±2,77^{abc}	86,59±2,77^{a}
BOYA 462	10,70±0,00^{abc}	89,30±2,82^{a}
BOZM 260	14,77±0,02^{a}	85,24±0,00^{a}
PARA 172	9,30±0,42^{c}	90,70±0,42^{a}
POPSINT	14,04±0,50^{ab}	85,96±0,50^{a}
URUG 298	13,07±2,52^{abc}	86,93±2,52^{a}
UNB2-C0	10,36±1,53^{bc}	89,64±1,53^{a}

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

O principal carboidrato presente no milho é o amido, um polissacarídeo composto por cadeias de amilose e de amilopectina. O teor dessas estruturas diverge entre variedades de uma mesma espécie e o estudo da proporção entre amilose e de amilopectina no amido do milho-pipoca é de grande interesse, já que um maior teor de amilose pode interferir (negativa ou positivamente) na capacidades de expansão do grão (VIEIRA; GATZ; TONIN, 2019). De acordo com Weber e Colaboradores (2009), espera-se teor entre 25 e 28% de amilose para grãos de milho. No entanto, algumas variedades podem possuir teores distintos de amilose, variando desde milhos cerosos (constituídos totalmente por amilopectina) até milhos *high-amilose*, com teores acima de 50% para essa estrutura.

Existe diferença (p≤0,05) entre as variedades analisadas para o teor de amilose. A VPA BOZM 260 apresentou maior teor, em comparação às VPA PARA 172 e UNB2-C0. Estudo de Vieira e Colaboradores (2019), que comparou 29 variedades de milho-pipoca, identificou teores de amilose entre 16-24%. Tais teores estão acima do que foi observado no presente estudo, que apresentou teores abaixo do esperado. Esses resultados podem ter implicações diretas na capacidade de expansão alcançada pelos grãos analisados. Além disso, os baixos teores de amilose, indicam altos teores de amilopectina.

A amilopectina é, estrutural e funcionalmente, a mais importante das duas frações, pois pode formar o grânulo de amido mesmo sozinha (FRAIRE, 2018).

Para essa estrutura, não houve diferença (p>0,05) entre as amostras, mas houve alto teor da mesma em todos os tipos de milho-pipoca comparados.

Identificou-se que a concentração e a composição do amido do grão de milho comum são controladas por muitos genes e alguns atuam diretamente sobre os níveis de amilose. Em milho-pipoca, esse tipo de abordagem ainda não foi conduzida, entretanto, a composição do amido tem levantado importantes discussões a respeito da sua relevância para a CE, principalmente, no que se refere aos teores de amilose e de amilopectina (FRAIRE, 2018). Sugere-se que a amilose tem relação com a CE, como observado nos resultados de Chagas e Colaboradores (2020) que, ao caracterizar grãos de milho-pipoca de diferentes progênies, obteve que os grãos com altos valores de capacidade de expansão apresentaram alta porcentagem de amilose, enquanto os com menores valores de expansão, apresentam menor porcentagem de amilose. No mesmo estudo, o efeito do arranjo dos grânulos de amido e espessura do pericarpo na CE também foram avaliados.

Desse modo, é necessário observar outros parâmetros antes de indicar quais proporções de amilose/amilopectina podem ser mais favoráveis aos grãos de milho-pipoca comparados no presente estudo.

A análise do teor de amilose e de amilopectina dos grãos de milho-pipoca UNB2 em seus diferentes ciclos de seleção apresentou normalidade (p>0,05). Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 10.

Tabela 10 - Resumo ANOVA para amilose e amilopectina das VPA UNB2 de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Constituinte	FV	GL	QM	p(F)
Amilose	Ciclos	9	16,2158	<0,0001*
	Erro	16	1,5063	
Amilopectina	Ciclos	9	16,2158	<0,0001*
	Erro	16	1,5063	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Realizou-se para as mesmas amostras, uma apresentação gráfica do comportamento de cada constituinte ao longo dos ciclos (figura 3). Não foi possível ajustar equação de regressão para esses constituintes.

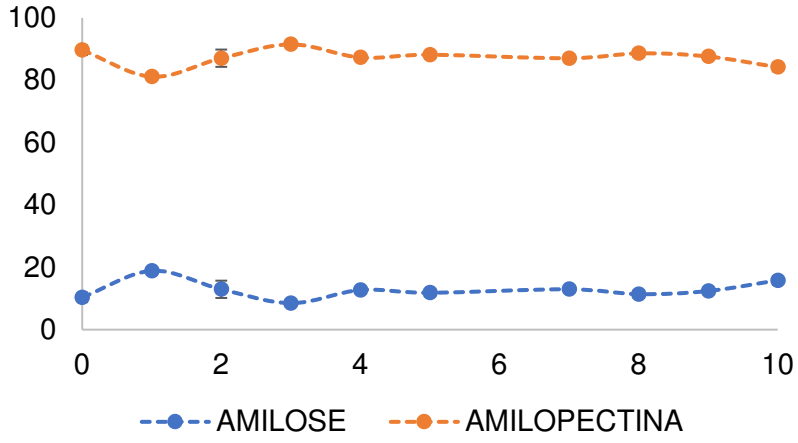


Figura 3 - Comportamento dos constituintes amilose e amilopectina (eixo y) nos diferentes ciclos de seleção (eixo x) dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

Existe diferença ($p \leq 0,05$) entre os diferentes ciclos da VPA UNB2 para os teores de amilose e de amilopectina.

Em relação à amilose destacou-se o ciclo 1, dentre os ciclos comparados, consequentemente, apresentando o menor teor de amilopectina. Já o ciclo 3 apresentou o menor teor de amilose e, portanto, maior teor de amilopectina. A variação dos teores dessas estruturas ao longo dos ciclos indica inconstância na preservação desses constituintes ao realizar novos ciclos de seleção.

5.3.3 Composição bioativa

A análise da composição bioativa dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero apresentaram normalidade ($p>0,05$) para todos os constituintes. Logo, realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 11 e 12 a seguir.

Tabela 11 - Resumo ANOVA para compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

Análise	FV	GL	QM	p(F)
Compostos fenólicos	Variedades	6	210.780,45	0,0928^{ns}
	Erro	9	80.027,48	
Antioxidantes ABTS	Variedades	6	34,4303	0,3277^{ns}
	Erro	11	26,1756	
Antioxidantes DPPH	Variedades	6	136,2200	0,0098*
	Erro	11	26,7154	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 12 - Médias dos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

GENÓTIPO	Fenólicos (mg/100g)	ABTS (% de inibição)	DPPH (% de inibição)
BARÃO	121,97±55,22^{a}	23,83±6,83^{a}	21,01±6,42^{ab}
BOYA 462	405,80±5,77^{a}	14,98±0,96^{a}	31,98±2,24^{a}
BOZM 260	827,13±434,67^{a}	16,68±3,17^{a}	28,09±4,14^{a}
PARA 172	768,20±189,13^{a}	21,35±3,13^{a}	13,61±5,90^{b}
POPSINT	102,19±0,00^{a}	21,84±7,94^{a}	13,43±3,34^{b}
URUG 298	762,12±463,09^{a}	18,27±6,27^{a}	12,15±6,13^{b}
UNB2-C0	379,47±157,28^{a}	25,09±3,38^{a}	21,47±4,07^{ab}

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Não houve diferença ($p>0,05$) para os teores de compostos fenólicos entre os milhos-pipoca analisados. Apesar disso, nota-se valores elevados de alguns desvios-padrões (DP). Os altos DP se devem, principalmente, a falta de homogeneidade dos grãos entre as repetições de cada amostra, visivelmente notada a partir da coloração dos mesmos. Ou seja, apesar dos grãos possuírem o mesmo genótipo e serem cultivados sob as mesmas condições, existem diferenças nítidas entre os mesmos.

A influência da cor dos grãos na composição fenólica é diretamente proporciona e tal relação já é explorada visando desenvolver grãos de milho-pipoca com

maiores benefícios a saúde, já que a função dos compostos fenólicos está associada à capacidade antioxidante dessas substâncias em sequestrar radicais livres. Muitos estudos do segmentos alimentício investigam maneiras seguras de incrementar esses compostos a diversos alimentos, devido aos seus efeitos (BARBOSA et al., 2016)

Tal situação pode ser observada no estudo de Zhang e Colaboradores (2019), onde 20 variedades de grãos de milhos roxos foram selecionados para investigação do efeito *in vitro* no tratamento de inflamações e diabetes. O estudo concluiu que houve relação positiva entre a presença de compostos fenólicos e atividade biológica anti-inflamatória e antidiabética, de tal modo que o uso de pigmentos extraídos de grãos coloridos de milho como ingredientes de alimentos funcionais é viável. De acordo com Barbosa e Colaboradores (2015), o uso dos grãos *in natura* é preferível, já que a pipocagem dos mesmos os expõem a temperaturas que podem degradar compostos bioativos. No entanto, estudo de Coco e Vinson (2019), observou que o processo de pipocagem dos grãos não causou diferença significativa nos teores de fenólicos de suas amostras, de modo que os mesmos concluíram que a pipoca pode ser uma boa fonte de compostos antioxidantes. Devido a tal conflito entre os trabalhos, sugere-se mais estudos que avaliem compostos bioativos nos grãos antes e após submissão dos mesmos a pipocagem.

Não houve diferença ($p>0,05$) para os teores de atividade antioxidante pelo método ABTS entre os milho-pipoca analisados. No entanto, para a atividade antioxidante pelo método de DPPH, houve diferença ($p\leq0,05$). De acordo com esse último teste, a amostra BOYA 462 apresenta a maior atividade antioxidante entre as amostras e é estatisticamente semelhante as amostras BOZM 260, UNB2-C0 E BARAO DE VICOSA.

Em decorrência da grande diversidade química dos compostos antioxidantes, vários ensaios têm sido desenvolvidos para avaliar a capacidade antioxidante de diferentes amostras. Os métodos de ABTS e DPPH estão entre os mais utilizados. A determinação da capacidade sequestrante do radical ABTS está baseada na habilidade dos antioxidantes presentes na amostra em capturar esse radical, causando decréscimo da absorbância. O método DPPH também se

baseia em perda da cor e redução da absorbância após reação com amostra, porém, na presença de sequestradores de radicais, o DPPH – que é um radical livre e estável – doa elétrons, causando sua redução e perda da cor (CAMPANHA et al., 2020). Logo, é esperado que haja diferença entre a atividade antioxidante detectada por ambos os métodos, no entanto, espera-se também que haja coerência entre os valores. Podemos observar que para as amostras BARÃO, PARA 172, POPSINT, URUG 298 e UNB2-C0 a atividade antioxidante é razoavelmente maior pelo método ABTS em relação ao método DPPH. Porém, para as amostras BOYA 462 e BOZM 260, ocorre o oposto. Tais amostras apresentam alto teor fenólico, porém, a atividade antioxidante identificada é distinta entre os métodos ABTS e DPPH. Pode-se supor que essa diferença ocorreu devido à falta de homogeneidade entre a coloração dos grãos de uma mesma amostra.

A análise da composição bioativa dos grãos de milho-pipoca UNB2 em seus diferentes ciclos de seleção apresentou normalidade (p>0,05) para todos os constituintes. Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 13.

Tabela 13 - Resumo ANOVA para compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH das VPA de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Análise	FV	GL	QM	p(F)
Compostos fenólicos	Ciclos	9	56.991,11	0,1212^{ns}
	Erro	16	29.603,47	
ABTS	Ciclos	9	81,1100	0,0069*
	Erro	17	20,3470	
DPPH	Ciclos	9	106,7372	0,0124*
	Erro	17	30,3743	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Realizou-se para as mesmas amostras, uma apresentação gráfica do comportamento de cada composto ao longo dos ciclos (figura 4). Não foi possível ajustar uma equação de regressão para nenhuma das análises avaliadas.

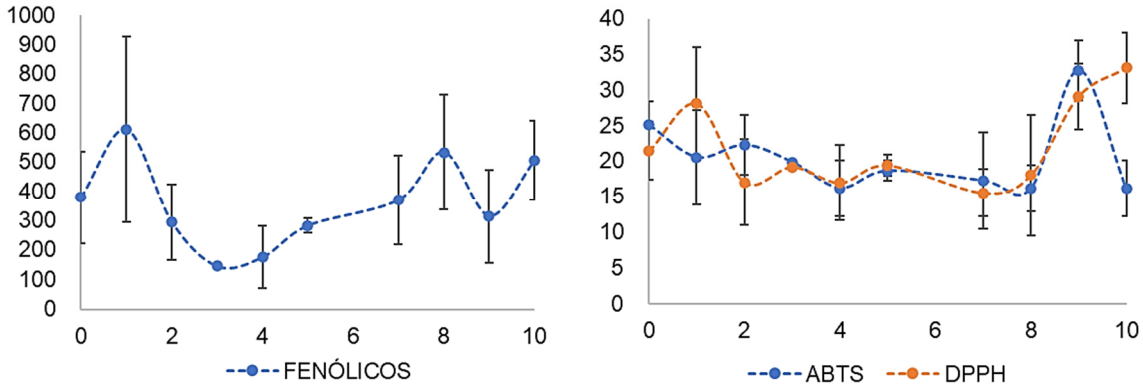


Figura 4 - Comportamento dos constituintes bioativos (ciclo y) nos diferentes ciclos de seleção (ciclo x) dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

Não existe diferença (p>0,05) entre as amostras para compostos de fenólicos. Tal como ocorreu com as amostras de ciclo único, alto DP foi observado, sendo esse atribuído a falta de homogeneidade entre a coloração dos grãos de cada repetição da amostra.

Acompanhando as curvas de ABTS e DPPH é possível notar, considerando ambos os métodos, maior atividade antioxidante nos ciclos iniciais e finais, especialmente, no ciclo 9, que se destacou dos demais. Desse modo, o ciclo 9 se destaca pela alta atividade antioxidante, ainda que não possua o maior teor fenólico dentre as amostras, tal ciclo se mostra com alto potencial de proporcionar maiores benefícios aos consumidores.

Estão presentes no milho compostos fenólicos como ácidos fenólicos, antocianinas e flavonoides. Tais substâncias possuem uma estrutura química associada à atividade antioxidante. Diferentes quantidades das mesmas são capazes de proporcionar diferentes colorações e variação na atividade antioxidante presente nos grãos de milho-pipoca. Compreende-se, portanto, que há relação entre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante (ZHANG et al., 2019).

5.3.4 Características físicas dos grãos e das pipocas de milho-pipoca

5.3.4.1 Cor instrumental

Para a análise da cor instrumental dos grãos dos milhos-pipoca de ciclo único ou ciclo zero, todas as coordenadas apresentaram normalidade (p>0,05). Logo,

realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 14 e 15 a seguir.

Tabela 14 - Resumo ANOVA para as coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

Coordenada	FV	GL	QM	p(F)
L*	Variedades	6	56,2916	0,0755^{ns}
	Erro	11	21,1145	
H*	Variedades	6	31,8836	0,0070*
	Erro	11	5,7062	
C*	Variedades	6	83,4083	0,0050*
	Erro	11	13,6491	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 15 - Médias das coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura dos VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

GENÓTIPO	L*	H*	C*
BARÃO	58,16±2,89^{a}	72,10±1,78^{c}	28,72±4,24^{a}
BOYA 462	70,94±0,31^{a}	81,32±1,28^{ab}	16,11±2,74^{c}
BOZM 260	62,05±3,34^{a}	82,12±0,47^{a}	13,54±0,23^{c}
PARA 172	55,82±7,40^{a}	78,29±4,44^{ab}	18,39±1,73^{bc}
POPSINT	57,25±0,52^{a}	74,15±0,58^{c}	26,28±2,39^{a}
URUG 298	57,97±5,87^{a}	78,29±2,16^{ab}	24,49±4,86^{ab}
UNB2-C0	59,15±3,57^{a}	76,75±1,65^{bc}	26,63±4,88^{a}

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

A cor dos alimentos é um atributo de grande importância comercial, pois é decisória na hora da escolha do consumidor e, consequentemente, para a escolha da indústria alimentícia. Nesse sentido, a determinação das coordenadas L*, H* e C* são capazes de indicar se as amostras são ou não comercialmente atrativas, já que grãos de milho-pipoca com maior intensidade da cor amarela geralmente apresentam maior aceitação (CESAR et al., 2021).

A coordenada L* indica a luminosidade da amostra e varia de 0 (preto) a 100 (branco), indicando que quanto mais próximo de 100, maior luminosidade o brilho tem o grão (MABASSO et al., 2019). As VPA analisadas – que não apresentaram

diferença estatística entre si nessa coordenada – apresentaram valores acima de 57, indicando que as amostras apresentam luminosidade ou brilho presente intermediário.

A coordenada H*, que indica a cor das amostras analisadas, indicou diferença ($p \leq 0,05$) entre as variedades. De acordo com Ferreira e Spricigo (2017), graficamente, o ângulo 0° indica a cor vermelha e o ângulo 90° indica a cor amarela, de tal modo que mesmo apresentando diferença estatística, todas as amostras encontram-se próximas à coloração amarela do sistema de cores. Para as VPA BOYA 462, BOZM 260, PARA 172 e URUG 298 – que não diferem estatisticamente entre si ($p > 0,05$) – os ângulos H* ficaram mais próximos de 90°, indicando tonalidade mais pura de amarelo. Já para as amostras BARAO, POPSINT e UNB2-C0, com menores valores de H* ($p \leq 0,05$), pode-se inferir um tom de amarelo mais avermelhado.

A coordenada C* indica a saturação ou intensidade da cor, representando a distância do eixo de luminosidade L* até o ponto da cor (quanto mais afastado do eixo, mais intensa é a cor da amostra) (CESAR et al., 2021). Tal coordenada apresentou maiores valores ($p \leq 0,05$) para as VPA BARAO, POPSINT e UNB2-C0 em comparação com as VPA BOYA 462, BOZM 260 e PARA 172. Isso indica que, as VPA com cores mais próximas do amarelo, apresentaram menor intensidade dessa tonalidade, ou seja, um amarelo mais claro. Por outro lado, as VPA de cores mais escuras apresentaram maior intensidade dessa cor, no caso, amarelo avermelhado mais intenso.

Levando em consideração todas essas coordenadas, os grãos de ciclo único avaliados podem tender, visualmente, a uma boa aceitação mercadológica (CESAR et al., 2021). De acordo com Barbosa e Colaboradores (2016), existe relação direta entre a intensidade na cor dos grãos de milho e a presença de compostos antioxidantes – que possuem atividade biológica contra inflamações e diabetes, por exemplo.

A figura 5 a seguir apresenta os grãos avaliados. É possível observar as diferenças de cor que proporcionaram os valores medidos.

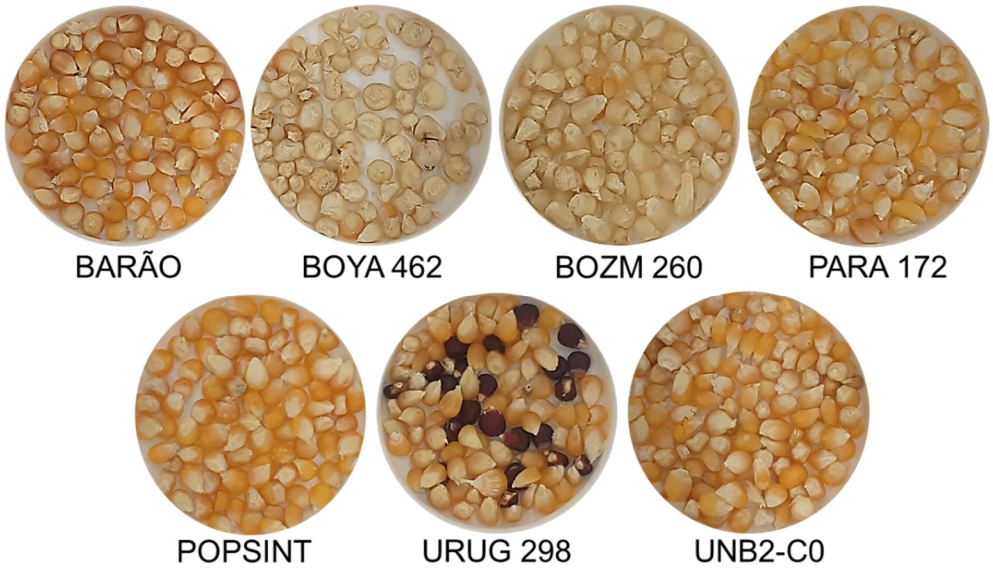


Figura 5 - Grãos in natura das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

Em todas as figuras dos grãos, é possível observar a ausência de homogeneidade de cores para a mesma amostra, especialmente para BOZM 260 e URUG 298, que inclusive apresentaram as maiores variações (desvio-padrão) obtidas na análise de compostos fenólicos.

A análise de cor dos grãos de milho-pipoca UNB2 em seus diferentes ciclos de seleção apresentou normalidade ($p>0,05$) para todas as coordenadas avaliadas. Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 16.

Tabela 16 - Resumo ANOVA para os parâmetros de cor instrumental dos grãos in natura das VPA de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Coordenada	FV	GL	QM	p(F)
L*	Variedades	9	15,7478	0,4219^{ns}
	Erro	17	14,5229	
H*	Variedades	9	5,8547	0,4645^{ns}
	Erro	17	5,7556	
C*	Variedades	9	13,1433	0,3593^{ns}
	Erro	16	10,9575	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Não há diferença estatística (p>0,05) para nenhuma das coordenadas de cor avaliadas. A tabela 17 a seguir apresenta as médias e DP para os valores obtidos pelas amostras para cada coordenada.

Tabela 17 - Médias das coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 de milho-pipoca.

