

QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ERVA-MATE¹

PHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF YERBA MATE SEEDS

Mara Cíntia Winhelmann², Leo Jaime de Vargas³, Tasio Machado de Azeredo⁴,
Julia Gastmann⁵, Fernanda Bruxel⁶, Elisete Maria de Freitas⁷ e Claudimar Sidnei Fior⁸

RESUMO

O objetivo do estudo foi investigar a qualidade física e fisiológica das sementes de erva-mate de quatro matrizes e relacionar variáveis morfofisiológicas com a posição da copa em que os frutos foram coletados de uma planta-mãe. Foram avaliados: teor de água; peso de mil sementes; biometria (comprimento e espessura); avaliação da porcentagem de sementes vazias, predadas, deterioradas, com e sem embrião visível; e viabilidade por meio do teste de tetrazólio. Para as condições deste estudo, sementes coletadas de diferentes plantas matrizes apresentaram diferenças no teor de água, peso de mil sementes e na biometria. Possuem alta porcentagem de sementes danificadas, sendo a maioria deteriorada, com menor grau de vazias e predadas. Sementes coletadas em diferentes quadrantes não apresentam diferenças para o teor de água, peso de mil sementes, porcentagem de sementes vazias e embrião visível. No quadrante noroeste as sementes tiveram o menor comprimento e no quadrante nordeste maior espessura, menor porcentagem de deterioradas e maior presença de sementes sem embrião visível. No quadrante voltado para o sudeste apresentaram maior média de viabilidade.

Palavras-chave: Aquifoliaceae; *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.; peso de mil sementes; teste de tetrazólio; viabilidade.

ABSTRACT

The study aimed to investigate the quality of yerba mate seeds from four mother plants and to relate morphophysiological variables with the position of the treetop in which the fruits were collected in a mother plant. The following were evaluated: water content; a thousand-seed weight; biometrics (length and thickness); evaluation of the percentage of empty, predated, deteriorated seeds, with and without visible embryo; and viability through the tetrazolium test. For the conditions of this study, seeds collected from different mother plants show differences in water content, a thousand-seed weight and in biometrics. They have a high percentage of not full seeds, most of which are deteriorated, and, to a lesser extent, empty and

1 Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Departamento de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

2 Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitotecnia. E-mail: marawinhelmann@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3431-9442>

3 Biólogo, mestrando em Biotecnologia. E-mail: leo.vargas@universo.univates.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7764-5008>

4 Licenciado em Biologia. E-mail: tasioazeredo@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0220-706X>

5 Licenciada em Biologia, mestre e doutoranda em Biotecnologia. E-mail: julia.gastmann@universo.univates.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3941-9493>

6 Licenciada em Biologia, mestre e doutoranda em Biotecnologia. E-mail: fbruxel1@universo.univates.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6858-6202>

7 Bióloga, Doutora em Botânica. E-mail: elicauf@univates.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9292-1557>

8 Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia. E-mail: csfior@ufrgs.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9893-081X>

predated. Seeds collected in different quadrants do not show differences for water content, a thousand-seed weight, percentage of empty and visible embryo. In the northwest quadrant the seeds had the shortest length and in the northeast quadrant the greatest thickness, the lowest percentage of deteriorated seeds and the highest presence of seeds without visible embryo. In the quadrant facing southeast, they presented the highest mean of viability.

Keywords: Aquifoliaceae; *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.; a thousand-seed weight; tetrazolium test; viability.

INTRODUÇÃO

Ilex paraguariensis A.St.-Hil. (Aquifoliaceae) é uma espécie arbórea, conhecida popularmente como erva-mate. No Brasil, sua ocorrência é registrada nos estados da Bahia ao Rio Grande do Sul, na região nordeste da Argentina e em grande parte do Paraguai (SOBRAL *et al.*, 2013). Sua cultura abrange vários setores da indústria e tem grande importância econômica, social, ambiental e cultural (WENDLING & SANTIN, 2015). Além disso, é um dos principais produtos florestais não madeireiros cultivados por agricultores familiares nos estados do sul do Brasil (CHECHI & SCHULTZ, 2016).

