

Caracterização físico-química de frutos de clones experimentais de morangueiro

Marcos Rian dos Santos¹, Ronivaldo Crispim da Veiga Junior²,
Livia Maria Silva Adami³, Ana Flávia Della Testa⁴, Marcelo Henrique Avelar Mendes⁵,
Luciane Vilela Resende⁶, Mariana Borges de Lima Dutra⁷, Sindynara Ferreira⁸

¹ Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) Campus Inconfidentes. Graduando do curso de Engenharia Agrônoma. E-mail: marcos.rian@alunos.ifsulde Minas.edu.br

² Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) Campus Inconfidentes. Graduando do curso de Engenharia Agrônoma. E-mail: ronivaldo.crispim@alunos.ifsulde Minas.edu.br

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) Campus Inconfidentes. Graduanda de Engenharia de Alimentos. livia.adami@alunos.ifsulde Minas.edu.br

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) Campus Inconfidentes. Graduanda de Engenharia de Alimentos. ana.testa@alunos.ifsulde Minas.edu.br

⁵ Universidade Federal de Lavras. Doutorando do curso de Fitotecnia. E-mail: marcelo.mendes3@estudante.ufla.br

⁶ Universidade Federal de Lavras. Docente e pesquisadora. E-mail: luciane.vilela@dag.ufla.br

⁷ Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) Campus Inconfidentes. Docente e pesquisadora. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) Campus Inconfidentes. mariana.dutra@ifsulde Minas.edu.br

⁸ Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) Campus Inconfidentes. Docente e pesquisadora. E-mail: sindynara.ferreira@ifsulde Minas.edu.br

Recebido em: 14/09/2024

Aceito em: 13/03/2025

Resumo

A produção de morango vem crescendo amplamente em todo o mundo, o fruto é extremamente popular devido a sua coloração, aroma, sabor e alto valor nutritivo. Com finalidade de aumentar a produtividade e qualidade das frutas, novos materiais genéticos estão sendo desenvolvidos e testados. Os programas de melhoramento genético do morangueiro têm buscado aprimorar cada vez mais as características físicas, químicas e sensoriais da fruta, visto que o mercado se torna cada vez mais exigente. Nesse sentido é essencial aprofundar os conhecimentos sobre as propriedades químicas dessas frutas resultantes de cruzamentos genéticos. Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar a caracterização físico-química de frutos de cultivares e clones experimentais de morangueiro cultivados no sul de Minas Gerais. Os híbridos MDA23, MDA01 e MCA94 e as cultivares comerciais, Pircinque e Albion, foram analisados em triplicata. As variáveis avaliadas foram: pH, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, *ratio*, colorimetria, cinzas e umidade dos frutos. Os genótipos Pircinque, MCA94 e MDA01 alcançaram os maiores valores de sólidos solúveis e pH. Para o parâmetro umidade, o genótipo MDA23 se diferiu dos demais com maior teor. Já para cinzas, o genótipo MDA01 teve o menor valor, quando comparado com os demais materiais. A cultivar Pircinque possui o maior teor de acidez titulável, assim como para alguns parâmetros colorimétricos. Os clones experimentais foram promissores quanto aos parâmetros analisados, indicando capacidade de serem cultivados na região sul de Minas Gerais.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Melhoramento genético. Pós-colheita.

Introdução

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) é apreciado pelos consumidores devidos às suas características sensoriais (sabor, aroma e textura), além de possuir um conteúdo nutricional favorável, ter alto retorno econômico e ser um alimento funcional (PAPAROZZI *et al.*, 2018). A fruta, em sua grande maioria (cerca de 70 %), é comercializada na forma *in natura* e o restante da produção é destinado ao processamento industrial (FARNEZI *et al.*, 2020).

Diversas mudanças sociais, econômicas e climáticas, operadas em âmbito nacional e mundial, vêm estimulando a revisão de antigos paradigmas sobre a alimentação humana, agora definitivamente fixados em qualidade e funcionalidade dos alimentos, em associação com a preservação do meio ambiente (ANTUNES, REISSER JUNIOR, SCHWENGBER, 2016).

Consumidores de morangos *in natura* estão cada vez mais buscando frutos de qualidade, que não possuam defeitos, tenham intensa cor

vermelha, tamanho adequado e sabor e frescor característicos da fruta (TURQUETT *et al.*, 2021). O sabor é determinado principalmente pelo conteúdo de sólidos solúveis e a cor pelo acúmulo de compostos fenólicos e antocianinas (HOSSAIN *et al.*, 2016). Entre as demandas do mercado consumidor de frutas, o morango destaca-se por sua versatilidade na culinária, características sensoriais e composição química e nutricional (BOONYAKIAT *et al.*, 2016).