CICLO	L*	H*	C*
0	60,15±3,57^a	76,75±1,65^a	26,63±4,88^a
1	60,97±4,49^a	75,51±2,50^a	26,01±4,71^a
2	57,74±0,76^a	76,50±1,76^a	29,99±2,66^a
3	56,70±0,00^a	73,65±0,00^a	29,12±0,00^a
4	56,99±3,12^a	75,32±1,03^a	25,19±1,04^a
5	53,92±6,12^a	72,11±2,98^a	28,04±3,88^a
7	54,55±1,69^a	75,33±2,56^a	30,88±0,02^a
8	58,52±5,19^a	75,60±0,55^a	25,54±2,77^a
9	56,74±3,43^a	73,56±3,87^a	26,36±3,11^a
10	60,50±1,20^a	76,31±2,58^a	23,15±2,13^a

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Nota-se que para os diferentes ciclos da VPA UNB2, a coordenada L* apresentou-se em torno de 60, o ângulo H* ficou ao redor de 75° e a coordenada C* variou entre 23 e 31°. Tais valores indicam, respectivamente, que todas as amostras possuem luminosidade ou brilho presente intermediário, são de tonalidade amarela tendendo ao vermelho e apresentam intensidade de cor próximas umas das outras. Desse modo, todos os grãos avaliados, visualmente, tendem a uma boa aceitação mercadológica (CESAR et al., 2021).

Os resultados obtidos são muito importantes, pois demonstram que, mesmo após 10 ciclos de seleção, a cor, um atributo de extrema relevância para o consumidor, não alterou significativamente (p>0,05). Isso é ressaltante não apenas para uma boa aceitação sensorial, como também pela presença de compostos com atividade antioxidante – tornando tais ciclos potencialmente benéficos a saúde, podendo contribuir para a redução de riscos e agravos não transmissíveis (BARBOSA et al., 2016).

A figura 6 a seguir apresenta os grãos avaliados. É possível observar as diferenças de cor que proporcionaram os valores medidos.

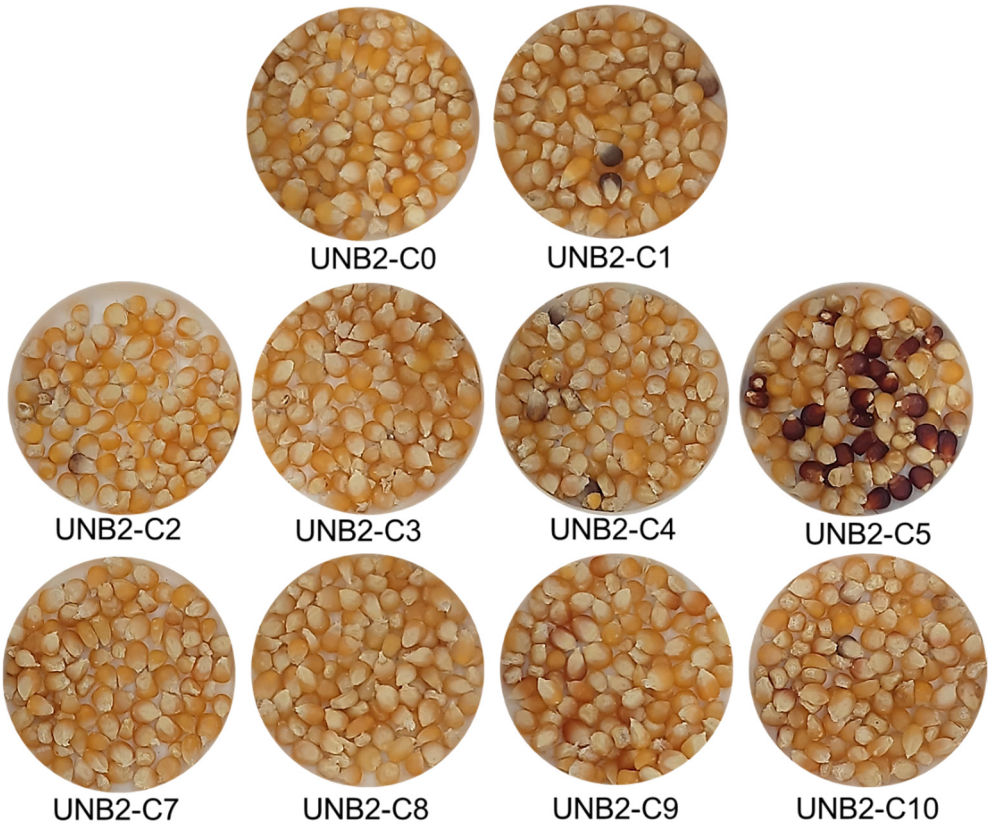


Figura 6 - Grãos in natura dos ciclos de seleção da VPA de milho-pipoca UNB2.

Observa-se novamente ausência de homogeneidade na cor dos grãos, especialmente para os ciclos 1, 2, 4 e 5, com presença de grãos escuros. Essa falta de homogeneidade nas cores dos grãos é algo a ser levado em consideração, pois pode influenciar negativamente durante a escolha do produto pelo consumidor. Por outro lado, selecionar os grãos que serão embalados e comercializados pode, também, gerar grande desperdício em relação aos grãos descartados. Portanto, apesar da ausência de diferença significativa em relação as coordenadas estudadas, é importante considerar a homogeneidade da cor entre os grãos.

5.3.4.2 Determinação da capacidade de expansão e rendimento

A análise da capacidade de expansão (CE) e do rendimento dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero apresentaram normalidade ($p>0,05$). Logo,

realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 18 e 19 a seguir.

Tabela 18 - Resumo ANOVA para capacidade de expansão (CE) e rendimento das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

Parâmetro	FV	GL	QM	p(F)
CE	Variedades	6	204,5536	0,0003*
	Erro	11	17,6293	
Rendimento %	Variedades	6	501,7786	0,0002*
	Erro	11	36,6316	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 19 - Médias da CE e do rendimento das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

GENÓTIPO	CE (mL/g)	Rendimento (%)
BARÃO	26,01±4,42^{a}	82,61±2,81^{ab}
BOYA 462	6,83±1,60^{c}	53,98±3,68^{d}
BOZM 260	5,92±0,82^{c}	54,06±5,66^{d}
PARA 172	8,34±1,59^{c}	62,16±5,94^{cd}
POPSINT	27,57±1,89^{a}	89,57±4,19^{a}
URUG 298	17,10±5,56^{b}	71,42±9,90^{bc}
UNB2-C0	22,28±6,37^{ab}	84,52±5,36^{a}

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Os resultados mostram diferença (p≤0,05) entre as amostras de milho-pipoca nos parâmetros CE e Rendimento. As VPA que apresentaram maior CE, apresentaram também maior rendimento (p≤0,05), sendo elas BARAO DE VICOSA, POPSINT e UNB2-C0, em comparação as amostras BOYA 462, BOZM 260 e PARA 172. De acordo com Nobre e Colaboradores (2000), 15 mL/g para CE é o valor mínimo que um produtor deve ter para comercializar seus grãos, já que abaixo desse valor o desempenho do milho é alterado e o mesmo torna-se rígido e com alto número de piruás. Seguindo esse critério, as variedades BOYA 462, BOZM 260 e PARA 172 não estão apropriadas para comercialização.

É importante ressaltar que de acordo com Instrução Normativa (IN) n° 61, publicada em dezembro de 2011 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é definido como valor mínimo para a CE do milho-pipoca 30 mL/g e todas as pipocas do presente estudo apresentaram valores de CE inferiores a tal referência. Ainda de acordo com a IN n° 61, tal condição não impede que os grãos sejam comercializados. A Norma estabelece que, nesse caso, os grãos devem ser comercializados dentro do enquadramento “Fora de Tipo” – que não apresenta valor mínimo de CE (BRASIL, 2012).

Os resultados obtidos para CE estão diretamente relacionados aos resultados obtidos para umidade, já que as amostras que apresentaram as maiores umidades foram BARAO DE VICOSA, POPSINT e UNB2-C0 e tais amostras apresentaram também as maiores capacidades de expansão. Enquanto as amostras com menores umidades foram BOYA 462, URUG 298 e PARA 172, cujas CE também foram as menores. No entanto, houve algumas divergências entre CE e teor de amilose, já que dentre as amostras com os maiores teores de amilose – BOZM 260, POPSINT, BARAO e URUG 298 – apenas as amostras POPSINT e BARAO DE VICOSA apresentaram boa CE, sugerindo que a umidade tem maior influência sobre a CE e rendimento que o teor de amilose do grão.

Na figura 7 a seguir é possível observar as pipocas obtidas a partir do estouro de 90 a 110 grãos de cada variedade.

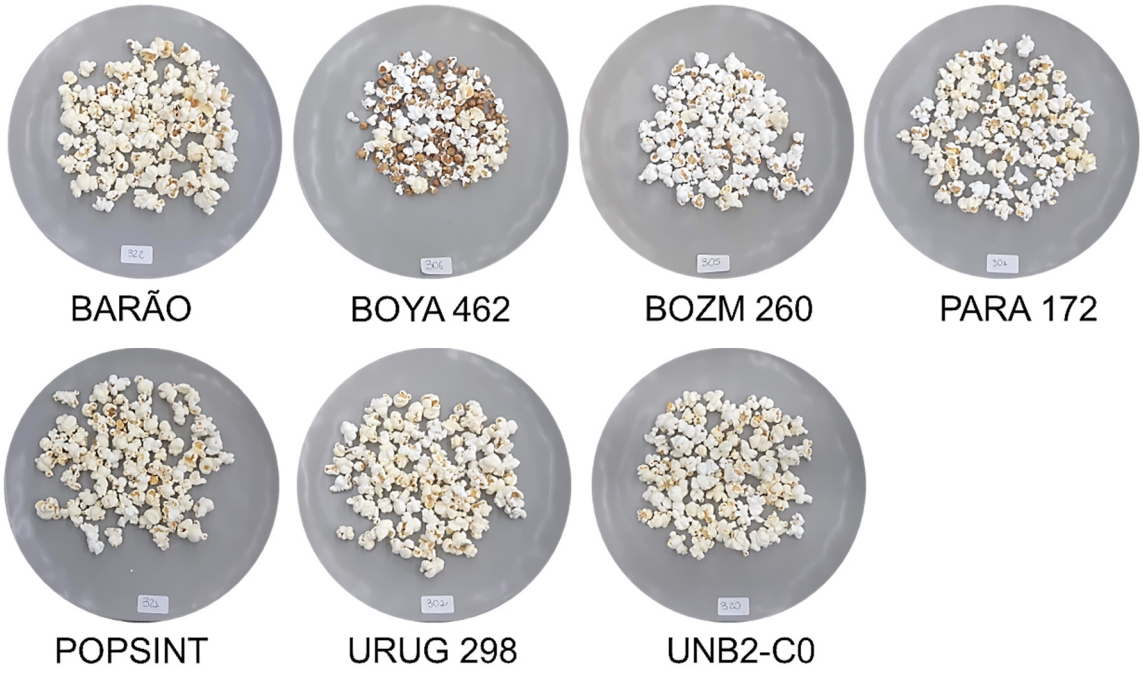


Figura 7 - Pipocas preparadas a partir dos grãos de milho-pipoca das VPA de ciclo único ou ciclo zero.

Nota-se que a variedade BOYA 462 obteve volume notavelmente menor de pipoca, além de obter uma pipoca menos atrativa visualmente. Já as amostras BOZM 260 e PARA 172 foram capazes de aproximar-se do volume de pipoca obtido por outras variedades. No entanto, apresentaram muitas pipocas de menor tamanho quando comparadas as outras VPA.

Valores de CE elevadas demonstram maior qualidade da pipoca e maior rendimento. Nesse sentido, as mesmas VPA que obtiveram menores índices de expansão, apresentaram também os menores rendimentos.

A análise da CE e Rendimento dos grãos de milho-pipoca UNB2 em seus diferentes ciclos de seleção apresentou normalidade ($p>0,05$) para todos os constituintes. Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 20.

Tabela 20 - Resumo ANOVA para capacidade de expansão (CE) e rendimento das VPA de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Parâmetro	FV	GL	QM	p(F)
CE	Variedades	9	40,8541	0,0036*
	Erro	17	9,0225	
Rendimento %	Variedades	9	66,9192	0,1159^{ns}
	Erro	17	34,6482	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

A figura a seguir exibe uma apresentação gráfica do comportamento de cada parâmetro ao longo dos ciclos. Não foi possível ajustar um modelo de regressão para CE, que variou estatisticamente (p≤0,05).

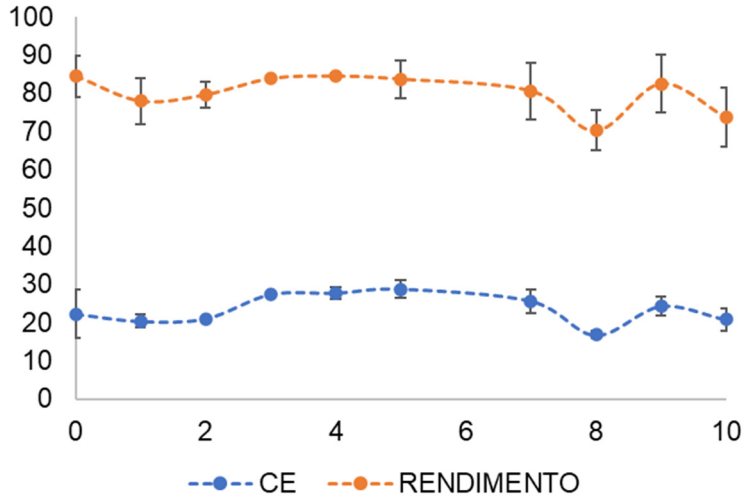


Figura 8 - Comportamento da CE e do rendimento (eixo y) nos diferentes ciclos de seleção (eixo x) dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

Apesar de diretamente proporcional ao rendimento, apenas a CE apresentou diferença estatística entre os diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2. Nota-se uma redução de CE e rendimento no ciclo 8, enquanto os outros ciclos mostram-se com valores próximos entre si para ambas as curvas. Tal ciclo apresentou-se com menor teor de umidade (9,76±0,43), o que pode explicar sua reduzida capacidade de expansão, já que baixo teor de umidade faz com que o grão não seja capaz de se expandir adequadamente. Com tal capacidade reduzida, aumenta-se a massa de piruás, o que reduz o rendimento desse grão. Os ciclos de 3 até 7 apresentaram uma tendência de maior CE.

Na figura a seguir é possível observar as pipocas obtidas a partir do estouro de 90 a 110 grãos de cada ciclo de seleção da VPA UNB2.

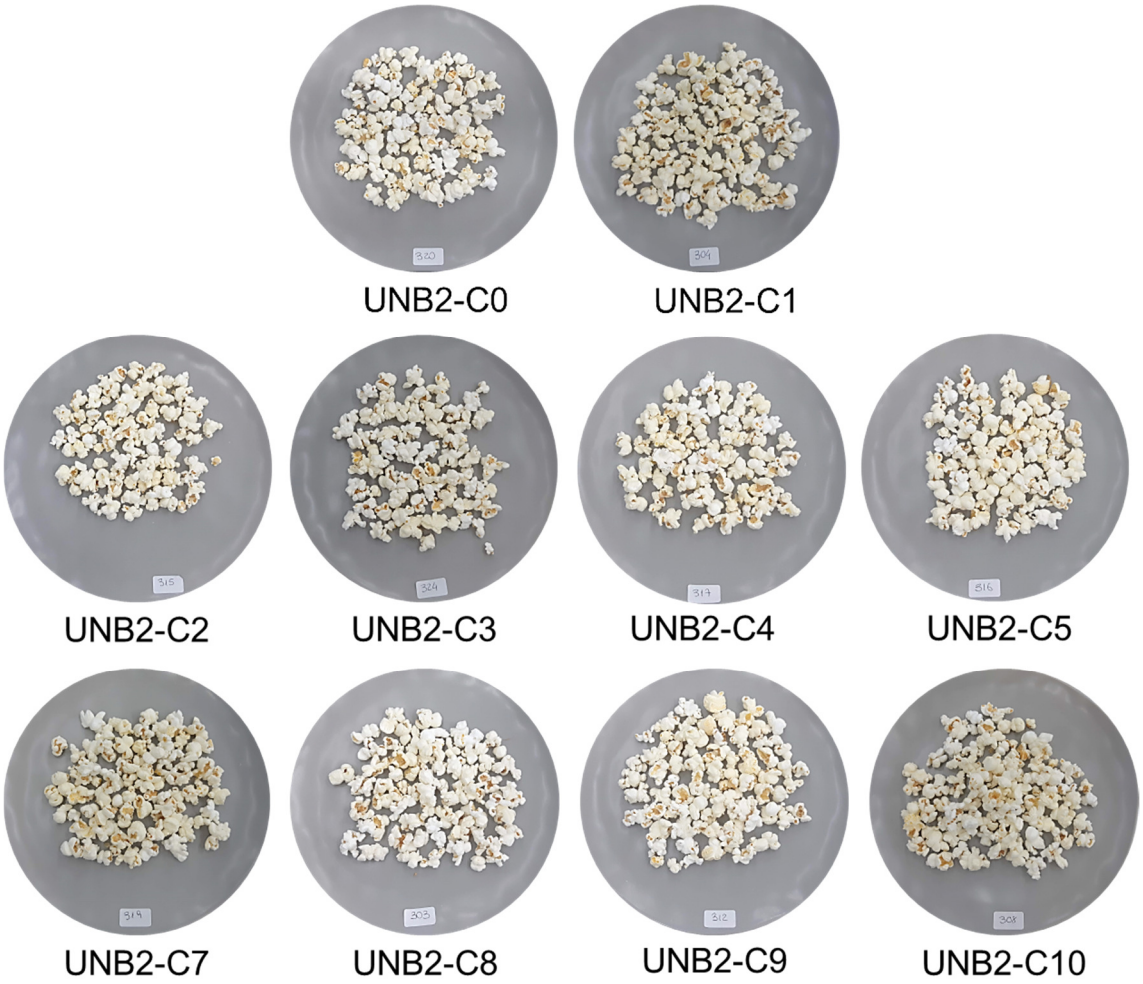


Figura 9 - Pipocas preparadas a partir dos grãos de milho-pipoca dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2-C0.

Observa-se que, apesar das diferenças de CE, visualmente houve homogeneidade entre as pipocas obtidas ao longo dos ciclos de seleção da VPA UNB2.

5.3.5 Teste de aceitação associado ao CATA

O grupo de consumidores que participou do estudo foi composto por 120 pessoas, sendo 67,3% do sexo feminino, idades acima de 18 anos, principalmente alunos (83,7%) e funcionários (6,7%) da Universidade Vila Velha. A maioria estudantes de graduação (64,4%) e solteiros (73,1%). Em relação à

renda familiar mensal, maior percentual dos participantes relatou receber entre 3 e 6 salários mínimos (23,1%) e entre 1 e 3 salários mínimos (22,1%).

A maioria dos participantes consomem pipoca com frequência de 1 a 2 vezes no mês (63,5%) e normalmente a preparam em panela com óleo (44,2%).

Sobre as características de maior importância ao adquirir pipoca, os participantes responderam da seguinte forma: 60,6% consideram o sabor agradável no momento da escolha, 54,8% a marca, 51% o preço, 44,2% a textura, 26,9% a cor, 19,2% a origem/proveniência, 16,3% por considerar pipoca um alimento saudável e 12,5% consideram a embalagem. Ainda, 47,1% consideram ter um nível grande de preocupação com a saúde.

Para a análise da aceitação das pipocas, realizou-se ANOVA com as notas obtidas no teste de aceitação associado ao CATA, conforme apresentado na tabela 21.

Tabela 21 - Resumo ANOVA para nota de aceitação das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

Parâmetro	FV	GL	QM	p(F)
NOTA	Variedades	15	5,4676	0,0158*
	Julgadores	125	7,4625	<0,0001*
	Erro	355	2,0266	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Seguido a ANOVA, realizou-se teste de comparação de médias de Duncan, conforme segue na figura 10 a seguir.

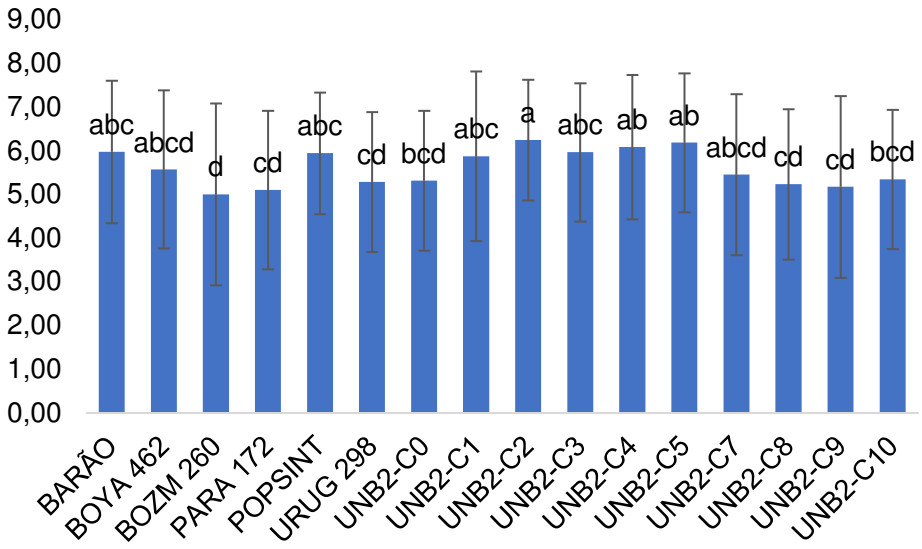


Figura 10 - Média das notas (eixo y) obtidas pelas VPA (eixo x) no teste de aceitação. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

As amostras obtiveram escore médio de aceitação entre 5,00 e 6,24 e, de acordo com escala hedônica de 9 pontos, estão classificadas entre “indiferente” e “gostei ligeiramente” pelos avaliadores. Esses scores médios encontrados na aceitação das pipocas era esperado, tendo em vista que as pipocas avaliadas não foram preparadas com óleo ou temperos, o que de acordo com a resposta dos avaliadores, não é a forma que normalmente consomem.