As folhas de erva-mate são consumidas na forma tradicional de chimarrão, tererê e chás (COELHO *et al.*, 2002), porém, diversos estudos buscam investigar outros potenciais para utilização da matéria-prima, como o desenvolvimento de cervejas, refrigerantes e energéticos. Além disso, a espécie apresenta propriedades farmacológicas, possibilitando a fabricação de medicamentos e cosméticos (CROGE *et al.*, 2021). Também possui propriedades alimentícias, podendo ser utilizada para alimentação humana, associada a farinhas, além de ração animal. Estudos indicam potencial para utilização como pesticida no controle de pragas (caramujo-maçã - *Pomacea canaliculata* Lamarck, 1822) da cultura do arroz irrigado (BRITO *et al.*, 2018) e na redução da incidência da podridão parda (*Monilinia fructicola* (Winter) Honey) na conservação pós-colheita de pêssegos (cv. Della Nona) (SAPELLI *et al.*, 2020).

I. paraguariensis é uma espécie dioica (FERREIRA *et al.*, 1983) e apresenta elevada heterogeneidade na floração e frutificação, podendo ser observados vários estágios fenológicos no mesmo período (ZANON, 1988; PIRES *et al.*, 2014). Essa variabilidade também é vista em diferentes pontos da copa das árvores, inclusive no mesmo ramo. Dependendo da posição do ramo, podem ocorrer diferentes respostas relacionadas ao seu desenvolvimento, pois os índices de radiação e luminosidade diferem na copa da árvore. Essa situação reflete no comportamento diferenciado das fases fenológicas de uma planta (ROCHA *et al.*, 1990) e pode afetar atributos físicos e fisiológicos das sementes produzidas.

A baixa qualidade fisiológica e genética das plantas-mãe podem comprometer a produção de sementes com características desejáveis (FOWLER *et al.*, 2007). A falta de parâmetros ou critérios subjetivos para a seleção das plantas matrizes afeta negativamente as características da erva-mate

comercial delas obtida (WENDLING, 2004). Assim, a escolha de matrizes com maior potencial para produção de biomassa como atributo desejável deve considerar a qualidade das sementes. Para muitas espécies cultivadas é possível relacionar características morfológicas e fisiológicas dos diásporos com a viabilidade, vigor e a conservação. Esses atributos refletem no desempenho das mudas no viveiro e nas plantas a campo e, conseqüentemente, no produto final.

A unidade de dispersão da espécie é um pirênio, que é formado por endocarpo lenhoso e semente, esta última constituída por tegumento, endosperma e embrião (HEUSER *et al.*, 1993). Os pirênios têm dormência morfofisiológica (CUQUEL *et al.*, 1994; MEDEIROS, 1998; WENDLING, 2004; DOLCE *et al.*, 2010; GALÍNDEZ *et al.*, 2018), sendo esta considerada a principal causa da baixa porcentagem de germinação da espécie. Contudo, estudos indicam que diferentes lotes de sementes de erva-mate apresentam alta porcentagem de sementes vazias e deterioradas, o que implica em baixa viabilidade inicial do lote (DUBOC & FRANÇA, 2016; SOUZA *et al.*, 2020).

A avaliação das sementes considerando atributos físicos e fisiológicos como: pureza física, umidade, danos mecânicos, peso, tamanho, germinação e vigor (BARBEDO & SANTOS JUNIOR, 2018) é de extrema importância, pois tem relação direta com as taxas de germinação. E para espécies com dormência, germinação lenta e desuniforme (BRASIL, 2009), como a erva-mate (CUQUEL *et al.*, 1994) as Regras para Análises de Sementes (RAS) indicam a utilização de testes rápidos, como o teste de tetrazólio. Através deste teste é possível determinar rapidamente a viabilidade de um lote de sementes (BRASIL, 2009).

