

Caracterização morfoagronômica e diversidade genética de gengibre usando o algoritmo de Gower

Morphoagronomic characterization and genetic diversity of ginger using Gower's algorithm

Uéliton Alves de Oliveira¹, Elisa dos Santos Cardoso^{2*}, Alex Souza Rodrigues¹, Eliane Cristina Moreno de Pedri², Auana Vicente Tiago², Ana Aparecida Bandini Rossi²

RESUMO

O gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) destaca-se por ser utilizado para fins culinários e medicinais. Estudos de caracterização agro-morfológica de gengibre abrangem as análises de rendimento e da variabilidade para diferentes caracteres da planta. Este trabalho teve por objetivo caracterizar e avaliar a divergência genética entre indivíduos de gengibre, a fim de se verificar a variabilidade disponível entre eles por meio de 21 caracteres morfoagronômicos. Os genótipos de gengibre avaliados apresentaram divergência genética, pois os dois métodos de agrupamento testados dividiram os indivíduos em grupos distintos, onde os caracteres quantitativos que mais contribuíram para diversidade genética foram a produção do rizoma por indivíduo e altura da planta. Ao analisar os componentes principais quantitativos, as características altura da planta, comprimento das folhas e largura da folha explicaram 78,56% da variação total acumulada dos indivíduos. Os 32 indivíduos de gengibre avaliados neste estudo apresentaram grande variabilidade genética para características morfológicas e agronômicas, demonstrando que esses indivíduos possuem características que podem ser utilizadas para o cultivo, utilização e conservação dessa espécie.

Palavras-chave: Conservação; Descritores quantitativos e qualitativos; *Zingiber officinale* Roscoe;

ABSTRACT

Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) stands out for being used for culinary and medicinal purposes. Studies of agro-morphological characterization of ginger cover the analysis of yield and variability for different plant characters. This work aimed to characterize and evaluate the genetic divergence among ginger individuals, to verify the variability available among them using 21 agro-morphological characters. The ginger genotypes analyzed showed genetic divergence, since the two grouping methods tested divided the individuals into distinct groups, where the quantitative traits that contributed the most to genetic diversity were the rhizome production per individual and the height of the plant. When analyzing the main quantitative components, plant height, leaf length and leaf width explained 78.56% of the total accumulated variation of the individuals. The 32 ginger individuals evaluated in this study showed great genetic variability for morphological and agronomic characteristics, demonstrating that these individuals have characteristics that can be used for the cultivation, use and conservation of this species.

Keywords: Conservation; Quantitative and qualitative descriptors; *Zingiber officinale* Roscoe;

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

* E-mail: elisabyo@gmail.com

² Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado

INTRODUÇÃO

Zingiber officinale Roscoe, comumente conhecido como gengibre, é uma monocotiledônea que pertence à família Zingiberaceae e ao gênero *Zingiber* (LI *et al.*, 2021; NANDI *et al.*, 2013). Nativo da Ásia, o gengibre é amplamente utilizado como alimentício e fitoterápico em virtude das suas propriedades aromatizantes, antibacterianas e antioxidantes (ANSARI *et al.*, 2021; BERISTAIN-BAUZA *et al.*, 2019; MA *et al.*, 2021).

O Brasil é considerado um dos principais exportadores de gengibre, sendo este amplamente cultivado nas regiões sul e sudeste, porém ainda se desconhece o nível de variabilidade genética dessa espécie. Além do cultivo comercial, o gengibre também é cultivado em quintais urbanos e rurais e a caracterização fenotípica dos mesmos possibilita a seleção de indivíduos que possam compor coleções de germoplasma, garantindo assim a conservação da divergência desta espécie para posterior utilização em programas de melhoramento genético (BLANCO, 2015; CARDOSO *et al.*, 2020).

Os recursos genéticos são estabelecidos por acessos que apresentam a variabilidade organizada em um conjunto de materiais diferentes entre si, denominados germoplasma. O sucesso de um programa de melhoramento reside na existência de variabilidade na população ou indivíduos de trabalho. Nas análises agro-morfológicas, os genótipos são avaliados a partir do valor fenotípico dos caracteres estudados, comumente conhecidos como descritores (CRUZ *et al.*, 2011; WICAKSANA *et al.*, 2011). Os melhoristas utilizam diversos métodos para acessar a divergência genética da espécie e estabelecer as relações de similaridade ou dissimilaridade entre os acessos, buscando promover sua utilização em programas de melhoramento (RESENDE, 2007).