A diferença estatística entre os julgadores indica falta de homogeneidade entre as notas atribuídas pelos mesmos para as amostras provadas. Tal fato é passível de ocorrer, tendo em vista que os julgadores não são treinados. Desse modo, os DP das VPA são elevados.

Sendo assim, para melhor compreensão dos dados obtidos, a partir do teste de comparação de médias elaborou-se um Mapa de preferência interno das amostras de ciclo único ou ciclo zero (figura 11) e outro mapa de preferência interno para os diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 (figura 12).

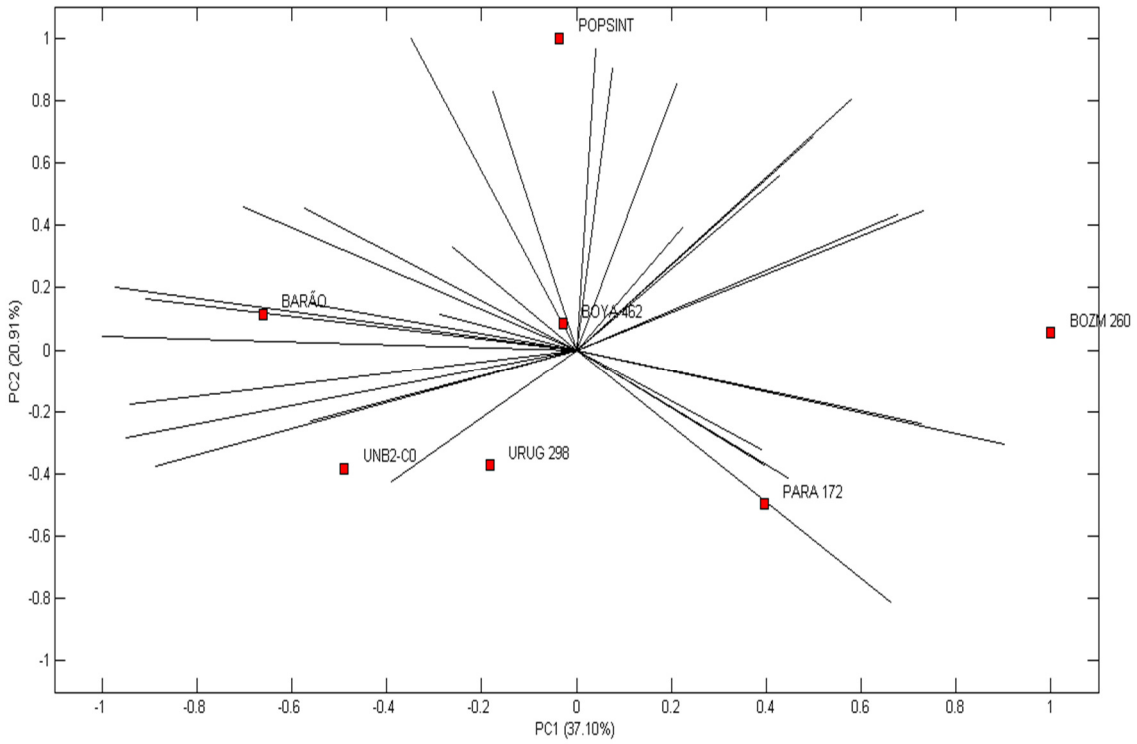


Figura 11 - Mapa de preferência interno para as pipocas preparada a partir das VPA de ciclo único ou ciclo zero.

Os dados do mapa de preferência interno foram organizados em matrizes de amostras (colunas) e julgadores (linhas). O Mapa foi gerado por dois componentes que explicaram juntos 58,01% da variação existente entre as VPA de ciclo único e ciclo zero. A presença de linhas próximas as amostras indica aceitação dos consumidores, de tal modo que a presença de muitas linhas indica boa aceitação e a presença de poucas linhas, ou ausência das mesmas, próximas as amostras, indica menor aceitação para as amostras correspondentes (SALIM et al., 2011).

Dividindo o mapa em 4, nota-se a formação de grupos, o qual se destaca o 2° quadrante pela presença da VPA BARAO DE VICOSA, BOYA 462 e POPSINT, que apresentaram comportamento e aceitação semelhantes entre os avaliadores. No 1° quadrante, observa-se a VPA BOZM 260 com maior distanciamento das linhas, possuindo, portanto, menor aceitação. Esses resultados corroboram o teste de médias realizado.

Já o mapa de preferência interno das pipocas preparadas a partir dos grãos de diferentes ciclos de seleção da amostra UNB2 foi gerado por dois componentes

que, juntos, explicaram 45,78% da variação existente entre as amostras de diferentes ciclos.

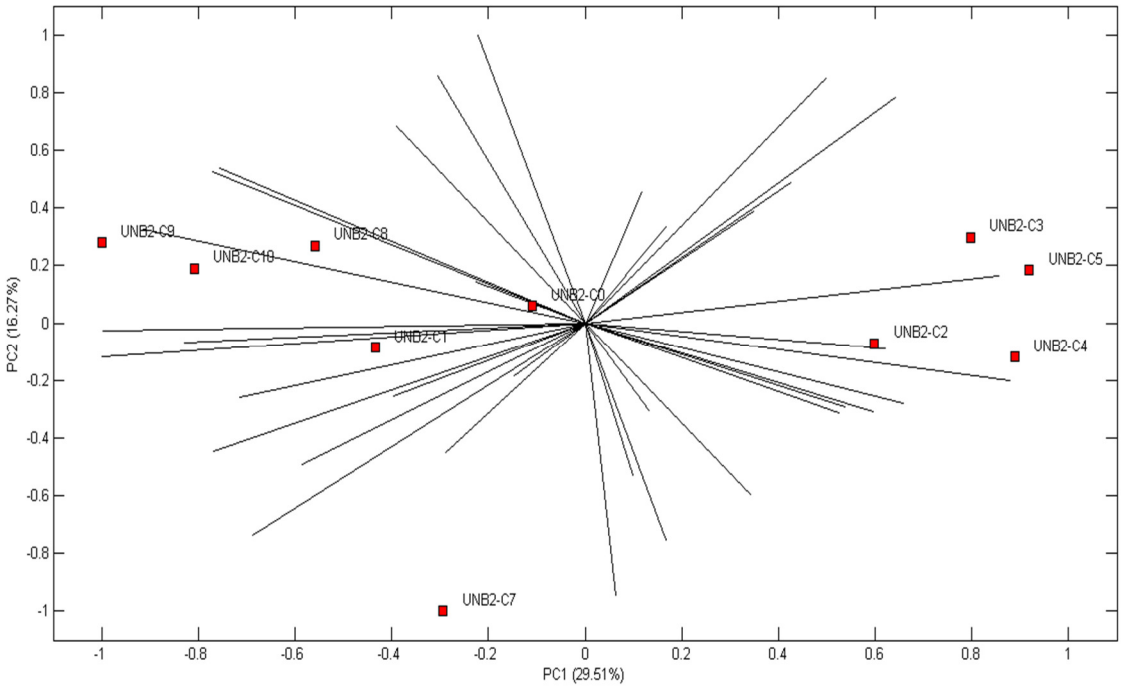


Figura 12 - Mapa de preferência interno para as pipocas preparada a partir dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2.

Nesse mapa, considerando a divisão em 2 quadrantes – esquerdo e direito – dada pelo componente principal 1 (PC1 – 29,51%), observa-se a formação de 2 grupos, um formado pelas VPA de ciclo 2, 3, 4 e 5 e outro pelos demais ciclos. No entanto, ainda pode-se segmentar esse quadrante em dois grupos mais homogêneos, entre as VPA de ciclo **0**, 8, 9 e 10 e VPA de ciclo 1 **e** 7.

Para a análise da caracterização das pipocas, realizou-se ANOVA com todos os termos descritores presentes no teste de aceitação associado ao CATA (tabela 22), seguido da apresentação gráfica, segundo média de tais termos obtidas no mesmo teste (figuras 13 e 14).

Tabela 22 - Resumo ANOVA para os atributos das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

Atributo	FV	GL	QM	p(F)
Sem cheiro	Variedades	15	0,4031	0,0093*
	Julgadores	125	0,3985	<0,0001*
	Erro	362	0,1790	
Cheiro agradável	Variedades	15	0,3030	0,0587^{ns}
	Julgadores	125	0,3246	<0,0001*
	Erro	362	0,1751	
Grande	Variedades	15	0,2709	0,0035*
	Julgadores	125	0,2814	<0,0001*
	Erro	362	0,1079	
Pequena	Variedades	15	0,1793	0,0845^{ns}
	Julgadores	125	0,1926	<0,0001*
	Erro	362	0,1109	
Murcha	Variedades	15	0,3442	0,0304*
	Julgadores	125	0,3418	<0,0001*
	Erro	362	0,1789	
Crocante	Variedades	15	0,5392	0,0001*
	Julgadores	125	0,3011	<0,0001*
	Erro	362	0,1616	
Macia	Variedades	15	0,1797	0,3302^{ns}
	Julgadores	125	03173	<0,0001*
	Erro	362	0,1584	
Dura	Variedades	15	0,1964	0,0262*
	Julgadores	125	0,1823	<0,0001*
	Erro	362	0,0998	
Sabor de pipoca	Variedades	15	0,4222	0,0107*
	Julgadores	125	0,3708	<0,0001*
	Erro	362	0,1906	
Sabor residual	Variedades	15	0,1370	0,3854^{ns}
	Julgadores	125	0,1661	0,0350*
	Erro	362	0,1281	
Sem sabor	Variedades	15	0,1648	0,5459^{ns}
	Julgadores	125	0,3543	<0,0001*
	Erro	362	0,1828	
Sabor intenso	Variedades	15	0,0452	0,2347^{ns}
	Julgadores	125	0,0605	<0,0001*
	Erro	362	0,0356	
Lembrança afetiva	Variedades	15	0,0406	0,8106^{ns}
	Julgadores	125	0,1792	<0,0001*
	Erro	362	0,0637	
Presença de casca	Variedades	15	0,2679	0,0614^{ns}
	Julgadores	125	0,2701	<0,0001*
	Erro	362	0,1560	
Aparência desagradável	Variedades	15	0,0286	0,7280^{ns}
	Julgadores	125	0,0984	<0,0001*

	Erro	362	0,0395	
Aparência agradável	Variedades	15	0,1713	0,2036^{ns}
	Julgadores	125	0,6148	<0,0001*
	Erro	362	0,1296	
Cor branca	Variedades	15	0,2060	0,1615^{ns}
	Julgadores	125	0,5205	<0,0001*
	Erro	362	0,1467	
Cor amarela	Variedades	15	0,1923	0,0401*
	Julgadores	125	0,1387	0,0229*
	Erro	362	0,1043	
Saudável	Variedades	15	0,0460	0,4837^{ns}
	Julgadores	125	0,2539	<0,0001*
	Erro	362	0,0478	
Lembra isopor	Variedades	15	0,0682	0,5696^{ns}
	Julgadores	125	0,2215	<0,0001*
	Erro	362	0,0777	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

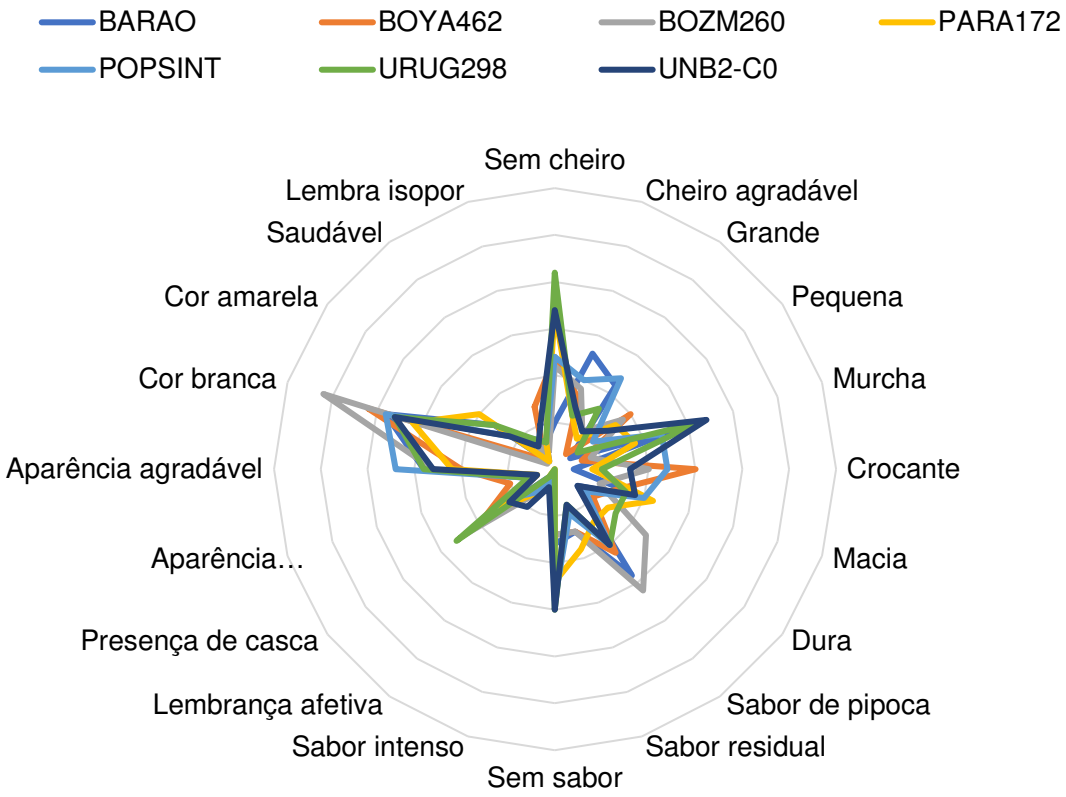


Figura 13 - Perfil sensorial das pipocas obtidas a partir das VPA de ciclo único ou ciclo zero. Legenda das cores correspondentes a cada VPA presente na imagem.

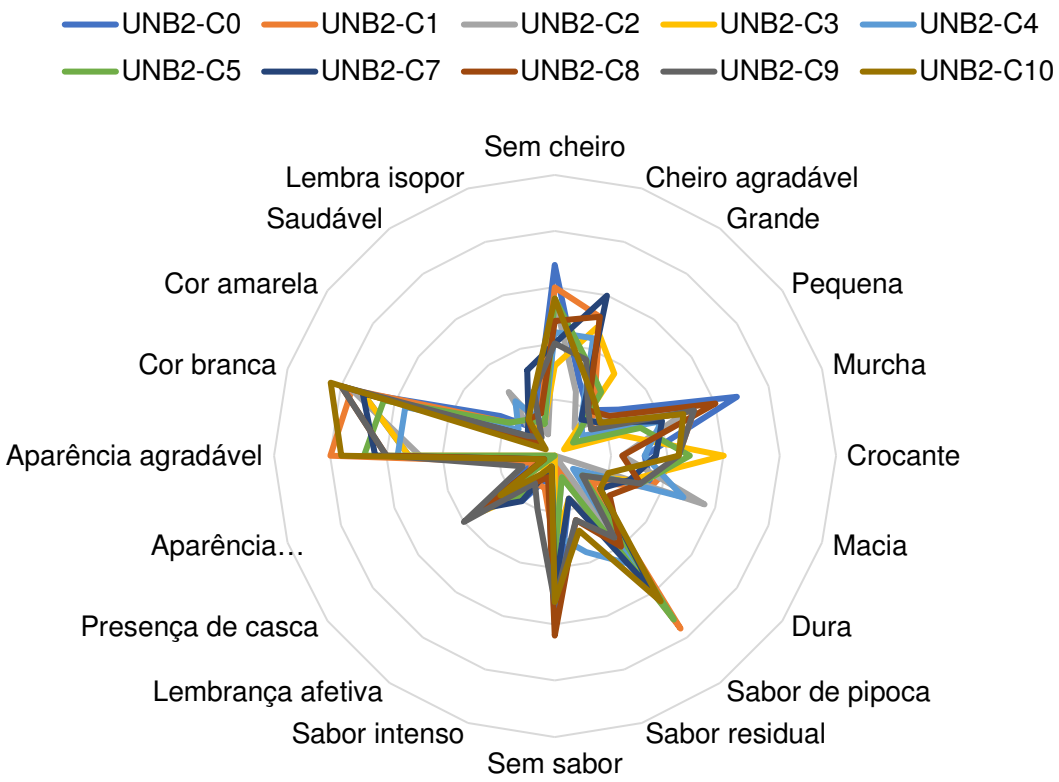


Figura 14 - Perfil sensorial das pipocas obtidas a partir dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2. Legenda das cores correspondentes a cada VPA presente na imagem.

Observa-se que houve diferença entre as amostras ($p \leq 0,05$) apenas para os termos: sem cheiro, tamanho grande, textura murcha, textura crocante, dura, sabor de pipoca e cor amarela.

A análise gráfica do perfil sensorial das pipocas obtidas a partir das VPA de ciclo único ou ciclo zero indica que a amostra URUG 298 se sobressaiu em relação as outras amostras nos descritores sem cheiro e murcha. Essa mesma amostra apresentou baixo teor de umidade (9,95±0,32) o que impede que os grãos alcancem a máxima CE, podendo causar uma textura murcha na pipoca formada. Já a amostra BOYA 462 se sobressaiu no atributo crocante, o que pode, porém, estar relacionado aos menores diâmetros das pipocas formadas por essa amostra – compensando pelo seu baixo teor de umidade. A amostra BARAO DE VISCOSA destacou-se no termo sabor de pipoca. Essa amostra apresentou o maior teor de umidade e uma das maiores CE dentre as VPA estudadas, o que explica a aparência agradável, atributo destacado pelos julgadores. Além disso, essa amostra apresentou a coloração do grão mais

próxima da cor natural convencional e apresentou um dos maiores teores de amilose dentre as variedades. Esse componente do amido interfere diretamente no arranjo dos grânulos do grão, sendo possível que tais características unidas possam contribuir também no sabor da pipoca formada (CHAGAS et al., 2020).

Nota-se que os termos mais atribuídos pelos participantes são cor branca e sem cheiro, de modo que é possível inferir que os atributos de cor e cheiro chamaram mais a atenção durante as avaliações. Os atributos relacionados a emoção foram pouco marcados. Tal resultado também pode ser um reflexo do tratamento dado as amostras, que não possuíam quaisquer condimentos ou óleo adicionados.

Observa-se pela análise gráfica do perfil sensorial das pipocas obtidas a partir dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 que o ciclo 8 destacou-se negativamente, pois se sobressaiu nos termos sem cheiro e murcha. Essa amostra apresentou o menor teor de umidade, baixa CE e um dos menores teores de lipídios entre os ciclos. Desse modo, apresentou tendência a uma textura murcha e a menos sabor e cheiro (SAWAZAKI; MORAIS; LAGO, 1986). Já o ciclo 3 destacou-se positivamente, pois se sobressaiu nos termos grande, crocante e sabor de pipoca. Esse ciclo apresentou uma das maiores CE dentre os ciclos de seleção, bom teor de umidade em relação aos outros ciclos, teor de lipídios dentro do esperado e cor do grãos mais próxima ao amarelo – o que favoreceu a todos os atributos nos quais se destacou.

Os outros ciclos obtiveram destaque em menos termos, de modo que não se sobressaíram negativamente ou positivamente em relação aos ciclos citados. Tais observações estão em de acordo com o teste de aceitação, já que o ciclo 3 estava no grupo dos mais aceitos e o ciclo 8 entre os menos aceitos. A partir do CATA, foi então possível conhecer as características que levaram os consumidores a atribuir suas respectivas notas às diferentes pipocas.

5.4 CONCLUSÃO

Notou-se que as VPA estudadas se diferenciam em diversas propriedades nutricionais, bioativas, físicas e sensoriais. Na avaliação geral das VPA de ciclo único ou ciclo zero, a amostra BARAO DE VICOSA destacou-se em relação às outras amostras, pois apresentou maior teor de umidade, alto teor proteico, um dos maiores teores de amilose, elevada atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH, coordenadas de cor desejáveis para os grãos, alta CE e rendimento e, por fim, esteve entre as amostras mais aceitas e bem avaliadas pelo CATA no teste realizado para análise sensorial.

Na avaliação geral dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2, os ciclos intermediários, especialmente os ciclos 3, 4 e 5, obtiveram destaque na maioria das análises realizadas. Esses apresentaram menor variação na composição centesimal, no teor de compostos fenólicos (com baixo DP) e na atividade antioxidante. Apresentaram, ainda, coordenadas de cor mais homogêneas e condizentes com o existente no mercado atualmente. Também apresentaram alta CE e rendimento e boa avaliação pelo CATA no teste realizado para análise sensorial. Esses dados demonstram que os ciclos de seleção, com a transferência de genes ao longo do cultivo, podem favorecer as características do grão e da pipoca, no entanto, esse comportamento não ocorre de forma linear, direta e interminável.

Os resultados obtidos demonstram o potencial benéfico das variedades de milhos-pipoca quanto as propriedades nutricionais e bioativas. Tais resultados associados às características físicas e a aceitação sensorial, são capazes de auxiliar no desenvolvimento de estratégias que maximizem os benefícios do uso do melhoramento genético do milho-pipoca, intencionando atrair de formas mais assertivas seu consumidor.