A produção mundial de morango vem crescendo significativamente nos últimos anos, sendo a China o maior produtor, com produção de 4,209 milhões de toneladas, seguido pelos EUA com 1,250 milhões de toneladas e Egito 731.000 mil toneladas. No Brasil, a produção vem aumentando a cada ano; em 2023, estima-se que o país tenha produzido 187.795 toneladas, em uma área de aproximadamente 4.836 hectares, com rendimento de 38,83 t ha⁻¹, se tornando o nono maior produtor mundial (FAO, 2023). Os principais estados produtores são Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo, sendo que a produtividade média no país é de 39 toneladas por hectare (ANTUNES, BONOW, 2021).

Apesar da crescente produtividade, a pequena quantidade de cultivares adaptadas às condições climáticas das principais regiões produtoras tem se tornado um fator limitante para o melhor desenvolvimento da cultura. Atualmente, as principais cultivares utilizadas pelos produtores brasileiros são importadas da Espanha, Chile e Estados Unidos, elevando o custo de produção devido ao pagamento de *royalties* pelo uso da tecnologia (GIL-ARIZA *et al.*, 2009; ZEIST, RESENDE, 2019). Desta forma, fica evidente a necessidade de estabelecer programas de melhoramento genético do morangueiro no Brasil, para encontrar materiais que tenham maior desempenho frente às condições edafoclimáticas e possam elevar a produtividade e gerar aceitação pelo mercado consumidor.

O melhoramento genético do morangueiro no Brasil está sendo desenvolvido por meio de pesquisas para a modernização dos sistemas de produção, com estratégias para diferentes segmentos da cadeia de produção, com o objetivo de encontrar novas variedades que possuam características como produtividade, desenvolvimento frente a pragas e doenças, qualidade da fruta e pós-colheita, procurando atender às demandas dos agricultores, viveiristas e consumidores nacionais (ANTUNES, BONOW, 2021).

A avaliação de parâmetros sobre a qualidade nutricional das frutas de morango é de extrema importância para melhor identificar e explorar os principais fatores que determinam o seu potencial bioquímico. O sabor está relacionado com várias características, como o balanço de açúcares e ácidos, a coloração, o conteúdo em ácido ascórbico, entre outros (SANTOS, 1999; OLIVEIRA, BONOW, 2012). O teor de sólidos solúveis é uma característica que tem sido utilizada como indicador de qualidade, tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento industrial, pois o mercado consumidor prefere frutas mais doces (CONTI, MINAMI, TAVARES, 2002; SOUZA *et al.*, 2017). Para indicar o sabor ácido ou azedo, a acidez titulável é o método mais utilizado, enquanto para determinar a qualidade dos produtos processados, o pH é o método mais viável (SOUZA *et al.*, 2017).

Apesar da região sul de Minas Gerais ser uma das mais importantes para a cultura do morangueiro, ainda são escassos os estudos realizados para analisar a composição físico-química dos diferentes materiais genéticos que estão sendo desenvolvidos e plantados na região. Como forma de avaliar alguns desses genótipos, objetivou-se com este trabalho a caracterização físico-química das frutas de cultivares e clones experimentais de morangueiro cultivados no sul de Minas Gerais.

Material e métodos

O experimento foi implantado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Campus Inconfidentes, na Fazenda-Escola, localizada no município de Inconfidentes, sul do estado de Minas Gerais, com latitude 22° 18' S, longitude 46° 20' O, altitude 869 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima é considerado subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno. A precipitação pluvial média anual no município é da ordem de 1724,2 mm, a temperatura média anual é de 18 °C, média das máximas de 26,4 °C e média das mínimas de 14,3 °C (PREFEITURA MUNICIPAL DE INCONFIDENTES, 2024).

A colheita foi realizada entre os meses de outubro e dezembro de 2023. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas experimentais em que foram colocadas cinco plantas por genótipo. Foram utilizadas 100 mudas, com espaçamento de 0,15 m entre plantas e 0,30 m entre blocos. Cinco materiais genéticos de morangueiro foram avaliados, sendo três híbridos experimentais pertencentes ao programa de melhoramento genético da Universidade Federal de Lavras (UFLA): MCA94, MDA01 e MDA23; e duas cultivares comerciais: Albion e Pircinque.

Produziram-se as mudas em casa de vegetação a partir de estolhos emitidos pelas matrizes de cada material genético. As mudas foram transplantadas para bancadas semi-hidropônicas suspensas para o cultivo do morango na medida de 0,20 m de profundidade, 0,20 m de largura e 18 m de comprimento, divididos em duas bancadas de 9 metros cada, uma ao lado da outra. As calhas foram preenchidas com o substrato comercial Biomix®, que possui casca de pinus/eucalipto e fibra de coco em sua composição, com umidade de 45 % e pH 6,8.