Estudos de caracterização agro-morfológica de gengibre abrangem as análises de rendimento e variabilidade para diferentes caracteres da planta, fornecendo informações relevantes sobre o nível de correlação entre elas e a sua influência sobre a divergência genética (CRUZ *et al.*, 2013). A caracterização e o uso racional dos recursos genéticos são cada vez mais importantes para a conservação e a valorização das espécies, sendo a caracterização uma etapa fundamental para o trabalho dos melhoristas, uma vez que estes buscam conhecer os níveis de variabilidade existentes entre e dentro as populações e assim selecionar genótipo com características agrônômicas de interesse comercial. Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi caracterizar e avaliar a divergência genética entre

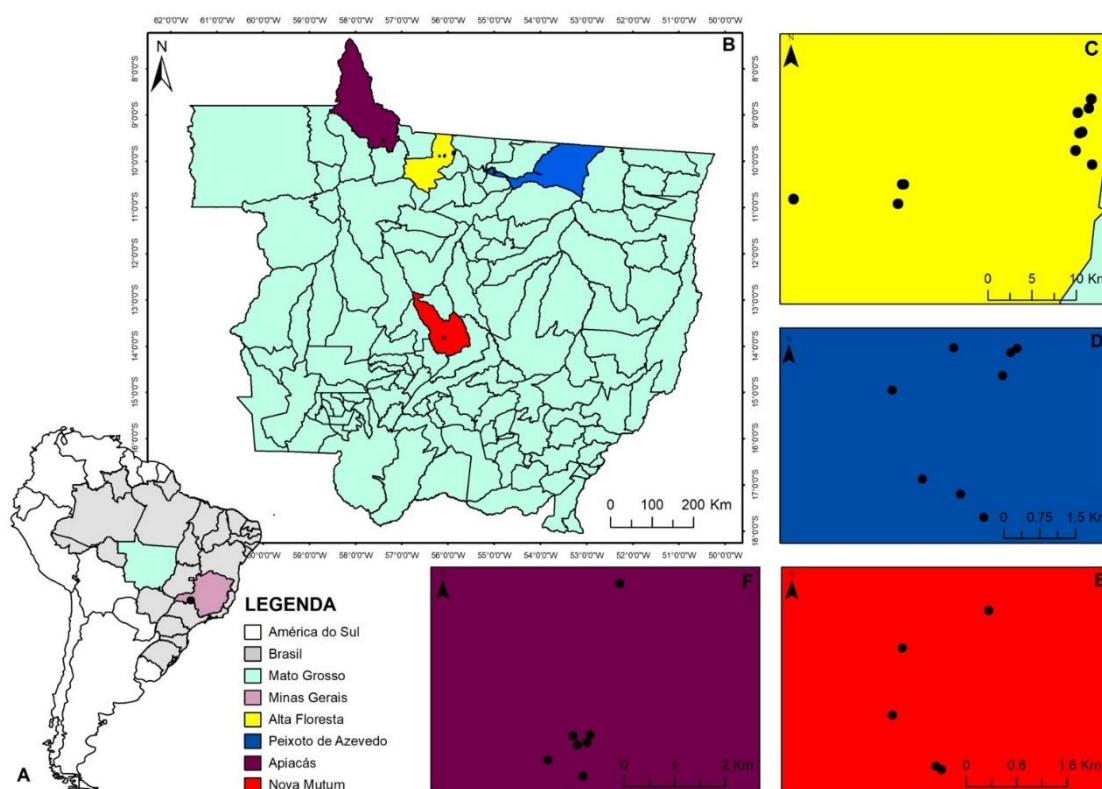
indivíduos de gengibre por meio de descritores agro-morfológicos e proporcionar conhecimentos básicos que possam ser aplicados em estratégias para cultivo, utilização e conservação da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), *campus* de Alta Floresta. Foram avaliados 32 genótipos de gengibre, oriundos da coleção de trabalho da UNEMAT iniciada por Cardoso *et al.* (2020). Os genótipos foram coletados nos municípios de Alta Floresta (11), Apiacás (7), Nova Mutum (5) e Peixoto de Azevedo (8), no estado de Mato Grosso, e na cidade Uberaba (1), localizada em Minas Gerais (Figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica dos pontos de coleta dos indivíduos de *Zingiber officinale* Roscoe, no estado de Mato Grosso e Minas Gerais.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Área experimental e tratos culturais

Os plantios dos rizomas foram realizados em vasos plásticos de 5 litros e

identificados de acordo com a localização da coleta, sendo que para cada vaso foram utilizados dois rizomas com aproximadamente 5 cm de comprimento, perfazendo um total de dois vasos para cada indivíduo. O solo utilizado foi análise no Laboratório de Análise do Solos, Adubos e Foliar (LASAF) da UNEMAT/Alta Floresta e, de acordo com orientação técnica, 30 dias após o plantio, foram aplicados 200 g de adubo NPK 04 14 8. Após a emergência, o pseudocaule principal foi demarcado com um barbante vermelho, para posterior identificação dos perfilhos. A irrigação foi realizada por meio do sistema de aspersão durante 15 min por dia, sendo os indivíduos mantidos a uma temperatura que variou de 25° C a 37° C. Semanalmente, foi realizada a capina manual e utilizada a prática de amontoa para cobrir e proteger os rizomas que estavam expostos na superfície.