5.5 REFERÊNCIAS

ADENIYI, O. O.; ARIWOOLA, O. S. Comparative Proximate Composition of Maize (Zea mays L.) Varieties Grown in South-western Nigeria. **International Annals of Science**, v. 7, n. 1, p. 1–5, 2019.

AGUIAR, L. A.; RODRIGUES, D. B.; QUEIROZ, V. A. V.; MELO, L.; OLIVEIRA PINELI, L. D. L. Comparison of two rapid descriptive sensory techniques for profiling and screening of drivers of liking of sorghum breads. **Food Research International**, v. 131, n. January, p. 108999, 2020.

AI, Y.; JANE, J. L. Macronutrients in Corn and Human Nutrition. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, n. 3, p. 581–598, 2016.

AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; CANDIDO, L. S.; VITTORAZZI, C.; PENA, G. F.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R. C.; PEREIRA, M. G..; SCAPIM, C. A.; VIANA, A. P.; CARVALHO, G. F. UENF 14: A new popcorn cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, n. 3, p. 218–220, 2013.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. [s.l: s.n.]. v. 1

AOURABI, S.; SFAIRA, M.; MAHJOUBI, F. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Polyphenol Content from Zea mays Hairs (Waste). **The Scientific World Journal**, v. 2020, 2020.

BARBOSA, N. A.; LOPES, R. C.; PAES, M. C. D. Compostos bioativos nos grãos de milho pipoca antes e após o processamento. **XXXI Congresso Nacional de milho e sorgo**, v. 1, n. 1, p. 1845–1848, 2015.

BARBOSA, N. A.; PAES, M. C. D.; PEREIRA, J. Influencia da temperatura e do solvente na obtenção de extrato de milho de grãos pretos . **XXXI Congresso Nacional de Milho e sorgo**, v. 1, n. 1, p. 1841–1845, 2016.

BRASIL, Federativa Do. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento BINAGRI - SISLEGIS. v. i, p. 1–10, 2012.

CAMPANHA, R. B.; ROCHA, J. D. C.; MORAES, A. D. S.; OLIVEIRA, P. A.; MENDONÇA, S. Atividade antioxidante de extratos hidroalcoólicos obtidos de diferentes biomassas lignocelulósicas. **Embrapa Agroenergia-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA, 6., Brasília, DF, 2020.

CESAR, A. L. T. M. DE S.; CHEIM, L. M. G.; ROSSIGNOLI, P. A.; RODRIGUES, L. J.; DA SILVA, F. F.; TAKEUCHI, K. P.; MELO FARIA, A. M. Características fisico-químicas e reológicas de amido de milho (Zea mays L.) de pipoca crioulo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e402101321394, 2021.

CHAGAS, W. F. T.; FREIRE, A. I.; CASTRO, E. D. M.; PEREIRA, A. M.; CRUZ, R. R. P.; SOUZA, F. B. M. D.; SOUZA, J. C. D. Amylose content and micromorphology of popcorn progenies with different popping expansion volumes. **Ciencia Rural**, v. 50, n. 2, p. 1–8, 2020.

CHAVES, J. B. P. Avaliação sensorial de alimentos (Métodos de Análises). **Editora da Universidade Federal de Viçosa**, p. 18–25, 1980.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Diseños experimentales**. [s.l.] Trillas México, 1981.

DÁVALOS, E. D.; VOGT, G. A. Variedades de milho de polinização aberta SCS155 Catarina e SCS156 Colorado para a agricultura familiar. **Agropecuária Catarinense**, v. 23, n. 3, p. 78–81, nov. 2010.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**, p. 209–220, 2017.

FRAIRE, P. DA S. **Proteômica quantitativa no estudo das vias metabólicas de ácidos graxos e amido associada à capacidade de expansão de milho pipoca Proteômica quantitativa no estudo das vias metabólicas de ácidos graxos e amido associada à capacidade de expansão de milho**. [s.l.] Universidade Estadual de Maringá, 2018.

GÓIS, A. C.; HOJO, E. T. D.; AGUIAR, C. G. Avaliação da capacidade de expansão de milho pipoca coletados em estabelecimentos comerciais no Oeste

do Paraná. p. 59–66, 2017.

HUNTER LABORATORIES. Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*a*b*. **Hunter Lab**, p. 4, 2012.

IJAROTIMI OS; OLUWALANA, I. B.; OGUNEDOJUTIMI, M. O. Nutrient composition, functional, sensory and microbial status of popcorn-based. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrivetion and Development**, v. 12, n. 5, p. 6424–6446, 2012.

KREPSKY, P. B.; ISIDÓRIO, R. G.; SOUZA FILHO, J. D.; CÔRTES, S. F.; BRAGA, F. C. Chemical composition and vasodilatation induced by Cuphea carthagenensis preparations. **Phytomedicine**, v. 19, n. 11, p. 953–957, 2012.

KRUG, C. A.; CONAGIN, A.; JUNQUEIRA, A. A. B. **Cultura e adubação do milho**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1996.

LUO, X.; CUI, J.; ZHANG, H.; DUAN, Y.; ZHANG, D.; CAI, M.; CHEN, G. Ultrasound assisted extraction of polyphenolic compounds from red sorghum (Sorghum bicolor L.) bran and their biological activities and polyphenolic compositions. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 296–304, 2018.

MABASSO, G. A.; SIQUEIRA, V. C.; QUEQUETO, W. D.; SCHOENINGER, V.; SIMEONE, M. L. F.; FROES, A. L. Proximal Composition and Colour of Maize Grains after Intermittent and Continuous Drying. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 6, n. November, p. 193–203, 2019.

MAGNAVACA, R.; PARENTONI, S. N. Cultivares x híbridos: conceitos básicos. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 14, n. 165, p. 5–8, 1990.

MATTA, F. DE P.; VIANA, J. M. S. Popping expansion tests in popcorn breeding programs. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 845–851, 2001.

MCGRANCE, S. J.; CORNELL, H. J.; RIX, C. J. A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. **Starch-Stärke**, v. 50, n. 4, p. 158–163, 1998.

MERRILL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**.

[s.l.] Human Nutrition Research Branch, Agricultural Research Service, US …, 1955.

MEYNERS, M.; GMBH, G. S.; CASTURA, J. C. Flash Prole. **Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling**, v. 1, n. September, p. 190–221, 2014.

NOBRE, R. G.; LIBERALINO FILHO, J.; PRAÇA, E. F.; DIAS, N. D. S.; FERREIRA NETO, M. Avaliação da qualidade de diferentes marcas comerciais de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 133–135, 2000.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A.-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and bioprocess technology**, v. 6, n. 1, p. 36–60, 2013.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; PACHECO, C. A. P.; COSTA, R. V. Milho-pipoca. In: **Milho-pipoca**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2019. p. 1–5.

PEREIRA, M. T. J.; CANEPPELE, C.; SILVA, S. L.; NUNES, J. A.; ORMOND, A. Propriedades físicas de marcas comerciais de milho pipoca: grão e estourada. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2525–2532, 2014.

REICHERT JR., F. W.; OLIVEIRA, C. R. S.; SILVA JÚNIOR, A. H.; MULINARI, J. Chemical Composition of Maize Landraces and Their Importance To Human Health. **CIAGRO**, v. 20, n. September, p. 1–15, 2020.

SALIM, C. S.; PEREIRA, R. G. F. A.; RIBEIRO, B. B.; PINHEIRO, A. C. M.; BARBOSA, F. O. B. A.; COSTA, E. A.; EUGÊNIO, M. H. A. Análise sensorial de preferência com marcas comerciais de café. **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS**, n. 37, p. 8–9, 2011.

SANCIO, A. P. DE O.; COELHO, L. A.; DE SOUZA, C. P. G.; GOMES, A. C. B., ROCHA; R. L.; VASCONCELOS, C. M. Frog meat products: Acceptance or aversion sensory? **Future Foods**, v. 5, n. September 2021, p. 100118, 2022.

SANTOS, J. S.; VIVAS, M.; DE SOUZA, Y. P.; JUNIOR, A. T. D. A.; DE

ALMEIDA, R. N.; SALUCI, J. C. G.; VIVAS, J. M. S. Resistance of popcorn hybrid (Zea mays) to multiple diseases and correlation between leaf disease intensity and agronomic traits. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 11, p. 1800–1809, 2020.

SAWAZAKI, E. A cultura do milho pipoca no Brasil. **O agronômico**, v. 53, n. 2, p. 11–13, 2008.

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

SCHERER, R.; GODOY, H. T. Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. **Food chemistry**, v. 112, n. 3, p. 654–658, 2009.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Introduction to sensory evaluation. **Sensory Evaluation Practices (Third Edition). Academic Press, San Diego**, p. 1–19, 2004.

STRATIL, P.; KLEJDUS, B.; KUBÁŇ, V. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 3, p. 607–616, 2006.

ULLAH, I.; ALI, M.; FAROOQI, A. Chemical and nutritional properties of some maize (Zea mays L.) varieties grown in NWFP, Pakistan. **Pakistan journal of Nutrition**, v. 9, n. 11, p. 1113–1117, 2010.

VIEIRA, A. G.; GATZ, N. L.; TONIN, L. T. D. Determinação do teor de amilose e amilopectina de diferentes variedades de milho pipoca Determination of amylose and amylopectin content of different popcorn varieties. **EI ICITE**, v. 9, n. 14, p. 1–6, 2019.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; KIL CHANG, Y. br *A quem a correspondência deve ser enviada Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose Physicochemical, rheological, morphological, and thermal characterization of normal. **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, v. 29, n. 4, p.

748, 2009.

YANG, Z.; ZHAI, W. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (Zea mays L.). **Innovative food science & emerging technologies**, v. 11, n. 1, p. 169–176, 2010.

ZHANG, Q.; MEJIA, E. G.; LUNA-VITAL, D.; TAO, T.; CHANDRASEKARAN, S.; CHATHAM, L.; JUVIK, J.; SINGH, V.; KUMAR, D. Relationship of phenolic composition of selected purple maize (Zea mays L.) genotypes with their anti-inflammatory, anti-adipogenic and anti-diabetic potential. **Food Chemistry**, v. 289, n. November 2018, p. 739–750, 2019.

CAPÍTULO 2: PROPRIEDADES NUTRICIONAL, BIOATIVA E FÍSICA DE GRÃOS E CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE PIPOCAS DE DIFERENTES HÍBRIDOS SIMPLES

6.1 INTRODUÇÃO

A pipoca (*Zea mays L. var everta*) é um produto saboroso, nutritivo e com significativa demanda comercial. No entanto, sua produção nacional ainda não é suficiente para atender a demanda interna, o que torna necessária sua importação. Porém, dois fatores principais vêm proporcionando uma mudança nesse cenário: 1) aumento de parcerias entre produtores e empresas empacotadoras do grão, fato esse que incentiva um aumento no número de produtores do milho-pipoca no país; 2) aumento da produção desse grão e do melhoramento genético da cultura, permitindo a oferta de materiais mais adaptados (RANATHUNGA; GUNASEKARA; WIJEWARDANA, 2016; PEREIRA FILHO et al., 2019; SANTOS et al., 2020).

Em diversos pontos do Brasil, já existem programas de melhoramento genético focados em desenvolver novos genótipos de milho-pipoca [*Zea mays L. var. everta (Sturtev.) L. H. Bailey]* adaptados às condições ambientais locais. Instituições públicas como a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Instituto Agronômico de Campinas (IAC), e Universidade Federal do Cariri (UFCA) vêm trabalhando com programas de melhoramento de milho-pipoca, visando a independência por parte de materiais importados (DAROS et al., 2004; PENA, 2015).

Dentre os genótipos desenvolvidos por tais programas, estão os híbridos simples. Os híbridos simples podem ser obtidos a partir do cruzamento de duas linhagens. Geralmente, são mais produtivos que os demais tipos de híbridos e sua semente possui custo mais elevado (MIRANDA, 2008). Existem vantagens e desvantagens para o uso de híbridos. Para saber se o mesmo é apropriado para uma determinada situação, é necessário levar em consideração diversos aspectos como, o ciclo e o potencial de rendimento dos cultivares, a época de

semeadura, o nível de investimento financeiro e tecnológico do produtor e o nível de produtividade desejado. Em colheitas maiores, com alta produtividade e alto investimento tecnológico, os híbridos podem ser uma escolha apropriada (MAGNAVACA; PARENTONI, 1990).

O crescimento da produção e do consumo de milho-pipoca tornam ainda mais relevantes estudos que relacionem a composição desse produto aos benefícios que o mesmo pode fornecer á saúde de quem o consome. Já existem evidências de que o consumo de pipoca e o consumo de milho como ingrediente de alimentos funcionais pode amenizar síndromes metabólicas, especialmente obesidade e diabetes mellitus tipo-2 (ZHANG et al., 2019).

Desse modo, o objetivo do presente estudo foi determinar as propriedades nutricionais, bioativas, físicas e as características sensoriais de híbridos simples pertencentes ao programa de melhoramento genético vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) , intencionando fornecer dados relevantes aos melhoristas capazes de auxiliar no direcionamento do melhoramento genético desses híbridos, visando não apenas maior produtividade e menor custo, como também maior aceitação e benefício ao consumo humano.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Material vegetal

Amostras de 8 híbridos simples (HS), de diferentes ciclos de seleção, de grãos de milho-pipoca foram cedidas pelo Doutor Antônio Teixeira do Amaral Júnior e Doutor Samuel Henrique Kamphorst, do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), no ano de 2020, conforme discriminado na tabela 23.

Tabela 23 - Denominação, ciclo, local de cultivo, instituição de origem e número de registro pelo MAPA dos HS fornecidos pela UENF.

DENOMINAÇÃO DO HS	CICLO	LOCAL DE CULTIVO	INTITUIÇÃO DE ORIGEM	REGISTRO MAPA
UEM-01	Ciclo único	Campos/RJ	UEM	29164
UENF-NO3	Ciclo único	Campos/RJ	UENF	39247
UENF-UVV 01	Ciclo único	Campos/RJ	UENF e UVV	36497
UENF HS01	1° ciclo	Campos/RJ	UENF	36498
UENF HS02	2° ciclo	Campos/RJ	UENF	36499
UENF HS03	3° ciclo	Campos/RJ	UENF	36500
UENF HS04	4° ciclo	Campos/RJ	UENF	36501
UENF HS05	5° ciclo	Campos/RJ	UENF	36502

UEM = Universidade Estadual do Maringá; UVV = Universidade Vila Velha.

6.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em duas etapas distintas:

A 1ª etapa foi realizada com os grãos de milho-pipoca *in natura* seguindo um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) considerando 4 parcelas (3 híbridos de ciclo único e 1 híbrido de ciclo um) avaliadas em 3 repetições, totalizando assim 12 unidades experimentais. Os 5 híbridos de diferentes ciclos de seleção também foram avaliados em 3 repetições, mas de forma distinta, por serem variáveis independentes quantitativas, totalizando 15 unidades experimentais. Todos os híbridos foram avaliados em relação à composição nutricional, teor de amilose e de amilopectina, compostos fenólicos, atividade antioxidante e cor instrumental.

A 2ª etapa foi realizada com os grãos após submetê-los ao processo de expansão. O milho-pipoca foi então avaliado em relação à capacidade de expansão e rendimento seguindo um DIC com 3 repetições, da mesma forma anterior, considerando as variáveis independentes qualitativas (variedades de ciclo único e 1 variedade de ciclo zero) e quantitativas (diferentes ciclos de seleção).

Nessa 2ª etapa os milhos-pipoca foram avaliados sensorialmente por meio dos testes de grupo de foco e aceitação associado ao *Check-All-That-Apply* (CATA), seguindo um Delineamento em Blocos Casualizados Incompletos, no qual cada avaliador foi considerado um bloco, como descrito em maiores detalhes no tópico 6.2.7.2. Para obtenção da pipoca, os grãos de milho foram estourados em pipoqueira elétrica Mondial® PopFlix, sem o uso de óleo, por cerca de 10 minutos.

6.2.3 Determinação da composição centesimal

O teor de umidade foi determinado a partir do método de secagem em estufa a 105℃ até obtenção de peso constante; para determinação de cinzas utilizou-se metodologia de incineração em mufla a 550℃; na determinação de lipídios totais utilizou-se extração pelo método de Goldfish; para determinação de proteínas utilizou-se método de Kjeldahl seguido da conversão do resultado em proteína bruta, utilizando fator de conversão de 5,75 – referente aos cereais; e, o teor de carboidratos foi obtido por diferença (AOAC, 2002). Já o valor calórico total determinou-se aplicando os valores de conversão de Atwater, que considera 1 grama de carboidratos equivalente a 4 kcal, assim como proteínas, enquanto 1 grama de lipídios corresponde a 9 kcal (MERRILL; WATT, 1955).

6.2.4 Determinação do teor de amilose e de amilopectina

Os teores de amilose e de amilopectina foram determinados através do método colorimétrico do iodo. Após trituração, pesou-se 0,1 grama de grãos de milho que foram dissolvidos em dimetilsulfóxido sob aquecimento por 15 minutos em banho-maria a 85 ℃. Após dissolução dos grãos, transferiu-se a solução formada para balão volumétrico de 25 mL e completou-se seu volume com água deionizada. Quando houve leve turbidez na mistura, a mesma foi gentilmente

aquecida com 10 mL de água e resfriada rapidamente antes da próxima etapa. Uma alíquota de 1 mL dessa solução foi posteriormente diluída com 40 mL de água deionizada, 2,5 mL de solução de iodo 0,0025 mol.L^{-1} e 2,5 mL solução de iodeto de potássio 0,0065 mol.L^{-1}. Em seguida, leu-se a absorbância a 600 nm da mistura formada em espectrofotômetro UV-Vis (MCGRANCE; CORNELL; RIX, 1998).

Uma curva analítica padrão com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9872 foi plotada para as amostras (equação 8). Para gerar os pontos da curva, utilizou-se amido de milho Yoki® (27,8% amilose), amido de milho ceroso waxy maize 3Vs Nutrition® (1,8% amilose) e mistura entre ambos os produtos, gerando curva com concentrações de amilose de 0,05 a 0,70 mg.mL^{-1} de solução preparada. A mesma leitura foi feita para os brancos da análise. A porcentagem de amilose foi determinada de acordo com a equação 8 e de amilopectina subtraindo-se de 100 o valor obtido para amilose, conforme equação 9 (MCGRANCE; CORNELL; RIX, 1998; WEBER; COLLARES-QUEIROZ; KIL CHANG, 2009).

$$\text{Teor de amilose (\%)} = \left(\frac{\text{Absorbância-0,0199}}{0,4511}\right) \qquad \text{(EQUAÇÃO 8)}$$

$$\text{Teor de amilopectina (\%)} = 100 - \text{teor de amilose} \qquad \text{(EQUAÇÃO 9)}$$

6.2.5 Determinação da composição bioativa

6.2.5.1 Preparo do Extrato

Pesou-se um grama de amostra, que foi colocada em tubo plástico coberto por papel alumínio. Em seguida, adicionou-se 10 mL de metanol 60% sob agitação manual e constante até completa solubilização. Levou-se a mistura obtida até a centrífuga a 3500 rpm por 10 minutos e, em seguida, o sobrenadante foi coletado em tubo Falcon de 50 mL, cujo volume foi completado até 15 mL com água deionizada (KREPSKY et al., 2012). Os procedimentos descritos foram realizados no escuro e os extratos foram acondicionados sob refrigeração e ao abrigo de luz até a realização das análises.

6.2.5.2 Determinação do teor de compostos fenólicos

Para determinação de compostos fenólicos, foram pipetados 20 µL de cada extrato em microplaca e 80 µL de reagente de Folin Ciocalteu 20%. Após 4 minutos, adicionou-se 100 µL de Carbonato de Sódio 7,5%. Após 2 horas, leu-se a absorbância a 765 nm em espectrofotômetro SpectraMax® 190. A análise do branco foi realizada com água substituindo o extrato (LUO et al., 2018; AOURABI; SFAIRA; MAHJOUBI, 2020). Utilizou-se uma curva analítica de ácido gálico (0,625 – 15 $\mu g.mL^{-1}$), com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9821, para expressar os resultados em miligramas equivalentes de ácido gálico por grama de amostra, conforme equação 10.

$$\text{Teor de fenólicos}_{\text{eq. ác. gálico/g}} = \left(\frac{\text{Absorbância}+0{,}0614}{0{,}2393}\right) \quad \text{(EQUAÇÃO 10)}$$

6.2.5.3 Determinação da atividade antioxidante

Para determinação da atividade antioxidante, utilizou-se dois métodos: o método colorimétrico DPPH e o método do radical ABTS.

6.2.5.3.1 Método DPPH

No método colorimétrico de sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), foram pipetados 20 µL de cada extrato em microplaca adicionados de 280 µL de solução contendo o radical DPPH. Após 60 minutos de incubação ao abrigo de luz, realizou-se a leitura em espectrofotômetro SpectraMax® 190 a 517 nm. A análise do branco foi realizada com metanol 60% (LUO *el. al.*, 2018). Os resultados foram expressos por meio da atividade de eliminação do radical (I), que foi calculado de acordo com equação 11 (SCHERER; GODOY, 2009; YANG; ZHAI, 2010).

$$\text{I (\%)} = \frac{[(\text{Abs branco} - \text{Abs amostra}) \cdot 100]}{\text{Abs branco}} \quad \text{(EQUAÇÃO 11)}$$

Onde:
Abs branco = absorbância do branco (em nm);
Abs amostra = absorbância da amostra (em nm).