A irrigação foi realizada por fitas gotejadoras, mantendo o substrato sempre na capacidade de campo. As irrigações ocorreram três vezes ao dia, às 9 h, 12 h e 16 horas, sendo utilizado o tempo de dois minutos por irrigação.

As adubações de manutenção foram realizadas por fertirrigação, utilizando-se nitrato de potássio, nitrato de cálcio e sulfato de magnésio, 57 g de cada; 27,5 g de MAP; 4,5 g de Brexil® e 6,5 g de Ferrilene®, diluídos em uma caixa de 500 litros de água. Na fase de crescimento das mudas, de junho a julho de 2023, a condutividade elétrica (CE) utilizada foi de 0,5 Siemens por metro (S/m) e após, quando se iniciou a produção, a CE passou para 0,8 S/m.

As frutas de cada genótipo foram colhidas separadamente e imediatamente congeladas em potes plásticos, a -18 °C, para realizar a análise em triplicata. Congelaram-se as frutas até o momento em que se acumulou material suficiente para a realização das avaliações. Foram amostrados cerca de 30 a 50 gramas de polpa das frutas, que foram trituradas e homogeneizadas para a realização das análises de potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), colorimetria, umidade (UM) e cinza (CIN). Todas as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

O parâmetro pH foi mensurado com auxílio de peagâmetro Tec-3MP (Tecnal), segundo a metodologia descrita na Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2012). A acidez titulável (AT) foi determinada por titulometria com solução de NaOH (0,1 N), utilizando como indicador a fenolftaleína, de acordo com o método da AOAC (2012). Os dados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico por 100 g de polpa.

Quanto ao teor de sólidos solúveis (SS), foi determinado por leitura direta, em refratômetro digital de bancada Reichert AR - 200 (temperatura

ambiente), de acordo com metodologia descrita na AOAC (2012), e os resultados expressos em porcentagem de sólidos solúveis. A relação *ratio* (SS/AT) foi obtida pela divisão das leituras de sólidos solúveis (SS) pelos teores em porcentagem de acidez titulável (AT). O *ratio* foi calculado por ser um indicador do sabor das frutas, principalmente quando consumidas *in natura* (MANICA *et al.*, 1998).

A análise dos parâmetros colorimétricos foi realizada por meio do colorímetro Konica Minolta (Modelo CM-2300). Para isso, foi utilizada a polpa da fruta para cada tratamento, tomando-se três medidas para cada. O sistema de especificação de cor internacionalmente recomendado, definido pela Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), utiliza a escala CIE L*, a*, b*, e é comumente referido como sistema CIELAB. O valor L* representa as variações do preto (L = 0) ao branco (L = 100), indicando o grau de luminosidade. O valor a* de cromaticidade representa as variações do verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos). O valor b* de cromaticidade representa as variações do azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos) (MARTÍNEZ, VICARIO, HEREDIA, 2007).

O teor de umidade (UM) das frutas trituradas foi determinado gravimetricamente por secagem, a 105 °C, até massa constante. Os resultados foram expressos em gramas (AOAC, 2012). Já a análise de cinzas (CIN) foi realizada pelo aquecimento da amostra em temperaturas próximas a 550-570 °C, seguindo o método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

As médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5 % de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2011). Construiu-se o mapa auto-organizável de Kohonen para classificar as amostras em *clusters*, de acordo com a semelhança de suas propriedades. O pacote SOM Toolbox 2.1 (VATANEN *et al.*,

2015) foi utilizado no programa Matlab R2015a, juntamente com as devidas modificações para melhorar a obtenção e validação dos *clusters*, por meio dos índices de Davies-Bouldin e de Silhueta.

Resultados e discussão

As frutas analisadas têm elevado potencial de qualidade sensorial, podendo ser observadas as características de teor de sólidos solúveis, acidez titulável, relação *ratio* entre sólidos solúveis e acidez titulável, pH, umidade, cinza e colorimetria (Tabela 1). Foram verificadas diferenças significativas entre os materiais genéticos utilizados, com diferenciação entre os clones, que são promissores para o programa de melhoramento genético.

Para o parâmetro SS, os materiais genéticos Pircinque, MCA94 e MDA01 não se diferenciam estatisticamente, com valores superiores aos materiais MDA23 e Albion (Tabela 1). Schaidhauer (2021) encontrou valores superiores para SS em seu estudo, em que a cultivar Albion teve teores médios de 7,77 %. Para a cultivar Pircinque, Schneider (2022) encontrou teores de SS entre 6,48 a 9,96 %, resultados que são similares aos obtidos nesta pesquisa. Segundo Conti, Minami e Tavares (2002) e Souza *et al.* (2017), o teor de SS é um importante indicador de qualidade para a comercialização das frutas *in natura*. Os teores de SS presentes em morangos são influenciados pelas condições ambientais em que as frutas foram produzidas, pelo estágio de maturação na colheita e variam de acordo com as características genéticas de cada cultivar (RAHMAN *et al.*, 2016).