A caracterização dos acessos foi realizada com base em descritores indicados por Wicaksana *et al.* (2011) e Blanco e Pinheiro (2017). Foram utilizados 21 descritores para caracterizar os genótipos, sendo sete quantitativos (Tabela 1) e 14 qualitativos multicategóricos (Tabela 2). As variáveis qualitativas foram avaliadas no período máximo de crescimento vegetativo (MCV) dos indivíduos, aproximadamente quatro meses após o plantio, enquanto as variáveis quantitativas foram avaliadas conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 1 - Descritores quantitativos avaliados em indivíduos de gengibre. MCV: Máximo crescimento vegetativo.

Variável	Método e época de avaliação
Altura da planta (AP)	No MCV: Mensuração, em cm, da superfície do solo até extremidade final da última folha, do primeiro perfilho.
Comprimento da folha (CF)	No MCV: Mensuração do pecíolo até o ápice da folha.
Largura da folha (LF)	No MCV: Mensuração na região mediana da folha.
Número de perfilhos por planta (NPP)	Contagem do nº de perfilhos após a floração.
Número de folhas por perfilho (NFP)	Contagem do nº de folhas por perfilho após a floração.
Espessura do rizoma (ER)	Mensuração dos rizomas em pós-colheita, com auxílio de um paquímetro digital (mm).
Produtividade dos rizomas por indivíduo (PRI)	Pesagem dos rizomas por indivíduo em pós-colheita, utilizando balança de precisão (g).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 - Descritores qualitativos avaliados em indivíduos de gengibre.

Descritores	Classes fenotípicas
Hábito de crescimento (HC)	1- Ereto; 2- Semiereto; 3- Semiacamado; e 4- Acamado.
Forma da lígula (FL)	1- Membranosa glabra; 2- Membranosa ciliada ou pilosa; e 3- Linhas de cílios;
Padrão de união da bainha (PUB)	1- Compactada; 2- Livre (frouxa); e 3- Outra.
Tamanho da lígula (TL)	0- Ausente; 1- Curta (< 3 mm); 2- Média (3 a 6 mm); e 3- Comprida (> 6 mm).
Margem da lígula (ML)	1- Inteiro; 2- Serrilhado; e 3- Dentado.
Pubescência da folha (PF)	1- Glabro (Sem pelos); 2- Face superior pubescente; 3- Face inferior pubescente; 4- Ambas as faces pubescentes; e 5- Outro.
Divisão da folha (DF)	1- Simples; e 2- Composta.
Forma da folha (FF)	1- Lanceolada; 2- Linear; 3- Elíptica; e 4- Oblonga;
Ápice da folha (AF)	1- Aristado; 2- Acuminado; 3- Caudado; 4- Moderadamente agudo; e 5- Fortemente agudo;
Orientação da folha (OF)	1- Alternada; 2- Oposta; e 3- Basal.
Padrão de união da folha (PUF)	1- Séssil; 2- Semi séssil; 3- Peciolada; 4- Ivaginante; e 5- Outro.
Cor da folha (CF)	1- Verde; 2- Verde amarelado; e 3- Verde escuro.
Cor da pele do rizoma (CPR)	1- Amarelo Claro; 2- Amarelo; 3- Marrom Claro; e 4- Avermelhado.
Cor da polpa do rizoma (CPoR)	1- Amarelo claro; 2- Amarelo; e 3- Amarelo escuro.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Análises estatísticas

Para as características qualitativas foi realizada a análise da distribuição de frequência e para as quantitativas foi calculada a média. A identificação dos autovalores associados aos componentes principais para os dados quantitativos foi realizada por seleção direta, conforme proposto por Jolliffe (1972), sendo indicado para descarte todo descritor que apresentou maior coeficiente de ponderação em valor absoluto (autovetor).

A importância dos caracteres para a discriminação da divergência foi verificada por intermédio da avaliação da contribuição relativa de cada um dos caracteres quantitativos, estimada pelo método proposto por Singh (1981). Para a predição da divergência genética foi utilizada a distância Euclidiana como medida de dissimilaridade.

As análises de agrupamento, pelo método de otimização de Tocher e pelo método hierárquico UPGMA (Ligação média entre grupos), foram utilizadas para reunir os indivíduos em grupos de acordo com as suas distâncias genéticas (CRUZ; CARNEIRO, 2006; RAO, 1952). A análise combinada dos caracteres qualitativos e quantitativos foi realizada para determinação da distância genética de Gower (1971). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa genético-estatístico Genes (CRUZ, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar as estimativas dos autovalores associados aos componentes principais dos sete descritores agro-morfológicos quantitativos (Tabela 1) foi possível observar que os primeiros quatro componentes foram os que mais influenciaram na discriminação dos acessos, sendo eles, altura da planta (42,67%), comprimento da folha (19,16%), largura da folha (16,72%) e número de perfilhos por planta (14,81%). Esses componentes conseguiram explicar 93,37% da variação total acumulada entre os indivíduos (Tabela 3).