6.2.5.3.2 Método ABTS

No método de sequestro do radical ABTS•+ [ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)], 30 µL de cada extrato foram pipetados em uma microplaca e adicionados de 270 µL de solução contendo o radical ABTS. Após 6 minutos de incubação ao abrigo de luz, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro SpectraMax® 190 a 734 nm. A análise do branco foi realizada com metanol 60% e os resultados foram expressos por meio da atividade de eliminação do radical (I), que foi calculado de acordo com equação 11 demonstrada anteriormente (SCHERER; GODOY, 2009; STRATIL; KLEJDUS; KUBÁŇ, 2006).

6.2.6 Determinação das características físicas dos grãos e das pipocas de milho-pipoca

6.2.6.1 Determinação da cor instrumental

A determinação de cor dos grãos *in natura* foi realizada utilizando-se um colorímetro triestímulo trabalhando com D_{65} (luz do dia, 6.500 K) a partir de leitura direta das amostras. Registrou-se os valores da reflectância das coordenadas de cromaticidade L* (luminosidade), a* (tonalidades de vermelho a verde) e b* (tonalidades do amarelo para o azul), empregando-se a escala correspondente a marca do colorímetro (HUNTER LAB, 2012; PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013).

Após leitura das coordenadas de cromaticidade, calculou-se o valor de chroma (C*) (equação 12) e o ângulo Hue (H*) (equação 13) onde croma indica o nível de saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo Hue indica a cor observável – considerando as coordenadas “a” e “b” (MABASSO et al., 2019).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2+(b^*)^2} \qquad \text{(EQUAÇÃO 12)}$$

$$H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \qquad \text{(EQUAÇÃO 13)}$$

6.2.6.2 Determinação da capacidade de expansão e rendimento

Para obtenção da capacidade de expansão (CE) dos grãos de milho-pipoca, primeiramente pesou-se os grãos que correspondessem ao volume de 30 mL, medidos em proveta de 100 mL, e, em seguida, estes foram pipocados e as pipocas obtidas foram avolumadas em proveta de 1000 mL. A relação entre a massa de 30 mL de grãos e o volume da pipoca obtida representa o índice da CE dos grãos (SAWAZAKI; MORAIS; LAGO, 1986). O rendimento das pipocas foi obtido a partir da relação entre a massa inicial dos grãos e a massa de piruá obtida após pipocagem, conforme Matta e Viana (2001).

6.2.7 Análise sensorial da pipoca

Os testes sensoriais foram conduzidos no Laboratório de Técnica Dietética da Universidade Vila Velha e iniciaram após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UVV, Brasil, sob parecer nº 5.419.861 (anexo I).

6.2.7.1 Grupo de foco

Para obtenção dos descritores sensoriais das pipocas, foi realizada uma sessão de grupo de foco, com duração de aproximadamente 30 minutos, em que 7 avaliadores não treinados forneceram os aspectos sensoriais mais relevantes (em relação a aparência, aroma, textura e sabor) das pipocas em estudo (AGUIAR et al., 2020). Foram levantados os principais termos utilizados para descrever as pipocas e ainda, os adjetivos que condizem com as emoções. A sessão, que foi gravada, foi conduzida por moderador e auxiliares que transcreveram as falas dos participantes, a fim de obter informações mais detalhadas sobre as pipocas avaliadas.

Antes de iniciar a sessão, os participantes foram convidados a preencher um questionário com informações socioeconômicas e relacionadas ao consumo de pipoca (anexo II). Posteriormente, puderam provar as amostras. Foi seguido um roteiro de perguntas (anexo III) para facilitar condução da sessão.

Após realização da sessão e análise das informações por meio da leitura das respostas transcritas e da escuta das gravações, foi confeccionada uma lista contendo 20 termos que melhor caracterizaram os produtos em estudo em relação a percepções, sentimentos ou emoções despertadas nos participantes/consumidores, os quais foram utilizados para compor a lista CATA (MEYNERS; GMBH; CASTURA, 2014) acrescentada na ficha de avaliação do teste de aceitação (figura 15), permitindo maiores inferências às avaliações realizadas pelos consumidores quanto ao gostar ou desgostar das pipocas (SANCIO et al., 2022).

Nome:_____

Data: ___/___/___

Por favor, prove as amostras e indique a opção que melhor reflete o seu julgamento.

Código da amostra: _____

9- ( ) Gostei extremamente	4- ( ) Desgostei ligeiramente
8- ( ) Gostei muito	3- ( ) Desgostei moderadamente
7- ( ) Gostei moderadamente	2- ( ) Desgostei muito
6- ( ) Gostei ligeiramente	1- ( ) Desgostei extremamente
5- ( ) Indiferente	

Marque com um "X" as características que contribuíram para sua avaliação acima. Pode marcar quantas alternativas desejar.

( ) Cor branca	( ) Murcha	( ) Sabor de pipoca	( ) Sem cheiro
( ) Cor amarela	( ) Crocante	( ) Sabor residual	( ) Cheiro agradável
( ) Grande	( ) Macia	( ) Sem sabor	( ) Aparência desagradável
( ) Pequena	( ) Dura	( ) Sabor intenso	( ) Aparência agradável
( ) Saudável	( ) Lembra isopor	( ) Presença de casca	( ) Lembrança afetiva

Figura 15 - Ficha de avaliação do teste de aceitação associado ao CATA

6.2.7.2 Teste de aceitação associado ao CATA

Realizou-se a análise sensorial seguindo o delineamento de blocos incompletos balanceados (COCHRAN; COX, 1981) para os 8 grãos de milho-pipoca, com os parâmetros descritos na tabela 24 e o delineamento descrito na tabela 25, respectivamente a seguir.

Tabela 24 - Parâmetros do delineamento de blocos incompletos.

Símbolo	Significado	Valor
t	Número de tratamentos	8
k	Número de unidades por bloco por consumidor	4
r	Número de repetições	1
b	Número de blocos	2
λ	Número de vezes que um par de tratamentos é testado junto	1

Tabela 25 - Delineamento em blocos incompletos e balanceados, para avaliação sensorial da pipoca.

PIPOCA	BLOCO	
	1	2
1	X	
2	X	
3		X
4	X	
5	X	
6		X
7		X
8		X

As amostras de pipoca preparadas foram colocadas em pratos e mantidas cobertas com papel toalha até o momento da avaliação.

A análise foi realizada por 60 julgadores não treinados (30 avaliações por amostra), de ambos os sexos, consumidores do produto, recrutados entre acadêmicos, funcionários e professores da Universidade Vila Velha (UVV), dispostos a participarem da avaliação. A avaliação sensorial foi realizada em cabines individuais. Durante as sessões, 4 variedades de pipoca foram servidas em copos descartáveis, em ordem equilibrada e aleatória, seguindo o delineamento proposto.

Os consumidores receberam fichas de avaliação para cada amostra para registrar sua aceitação pelo produto. A aceitabilidade sensorial das pipocas em relação à impressão geral foi avaliada usando uma escala hedônica de nove

pontos (1 = desgostei extremamente a 9 = gostei extremamente) (CHAVES, 1980; STONE; SIDEL, 2004).

6.2.8 Análise estatística

Os resultados foram avaliados quanto à sua normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para resultados não normais, a análise foi conduzida por meio do teste de Kruskal-Wallis e, quando houve diferença estatística, os dados qualitativos foram avaliados pelo teste Dunn. Para resultados normais, realizou-se a análise de variância (ANOVA) e, em caso de diferença estatística dos dados qualitativos, os mesmos foram comparados pelo teste Duncan.

Para os dados quantitativos foram ajustados modelos de regressão linear ou quadrático para explicar o comportamento da variável dependente analisada em função dos ciclos de seleção. Para todos os testes realizados foi adotado o nível de 5% de probabilidade.

Todos os resultados foram analisados por meio do programa estatístico Statistical Analysis System (SAS University Studio Online, Cary, North Carolina), versão online.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Composição centesimal

A análise da composição centesimal dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um apresentaram normalidade (p>0,05) para todos os constituintes. Logo, realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 26 e 27 a seguir.

Tabela 26 - Resumo ANOVA para as análises de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

Constituinte	FV	GL	QM	p(F)
Umidade	Híbridos	3	2,6173	0,0027*
	Erro	8	0,2238	
Cinzas	Híbridos	3	0,0502	0,0073*
	Erro	8	0,0060	
Lipídios	Híbridos	3	4,4409	$0,1136^{ns}$
	Erro	8	1,6248	
Proteínas	Híbridos	3	0,0295	$0,9924^{ns}$
	Erro	7	0,9813	
Carboidratos	Híbridos	3	10,0234	$0,2510^{ns}$
	Erro	8	6,0263	
VCT	Híbridos	3	59,6059	0,0234*
	Erro	8	10,7250	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 27 - Médias dos constituintes umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

GENÓTIPO	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	CHO (%)	VCT (kcal/100g)
HS01	$9,69±0,27^{b}$	$1,41±0,06^{c}$	$2,62±0,49^{a}$	$8,65±0,93^{a}$	$77,63±0,90^{a}$	$368,68±3,46^{bc}$
UEM-01	$10,56±0,42^{b}$	$1,72±0,07^{a}$	$2,17±2,17^{a}$	$8,60±0,31^{a}$	$77,21±3,79^{a}$	$372,50±1,60^{ab}$
UENF-N03	$10,58±0,17^{b}$	$1,60±0,10^{ab}$	$4,85±0,76^{a}$	$8,42±0,82^{a}$	$74,55±0,98^{a}$	$375,50±4,85^{a}$
UENF-UVV	$11,95±0,78^{a}$	$1,56±0,07^{b}$	$3,87±1,00^{a}$	$8,59±1,36^{a}$	$74,03±2,82^{a}$	$365,28±2,21^{c}$

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Detectou-se diferença (p≤0,05) entre as amostras de HS para umidade, cinzas e VCT.

A umidade da amostra UENF-UVV 01 mostrou-se superior e diferente (p≤0,05) das demais amostras. Isso pode favorecer a capacidade de expansão (CE) desse híbrido, já que a umidade é um dos parâmetros que impacta diretamente na CE dos grãos de milho-pipoca. Isso ocorre, pois, a presença de água no interior do grão permite que o mesmo se expanda ao ser submetido a uma fonte de calor com temperatura suficiente para iniciar o processo de estouro. Quantidade insuficiente de água impede expansão máxima do grão, enquanto excesso de água pode causar problemas no armazenamento do mesmo, tornando-o propício ao acúmulo de fungos e, posteriormente, impedindo expansão adequada desse. A umidade ideal para máxima expansão dos grãos varia de acordo com o medidor de umidade, o cultivar e se os grãos foram reidratados. Nos trabalhos de melhoramento, avalia-se que umidade ideal se encontra entre 13 e 14% para grãos após secagem, podendo chegar a 15% considerando grãos que passaram por reidratação (SAWAZAKI, 2008). Outro estudo, no entanto, encontrou que teores de umidade situados entre 10,2 e 13,4% seriam os mais adequados para obtenção do índice máximo de capacidade de expansão (KRUG; CONAGIN; JUNQUEIRA, 1996). Desse modo, de acordo com estudo Sawazaki (2008), nenhum dos híbridos estudados possui teor de umidade ideal para uma CE máxima. Já de acordo com estudo de Krug e Colaboradores (1996), apenas o híbrido HS01 não possui teor de umidade ideal para atingir a máxima CE.

Para cinzas, UEM-01 variou estatisticamente (p≤0,05) das amostras UENF-UVV 01 e HS01. O teor de cinzas das amostras variou entre 1,41 e 1,72%. Tal intervalo de valores se encontra dentro do esperado para o milho comum (2,33 ± 1,33 g), no entanto, para os híbridos UEM-01, UENF-N03 e UENF-UVV 01 está acima do valor declarado em literatura para milho-pipoca (IJAROTIMI OS, 2012). Define-se teor de cinzas como a quantidade de material mineral (resíduo não combustível) presente na amostra analisada. Os híbridos que apresentam teor de cinzas acima do esperado para grãos de milho-pipoca, podem ser vantajosos para os melhoristas, já que estudos vêm sendo realizados intencionando

incrementar níveis de minerais no milho, devido aos efeitos benéficos que alguns minerais podem proporcionar ao corpo humano no curto e longo prazo (ULLAH; ALI; FAROOQI, 2010; REICHERT JR. et al., 2020). Os minerais presentes no milho-pipoca são alumínio, cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, fósforo, potássio, sódio e zinco. Desses, recebem destaque o potássio – pois se apresenta em quantidade significativa nos grãos de milho e é um composto geralmente em falta na dieta humana (SHAH; PRASAD; KUMAR, 2015) – e o ferro – que é um composto essencial para uma série de processos vitais no corpo humano e sua deficiência é uma das principais causas de anemia no mundo (ABBASPOUR; HURRELL; KELISHADI, 2014). Em razão dos benefícios apresentados por microminerais como o ferro, existe um interesse na biofortificação desses nutrientes no milho, visando corrigir sua deficiência desses composto em partes da população que a apresentam (REICHERT JR. et al., 2020).

Os valores de VCT variaram entre 365,28 e 375,50 kcal/100g. A amostra com maior teor de umidade (UENF-UVV 01) apresentou menor VCT, especialmente em comparação aos híbridos UENF-N03 e UEM-01. O VCT foi calculado baseado nos teores de lipídios, proteínas e carboidratos – portanto, tais teores impactaram diretamente nas calorias de cada grão. É importante acompanhar o valor calórico dos grãos estudados, pois tal parâmetro auxilia na inserção desse alimento na dieta humana de forma equilibrada e fornecendo o máximo de benefícios. Porém, é essencial que se acompanhe os teores dos outros constituintes.

Os teores de lipídios, proteínas e carboidratos não apresentaram diferença ($p>0,05$) entre as amostras.

Os teores de lipídios detectados nos híbridos HS01, UEM-01 e UENF-UVV 01 se encontram abaixo do esperado para milho comum (4,57 ± 0,12%) e apenas os híbridos UENF-N03 e UENF-UVV 01 possuíram teor acima do esperado para milho-pipoca (3,14%) (IJAROTIMI OS, 2012; SHAH; PRASAD; KUMAR, 2015). Estudo de Park e Colaboradores (2000), que analisou a composição de lipídios de seis híbridos de milho-pipoca, detectou teores entre 3,80 e 4,63% – apenas a amostra UENF-UVV 01 apresentou teor compatível, enquanto as amostras

HS01 e UEM-01 ficaram abaixo e a amostra UENF-N03 ficou acima de tal intervalo. De acordo com o mesmo estudo, os híbridos de milho-pipoca apresentaram, dentro da composição de lipídios, presença de ácido linoleico e oleico – principalmente. Ambos são ácidos graxos essenciais e são indispensáveis na dieta humana. O ácido oleico é capaz de diminuir o teor de triglicerídeos e de equilibrar a pressão arterial, trazendo benefícios à saúde (ABE et al., 2018). Por isso, os teores de ácidos graxos essenciais já são alvos da modificação genética no milho, pois através da manipulação de seus teores, é possível incrementar os benefícios que esse alimento pode trazer a saúde humana (LETO; ULRICH, 1997).

O teor de proteínas das amostras ficou entre 8,42 e 8,65%, o que está dentro do esperado para milho comum (8,84 ± 0,35%), porém, abaixo do esperado para milho-pipoca (10,68%) (IJAROTIMI OS, 2012; SHAH; PRASAD; KUMAR, 2015). O teor proteico pode variar de acordo com o genótipo do milho e as condições ambientais aos quais ele estava submetido (REICHERT JR. et al., 2020). Estudo de Park e Colaboradores (2000), que analisou teor proteico de seis híbridos de milho-pipoca, encontrou teores entre 8,1 e 10,5% para suas amostras, de modo que todas as amostras do presente estudo se encontram em um intervalo compatível com o encontrado pelos autores. Já existem estudos focados em melhorar o teor proteico do milho através do incremento de aminoácidos essenciais, como lisina e triptofano – de modo a oferecer ao milho uma qualidade nutricional superior, podendo o mesmo propiciar mais benefícios à saúde, como a redução da deficiência nutricional (HIBBERD; ANDERSON; BARKER, 1987; HUBBARD el al., 1991; HUBBARD, 1988).

Carboidrato é o nutriente majoritário no grão de milho. O teor de carboidratos dos híbridos atendeu ao intervalo entre 74,03 e 77,63%. Desse modo, o teor de todas as amostras encontra-se dentro do intervalo esperado para milho-pipoca (75,05 a 77,50%) (IJAROTIMI OS, 2012; LONGVAH et al., 2017).

A análise da composição centesimal dos grãos de milho-pipoca HS em seus diferentes ciclos de seleção apresentou normalidade ($p>0,05$) para todos os constituintes. Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 28.

Tabela 28 - Resumo ANOVA para as análises de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Constituinte	FV	GL	QM	p(F)
Umidade	Ciclo	4	2,7051	0,0007*
	Erro	9	0,1982	
Cinzas	Ciclo	4	0,0489	0,0127*
	Erro	9	0,0082	
Lipídios	Ciclo	4	1,5039	0,0133*
	Erro	9	0,2568	
Proteínas	Ciclo	4	5,6322	0,5536^{ns}
	Erro	7	6,9037	
Carboidratos	Ciclo	4	10,6853	0,2735^{ns}
	Erro	9	6,9888	
VCT	Ciclo	4	58,3755	0,0252*
	Erro	9	12,444	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Realizou-se para as mesmas amostras, uma apresentação gráfica do comportamento de cada constituinte ao longo dos ciclos (figura 16). Não foi possível ajustar uma equação de regressão para nenhum dos constituintes avaliados.

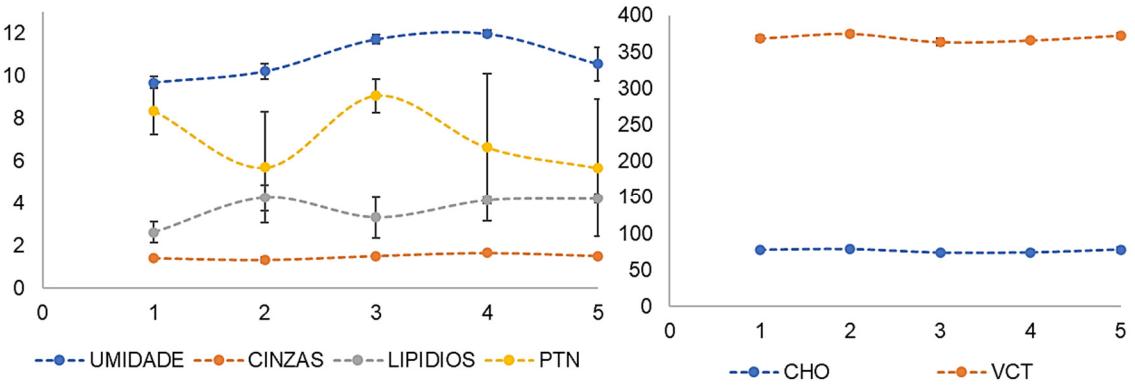


Figura 16 - Comportamento dos constituintes nutricionais (eixo y) nos diferentes ciclos de seleção (eixo x) dos grãos de milho-pipoca HS. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

É possível observar que houve diferença estatística (p≤0,05) para os constituintes umidade, cinzas, lipídios e VCT.

Observa-se que há para umidade, lipídeos e proteínas, uma inconstância quanto a queda e elevação do teor ao longo dos ciclos, apesar dessa inconstância ser maior para as proteínas. O conceito básico de melhoramento genético consiste em aumentar as frequências de genes superiores dentro da população a ser melhorada. Isso é realizado através de um processo dinâmico, contínuo e progressivo, denominado a cada etapa como ciclo de seleção (DÁVALOS; VOGT, 2010). Desse modo, é possível que a cada ciclo de seleção, ao aumentar a expressão dos genes de interesse, houvesse alteração na expressão dos genes responsáveis por determinar o teor desses constituintes nessas amostras. Mas a inconstância na presença desses constituintes pode ser causada por fatores externos, como condições ambientais, de plantio e de manejo, que são capazes de influenciar tanto quanto fatores genéticos inerentes desses híbridos em diferentes ciclos de seleção (ULLAH; ALI; FAROOQI, 2010).

Nos ciclos 3 e 4 percebe-se um aumento nos teores de umidade, cinzas e lipídios. Por outro lado, o ciclo 3 se destaca com maior teor de proteínas – de tal modo que esse ciclo se mostra favorável por poder apresentar maior CE, com baixo teor de gorduras e maior composição proteica.

Para os teores de cinzas, carboidratos e VCT, existe uma linearidade, indicando que há maior conservação do teor desses constituintes ao longo dos ciclos.

6.3.2 Teor de amilose e amilopectina

A análise dos teores de amilose e de amilopectina dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo 1 apresentaram normalidade ($p>0,05$) para ambos os constituintes. Logo, realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 29 e 30 a seguir.

Tabela 29 – Resumo ANOVA para amilose e amilopectina dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

Constituinte	FV	GL	QM	p(F)
Amilose	Híbridos	3	13,4562	0,0025*
	Erro	8	1,1224	
Amilopectina	Híbridos	3	13,4562	0,0025*
	Erro	8	1,1224	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 30 - Médias dos constituintes amilose e amilopectina dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

GENÓTIPO	Amilose (%)	Amilopectina (%)
HS01	14,42±1,74^{a}	85,58±1,74^{c}
UEM-01	12,11±0,19^{b}	87,89±0,19^{b}
UENF-N03	13,98±0,93^{ab}	86,02±0,93^{bc}
UENF-UVV01	9,77±0,74^{c}	90,23±0,74^{a}

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

O carboidrato principal do milho é o amido, um polissacarídeo composto por cadeias de amilose e de amilopectina. O teor dessas estruturas diverge entre variedades de uma mesma espécie e o estudo da proporção entre amilose e amilopectina no amido do milho-pipoca é de grande interesse, já que um maior teor de amilose pode interferir positivamente na capacidades de expansão do grão (VIEIRA; GATZ; TONIN, 2019; CHAGAS et al., 2020). De acordo com Weber e Colaboradores (2009), espera-se teor entre 25 e 28% de amilose para grãos de milho. No entanto, algumas variedades podem possuir teores distintos de amilose, variando desde milhos cerosos (constituídos totalmente por amilopectina) até milhos *high-amilose*, com teores acima de 50% para essa estrutura.