Para a AT, registraram-se os maiores teores para a cultivar Pircinque, diferenciando-se estatisticamente de todos os materiais genéticos analisados, com teor de 1,36 %, superior aos resultados obtidos por Schneider (2022), que encontrou teores de 0,60 %. Observou-se que o

Tabela 1. Valores médios de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação *ratio* entre sólidos solúveis e acidez titulável (*Ratio*), potencial hidrogeniônico (pH), umidade (UM), cinza (CIN), parâmetros L* (coloração branca a preta), a* (coloração verde ao vermelho) e b* (coloração azul ao amarelo). IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes - MG, 2024.

MATERIAIS ¹	SS %	AT %	Ratio	pH	UM %	CIN %	L*	a*	b*
PIRCINQUE	8,20 a	1,36 a	6,04 a	3,85 a	92,81 d	0,40 a	36,40 a	25,76 a	12,25 a
MCA94	7,33 a	1,21 b	6,08 a	3,92 a	93,77 c	0,43 a	15,85 c	18,99 b	10,22 a
MDA01	7,37 a	1,14 d	6,48 a	4,00 a	94,45 b	0,19 b	14,52 c	16,91 b	8,54 a
MDA23	6,57 b	1,10 d	5,98 a	3,61 c	94,75 a	0,36 a	9,90 d	15,94 b	6,95 a
ALBION	5,60 b	1,16 c	4,82 a	3,72 b	94,44 b	0,41 a	28,31 b	19,41 b	9,56 a
CV% ²	9,59	1,69	10,99	1,41	0,16	18,51	13,51	11,34	18,14

¹Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente a 5 % de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974).

²CV%: coeficiente de variação em porcentagem.

Fonte: autores (2024).

clone experimental MCA94 obteve valores maiores de AT que Albion. Schaidhauer (2021) teve resultados semelhantes para AT com valores entre 0,99 e 1,34 % para cultivar Albion. Os clones experimentais MDA01 e MDA23 foram os mais próximos aos teores recomendados em relação a todos os materiais genéticos analisados (Tabela 1). De acordo com Belitz, Grosch e Shieberle (2009), a composição média ideal de AT é da ordem de 1,10 %, sendo dados valiosos para a apreciação do processamento e do estado de conservação, indicando o sabor ácido ou azedo da fruta.

Para a variável analisada entre a relação *ratio* (SS/AT), não houve diferença estatística entre os materiais genéticos, variando de 4,82 a 6,48 (Tabela 1). Geralmente, frutas com maiores valores SS/AT possuem sabor suave e melhor aceitação sensorial, sendo preferidas pelos consumidores (BARANKEVICZ *et al.*, 2015). Neste sentido, essa relação é um índice de qualidade que está relacionado com a doçura da fruta. De acordo com Kader (2002), para obtenção de sabor aceitável em morango, essa relação de SS/AT deve ser superior a 8,75. Portanto, frutas com maior relação de *ratio* (SS/AT) têm doçura mais pronunciada (REIS *et al.*, 2015).

Em relação ao pH, os materiais MDA01, MCA94 e Pircinque não se diferenciam entre si (Tabela 1), alcançando os maiores valores, sendo o MDA23 o clone que foi mais ácido em relação a todos os outros materiais genéticos utilizados. O mercado de consumo de morangos frescos tem preferência por frutas menos ácidas, com o pH acima de 3,5, enquanto morangos com pH menor que 3,5 são apropriados para o uso industrial (RODAS *et al.*, 2013).

Para o parâmetro umidade (UM), a cultivar Pircinque teve o menor teor, 92,81 %, se diferenciando dos demais genótipos. O híbrido MDA23 foi o que alcançou maior teor, 94,75 %, também se diferenciando estatisticamente dos demais materiais avaliados. Os genótipos MDA01 e Albion não diferiram entre si para umidade.

Com relação às cinzas (CIN), o clone experimental MDA01 (0,19 %) foi o genótipo com menor teor de cinzas entre os materiais analisados. Os demais genótipos não diferiram estatisticamente (Tabela 1). A cinza de uma amostra de alimento é o resíduo inorgânico que permanece após a queima de matéria orgânica (MOLON, 2013). O teor de cinzas pode ser considerado como uma medida geral de qualidade nos alimentos, uma vez que maiores

teores de cinzas retratam também maiores teores de cálcio, magnésio, ferro, fósforo, sódio e outros componentes minerais nos frutos (ZHENG, WANG, 2003). A cinza obtida não é necessariamente da mesma composição que a matéria mineral presente no alimento, pois pode haver perda por volatilização ou alguma interação nos constituintes da amostra (PARK, 2006).