Diante disso, esse trabalho teve como objetivo investigar a qualidade física e fisiológica das sementes de erva-mate de quatro matrizes; e, relacionar variáveis morfofisiológicas com a posição da copa em que os frutos foram coletados de uma planta-mãe.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização das plantas matrizes

Foram utilizadas sementes (termo adotado ao longo do presente trabalho em substituição à unidade de dispersão da espécie que é o pirênio, constituído por endocarpo e semente) de erva-mate provenientes de dois municípios no Rio Grande do Sul, Brasil: Arvorezinha (28° 50' 56" S 52° 14' 14" W) - com temperatura média de 16,9 °C e pluviosidade anual média de 1704 mm, e Ilópolis (28° 53' 25" S 52° 08' 46" W) - com temperatura média de 17,1 °C, e pluviosidade anual média de 1689 mm. Ambos municípios apresentam clima Cfb (clima temperado úmido com verão temperado), segundo a classificação de Köppen e Geiger (CLIMATE, 2020).

Coleta dos frutos e limpeza das sementes

a) Frutos oriundos de quatro plantas matrizes

Em fevereiro de 2019, frutos maduros dispersos naturalmente (abscisados) foram coletados sobre lonas plásticas posicionadas sob a projeção da copa das plantas matrizes antes de iniciar a maturação dos frutos. As plantas matrizes foram identificadas como matriz A, B e D, coletadas em Ilópolis e matriz C, em Arvorezinha.

b) Frutos obtidos de diferentes quadrantes de uma planta matriz

Em uma planta matriz localizada na Estação Florestal Experimental do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (Parque do Ibama), Ilópolis - RS (28° 55' 57.688" S 52° 7' 54.026" W), foi demarcada a porção da copa posicionada a cada quadrante geográfico: nordeste (NE), noroeste (NO), sudoeste (SO) e sudeste (SE), de acordo com a identificação dos quatro pontos cardeais com auxílio de uma bússola digital.

Em cada porção da copa, correspondente a cada quadrante (NE, NO, SO, SE), foram selecionados cinco ramos apicais ao acaso, localizados na parte superior, mediana e inferior da copa da planta. Estes ramos, medindo aproximadamente 30 cm de comprimento, foram envoltos com tecido *voal* quando os frutos ainda apresentavam coloração verde (início de fevereiro de 2019), em torno de 30 dias após a antese. O quadrante 1 (NE) teve a demarcação e proteção dos ramos 1 a 5, no quadrante 2 (NO) foram ensacados e identificados os ramos 6 a 10, no quadrante 3 (SO) foram os ramos 11 a 15, e no quadrante 4 (SE), os ramos 16 a 20.

Os frutos foram coletados em abril de 2019, quando apresentavam coloração violeta a roxo-escuro, sendo considerados maduros. Os frutos de cada ramo foram coletados separadamente e mantidos em embalagem devidamente identificada.

Limpeza e secagem das sementes

Para os dois experimentos, os frutos foram levados ao laboratório, macerados e lavados com auxílio de peneira sob água corrente. Posteriormente, as sementes permaneceram secando sobre papel toalha em bancada durante três dias, quando foram acondicionadas em vidros tipo *snap cap* com tampa plástica, com capacidade de 100 mL, devidamente identificados e armazenados em câmara fria sob temperatura constante de 5 ± 2 °C durante dois meses até o início das análises.