Existe diferença (p≤0,05) entre os híbridos para o teor de amilose. As amostras HS01, UENF-N03 e UEM-01 apresentaram os maiores teores. Estudo de Sweley e Colaboradores (2011), que analisou a composição de um híbrido de milho-pipoca, identificou teor de 16,90% de amilose em sua amostra. Outro estudo, de

Park e Colaboradores (2000), que analisou composição de 6 híbridos, encontrou teores entre 27-28% de amilose nos grãos estudados. Os teores obtidos no presente estudo foram, portanto, abaixo do esperado. Esses resultados podem ter implicações diretas na capacidade de expansão alcançada pelos grãos analisados. Além disso, os baixos teores de amilose, indicam altos teores de amilopectina – o que impacta nas características do milho, já que a amilopectina é, estrutural e funcionalmente, a mais importante das duas frações, pois pode formar o grânulo de amido mesmo sozinha (FRAIRE, 2018).

Identificou-se que a concentração e a composição do amido do grão de milho comum são controladas por muitos genes e alguns atuam diretamente sobre os níveis de amilose. Em milho-pipoca, esse tipo de abordagem ainda não foi conduzida, entretanto, a composição do amido tem levantado importantes discussões a respeito da sua relevância para a CE, principalmente, no que se refere aos teores de amilose e de amilopectina (FRAIRE, 2018). Sugere-se que a amilose tem relação com a CE, como observado nos resultados de Chagas e Colaboradores (2020) que, ao caracterizar grãos de milho-pipoca de diferentes progênies, obteve que os grãos com altos valores de capacidade de expansão apresentaram alta porcentagem de amilose, enquanto os com menores valores de expansão, apresentam menor porcentagem de amilose. No mesmo estudo, o efeito do arranjo dos grânulos de amido e espessura do pericarpo na CE também foram avaliados.

Desse modo, é necessário observar outros parâmetros antes de indicar quais proporções de amilose/amilopectina podem ser mais favoráveis aos grãos de milho-pipoca comparados no presente estudo.

A análise do teor de amilose e de amilopectina dos grãos de milho-pipoca HS em seus diferentes ciclos de seleção apresentou normalidade ($p>0,05$) para todos os constituintes. Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 31.

Tabela 31 - Resumo ANOVA para amilose e amilopectina dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Constituinte	FV	GL	QM	p(F)
Amilose	Ciclo	4	7,5722	0,0149*
	Erro	9	1,3425	
Amilopectina	Ciclo	4	7,5422	0,0149*
	Erro	9	1,3425	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Realizou-se para as mesmas amostras, uma apresentação gráfica do comportamento de cada constituinte ao longo dos ciclos (figura 17). Não foi possível ajustar equação de regressão para esses constituintes.

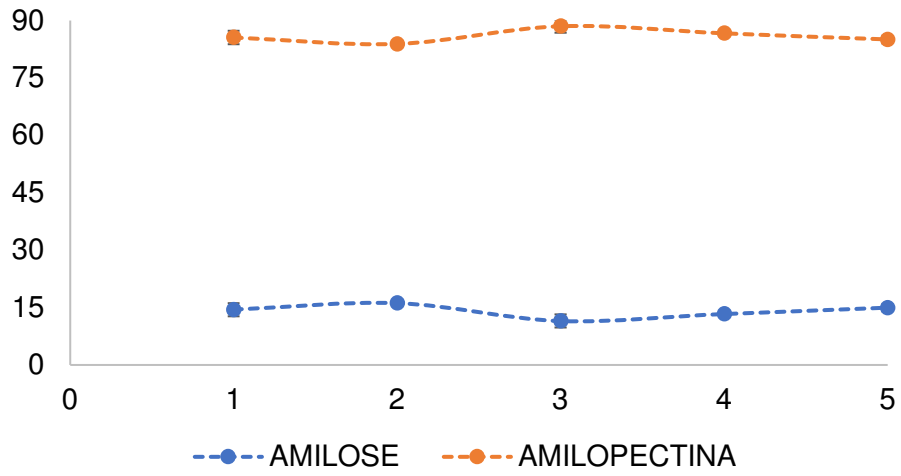


Figura 17 - Comportamento dos constituintes amilose e amilopectina (y) nos diferentes ciclos de seleção (x) dos grãos de milho-pipoca HS. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

Existe diferença (p≤0,05) entre os diferentes ciclos de seleção do híbrido HS para os teores de amilose e de amilopectina.

Ocorre a partir do ciclo 2 uma leve queda no teor de amilose em relação aos outros ciclos e, por consequência, há um aumento no teor de amilopectina para o mesmo ciclo. No entanto, os teores de ambas as estruturas se mostram pouco variáveis nos ciclos de seleção do híbrido simples. A pouca variação da proporção entre esses constituintes ao longo dos ciclos, indica que há uma

conservação do teor e da constituição do amido ao longo das etapas de seleção realizadas para esse grão.

6.3.3 Composição bioativa

As análises da composição bioativa dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um apresentaram normalidade (p>0,05). Logo, realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 32 e 33 a seguir.

Tabela 32 - Resumo ANOVA para compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

Análise	FV	GL	QM	p(F)
Compostos fenólicos	Híbridos	3	269031,1751	0,0025*
	Erro	8	22528,4800	
Antioxidantes ABTS	Híbridos	3	186,8579	0,0028*
	Erro	6	11,5415	
Antioxidantes DPPH	Híbridos	3	129,2234	0,0003*
	Erro	7	4,8332	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 33 - Médias dos compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

GENÓTIPO	Fenólicos (mg/100g)	ABTS (% de inibição)	DPPH (% de inibição)
HS01	926,76±132,38^{a}	18,88±6,48^{b}	31,79±2,82^{a}
UEM-01	257,02±188,12^{b}	17,06±0,71^{b}	28,07±0,91^{a}
UENF-N03	396,80±147,94^{b}	33,99±2,56^{a}	29,56±2,84^{a}
UENF-UVV01	366,09±123,75^{b}	17,36±2,61^{b}	17,00±0,72^{b}

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Houve diferença (p≤0,05) entre as amostras para todas as análises de composição bioativa realizadas.

Para a análise de compostos fenólicos, a amostra HS01 obteve o maior teor, sendo diferente (p≤0,05) das outras amostras, que são semelhantes entre si. Os altos desvios-padrões (DP) atribuídos a todos os híbridos comparados se

devem, principalmente, a falta de homogeneidade da coloração dos grãos entre as repetições de cada amostra, visivelmente notada pela cor.

A influência da cor dos grãos na composição fenólica é diretamente proporcional e tal relação já é explorada, em especial em estudos do segmentos alimentício, visando desenvolver grãos de milho-pipoca com maiores benefícios à saúde, já que a função dos compostos fenólicos está associada à capacidade antioxidante dessas substâncias em sequestrar radicais livres (BARBOSA et al., 2016).

Estudo de Coco e Vinson (2019), que avaliou composição de fenólicos de nove tipos de milhos-pipocas comerciais, encontrou uma média de 593,00±92,0 mg/100g de compostos fenólicos totais. Desse modo, apenas a amostra HS01 mostrou composição superior à média encontrada para os grãos comerciais. O mesmo estudo concluiu que o processo de pipocagem dos grãos não causa diferença significativa nos teores, tornando o alimento uma boa fonte de compostos antioxidantes. No entanto, estudo de Barbosa e Colaboradores (2015) detectou que a exposição dos grãos ao calor para a pipocagem dos mesmos, pode causar degradação dos compostos bioativos, indicando que o consumo do milho *in natura* pode ser mais favorável. Sendo assim, sugere-se mais estudos que avaliem compostos bioativos nos grãos antes e após submissão dos mesmos a pipocagem.

Para a atividade antioxidante, nota-se que o híbrido HS01, com maior teor de compostos fenólicos ($p \leq 0,05$), apresentou também maior atividade antioxidante pelo método DPPH. Por outro lado, UENF-N03 e UENF-UVV 01, que apresentaram teor de compostos fenólicos semelhantes ($p > 0,05$), encontraram valores coerentes e próximos entre os métodos ABTS e DPPH.

O consumo de compostos bioativos está associado a diversos benefícios, como redução do risco de diabetes, doenças cardiovasculares, hipertensão e inflamações. Além disso, a pipoca demonstra ser um alimento capaz de causar sensação de saciedade, auxiliando no controle da quantidade a ser consumida. No entanto, ressalta-se a necessidade de consumir o grão (*in natura* ou pipocado) integral, já que a maior parte dos compostos se encontra em seu pericarpo (parte mais externa do grão) (COCO; VINSON, 2019).

Estão presentes no milho compostos fenólicos como ácidos fenólicos, antocianinas e flavonoides. Tais substâncias possuem uma estrutura química associada à atividade antioxidante. Diferentes quantidades das mesmas são capazes de proporcionar diferentes colorações e variação na atividade antioxidante presente nos grãos de milho-pipoca. Compreende-se, portanto, que há relação entre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante (ZHANG et al., 2019).

As análises da composição bioativa dos grãos de milho-pipoca HS em seus diferentes ciclos de seleção apresentaram normalidade ($p>0,05$). Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 34.

Tabela 34 - Resumo ANOVA para compostos fenólicos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Análise	FV	GL	QM	p(F)
Compostos fenólicos	Ciclo	4	153805,9619	0,0262*
	Erro	8	30988,2992	
ABTS	Ciclo	4	254,9860	0,0336*
	Erro	9	60,2079	
DPPH	Ciclo	4	55,8299	$0,0560^{ns}$
	Erro	9	16,0827	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Realizou-se para as mesmas amostras, uma apresentação gráfica do comportamento de cada análise ao longo dos ciclos (figura 18). Não foi possível ajustar equação de regressão para compostos fenólicos ou atividade antioxidante.

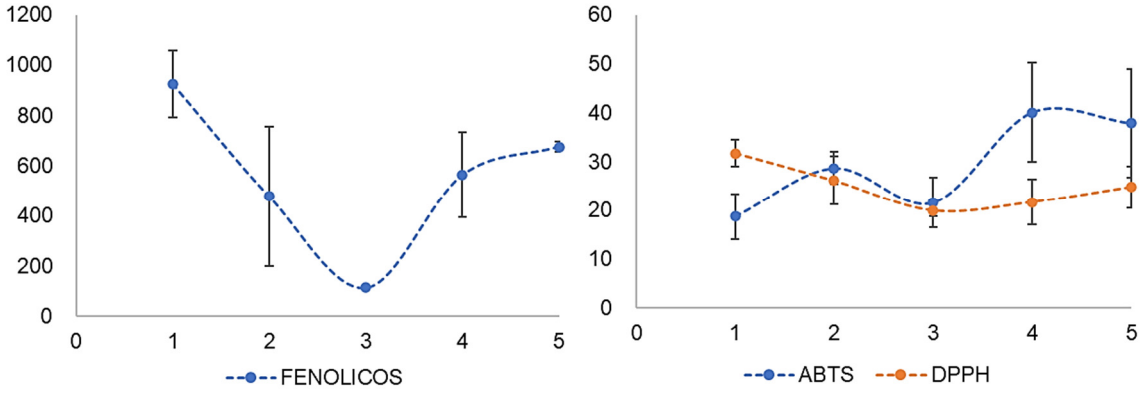


Figura 18 - Comportamento dos constituintes bioativos (ciclo y) nos diferentes ciclos de seleção (ciclo x) dos grãos de milho-pipoca HS. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

Houve diferença ($p \leq 0,05$) entre as amostras para as análises de compostos fenólicos e de atividade antioxidante pelo método ABTS. Tal como ocorreu com as amostras de ciclo único, alto DP foi observado para algumas amostras, sendo esse atribuído a falta de homogeneidade entre a coloração dos grãos de cada repetição dos ciclos de seleção desse híbrido.

Observa-se, tanto na curva de compostos fenólicos como ABTS, um comportamento inconstante, com maior redução dos valores no ciclo 3 e uma tendência a estabilização a partir do ciclo 4. Pelo método DPPH, apesar da ausência de diferença estatística, também é possível observar o mesmo comportamento, porém, de forma mais sutil.

A variação de teores entre as amostras pode ser atribuída, principalmente, à variação na coloração e na intensidade dessa coloração entre as amostras dos diferentes ciclos. Isso indica que não houve preservação da estabilidade desses compostos ao longo dos ciclos de seleção do híbrido avaliado.

6.3.4 Características físicas dos grãos e das pipocas de milho-pipoca

6.3.4.1 Cor instrumental

Para a análise da cor instrumental dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um, todas as coordenadas apresentaram normalidade ($p>0,05$). Logo, realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 35 e 36 a seguir.

Tabela 35 - Resumo ANOVA para as coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

Coordenada	FV	GL	QM	p(F)
L*	Híbridos	3	45,7380	0,1426^{ns}
	Erro	8	19,0021	
H*	Híbridos	3	32,5313	0,0505^{ns}
	Erro	8	8,0321	
C*	Híbridos	3	59,9928	0,0046*
	Erro	8	6,0883	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 36 - Médias das coordenadas de cor instrumental dos grãos in natura dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

GENÓTIPO	L*	H*	C*
HS01	57,99±4,16^{a}	73,73±3,76^{a}	27,03±2,51^{b}
UEM-01	52,11±4,97^{a}	72,66±2,25^{a}	34,72±2,51^{a}
UENF-N03	61,55±2,36^{a}	77,43±0,55^{a}	25,53±2,53^{b}
UENF-UVV01	57,84±5,33^{a}	79,40±3,55^{a}	25,21±2,31^{b}

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Para as coordenadas L* e H* não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as amostras. No entanto, houve diferença ($p\leq0,05$) para a coordenada C*.

A coordenada L* indica a luminosidade da amostra e varia de 0 (preto) a 100 (branco), indicando que quanto mais próximo de 100, maior luminosidade o brilho tem o grão (MABASSO et al., 2019). Os valores obtidos indicam que todas as amostras comparadas apresentam luminosidade ou brilho presente intermediário.

A coordenada H* indica qualitativamente a cor das amostras analisadas. De acordo com Ferreira e Spricigo (2017), graficamente, o ângulo de 0° indica a cor vermelha e o ângulo de 90° indica a cor amarela, de tal modo que todas as amostras comparadas encontram-se na coloração amarela mais avermelhado do sistema de cores.

A coordenada C* indica a saturação ou intensidade da cor, representando a distância do eixo de luminosidade L* até o ponto da cor (quanto mais afastado do eixo, mais intensa é a cor da amostra) (CESAR et al., 2021). Tal coordenada apresentou maior valor ($p \leq 0,05$) para a amostra UEM-01 em relação aos híbridos comparados. Isso indica maior intensidade da coloração amarelo avermelhado.

A cor dos alimentos é um atributo de grande importância comercial, pois é decisória na hora da escolha do consumidor e, consequentemente, para a escolha da indústria alimentícia. Nesse sentido, a determinação das coordenadas L*, C* e H* são capazes de indicar se as amostras são ou não comercialmente atrativas, já que grãos de milho-pipoca de maior intensidade da cor amarela geralmente apresentam maior aceitação (CESAR et al., 2021). Nesse sentido, todos os híbridos são suscetíveis a uma boa aceitação sensorial devido sua coloração semelhante entre as coordenadas L* e H*, com pequena diferença para o C* em relação ao híbrido UEM-01.

A figura 19 a seguir apresenta os grãos avaliados. É possível observar as diferenças de cor que proporcionaram os valores medidos.

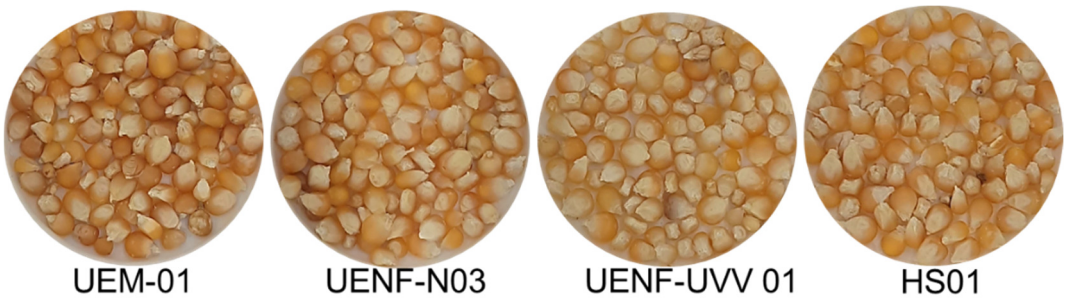


Figura 19 - Grãos in natura dos híbridos simples de ciclo único ou ciclo um.

A análise de cor dos grãos de milho-pipoca UNB2 em seus diferentes ciclos de seleção apresentou normalidade ($p>0,05$) para todos os parâmetros avaliados. Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 37.

Tabela 37 - Resumo ANOVA para os parâmetros de cor instrumental dos grãos in natura dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Coordenada	FV	GL	QM	p(F)
L*	Híbridos	4	44,4808	0,1484^{ns}
	Erro	9	20,1375	
H*	Híbridos	4	38,8452	0,0219*
	Erro	9	7,8513	
C*	Híbridos	4	18,4074	0,0990^{ns}
	Erro	9	6,8031	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Realizou-se para as mesmas amostras, uma apresentação gráfica do comportamento de cada coordenada ao longo dos ciclos (figura 20). Não foi possível ajustar uma equação de regressão para nenhuma das análises avaliadas.

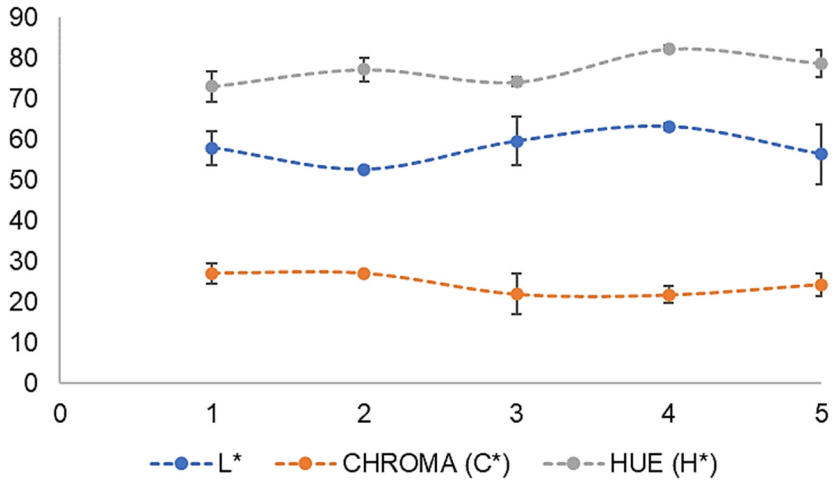


Figura 20 - Comportamento das coordenadas de cor (ciclo y) nos diferentes ciclos de seleção (ciclo x) dos grãos de milho-pipoca HS. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

Nota-se que todas as coordenadas comparadas apresentaram pouca variação ao longo dos ciclos. Porém, é possível observar para H* maiores valores nos

ciclos 2 e 4. Essas observações se relacionam com a figura 21, a qual apresenta os grãos avaliados.

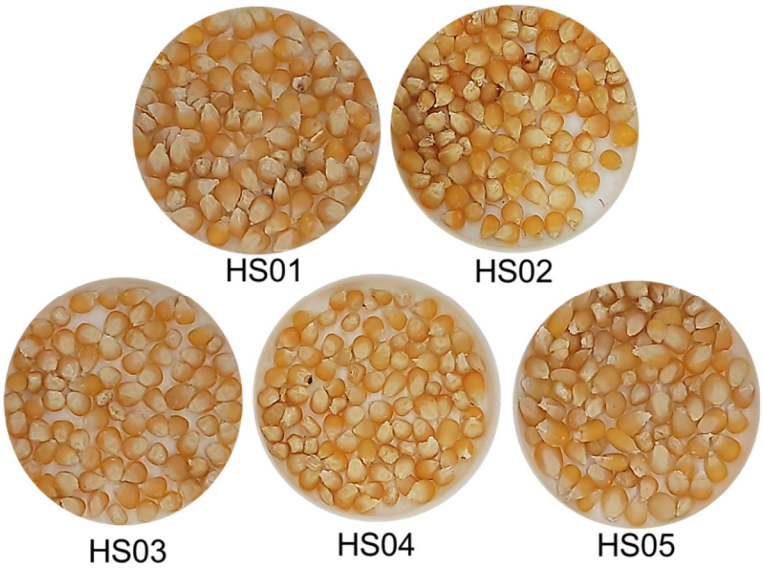


Figura 21 - Grãos in natura dos híbridos simples de diferentes ciclos de seleção. Nota-se que, especialmente o ciclo 4 se apresenta numa coloração mais amarelada em relação aos outros ciclos.

6.3.4.2 Determinação da capacidade de expansão e rendimento

A análise da capacidade de expansão (CE) e do rendimento dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo 1 apresentaram normalidade ($p>0,05$). Logo, realizou-se ANOVA dos mesmos, seguido do teste de comparação de médias de Duncan, conforme apresentado nas tabelas 38 e 39 a seguir.

Tabela 38 - Resumo ANOVA para capacidade de expansão (CE) e rendimento dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

Parâmetro	FV	GL	QM	p(F)
CE	Híbridos	3	18,4105	0,0936^{ns}
	Erro	8	6,0847	
Rendimento %	Híbridos	3	30,9060	0,1071^{ns}
	Erro	8	10,9556	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Tabela 39 - Médias da CE e do rendimento dos HS de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo um.