Para o parâmetro de colorimetria L^* (luminosidade), que representa as variações do preto ($L=0$) ao branco ($L=100$), a cultivar Pircinque foi a que obteve maiores valores, com 36,40, diferenciando-se estatisticamente das demais, seguida pela cultivar Albion com 28,31, também diferente dos demais materiais. Os clones experimentais MCA94 e MDA01 não se diferenciam estatisticamente, com valores menores que as cultivares comerciais Albion e Pircinque. O menor valor da variável L^* foi encontrado no material genético MDA23 que obteve 9,90. Com relação a variável a^* , esta representa as variações do verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos), a cultivar Pircinque alcançou 25,76, ou seja, valores positivos, e se diferenciou dos demais genótipos. Os materiais genéticos MCA94 (18,99), MDA01 (16,91), MDA23 (15,94) e Albion (19,41) não diferiram entre si para essa característica. Já para os valores de b^* , que representa as variações do azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos), registraram-se valores positivos com coloração mais amarelada para todos os materiais genéticos, não diferindo entre si. Esses parâmetros de colorimetria são importantes porque frutas com coloração mais estável e atraente tendem a estar associadas a uma melhor qualidade e, muitas vezes, determina o valor final do produto.

Os dados das análises experimentais foram examinados por rede neural artificial, usando um algoritmo competitivo, mapa auto-organizado de Kohonen (ANN/KSOM). Mapas com diferentes dimensões foram gerados para a obtenção do

arranjo que melhor representava os dados, de acordo com os melhores índices de validação de *clusters*, índice de Davies-Bouldin e de Silhueta, juntamente com menores erros de medição (quantificação, topográfico e combinado). O mapa neural bidimensional de agrupamento, os mapas de componentes de cada análise e a matriz U estão apresentados na Figura 1. A escala de cores indica a distância entre os neurônios adjacentes, e a variação dos resultados obtidos nas determinações analíticas pode ser observada pelo gradiente de cor das barras localizadas na parte inferior de cada mapa, com exceção da matriz U.

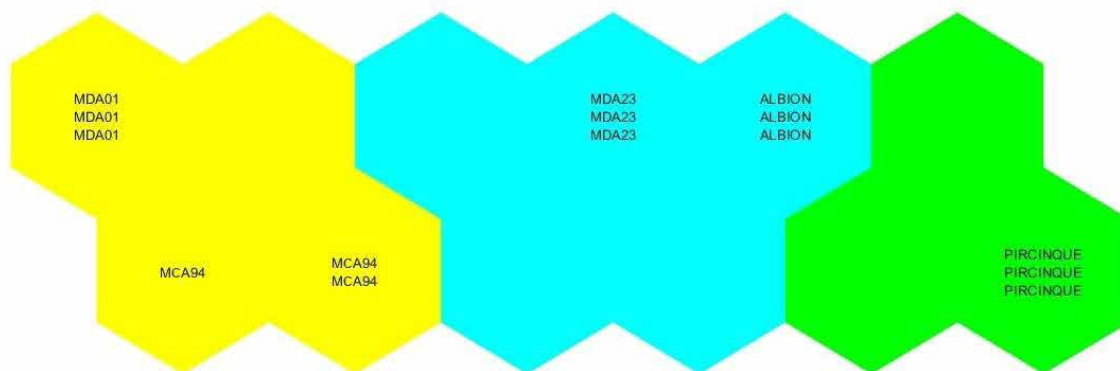
O índice de Davies-Bouldin representa o grau de similaridade entre os *clusters*, independentemente do método de partição utilizado e do número de *clusters*, quanto menor for seu valor, melhor será o *cluster* (agrupamentos). O índice de Silhueta refere-se à qualidade do agrupamento baseado na proximidade entre os objetos de um grupo e a proximidade desses objetos com o grupo mais próximo, esse índice pode variar de 1 a -1 e, quanto maior o valor, melhor (REZENDE, MARCACINI, MOURA, 2011; CRISPIM *et al.*, 2020).

Assim, a rede escolhida para esta pesquisa foi hexagonal (2×6) com índice de Davies-Bouldin igual a 0,446 e de Silhueta igual a 0,760, o que permite visualizar as correlações entre os parâmetros de entrada codificados por pontuações dos valores, relacionando as cores com os valores de cada variável do vetor peso da Figura 1.