Caracterização das sementes

- Teor de água (TA): foi determinado pelo método da diferença percentual de massa após secagem em estufa a 105 ± 5 °C por 24 horas (BRASIL, 2009). Para cada planta matriz e quadrante foram utilizadas três amostras de aproximadamente 0,5 g, retiradas ao acaso.
- Peso de mil sementes (PMS): conforme metodologia descrita nas Regras para Análises de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009), três repetições de oito amostras de 100 sementes para cada matriz e quadrante, retiradas ao acaso foram pesadas em balança analítica (0,0001 g). A seguir foi aplicada a equação 1:

$$\text{Peso de mil sementes (PMS)}(\text{g}) = \frac{\text{peso da amostra (g)} \times 100}{\text{n}^\circ \text{ total de sementes}} \quad (1)$$

Para todos os estudos realizados, o valor final do PMS (g) foi corrigido considerando o teor médio de umidade das sementes para todas as amostras.

- Caracterização biométrica: com auxílio de paquímetro digital (0,01 mm) foram medidos o comprimento (C) e a espessura (E) (mm) das sementes. Para cada planta matriz e quadrante foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, retiradas ao acaso.
- Avaliação da integridade das sementes de erva-mate: foram retiradas ao acaso quatro repetições de 50 sementes para cada matriz e quadrante. Inicialmente as sementes foram imersas em água ultrapurificada a 30 °C por 24 horas para facilitar o corte (CATAPAN, 1998). Em seguida foi realizado o corte longitudinal com auxílio de pinça e bisturi. As sementes foram analisadas visualmente com auxílio de microscópio estereoscópico Leica EZ4 HD, com aumento de 20 a 30 vezes. Nessa avaliação, as sementes foram classificadas em não íntegras, composta por: sementes vazias, caracterizadas pela ausência de embrião e de endosperma ou por conter menos de 50% dos tecidos (BARBEDO & SANTOS JÚNIOR, 2018); predadas, com presença do inseto ou sinais de predação; e deterioradas, caracterizadas pela presença de endosperma e embrião necrosados ou com tecido gelatinoso (SOUZA, 2018); e íntegras quando verificada a presença de endosperma íntegro, com ou sem embrião visível. Os valores foram tabelados e transformados em porcentagem.
- Determinação de viabilidade pela análise com sal de tetrazólio: as sementes classificadas como íntegras na avaliação anterior foram submetidas à solução de 0,1% de tetrazólio por 24 horas a 35 °C (CATAPAN, 1998). Em seguida, foi realizada tríplice lavagem com água ultrapurificada e, posteriormente, sucedeu-se a avaliação visual das sementes para determinar a viabilidade. As sementes foram avaliadas quanto à reação à solução, sendo consideradas viáveis as que apresentaram endosperma firme e colorido, com embrião visível, sem danos e com consistência firme. Todas as sementes que não apresentaram estas características foram classificadas como não viáveis (BRASIL, 2009).

Análise estatística

Em todas as análises, o delineamento foi inteiramente casualizado. Os dados de teor de água, PMS, biometria (C e E), porcentagem de sementes vazias, predadas, deterioradas, sementes com embrião visível, sem embrião visível e sementes viáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA), após as médias foram comparadas pelo teste de LSD-Fisher a 5% de probabilidade de erro, pelo programa estatístico Costat. Na caracterização de sementes de erva-mate de uma planta matriz, de acordo com a distribuição pelos quadrantes, os dados de biometria (C e E) e porcentagem de predadas não apresentaram normalidade mesmo após as transformações e foram analisados pela ANOVA não paramétrica, utilizando o teste Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

a) Características das sementes oriundas de quatro plantas matrizes

Na Tabela 1 pode-se observar que existe diferença estatística entre as variáveis analisadas. Com relação ao teor de água, as matrizes apresentaram média geral de 8%, a matriz B apresentou o menor valor (7,4%) diferindo estatisticamente das demais. Para o PMS, a matriz D apresentou o maior valor (8,05 g), enquanto a matriz B teve o menor valor (5,03 g) e as matrizes A e C não diferiram entre si e apresentaram valores intermediários (5,80 g e 6,07 g, respectivamente).

Tabela 1 - Teor de água (TA) (%), peso de mil sementes (PMS) (g), comprimento (C) (mm) e espessura (E) (mm) de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.), oriundas de diferentes plantas matrizes, Rio Grande do Sul, Brasil.