GENÓTIPO	CE (mL/g)	Rendimento (%)
HS01	21,05±2,07[a]	79,08±3,04[a]
UEM-01	19,03±1,93[a]	82,75±4,13[a]
UENF-N03	23,71±3,33[a]	85,57±3,40[a]
UENF-UVV01	24,40±2,28[a]	86,07±2,43[a]

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Observa-se que não existe diferença estatística (p>0,05) entre as amostras para ambos os parâmetros analisados.

A amostra UENF-UVV 01, apesar de não diferenciar (p>0,05) dos demais híbridos, apresentou valores de CE e rendimento sutilmente maiores, o que condiz com o teor de umidade obtidos para essa amostra. No entanto, não houve a mesma relação entre o teor de amilose e CE. A CE é uma característica de grande interesse dos programas de melhoramento, já que tal característica está atrelada a qualidade da pipoca obtida. Muitos estudos buscam investigar as características químicas e físicas responsáveis pela variação da CE entre diferentes genótipos do grão (SAITO et al., 2021).

A figura 22 a seguir apresenta as pipocas obtidas a partir da pipocagem dos grãos de híbridos de ciclo único ou ciclo 1. Por ela, nota-se pouca variação visual entre os híbridos.

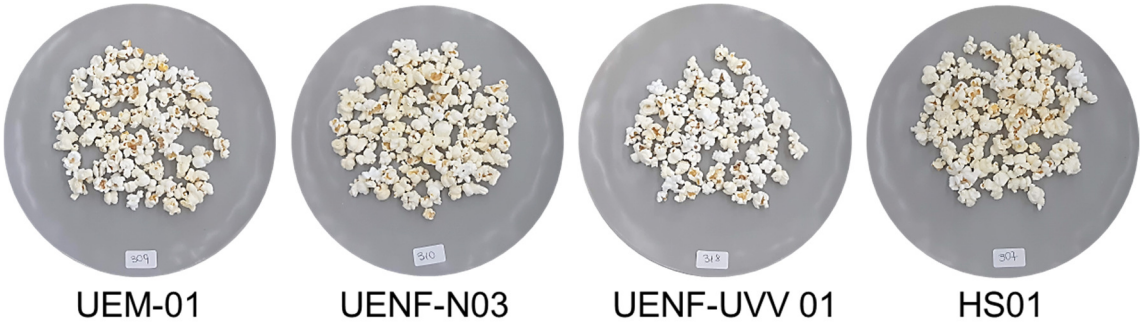


Figura 22 - Pipocas obtidas a partir dos HS de ciclo único ou ciclo um.

De acordo com Nobre e Colaboradores (2000), 15 mL/g para CE é o valor mínimo que um produtor deve ter para comercializar seus grãos, já que abaixo desse valor o desempenho do milho é alterado e o mesmo torna-se rígido e com alto número de piruás. De acordo com tal critério, todos os híbridos comparados estão aptos a comercialização. Valores de CE elevadas demonstram maior qualidade da pipoca e maior rendimento. É importante ressaltar que de acordo com Instrução Normativa n° 61, publicada em dezembro de 2011 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é definido como valor mínimo para a CE do milho-pipoca 30 mL/g e todas as pipocas do presente estudo, tal como do estudo de Nobre e Colaboradores (2000) e de Góis e Colaboradores (2017), apresentaram valores de CE inferiores a tal referência. Ainda de acordo com a IN n° 61, tal condição não impede que os grãos sejam comercializados. A Norma estabelece que, nesse caso, os grãos devem ser comercializados dentro do enquadramento "Fora de Tipo" – que não apresenta valor mínimo de CE.

A análise da CE e Rendimento dos grãos de milho-pipoca HS em seus diferentes ciclos de seleção apresentou normalidade ($p>0,05$) para todos os constituintes. Desse modo, realizou-se ANOVA, conforme segue na tabela 40.

Tabela 40 - Resumo ANOVA para capacidade de expansão (CE) e rendimento dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos.

Parâmetro	FV	GL	QM	p(F)
CE	Híbridos	4	15,0081	$0,0616^{ns}$
	Erro	9	4,4976	
Rendimento %	Híbridos	4	42,5700	$0,0528^{ns}$
	Erro	9	11,9813	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Não houve diferença estatística ($p>0,05$) para os parâmetros avaliados. Desse modo, observa-se na tabela 41 a seguir as médias e DP para os valores obtidos a cada ciclo de seleção do híbrido HS.

Tabela 41 - Médias da CE e do rendimento dos HS de milho-pipoca de diferentes ciclos de seleção.

CICLO	CE (mL/g)	Rendimento (%)
1	21,05±2,07ª	79,08±3,04ª
2	25,09±0,63ª	73,99±2,25ª
3	26,71±3,02ª	79,57±1,21ª
4	25,05±1,77ª	79,02±5,94ª
5	21,92±2,80ª	84,63±1,90ª

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Não haver variação estatística ($p>0,05$) entre os diferentes ciclos de seleção, para CE e rendimento, pode ser algo bastante vantajoso do ponto de vista agronômico.

Hoje, existe uma constante busca por cultivares com desempenho superior para os diversos caracteres de interesse, no caso da pipoca, produtividade e capacidade de expansão. De modo que preservar essas características ao longo de vários ciclos de seleção significa incrementar outras características de interesse sem perder valor de mercado nesses atributos (CHAGAS et al., 2020).

Ainda, chama-se a atenção para o elevado rendimento de todos os ciclos, o que pode ser mais atrativo ao consumidor e gerar menos desperdícios com os piruás remanescentes.

A figura 23 a seguir apresenta as pipocas obtidas a partir da pipocagem dos grãos de híbridos simples em diferentes ciclos de seleção.

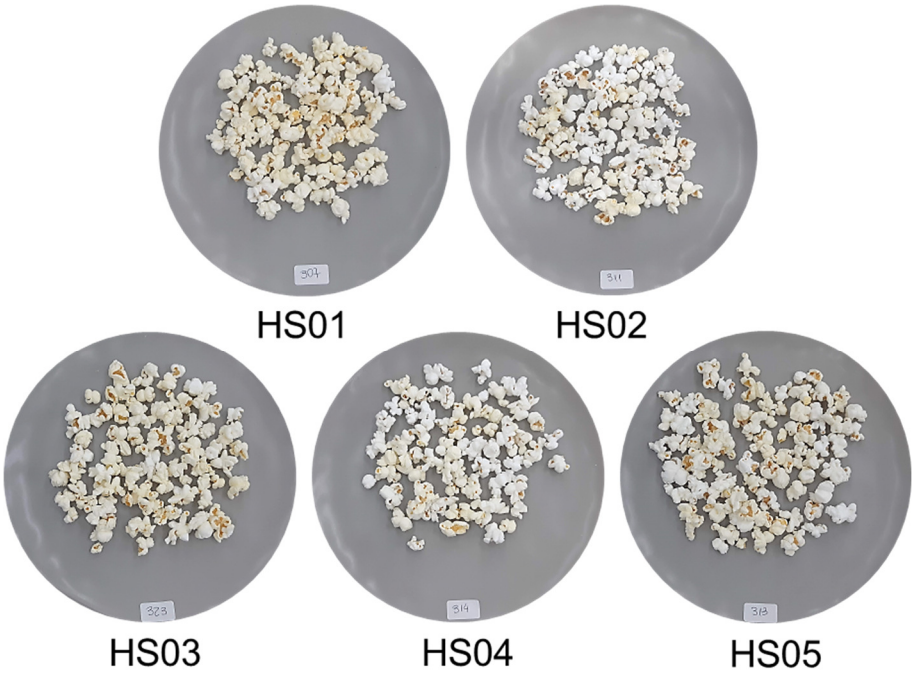


Figura 23 - Pipocas obtidas a partir do HS de diferentes ciclos de seleção.

É possível notar na imagem que as variações entre os diferentes ciclos são muito sutis, o que explica a ausência de diferença significativa (p>0,05).

6.3.5 Teste de aceitação associado ao CATA

O grupo de consumidores que participou do estudo foi composto por 60 pessoas, sendo 87,8% do sexo feminino, idades acima de 18 anos, principalmente alunos (73,5%) e funcionários da Universidade Vila Velha (14,3%). A maioria estudantes de graduação (44,9%) e solteiros (51%). Em relação à renda familiar mensal, maior percentual dos participantes relatou receber entre 1 e 3 salários mínimos (36,7%) e entre 3 e 6 salários mínimos (34,7%).

A maioria dos participantes consomem pipoca com frequência de 1 a 2 vezes no mês (65,3%) e normalmente a preparam em panela com óleo (57,1%).

Sobre as características de maior importância ao adquirir pipoca, os participantes responderam da seguinte forma: 18,4% consideram a cor no momento da escolha, 42,9% o sabor agradável, 28,6% a textura, 28,6% o preço, 16,3% a embalagem, 49% a marca, 10,2% a origem/proveniência e 10,2% por considerar pipoca um alimento saudável. Ainda, 46,9% consideram ter um nível grande de preocupação com a saúde.

Para o teste de aceitação das pipocas, realizou-se ANOVA com as notas obtidas no teste de aceitação associado ao CATA, conforme apresentado na tabela 42.

Tabela 42 - Resumo ANOVA para nota de aceitação dos híbridos de milho-pipoca.

Parâmetro	FV	GL	QM	p(F)
NOTA	Híbridos	7	5,4676	0,0158*
	Julgadores	59	7,4625	<0,0001*
	Erro	169	2,0266	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

Seguido a ANOVA, realizou-se teste de comparação de médias de Duncan, conforme segue na figura 24 a seguir.

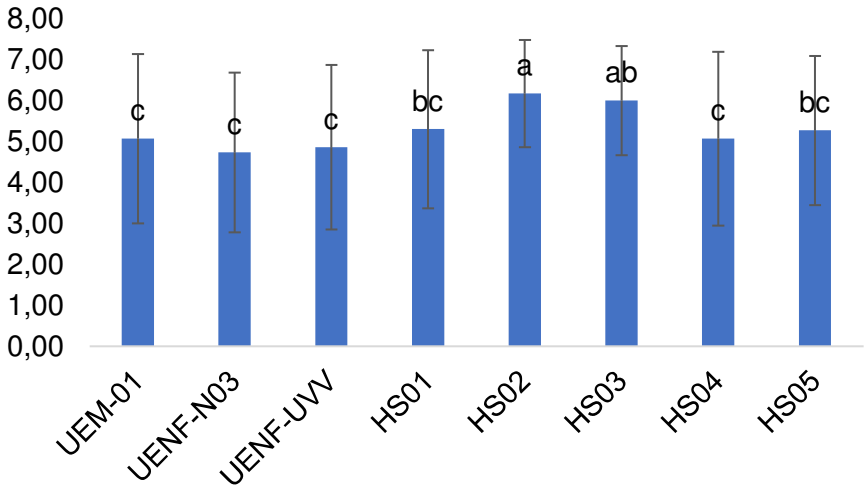


Figura 24 - Média das notas (eixo y) obtidas pelos híbridos (eixo x) no teste de aceitação. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

As amostras obtiveram escore médio entre 4,73 e 6,17 e, de acordo com escala hedônica de 9 pontos, estão classificadas entre “desgostei ligeiramente”, “indiferente” e “gostei ligeiramente” pelos participantes. Consideram-se aceitas as amostras com avaliação 6 ou superior, de modo que apenas as pipocas HS02 e HS03 foram aceitas nesse teste.

Esses escores médios encontrados na aceitação das pipocas podem estar relacionados a forma de preparo, visto que elas não foram preparadas com óleo ou temperos, o que de acordo com a resposta dos avaliadores, não é a forma

que normalmente consomem. No entanto, resultados que remetem ao desgostar devem ser mais bem estudados, visto que a reação ao consumo pode ter outros fatores além do modo de preparo utilizado no teste.

As notas fornecidas variaram consideravelmente entre os avaliadores, de modo que baixas médias não indicam diretamente que não haveria intenção de compra caso tais grãos fossem comercializados.

Elaborou-se o Mapa de preferência interno das amostras, conforme apresentado na figura 25 a seguir.

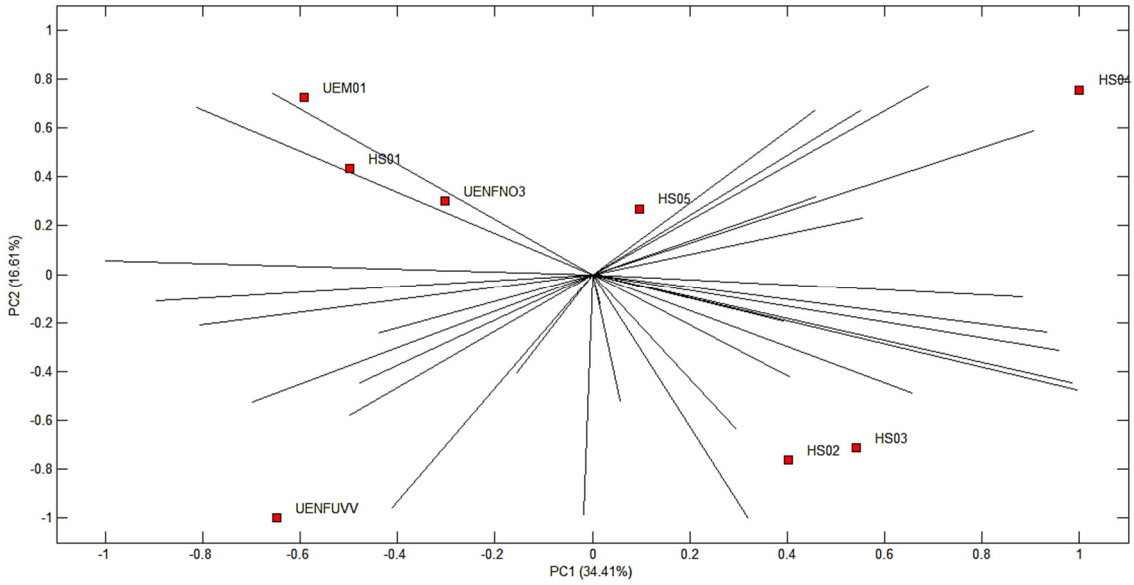


Figura 25 - Mapa de preferência interno para as pipocas preparada a partir dos HS.

Os dados dos mapas de preferência internos foram organizados em matrizes de amostras (colunas) e provadores (linhas). Os Mapas foram gerados por dois componentes que explicaram juntos 51,02% da variação existente entre os híbridos. A presença de linhas próximas as amostras indica aceitação dos consumidores, de tal modo que a presença de muitas linhas indica boa aceitação e a presença de poucas linhas, ou ausência das mesmas, próximas as amostras, indica que não há aceitação para as amostras correspondentes (SALIM et al., 2011). A baixa fração de variação pode ser explicada pela falta de homogeneidade entre as notas atribuídas por cada avaliador, causando não só variação entre as amostras como amostras com notas muito variadas.

De acordo com o mapa, considerando a divisão em 2 quadrantes – esquerdo e direito – dada pelo componente principal 1 (PC1 – 34,41%), observa-se a formação de 2 grupos, um formado pelos híbridos HS02, HS03, HS04 e HS05 e outro pelos híbridos UEM-01, UENF-N03, UENF-UVV 01 e HS01. Dada a proximidade no mapa entre HS02 e HS03, podemos inferir que o comportamento do consumidor em relação a essas amostras foi semelhante, assim como para UEM-01, UENF-N03 e HS01. Ainda, dado o maior afastamento dos híbridos HS01 e UENF-UVV 01 das linhas que representam os avaliadores, pode-se sugerir que essas amostras foram menos aceitas sensorialmente.

Para a análise da caracterização das pipocas, realizou-se ANOVA de todos os termos descritores presentes no teste de aceitação associado ao CATA (tabela 43), seguido da análise gráfica, segundo média de tais termos obtidas no mesmo teste (figura 26).

Tabela 43 - Resumo ANOVA para os atributos dos híbridos de milho-pipoca.

Atributo	FV	GL	QM	p(F)
Sem cheiro	Híbridos	7	0,4722	0,0294*
	Julgadores	59	0,3546	0,0018*
	Erro	173	0,1964	
Cheiro agradável	Híbridos	7	0,3764	0,0619^{ns}
	Julgadores	59	0,3754	0,0002*
	Erro	173	0,1839	
Grande	Híbridos	7	0,1097	0,4095^{ns}
	Julgadores	59	0,2524	<0,0001*
	Erro	173	0,1068	
Pequena	Híbridos	7	0,0750	0,6760^{ns}
	Julgadores	59	0,2158	0,0006*
	Erro	173	0,1124	
Murcha	Híbridos	7	0,0597	0,8915^{ns}
	Julgadores	59	0,5340	<0,0001*
	Erro	173	0,1574	
Crocante	Híbridos	7	0,0556	0,7943^{ns}
	Julgadores	59	0,2471	<0,0001*
	Erro	173	0,1073	
Macia	Híbridos	7	0,1750	0,4689^{ns}
	Julgadores	59	0,2911	0,0146*
	Erro	173	0,1865	
Dura	Híbridos	7	0,1222	0,1320^{ns}
	Julgadores	59	0,1350	0,0013*
	Erro	173	0,0734	
Sabor de pipoca	Híbridos	7	0,1486	0,6562^{ns}
	Julgadores	59	0,3507	0,0081*
	Erro	173	0,2147	
Sabor residual	Híbridos	7	0,0819	0,4497^{ns}
	Julgadores	59	0,1484	0,0030*
	Erro	173	0,0848	
Sem sabor	Híbridos	7	0,1042	0,8065^{ns}
	Julgadores	59	0,3628	0,0030*
	Erro	173	0,2076	
Sabor intenso	Híbridos	7	0,0097	0,9030^{ns}
	Julgadores	59	0,0335	0,1446^{ns}
	Erro	173	0,0270	
Lembrança afetiva	Híbridos	7	0,1306	0,0533^{ns}
	Julgadores	59	0,1359	<0,0001*
	Erro	173	0,0616	
Presença de casca	Híbridos	7	0,3167	0,0050*
	Julgadores	59	0,3477	<0,0001*
	Erro	173	0,0983	
Aparência desagradável	Híbridos	7	0,0375	0,1439^{ns}
	Julgadores	59	0,0438	0,0008*
	Erro	173	0,0231	

Aparência agradável	Híbridos	7	0,1208	0,4270^{ns}
	Julgadores	59	0,6530	<0,0001*
	Erro	173	0,1208	
Cor branca	Híbridos	7	0,7778	<0,0001*
	Julgadores	59	0,4402	<0,0001*
	Erro	173	0,1513	
Cor amarela	Híbridos	7	0,3972	0,0072*
	Julgadores	59	0,2054	0,0125*
	Erro	173	0,1300	
Saudável	Híbridos	7	0,1528	0,0234*
	Julgadores	59	0,1738	<0,0001*
	Erro	173	0,0608	
Lembra isopor	Híbridos	7	0,0333	0,8421^{ns}
	Julgadores	59	0,2356	<0,0001*
	Erro	173	0,0736	

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade. FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; p(F) = probabilidade do F calculado.

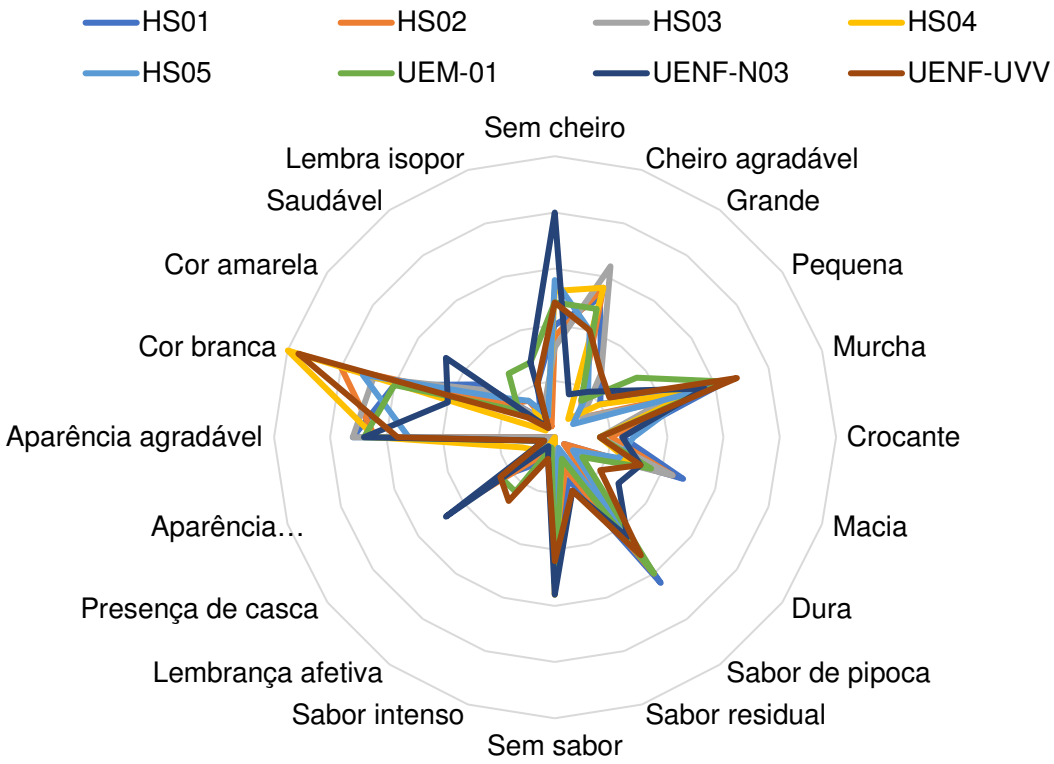


Figura 26 - Perfil sensorial das pipocas obtidas a partir dos grãos de milho-pipoca híbridos. Legenda das cores correspondentes a cada amostra presente na imagem.