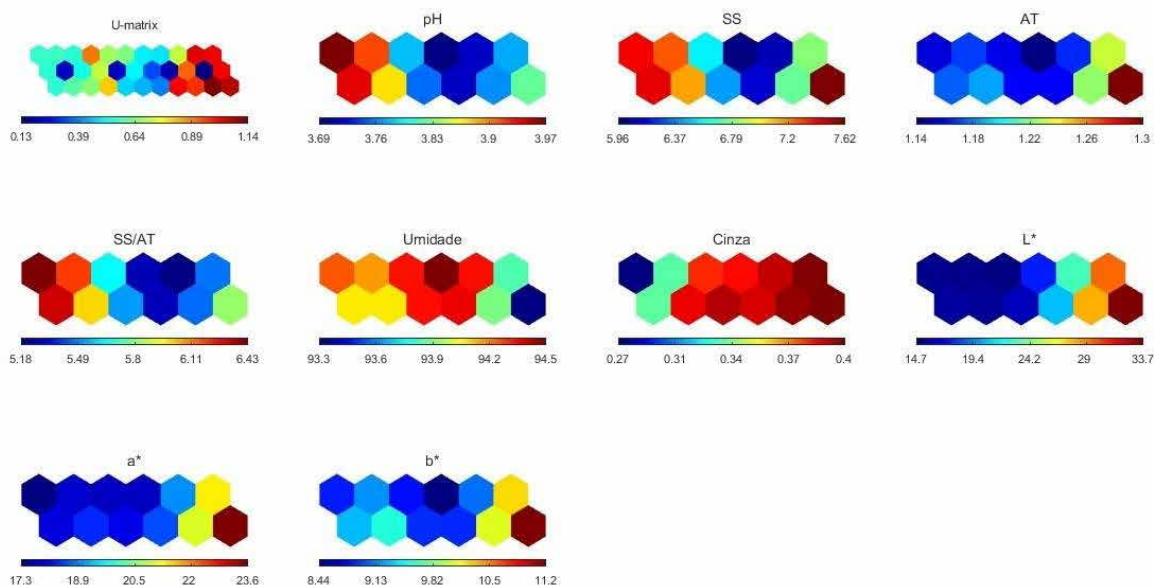
Para determinar o tamanho do mapa neural e avaliar a acurácia da rede, os valores dos erros também são levados em consideração. O erro de quantização foi 0,289, o topográfico igual a 0 e o erro combinado igual a 0,424. É importante que os valores dos erros sejam baixos, pois indicam que o melhor neurônio está mais próximo dos vetores de entrada, o que aumenta a capacidade de generalização da rede.

Figura 1. Rede neural bidimensional de *c/cluster* mostrando a formação de três grupos com seus respectivos tratamentos (A) e mapas de componentes e matriz de distância (Matriz U) para os dados relativos a pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), *ratio* (SS/AT), umidade (UM), cinza (CIN), L*, a* e b* (B). IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes - MG, 2024.

(A)



(B)



Fonte: autores (2024).

O erro de quantização é a distância euclidiana da diferença entre todos os vetores de entrada com relação ao vetor do neurônio vencedor na média de todas as interações. O erro topográfico é calculado verificando-se qual é o melhor e o segundo melhor neurônio de ajuste em todas as entradas. Por meio dos valores encontrados neste estudo, percebe-se

que houve adequada topologia dos dados de entrada (ARCOVERDE *et al.*, 2011; NOVAES *et al.*, 2017). A interpretação dos resultados envolve a análise dos planos de componentes.

Cada hexágono presente no mapa neural bidimensional de ANN/KSOM representa um neurônio, no qual os tratamentos estudados estão

agrupados de acordo com suas similaridades. Partindo desse pressuposto, foi possível identificar a divisão das amostras em três grupos (Figura 1A).

O agrupamento localizado no centro do mapa, na coloração azul, diz respeito às amostras dos genótipos Albion e MDA23. O grupo localizado à esquerda do mapa, com a coloração amarela, encontram-se as amostras referentes aos genótipos MDA01 e MCA94. Já o *cluster* destacado na cor verde, à direita do mapa, estão as amostras referentes ao genótipo Pircinque. Pode-se inferir que a matriz U (Figura 1B) corrobora com a formação dos três grupos, tendo em vista que a cor vermelho-escuro destaca grande distância entre os neurônios e consequentemente entre os diferentes tratamentos.

Levando em consideração que a posição ocupada por uma amostra no mapa neural (Figura 1A) corresponde à sua mesma posição no mapa de componentes (Figura 1B), foi possível identificar quais são as principais variáveis responsáveis pelo agrupamento e separação das amostras.

O agrupamento central foi altamente influenciado pelos menores valores de sólidos solúveis e pH, e pelo alto teor de umidade. O *cluster* à esquerda (amarelo) caracteriza-se por possuir valores altos de pH e *ratio* (SS/AT), valores intermediários de sólidos solúveis e baixos valores para os parâmetros colorimétricos a^* e b^* . Já o agrupamento à direita sofreu mais influências principalmente pelos altos valores dos parâmetros SS, AT, L^* , a^* e b^* , também pelo baixo valor de umidade. Essas observações corroboram com a Tabela 1, mas vale salientar que os parâmetros de *ratio* (SS/AT) e b^* , apesar de não terem diferenças estatísticas entre os genótipos (Tabela 1), foram influentes nas separações dos *clusters*.