Tabela 3 - Estimativas dos autovalores associados aos componentes principais (CP), importância relativa (%) e acumulada (%), referentes às sete características quantitativas dos 32 indivíduos de gengibre.

CP	Autovalor	Importância Relativa (%)	(%) Acumulada
CP1	2,98	42,67	42,67
CP2	1,34	19,16	61,83
CP3	1,17	16,72	78,55
CP4	1,03	14,81	93,36
CP5	0,27	3,89	97,25
CP6	0,11	1,60	98,85
CP7	0,08	1,15	100,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados semelhantes, em estudos de caracterização e avaliação da diversidade genética, foram encontrados por Wicaksana *et al.* (2011) em 19 indivíduos de *Z. barbatum* utilizando 29 descritores e Blanco e Pinheiro (2017) analisando 61 indivíduos de *Z. officinale* por meio de 18 descritores, sendo que, em ambos os trabalhos, os

descritores altura da planta, comprimento e largura da folha também foram os mais importantes para a discriminação do material.

Segundo Barbé (2008), a importância relativa dos caracteres é de fundamental interesse dos pesquisadores, possibilitando concluir com segurança a respeito da viabilidade de empregar os descritores utilizados em estudos de divergência genética, reduzindo o número de características e eliminando aquelas que contribuem pouco para o estudo. Os descritores número de folhas por perfilho (CP5), espessura do rizoma (CP6) e produtividade do rizoma por indivíduo (CP7) foram recomendados pela análise de componentes principais como prováveis descartes, porém ao rejeitar as variáveis pelo método de Garcia *et al.* (1998), utilizando a variável com menor contribuição para a diversidade entre os acessos, verificou-se mudança na formação dos grupos, indicando que as mesmas não devem ser descartadas.

Em termos de contribuição relativa para a divergência genética, estimada pelo método proposto por Singh (1981), constatou-se que os descritores quantitativos mais importantes para a divergência genética dos acessos no presente trabalho foram a produtividade do rizoma por indivíduo e a altura da planta. As demais características como comprimento da folha, espessura do rizoma, número de folhas por perfilho, número de perfilhos por planta e largura da folha contribuíram com menos de 0,20%, sendo, portanto, as características que menos contribuíram para a diversidade genética (Tabela 4).

Tabela 4 - Contribuição relativa (%) dos descritores quantitativos para a divergência genética em 32 indivíduos de gengibre, estimada pelo método proposto por Singh (1981).

Variáveis	S.j (%)
Produtividade do rizoma por indivíduo (PRI)	96,95
Altura da planta (AP)	2,76
Comprimento da folha (CF)	0,11
Espessura do rizoma (ER)	0,11
Número de folhas por perfilho (NFP)	0,04
Número de perfilhos por planta (NPP)	0,03
Largura da folha (LF)	0,001

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise de contribuição relativa pelo método de Singh tem se apresentado como uma importante ferramenta para estudos voltados à avaliação da divergência genética,

uma vez que auxiliam a identificação dos caracteres de maior contribuição na diferenciação e formação de grupos (AZEVEDO *et al.*, 2014; MARIN *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2015). De acordo com Cruz e Carneiro (2006), as características de menor importância para estimar a diversidade entre indivíduos são as que apresentam menor variabilidade genética e, portanto, pouco informativas para os acessos em estudo.

A análise de agrupamento pelo método de Tocher, realizada a partir das características quantitativas, proporcionou a formação de cinco grupos distintos, sendo que o grupo I apresentou uma maior quantidade de indivíduos, 24 no total, abrigando indivíduos de todos os municípios estudados (Alta Floresta, Apiacás, Nova Mutum, Peixoto de Azevedo e Uberaba), seguido do grupo II, com dois indivíduos de Peixoto de Azevedo e um de Alta Floresta, já os grupos III e IV foram compostos por dois indivíduos cada, enquanto que o grupo V foi formado apenas pelo indivíduo proveniente do município de Apiacás (Tabela 5).

Tabela 5 - Agrupamento pelo método de Tocher, dos 32 indivíduos de gengibre, com base na dissimilaridade estimada por meio dos sete descritores quantitativos.

Grupos	Indivíduos
I	AP01 PXT03 AF02 AP03 AF09 NM05 NM02 AF05 PXT02 AP02 AF07 NM04 MG01 AP06 NM01 AF11 AF08 PXT07 AF10 AF01 PXT01 PXT04 AF06 NM03
II	PXT05 PXT06 AF03
III	AP05 AP08
IV	AF04 PXT08
V	AP04

AF: Alta Floresta; AP: Apiacás; NM: Nova Mutum; PXT: Peixoto de Azevedo e MG: Minas Gerais. Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Vasconcelos *et al.* (2007), o método de Tocher apresenta a distância média dentro dos grupos sempre menor que a distância média entre os grupos, portanto há mais homogeneidade entre os indivíduos de um mesmo grupo do que com os acessos de diferentes grupos.