A metodologia CATA é uma técnica sensorial afetiva muito usada devido a sua simplicidade e alto potencial de descrição da amostra. Nessa técnica, coleta-se

informações sobre a percepção dos consumidores quanto as características sensoriais dos produtos (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

Nota-se que houve diferença ($p \leq 0,05$) entre as amostras em cinco dos vinte atributos avaliados, sendo esses: sem cheiro, presença de casca, cor branca, cor amarela e saudável. No entanto, para os mesmos termos, também houve diferença ($p \leq 0,05$) entre os avaliadores, indicando que não houve concordância entre os mesmos quanto aos termos atribuídos a cada híbrido. Para os termos 'sem cheiro', 'presença de casca' e 'cor amarela' destacou-se a amostra UENF-N03, para o termo 'cor branca', destacaram-se as amostras HS04 e UENF-UVV 01, enquanto para 'saudável', destacou-se a amostra UEM-01.

As amostras HS02 e HS03 obtiveram avaliações parecidas e são as amostras com destaque em mais termos positivos. Ambas se destacaram nos termos 'cheiro agradável', 'sabor de pipoca', 'aparência agradável' e 'cor branca'. Ambas as amostras apresentaram os maiores teores de umidade dentre os ciclos do híbrido HS e, do mesmo modo, apresentaram as maiores CE em comparação com as mesmas amostras. A CE influência diretamente na percepção degustativa e visual dos provadores, de modo que tais atributos foram importantes para a avaliação positiva dessas amostras (MIRANDA et al., 2011).

Houve pouca percepção do termo relacionado as emoções, 'lembrança afetiva', por parte dos provadores. A amostra que mais se destacou nesse termo, UEM-01, obteve apenas 6 avaliações no mesmo. É possível que a ausência de condimentos tenha impactado intensamente nesse tipo de percepção, pois relatos dos próprios provadores indicaram que a falta do sabor proporcionado por adição de outros produtos foi decisiva para os observações registradas por cada um.

Desse modo, os híbridos HS02 e HS03 obtiveram os maiores escores médios de aceitação e, também, mais termos positivos atribuídos.

De forma geral, os híbridos avaliados se destacaram em alguns termos sensoriais que podem ser considerados negativos, dentre eles, sem sabor e sem cheiro, baixa crocância e textura murcha. Isso pode ter influenciado na baixa aceitação, além da ausência de condimentos e óleo no preparo das pipocas.

6.4 CONCLUSÃO

É possível observar, com base nos resultados obtidos nesse trabalho, que as características nutricionais dos milhos-pipocas geneticamente melhorados têm impacto direto em suas características físicas e, consequentemente, na percepção de suas características sensoriais. Pipocas com índices ideais de umidade, lipídios, capacidade de expansão e coloração – em especial – tenderam a apresentar melhor aceitação sensorial e atenderam aos atributos mínimos de aceitação. Desse modo, a qualidade nutricional dos grãos contribui para que os mesmos apresentem maior aceitação sensorial e mercadológica.

De forma geral, as variações em relação às propriedades nutricional, bioativa e física foram pequenas, demonstrando considerável semelhança entre os diferentes híbridos. Porém, pode-se destacar os híbridos HS com melhor desempenho em relação a algumas variáveis analisadas, comparado aos híbridos UEM-01, UENF-N03 e UENF-UVV 01. Ainda, tem-se que os híbridos HS foram mais aceitos no teste de aceitação, especialmente HS02 e HS03, apresentando atributos desejáveis como maciez, cor branca e cheiro agradável.

Portanto, os resultados obtidos demonstram o potencial benéfico dos híbridos de milhos-pipoca quanto aos aspectos nutricionais e bioativos avaliados. Tais resultados associados as características físicas e a aceitação sensorial, são capazes de auxiliar no desenvolvimento de estratégias que maximizem os benefícios do uso do melhoramento genético do milho-pipoca, intencionando beneficiar a saúde dos consumidores. Dessa forma, sugere-se pensar para esses híbridos estratégias que favoreçam o aumento do teor de umidade dos grãos, o que pode influenciar positivamente na CE. Ainda, é necessário avaliar melhor a qualidade sensorial dessas pipocas, visto que, a aceitação não foi favorável, mesmo considerando a ausência de condimentos ou óleo.

6.5 REFERÊNCIAS

ABBASPOUR, N.; HURRELL, R.; KELISHADI, R. Review on iron and its importance for human health. **Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences**, v. 19, n. 2, p. 164, 2014.

ABE, K.; ARAKI, E.; SUZUKI, Y.; TOKI, S.; SAIKA, H. Production of high oleic/low linoleic rice by genome editing. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 131, p. 58–62, 2018.

AGUIAR, L. A.; RODRIGUES, D. B.; QUEIROZ, V. A. V.; MELO, L.; OLIVEIRA PINELI, L. D. L. Comparison of two rapid descriptive sensory techniques for profiling and screening of drivers of liking of sorghum breads. **Food Research International**, v. 131, n. January, p. 10-15, 2020.

ALCANTARA, M. DE; FREITAS-SÁ, D. DE G. C. Rapid and versatile sensory descriptive methods - An updating of sensory science. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. [s.l: s.n.]. v. 1

AOURABI, S.; SFAIRA, M.; MAHJOUBI, F. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Polyphenol Content from Zea mays Hairs (Waste). **The Scientific World Journal**, v. 2020, 2020.

BARBOSA, N. A.; LOPES, R. C.; PAES, M. C. D. Compostos bioativos nos grãos de milho pipoca antes e após o processamento. **XXXI Congresso Nacional de milho e sorgo**, v. 1, n. 1, p. 1845–1848, 2015.

BARBOSA, N. A.; PAES, M. C. D.; PEREIRA, J. Influencia da temperatura e do solvente na obtenção de extrato de milho de grãos pretos . **XXXI Congresso Nacional de Milho e sorgo**, v. 1, n. 1, p. 1841–1845, 2016.

BRASIL, Federativa Do. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento BINAGRI - SISLEGIS. v. i, p. 1–10, 2012.

CESAR, A. L. T. M. DE S.; CHEIM, L. M. G.; ROSSIGNOLI, P. A.; RODRIGUES, L. J.; DA SILVA, F. F.; TAKEUCHI, K. P.; MELO FARIA, A. M. Características fisico-químicas e reológicas de amido de milho (Zea mays L.) de pipoca crioulo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e402101321394, 2021.

CHAVES, J. B. P. Avaliação sensorial de alimentos (Métodos de Análises). **Editora da Universidade Federal de Viçosa**, p. 18–25, 1980.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Diseños experimentales**. [s.l.] Trillas México, 1981.

COCO, M. G.; VINSON, J. A. Analysis of popcorn (Zea mays l. var. everta) for antioxidant capacity and total phenolic content. **Antioxidants**, v. 8, n. 1, p. 1–10, 2019.

DAROS, M.; AMARAL JR, A. T. D.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, F. S.; GABRIEL, A. P. C.; SCAPIM, C. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; SILVÉRIO, L. Seleção recorrente em famílias endogâmicas em milho pipoca. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 6, p. 609–614, 2004.

DÁVALOS, E. D.; VOGT, G. A. Variedades de milho de polinização aberta SCS155 Catarina e SCS156 Colorado para a agricultura familiar. **Agropecuária Catarinense**, v. 23, n. 3, p. 78–81, nov. 2010.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**, p. 209–220, 2017.

FRAIRE, P. DA S. **Proteômica quantitativa no estudo das vias metabólicas de ácidos graxos e amido associada à capacidade de expansão de milho pipoca Proteômica quantitativa no estudo das vias metabólicas de ácidos graxos e amido associada à capacidade de expansão de milho**. [s.l.] Universidade Estadual de Maringá, 2018.

GÓIS, A. C.; HOJO, E. T. D.; AGUIAR, C. G. Avaliação da capacidade de expansão de milho pipoca coletados em estabelecimentos comerciais no Oeste do Paraná. p. 59–66, 2017.

HIBBERD, KENNETH A.; ANDERSON, PAUL C.; BARKER, M. **Tryptophan Overproducer Mutants of Cereal Crops**. United States Patent, 1987.

HUBBARD, ERNEST T.; HOLLINGSWORTH, M. D.; RAM, N. V. R.; COOK, J. P. **Process for increasing free pool lysine content in maize.** Unietd States Patent, 1991.

HUBBARD, E. T. **Process for increasing free pool lysine content in maize**. United States Patent, 1988.

HUNTER LABORATORIES. Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*a*b*. **Hunter Lab**, p. 4, 2012.

IJAROTIMI OS; OLUWALANA, I. B.; OGUNEDOJUTIMI, M. O. Nutrient composition, functional, sensory and microbial status of popcorn-based. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrivetion and Development**, v. 12, n. 5, p. 6424–6446, 2012.

KREPSKY, P. B.; ISIDÓRIO, R. G.; SOUZA FILHO, J. D.; CÔRTES, S. F.; BRAGA, F. C. Chemical composition and vasodilatation induced by Cuphea carthagenensis preparations. **Phytomedicine**, v. 19, n. 11, p. 953–957, 2012.

KRUG, C. A.; CONAGIN, A.; JUNQUEIRA, A. A. B. **Cultura e adubação do milho**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1996.

LETO, K. J.; ULRICH, J. F. **Corn plants and products with improved oil composition**HungaryIFI CLAIMS Patent Services, , 1997.

LONGVAH, T.; ANANTAN, I.; BHASKARACHARY, K.; VENKAIAH, K. **Indian food composition tables**. [s.l.] National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research Hyderabad, 2017.

LUO, X.; CUI, J.; ZHANG, H.; DUAN, Y.; ZHANG, D.; CAI, M.; CHEN, G. Ultrasound assisted extraction of polyphenolic compounds from red sorghum (Sorghum bicolor L.) bran and their biological activities and polyphenolic compositions. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 296–304, 2018.

MABASSO, G. A.; SIQUEIRA, V. C.; QUEQUETO, W. D.; SCHOENINGER, V.; SIMEONE, M. L. F.; FROES, A. L. Proximal Composition and Colour of Maize

Grains after Intermittent and Continuous Drying. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 6, n. November, p. 193–203, 2019.

MAGNAVACA, R.; PARENTONI, S. N. Cultivares x híbridos: conceitos básicos. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 14, n. 165, p. 5–8, 1990.

MATTA, F. DE P.; VIANA, J. M. S. Popping expansion tests in popcorn breeding programs. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 845–851, 2001.

MCGRANCE, S. J.; CORNELL, H. J.; RIX, C. J. A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. **Starch-Stärke**, v. 50, n. 4, p. 158–163, 1998.

MERRILL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. [s.l.] Human Nutrition Research Branch, Agricultural Research Service, US …, 1955.

MEYNERS, M.; GMBH, G. S.; CASTURA, J. C. Flash Prole. **Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling**, v. 1, n. September, p. 190–221, 2014.

MIRANDA, D. S.; SILVA, R. R.; TANAMATI, A. A. C.; CESTARI, L. A.; MADRONA, G. S.; SCAPIM, M. R. Avaliação da qualidade do milho-pipoca. **Revista Tecnológica**, p. 13–20, 2011.

MIRANDA, G. V. **MELHORAMENTO DE PLANTAS ALÓGAMAS**. 2008.

NOBRE, R. G.; LIBERALINO FILHO, J.; PRAÇA, E. F.; DIAS, N. D. S.; FERREIRA NETO, M. Avaliação da qualidade de diferentes marcas comerciais de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 133–135, 2000.

PARK, D.; ALLEN, K. G.; STERMITZ, F. R.; MAGA, J. A. Chemical Composition and Physical Characteristics of Unpopped Popcorn Hybrids. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 13, n. 6, p. 921–934, 2000.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A.-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and bioprocess**

technology, v. 6, n. 1, p. 36–60, 2013.

PENA, G.F.; AMARAL JUNIOR, A.T.; RIBEIRO, R.M.; RAMOS, H.C.; BOECHAT, M.S.; SANTOS, J.S.; MAFRA, G.S.; KAMPHORST, S.H.; LIMA, V.J.; VIVAS, M.; SOUZA, F.G.Inference of genetic diversity in popcorn S3 progenies. **Genetics and Molecular Research**, 15: GMR.15028456, 2015.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; PACHECO, C. A. P.; COSTA, R. V. Milho-pipoca. In: **Milho-pipoca**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2019. p. 1–5.

PEREIRA, M. T. J.; CANEPPELE, C.; SILVA, S. L.; NUNES, J. A.; ORMOND, A. Propriedades físicas de marcas comerciais de milho pipoca: grão e estourada. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2525–2532, 2014.

RANATHUNGA, R. A. A.; GUNASEKARA, G. T. N.; WIJEWARDANA, D. C. M. S. I. Quality Performance, Proximate Composition and Sensory Evaluation of Developed Flavoured Instant Popcorn. **Procedia Food Science**, v. 6, n. Icsusl 2015, p. 143–146, 2016.

REICHERT JR., F. W.; OLIVEIRA, C. R. S.; SILVA JÚNIOR, A. H.; MULINARI, J. Chemical Composition of Maize Landraces and Their Importance To Human Health. **CIAGRO**, v. 20, n. September, p. 1–15, 2020.

SAITO, M. A.; ALVES, A. V.; KURITZA, D. D. P.; SOUZA, Y. P.; MAIOLI, M. F. D. S. D.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; BENTO, A. C.; SCAPIM, C. A.; PINTO, R. J. B. Influence of agronomic and kernel-related properties on popping expansion in popcorn. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 3, p. 2260–2272, 2021.

SALIM, C. S.; PEREIRA, R. G. F. A.; RIBEIRO, B. B.; PINHEIRO, A. C. M.; BARBOSA, F. O. B. A.; COSTA, E. A.; EUGÊNIO, M. H. A. Análise sensorial de preferência com marcas comerciais de café. **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS**, n. 37, p. 8–9, 2011.

SANCIO, A. P. DE O.; COELHO, L. A.; DE SOUZA, C. P. G.; GOMES, A. C. B., ROCHA; R. L.; VASCONCELOS, C. M. Frog meat products: Acceptance or aversion sensory? **Future Foods**, v. 5, p. 100118, 2022.

SANTOS, J. S.; VIVAS, M.; DE SOUZA, Y. P.; JUNIOR, A. T. D. A.; DE ALMEIDA, R. N.; SALUCI, J. C. G.; VIVAS, J. M. S. Resistance of popcorn hybrid (Zea mays) to multiple diseases and correlation between leaf disease intensity and agronomic traits. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 11, p. 1800–1809, 2020.

SAWAZAKI, E. A cultura do milho pipoca no Brasil. **O agronômico**, v. 53, n. 2, p. 11–13, 2008.

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

SCHERER, R.; GODOY, H. T. Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. **Food chemistry**, v. 112, n. 3, p. 654–658, 2009.

SHAH, T. R.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Studies on physicochemical and functional characteristics of asparagus bean flour and maize flour. **Conceptual frame work & innovations in agroecology and food sciences**, p. 103–105, 2015.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Introduction to sensory evaluation. **Sensory Evaluation Practices (Third Edition). Academic Press, San Diego**, p. 1–19, 2004.

STRATIL, P.; KLEJDUS, B.; KUBÁŇ, V. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 3, p. 607–616, 2006.

SWELEY, J. C.; ROSE, D. J.; JACKSON, D. S. Composition and sensory evaluation of popcorn flake polymorphisms for a select butterfly-type hybrid. **Cereal Chemistry**, v. 88, n. 3, p. 321–327, 2011.

ULLAH, I.; ALI, M.; FAROOQI, A. Chemical and nutritional properties of some maize (Zea mays L.) varieties grown in NWFP, Pakistan. **Pakistan journal of Nutrition**, v. 9, n. 11, p. 1113–1117, 2010.

VIEIRA, A. G.; GATZ, N. L.; TONIN, L. T. D. Determinação do teor de amilose e amilopectina de diferentes variedades de milho pipoca Determination of amylose and amylopectin content of different popcorn varieties. **EI ICITE**, v. 9, n. 14, p. 1–6, 2019.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; KIL CHANG, Y. br *A quem a correspondência deve ser enviada Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose Physicochemical, rheological, morphological, and thermal characterization of normal. **Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas**, v. 29, n. 4, p. 748, 2009.

YANG, Z.; ZHAI, W. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (Zea mays L.). **Innovative food science & emerging technologies**, v. 11, n. 1, p. 169–176, 2010.

ZHANG, Q.; MEJIA, E. G.; LUNA-VITAL, D.; TAO, T.; CHANDRASEKARAN, S.; CHATHAM, L.; JUVIK, J.; SINGH, V.; KUMAR, D. Relationship of phenolic composition of selected purple maize (Zea mays L.) genotypes with their anti-inflammatory, anti-adipogenic and anti-diabetic potential. **Food Chemistry**, v. 289, n. November 2018, p. 739–750, 2019.

ANEXO I

Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com Seres Humanos da UVV, Brasil.

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES/UVV

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: PERFIL NUTRICIONAL, BIOATIVO E SENSORIAL DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE MILHO-PIPOCA

Pesquisador: Christiane Mileib Vasconcelos

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 57233721.3.0000.5064

Instituição Proponente: SOC EDUC DO ESP SANTO UNIDADE DE V VELHA ENSINO SUPERIO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.419.861

Apresentação do Projeto:

O milho-pipoca (Zea mays L. var averta) é um alimento bastante apreciado no Brasil, cuja importância se dá devido sua capacidade de expansão a partir de exposição a fonte de calor, que o torna comestível enquanto mantém importantes componentes interessantes para a alimentação humana.

Atualmente, o melhoramento genético tem sido explorado como um meio de incrementar características de importância comercial desse produto, favorecendo sua produtividade e comercialização nacional. Porém, poucos são os estudos que analisam os possíveis efeitos colaterais do melhoramento genético na qualidade nutricional das sementes produzidas. Desse modo, a partir do estudo de alguns genótipos melhorados de milho-pipoca fornecidos pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), o presente trabalho tem como objetivo avaliar os possíveis efeitos do melhoramento genético nos perfis nutricional, bioativo e sensorial dos grãos. Para tanto, serão realizadas análises para traçar o perfil nutricional e bioativo dos diferentes híbridos e variedades, seguidas das análises da estrutura física dos grãos. Finalmente, será realizada a análise sensorial por meio de teste de aceitação dos grãos in natura e pipocados por julgadores selecionados. Espera-se, com a obtenção dos perfis

Endereço: Avenida Comissário José Dantas de Melo, 21
Bairro: BOA VISTA II **CEP:** 29.102-920
UF: ES **Município:** VILA VELHA
Telefone: (27)3421-2063 **Fax:** (27)3421-2063 **E-mail:** cep@uvv.br

ANEXO II

Questionário de identificação do perfil dos consumidores.

Nome: _____

Gênero de nascimento: ( ) Feminino ( ) Masculino

1) Faixa etária:
( ) Até 17 anos
( ) De 18 a 24 anos
( ) De 25 a 35 anos
( ) De 36 a 50 anos
( ) A partir de 51 anos

2) Grau de instrução:
( ) Ensino Fundamental Incompleto
( ) Ensino Fundamental Completo
( ) Ensino Médio Incompleto
( ) Ensino Médio Completo
( ) Graduação Incompleto
( ) Graduação Completo
( ) Pós-Graduação Incompleto
( ) Pós-Graduação Completo
( ) Outro: _____

3) Atividade profissional:
( ) Estudante
( ) Professor UVV
( ) Funcionário UVV
( ) Autônomo
( ) Aposentado
( ) Outro: _____

4) Renda familiar mensal:
( ) Nenhuma renda
( ) Até 1 salário mínimo
( ) De 1 a 3 salários mínimos
( ) De 3 a 6 salários mínimos
( ) De 6 a 9 salários mínimos
( ) Mais de 9 salários mínimos

5) Estado civil:
( ) Solteiro(a)
( ) Casado(a)
( ) União estável
( ) Separado(a)/desquitado(a)/ divorciado(a)
( ) Viúvo(a)
( ) Outro:_____

6) Já consumiu pipoca?
( ) Sim
( ) Não
( ) Tenho vontade
( )Outro:_____

7) Com que frequência costuma consumir pipoca?
( ) Não consumo pipoca
( ) 1 a 2 vezes por mês
( ) 1 a 2 vezes na semana
( ) 3 a 6 vezes na semana
( ) Todo dia

8) Quando você escolhe a pipoca que irá adquirir, você se preocupa mais com: (Pode marcar mais de uma opção)
( ) Cor
( ) Sabor agradável
( ) Textura
( ) Preço
( ) Embalagem
( ) Marca
( ) Origem / proveniência
( ) Saúde
( ) Outro: _____

9) Como costuma preparar sua pipoca?
( ) Pipoqueira sem óleo
( ) Pipoqueira com óleo
( ) Panela sem óleo
( ) Panela com óleo
( ) Micro-ondas sem óleo

10) Qual seu nível de preocupação com a saúde:
( ) Nenhuma
( ) Pouca
( ) Média
( ) Muita

ANEXO III

Roteiro de perguntas utilizado durante sessão do grupo de foco.

1- Quais características sensoriais (aparência, textura, gosto, sabor e aroma) te chamam a atenção na pipoca?
2- Você prefere pipoca de uma cor específica?
3- Com qual frequência e em qual quantidade você costuma consumir pipoca?
4- Você considera a pipoca um alimento interessante? Por quê?
5- Você considera pipoca um alimento nutricionalmente rico?
6- Que sensações ou percepções você sente ao consumir pipoca tradicional? Por quê?
7- O que você achou das pipocas provadas?
8- Alguma delas despertou sua atenção? Por quê?
9- Você acredita que o consumo de pipoca pode trazer benefícios à saúde?