A comparação entre as Figuras 1A e 1B pode indicar a ação de fatores genéticos e como

possuem respostas diferentes quando estão no mesmo ambiente de cultivo. A aplicação do mapa auto-organizável de Kohonen possibilitou explorar de forma mais eficiente a tendência de agrupamento dos genótipos em relação às análises físico-químicas.

Conclusões

Os genótipos Pircinque, MCA94 e MDA01 tiveram os maiores valores de sólidos solúveis e pH. Para o parâmetro umidade, o genótipo MDA23 se diferiu dos demais com maior teor. Já para cinzas, o genótipo MDA01 teve o menor valor, quando comparado aos demais materiais. A cultivar Pircinque teve o maior teor de acidez titulável, assim como para os parâmetros colorimétricos L^* e a^* .

Os clones experimentais foram promissores quanto aos parâmetros analisados, indicando capacidade de serem cultivados na região sul de Minas Gerais.

Agradecimentos

Agradecemos ao IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*, Universidade Federal de Lavras (UFLA) e toda a equipe que auxiliou durante o trabalho.

Referências

- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S. Morango: produção crescente. Embrapa Clima Temperado. **Cultivar HF**, Ano XIX, nº 128, p. 23-27, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1133270/1/Producao-crescente.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://>

ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179724/1/Luis-Eduardo-MORANGUEIRO-miolo.pdf. Acesso em: 22 jul. 2024.

AOAC - **Official Methods of Analysis of AOAC international**. 19th edition. AOAC 54 International, Gaithersburg, Maryland, USA, 2012.

ARCOVERDE, G. F. B.; ALMEIDA, C. M. de; XIMENES, A. de C.; MAEDA, E. E.; ARAÚJO, L. S. de. Identificação de áreas prioritárias para recuperação florestal com o uso de rede neural de mapas auto-organizáveis. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 17, n. 3, p. 379–400, 2011. DOI: 10.1590/S1982-21702011000300004.

BARANKEVICZ, G. B.; NOVELLO, D.; RESENDE, J. T. V.; SCHWARZ, K.; SANTOS, E.F. Características físicas e químicas da polpa de híbridos de tomateiro, durante o armazenamento congelado. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 7–11, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000100002.

BELITZ, H.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food chemistry**: revised and extended edition. 4.ed. Heidelberg, Germany: Springer, 2009. 1070 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>

BOONYAKIAT, D.; CHUAMUANGPHAN, C.; MANIWARA, P.; SEEHANAM, P. Comparison of physic-chemical quality of different strawberry cultivars at three maturity stages. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 6, p. 2405–2412, 2016.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002. DOI: 10.1590/S0102-05362002000100002.

CRISPIM, D. L.; FERNANDES, L. L.; FERREIRA FILHO, D. F.; LIRA, B. R. P. Comparison of cluster methods agglomerative hierarchical in sustainability indicators in municipalities of Pará state. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, e60922067, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i2.2067.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023 [viewed 13 March 2025]. **Countries by commodity** [online]. Rome: FAO, 2023. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 22 jul. 2024.

FARNEZI, P. K. B.; OLIVEIRA, L. L. de; SARDINHA, L. T.; FRANÇA, A. C.; MACHADO, C. M. M.; MACEDO, L. A. Production and physical and chemical characterization of strawberry (*Fragaria x Ananassa* Duch) under different sources of phosphate fertilization. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65051-65066, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n9-077.

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

GIL-ARIZA, D. J.; AMAYA, I.; LÓPEZ-ARANDA, J. M.; SÁNCHEZ-SEVILLA, J. F.; BOTELLA, M. Á.; VALPUESTA, V. Impact of plant breeding on the genetic diversity of cultivated strawberry as revealed by expressed sequence tag-derived simple sequence repeat markers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 134, n. 3, p. 337-347, 2009. DOI: 10.21273/JASHS.134.3.337.

HOSSAIN, A.; BEGUM, P.; ZANNAT, M. S.; RAHMAN, M. H.; AHSAN, M.; ISLAM, S. N. Nutrient composition of strawberry genotypes cultivated in a horticulture farm. **Food Chemistry**, v. 199, n. 1, p. 648–652, 2016. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.12.056.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Procedimentos e determinações gerais. In: **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 83-158. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 22 jul. 2024.

KADER, A. A. Standardization and inspection of fresh fruits and vegetables. In: KADER, A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3.ed. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, CA, USA, 2002. p. 287-360.

MANICA, I.; KIST, H.; MICHELETTO, E. L.; KRAUSE, C. A. Competição entre quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 8, p. 1305-1313, 1998. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4964/7104>. Acesso em: 22 jul. 2024.