O grupo I e II foram os mais numerosos, agrupando 75% e 9,37% dos indivíduos. Os indivíduos do grupo I apresentam uma homogeneidade entre as médias da altura da planta, comprimento da folha, largura da folha e número de perfilhos, porém com valores medianos (Figura 2).

Figura 2 - Homogeneidade das características quantitativas entre os indivíduos do grupo I. A) Altura da planta; B) Comprimento da folha; C) Largura da folha e D) Número de perfilhos por planta.



Fonte: Oliveira *et al.* (2022)

Os indivíduos pertencentes ao grupo II são caracterizados como plantas baixas com menos de 45 cm e com produção do rizoma inferior a 140,55 g por indivíduo. Os grupos III e IV alocaram, cada um, 6,25% dos indivíduos avaliados neste estudo, sendo que os dois indivíduos do grupo III são caracterizados pela maior quantidade no número de folhas por perfilho (9,59 e 8,91), enquanto os dois do grupo IV apresentam grande quantidade de perfilhos por planta (7,75 e 7,62). O indivíduo AP04 se manteve isolado, compondo o grupo V (3,13%), distinguindo-se dos demais pela espessura do rizoma, que foi superior a todos os outros acessos analisados, com uma média de 21,54 mm.

De acordo com Abreu *et al.* (2002) os indivíduos alocados nos últimos grupos, quando comparados com os primeiros grupos, revelam maior divergência, sendo possível sua utilização em programas de cruzamentos entre os indivíduos pertencentes aos grupos mais produtivos, aplicando esse método com os grupos formados nesse estudo, espera-se que sejam obtidos indivíduos de gengibre menores com os rizomas mais espessos.

Considerando as análises das variáveis qualitativas, a otimização de Tocher distribuiu os 32 indivíduos em 12 grupos divergentes entre si, sendo que o grupo formado com maior número de indivíduos foi o grupo I (seis indivíduos oriundos de Alta Floresta, Apiacás e Peixoto de Azevedo), enquanto os grupos X, XI e XII são compostos apenas por um indivíduo cada (Tabela 6).

Tabela 6 - Agrupamento pelo método de Tocher dos 32 indivíduos de gengibre baseado em 14 descritores qualitativos.

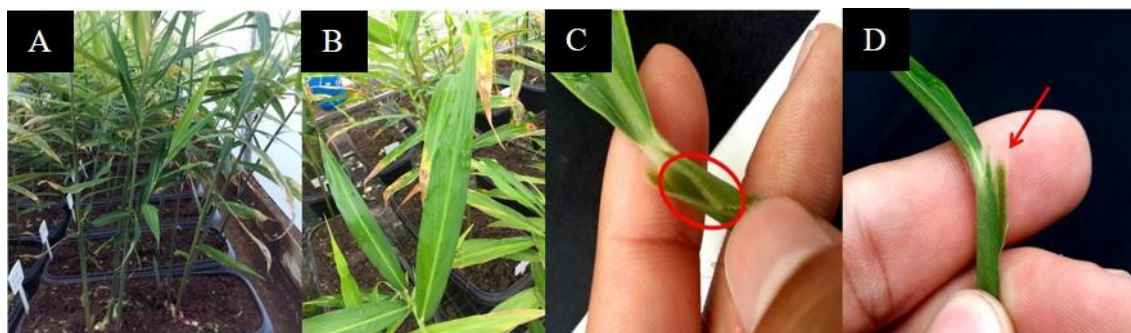
Grupos	Indivíduos	Grupos	Indivíduos
I	AF07 AP08 AP01 AF10 PXT01 AP02	VII	PXT02 PXT07
II	AF09 NM04 AF08 AF04	VIII	AF11 AP05
III	AF01 AF05 NM01 AF02 NM03	IX	AP04 PXT05

IV	AF06 AP06 PXT03	X	PXT08
V	MG01 PXT06	XI	PXT04
VI	NM02 NM05 AF03	XII	AP03

AF: Alta Floresta; AP: Apiacás; NM: Nova Mutum; PXT: Peixoto de Azevedo e MG: Minas Gerais. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os grupos I e III foram os mais representativos, alocando, respectivamente, 18,75% e 15,63% dos indivíduos. Todos os indivíduos que estão alocados no grupo I possuem folha lanceolada, ápice moderadamente agudo e pele do rizoma marrom claro, enquanto o grupo III inclui plantas somente com porte ereto, folhas lanceoladas com bainha compactada e lígula < 3 mm (Figura 3).

Figura 3 - Homogeneidade das características qualitativas entre os indivíduos do grupo III. A) Planta com porte ereto; B) Folha lanceolada; C) Bainha compactada e D) Lígula < 3 mm.



Fonte: Oliveira *et al.* (2022)

Os indivíduos PXT04, PXT08 e AP03 ficaram isolados por possuírem características mais dissimilares de todos os outros indivíduos, o PXT04 apresenta hábito de crescimento ereto e lígula curta (< 3 mm) com margem inteira. O indivíduo PXT08 é o único que possui polpa do rizoma amarela e cor das folhas verde escuro, enquanto o AP03 é uma planta com a lígula > 6 mm e com a pele do rizoma amarela claro.

Os descritores qualitativos multicategóricos permitiram uma melhor diferenciação interespecífica dos grupos em relação aos descritores quantitativos o que pode ser atribuído ao tipo de herança gênica, pois esses descritores são controlados por poucos genes e, portanto, menos afetados pelo ambiente (MONTEIRO *et al.*, 2010). A diversidade genética entre genótipos de gengibre, com base em características agromorfológicas, também foi avaliada por Aragaw *et al.* (2011), Wicaksana *et al.* (2011), Jatoi e Watanabe (2013) e Wang *et al.* (2014) detectando também diferentes níveis de variação para descritores qualitativos.

Quando realizado o agrupamento de Tocher para a análise conjunta dos 21 descritores, quantitativos e qualitativos, utilizados na caracterização dos 32 indivíduos de gengibre, os mesmos foram distribuídos em 11 grupos. O grupo I formado por nove indivíduos (28,13%), o grupo II, III e VI formados por três indivíduos cada. O grupo IV alocou cinco indivíduos (15,63 %), os grupos V, VII e VIII apenas dois indivíduos cada, e apenas um indivíduo nos grupos IX (PXT08), X (AF05) e XI (AF04) que, juntos, representaram 3,13% do total (Tabela 7).

Tabela 7 - Agrupamento pelo método de Tocher, dos 32 indivíduos de gengibre, com base em 21 descritores morfo-agronômicos (quantitativos e qualitativos)

Grupos	Indivíduos	Grupos	Indivíduos
I	AF02 AP01 AF07 AP02 NM04 AF09 AF10 PXT01 NM02	VII	AF03 PXT05
II	PXT02 PXT07 MG01	VIII	AF06 PXT06
III	AP06 PXT03 AF11	IX	PXT08
IV	AF01 NM01 NM03 AP03 NM05	X	AF05
V	AF08 AP04	XI	AF04
VI	AP08 PXT04 AP15	---	---

AF: Alta Floresta; AP: Apiacás; NM: Nova Mutum; PXT: Peizoto de Azevedo e MG: Minas Gerais. Fonte: Elaborado pelos autores.

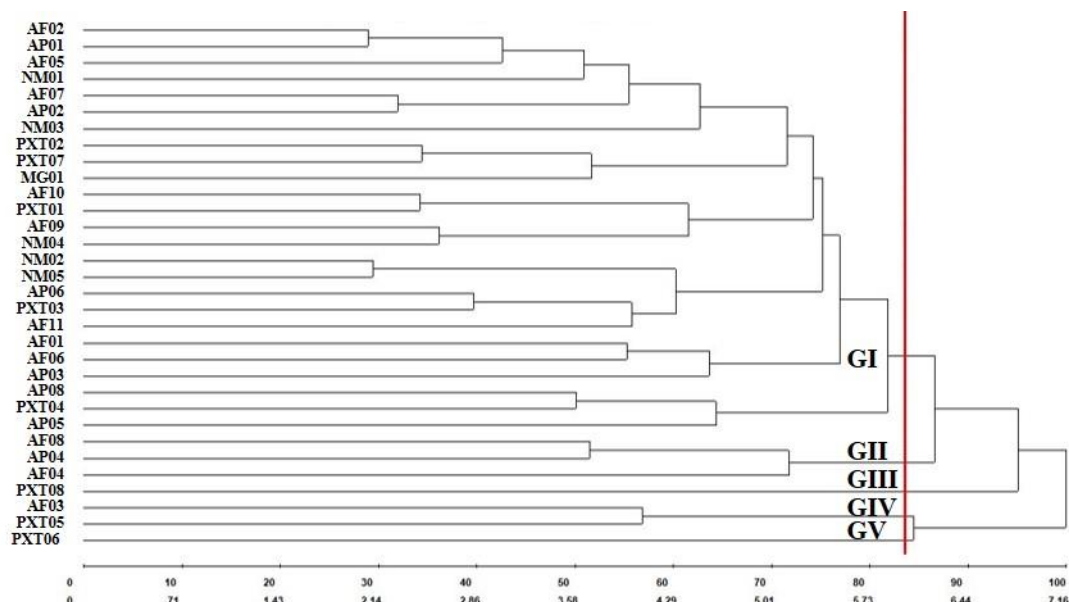
O algoritmo de Gower, considerando os 21 descritores agro-morfológicos, foi eficiente na discriminação dos grupos demonstrando que a análise simultânea dos dados é viável e permite um maior conhecimento das principais características dos indivíduos dentro dos grupos. Esses resultados demonstram que a análise conjunta, permite uma melhor compreensão do fenômeno biológico quando comparada com as análises quantitativas e qualitativas separadamente (LEDO; GONÇALVES, 2012).