MARTÍNEZ, A. J. M.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Rapid assessment of vitamin A activity through objective color measurements for the quality control of orange juices with diverse carotenoid profiles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 8, p. 2808-2815, 2007.

MOLON, R. **Qualidade e composição físico-química de frutas de morangueiro**. 2013. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13339>. Acesso em: 22 jul. 2024.

NOVAES, C. G.; ROMÃO, I. L. da S.; SANTOS, B. G.; RIBEIRO, J. P.; BEZERRA, M. A.; SILVA, E. G. P. da. Screening of *Passiflora* L. mineral content using principal component analysis and Kohonen self-organizing maps. **Food Chemistry**,

v. 233, p. 507-513, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.111

OLIVEIRA, A. C. B. de; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 21-26, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69365/1/Ana-Claudia-p.-21-26.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2024.

PAPAROZZI, E. T.; MEYER, G. E.; SCHLEGEL, V.; BLANKENSHIP, E. E.; ADAMS, S. A.; CONLEY, M. E.; LOSEKE, B.; READ, P. E. Strawberry cultivars vary in productivity, sugars and phytonutrient content when grown in a greenhouse during the winter. **Scientia Horticulturae**, v. 227, n. 1, p. 1-9, 2018. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.07.048.

PARK, K. J. **Análises de materiais biológicos**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2006. Disponível em: https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=WSy7xpWAAAAJ&citation_for_view=WSy7xpWAAAAJ:2osOgNQ5qMEC. Acesso em: 22 jul. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE INCONFIDENTES. **Sobre o município**. Disponível em: <https://inconfidentes.mg.gov.br/o-municipio/sobre-o-municipio/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

RAHMAN, M. M.; MONIRUZZAMAN, M.; AHMAD, M. R.; SARKER, B. C.; ALAM, M. K. Maturity stages affect the postharvest quality and shelf - life of fruits of strawberry genotypes growing in subtropical regions. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 1, p. 28-37, 2016. DOI: 10.1016/j.jssas.2014.05.002.

REIS, R. C.; VIANA, E. de S.; JESUS, J. L. de; DANTAS, J. L. L.; LUCENA, R. S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e

linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 210-217, 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000300004.

REZENDE, S. O.; MARCACINI, R. M.; MOURA, M. F. O uso da mineração de textos para extração e organização não supervisionada de conhecimento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v. 1, n. 7, p. 7-21, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37233/1/FSMA.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2024.

RODAS, C. L.; SILVA, I. P. da; COELHO, V. A. T.; FERREIRA, D. M. G.; SOUZA, R. J. de; CARVALHO, J. G. de. Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. **Idesia**, v. 31, n. 1, p. 53-58, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v31n1/art07.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2024.

SANTOS, A. M. dos. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 24-29, 1999.

SCHAIIDHAUER, K. G. **Caracterização físico-química e potencial antioxidante de cultivares de morangueiro em dois estágios de maturação**. 2022. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 2021. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/7243/1/Karin%20Gibinski%20Schaidhauer%20-%202021.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2024.

SCHNEIDER, A. R. **Adaptabilidade de novas seleções de morangueiro desenvolvidas pela Embrapa, em cultivo protegido e fora de solo no município de Cerro Largo-RS**. 55f. il: 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo/RS, 2022. Disponível em: <https://rd.uffs.edu>.

[br/bitstream/prefix/5598/1/SCHNEIDER.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/bitstream/prefix/5598/1/SCHNEIDER.pdf). Acesso em: 22 jul. 2024.

SCOTT, A.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, p. 507-512, 1974.

SOUZA, D. C. de; VIEIRA, S. D.; RESENDE, L. V.; GALVAO, A. G.; FERRAZ, A. K. L.; RESENDE, J. T. V.; ELIAS, H. H. S. Propriedades físico-químicas em frutos de híbridos experimentais de morangueiro. **Agrotrópica**, v. 29, n. 1, p. 85-96, 2017. DOI: 10.21757/0103-3816.2017v29n1p85-96

TURQUETT, L. C. das. G. B.; BASTOS, R. A.; LIMA, J. P. de; VALENTE, G. de F. S. Evaluation of edible cover made from chitosan, rice bran and cassava starch in postharvest conservation of strawberries. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 33153-33171, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n3-845

VATANEN, T.; OSMALA, M.; RAIKO, T.; LAGUS, K.; SYSI-AHO, M.; OREŠIČ, M.; HONKELA, T.; LÄHDESMÄKI, H. Self-organization and missing values in SOM and GTM. **Neurocomputing**, v. 147, p. 60-70, 2015. DOI: 10.1016/j.neucom.2014.02.061.

ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V. de. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 7-16, 2019.

ZHENG, W.; WANG, S. Y. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 2, p. 502-509, 2003. DOI: 0.1021/jf020728u.