Segundo Gonçalves *et al.* (2008) e Rocha *et al.* (2010), a análise conjunta dos dados quantitativos e qualitativos pode fornecer uma melhor compreensão da diversidade genética, e também verifica se a evidência total está dentro dos limites de confiança dos elementos de cada conjunto de dados.

O agrupamento hierárquico pelo método UPGMA da análise conjunta, com ponto de corte 83,50%, estabelecido pelo coeficiente de Mojena (MOJENA, 1977), alocou os indivíduos em cinco grupos distintos. O grupo I, com 25 indivíduos, seguido do grupo II e IV, com três e dois indivíduos, respectivamente, e o grupo III e V com apenas um

indivíduo cada (Figura 4).

Figura 4. Análise conjunta da divergência genética para 32 indivíduos de gengibre por meio da distância genética de GOWER. As distâncias genéticas foram obtidas com base em 21 descritores agro-morfológicos, quantitativos e qualitativos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A distância genética de Gower para análise conjunta e o agrupamento UPGMA para análise quantitativa foram concordantes quanto aos indivíduos mais dissimilares (AF11 e PXT06), enquanto os mais similares foram diferentes das outras análises, sendo os indivíduos AF02 e AP01. Os indivíduos AF11 e PXT06 apresentaram alta diferenciação quanto às médias de produtividade por indivíduo, número de perfilhos por planta (p/p) e altura da planta (diferença de 281,97 g, 2,33 p/p e 46,25 cm, respectivamente), além de diferirem também quanto ao padrão de união da bainha, tamanho da lígula, cor e formato tanto da folha e seu ápice, bem como quanto a cor da pele e da polpa do rizoma. Os indivíduos mais similares, por sua vez, apresentaram valores bem próximos para todos os descritores quantitativos e divergiram apenas quanto a cor da folha e da polpa do rizoma.

Dentre as opções de análise simultânea de diferentes tipos de variáveis, o algoritmo de Gower é um procedimento de pouca complexidade e que tem produzido resultados confiáveis, embora ainda pouco explorados pelos pesquisadores que atuam na área de recursos genéticos vegetais para detecção da variabilidade.

CONCLUSÕES

Os 32 indivíduos de gengibre avaliados neste estudo apresentaram variabilidade genética para características morfológicas e agronômicas, demonstrando que esses indivíduos possuem características que podem ser utilizadas no cultivo, utilização e conservação dessa espécie. As características que mais contribuíram para a divergência do material avaliado foram a produtividade do rizoma por indivíduo (PRI) e altura da planta (AP).

O indivíduo PXT08 se manteve isolado no método de agrupamento de Tocher nas análises qualitativa e conjunta, bem como no agrupamento pelo método UPGMA para análise conjunta, sendo, portanto, indicado para cultivo comercial por ser baixo e com uma grande quantidade de perfilhos por planta, o que está relacionado à maior produtividade do rizoma.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. B.; MARIM, B. G.; MANDELLI, M. S.; GUIMARÃES, M. A.; BELFORT, G.; SILVA, D. J. H. Divergência genética entre acessos de tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV, baseada em descritores de fruto. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento 2.
- ANSARI, F. R.; CHODHARY, K. A.; AHAD, M. A review on ginger (*Zingiber officinale* Rosc) with unani perspective and modern pharmacology. **Journal of Medicinal Plants**, v. 9, n. 3, p. 101-104, 2021.
- ARAGAW, M.; ALAMEREW, S.; MICHAEL, G. H.; TESFAYE, A. Variability of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) accesions for morphological and some quality traits in Etiopia. **International Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 6, p. 444-457, 2011.
- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; VALADARES, N. R.; FERREIRA, M. A. M.; MARTINS, R. A. V. Divergência genética e importância de caracteres morfológicos em genótipos de couve. **Horticultura Brasileira**, v. 32 n. 1, p. 48-54, 2014.
- BARBÉ, Tatiane da Costa. **Estimativas de divergência genética entre linhas de feijão-de vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio de análise multivariada e associação com a genealogia**. 2008. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.
- BERISTAIN-BAUZA, S. D. C.; HERNÁNDEZ-CARRANZA, P.; CID-PÉREZ, T. S.; ÁVILA-SOSA, R.; RUIZ-LÓPEZ, I. I.; OCHOA-VELASCO, C. E. Antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) and its application in food products. **Food Reviews International**, v. 35, n. 5, p. 407-426, 2019.

BLANCO, E. Z.; PINHEIRO, J. B. Agronomic evaluation and clonal selection of ginger genotypes (*Zingiber officinale* Roscoe) in Brazil. **Agronomía Colombiana**, v. 35, n. 3, p. 275-284, 2017.

BLANCO, E.Z. Diversidad genética del jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe.) A nivel molecular: Avances de la última década. **Entramado**, v. 11, n. 2, p. 190-199, 2015.

CARDOSO, E. S.; ROSSI, A. A. B.; PEDRI, E. C. M.; ZORTÉA, K. E. M.; TIAGO, A. V.; ROCHA, V. D.; *et al.* Genetic diversity of *Zingiber officinale* (Zingiberaceae) germplasm grown in urban and rural backyards in Mato Grosso, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 19, n. 2, gmr1857, 2020.

CRUZ, C. D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, v. 2, 2006.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Viçosa: UFV, 2011.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelo biométrico aplicado ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, v. 1, 2013.

GARCIA, Silvana Lages Ribeiro. **Importância de características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na diversidade genética de clones de eucalipto**. (1998). Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; KARASAWA, M.; SUDRÉ, C. P. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 4, p. 1289-1297, 2008.

GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, v. 27, n. 4, p. 857-874. 1971.

JATOI, S. A.; WANTANABE, K. N. Diversity analysis and relationships- among ginger landraces. **Pakistan Journal of Botany**, v. 45, n. 4, p. 1203-1214, 2013.

JOLLIFFE, I. T. Discarding Variables in a Principal Component Analysis. I: Artificial **Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)**, v. 21, n. 2, p. 160-173, 1972.

LEDO, C. A. S.; GONÇALVES, L. S. A. Novas abordagens multivariadas em experimentação com fruteiras. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2012. **Anais [...]** Bento Gonçalves – RS: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2012. 1 CD-ROM.

- LI, C.; LI, J.; JIANG, F.; TZVETKOV, N.T.; HORBANCZUK, J.O.; LI, Y.; ATANASOV, A.G.; WANG, D. Vasculoprotective effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and underlying molecular mechanisms. **Food & Function**, v. 12, n. 5, p. 1897-1913, 2021.
- MA, R-H.; NI, Z-J.; ZHU, Y-Y.; THAKUR, K.; ZHANG, F.; ZHANG, Y-Y.; HU, F.; ZHANG, J-G.; WEI, Z. A recent update on the multifaceted health benefits associated with ginger and its bioactive components. **Food & Function**, v. 12, n. 2, p. 519-542, 2021.
- MARIM B. G.; SILVA D. J.; CARNEIRO P. C. S; MIRANDA C. V.; MATTEDI A. P.; CALIMAN F. R. B. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1283–1290, 2009.
- MOJENA R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359-363, 1977.
- MONTEIRO, E. R.; BASTOS, E. M.; LOPES, Â. C. A.; GOMES, R. L. F.; NUNES. J. A. R. Diversidade genética entre acessos de espécies cultivadas de pimentas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 288-293, 2010.
- NANDI, S.; SALEH-E-IN, M.; RAHIM, M.; BHUIYAN, N.H.; SULTANA, N.; AHSAN, A.; AHMED, S.; SIRAJ, S.; RAHMAN, Z.; ROY, S.K. Quality composition and biological significance of the Bangladeshi and China ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 2013, p. 2283-2290, 2021.
- PEREIRA, E. A.; DALL'AGNOL, M.; SIMIONI, C.; MACHADO, J. M.; BITENCOURT, M. G. S.; GUERRA, D.; SILVA, J. A. G. Agronomic performance and interspecific hybrids selection of the genus *Paspalum*. **Científica**, v. 43, n. 4, p. 388-395, 2015.
- RAO, R. C. **Advanced statistical methods in biometrics research**. New York: John Wiley and Son. 1952.
- RESENDE, M. L. **Matemática estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas. 2007.
- ROCHA, M. C.; GONÇALVES, L. S. A.; CORREA, F. M.; RODRIGUES, R.; SILVA, S. L.; ABOUD, A. C. S.; CARMO M. G. F. C. Descritores quantitativos na determinação da divergência genética entre acessos de tomateiro do grupo cereja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 03, p. 664-670, 2010.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.
- SOUZA, Everton Hilo de. **Pré-melhoramento e avaliação de híbridos de abacaxi e banana para fins ornamentais**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) -

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

VASCONCELOS, E. S.; CRUZ, C. D.; BHERING, L. L. RESENDE JÚNIOR, M. F. Método alternativo para análise de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1421-1428, 2007.

WANG, L.; GAO, F. S.; XU, K.; LI, X. Natural occurrence of mixploid ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) in China and its morphological variations. **Scientia Horticulturae**, v. 172, p. 54-60, 2014.

WICAKSANA, N.; GILANI, S. A.; AHMAD, D.; KIKUCHI, A.; WATANABE, K. N. Morphological and molecular characterization of underutilized medicinal wild ginger (*Zingiber barbatum* Wall.) from Myanmar. **Plant genetic resources**, Cambridge, v. 9, n. 4, p. 531-542, 2011.

Recebido em: 05/07/2022

Aprovado em: 12/08/2022

Publicado em: 16/08/2022