Matriz	Município	TA (%)	PMS (g)	C (mm)	E (mm)
Matriz A	Ilópolis	8,2 a	5,80 b	3,65 a	1,84 b
Matriz B	Ilópolis	7,4 b	5,03 c	3,31 c	1,78 b
Matriz C	Arvorezinha	8,2 a	6,07 b	3,52 b	1,78 b
Matriz D	Ilópolis	8,3 a	8,05 a	3,70 a	2,01 a
Média		8,0	6,2	3,5	1,9
CV (%)		1,4	2,8	1,6	2,6
p-valor		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD-Fisher a 5% de probabilidade de erro; CV = coeficiente de variação.

Fonte: Construção do Autor

Quanto à biometria das sementes, as matrizes A e D não diferiram entre si e apresentaram o maior valor para comprimento e a matriz B teve o menor valor (3,31 mm). A matriz D teve a maior espessura (2,01 mm), e as demais não diferiram entre si (Tabela 1).

Na Tabela 2 aparecem os dados da avaliação da integridade das sementes, onde é possível verificar que não houve diferença estatística para as variáveis porcentagem de sementes vazias e porcentagem de sementes com embrião não visível, com média de 14,3% e 12,3%, respectivamente. A menor porcentagem de sementes predadas (1,5%) foi verificada na matriz C e as demais não diferiram entre si. Quanto a presença de embrião visível, as matrizes C e D apresentaram os maiores valores (33% e 27%, respectivamente) e as matrizes A e B os menores valores (11% e 15,5%, respectivamente).

Para a viabilidade pelo teste de tetrazólio (Tabela 2), as matrizes C e D apresentaram a maior porcentagem de sementes viáveis (54,5% e 59,3% respectivamente) e as matrizes A e B a menor taxa de viabilidade (36,5% e 39,8% respectivamente).

Tabela 2 - Avaliação da integridade de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) por meio do teste de tetrazólio oriundas de diferentes plantas matrizes. Não íntegras - vazias (%), predadas (%) e deterioradas (%); e íntegras - com embrião visível (%) e sem embrião visível (%); e viabilidade (%), Rio Grande do Sul, Brasil.

Matriz	Não Íntegras			Íntegras		Teste Tetrazólio
	% Vazias	% Predadas	% Deterioradas	% Embrião Visível	% Embrião Não Visível	% Viáveis
Matriz A	15 ^{ns}	10 a	53,5 a	11 b	10,5 ^{ns}	36,5 b
Matriz B	14	9 a	49 a	15,5 b	12,5	39,8 b
Matriz C	16,5	1,5 b	34,5 b	33 a	14,5	54,5 a
Matriz D	11,5	10 a	40 b	27 a	11,5	59,3 a
Média	14,3	7,6	44,3	21,6	12,3	47,5
CV (%)	20,9	33,6	11,7	22,9	32,3	15,2
p-valor	2,1678	<0,001	<0,001	<0,001	0,5459	0,0017

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD-Fisher a 5% de probabilidade de erro; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo.

Fonte: Construção do Autor

b) Caracterização de sementes de erva-mate obtidas de diferentes quadrantes de uma planta matriz

O teor de água (TA) e o PMS apresentaram valores médios de 9,9% e 5,8 g, respectivamente e não diferiram entre os diferentes quadrantes. O quadrante dois (NO) apresentou sementes com o menor comprimento (C) (3,29 mm) e os demais não diferiram entre si. Para a espessura (E) o quadrante quatro (SE) teve o menor valor (1,88 mm) e o quadrante um (NE) o maior valor (2,22 mm). Os quadrantes dois (NO) e três (SO) não diferiram entre si e apresentaram valores intermediários (Tabela 3).

Tabela 3 - Teor de água (TA) (%), peso de mil sementes (PMS) (g), comprimento (C) (mm) e espessura (E) (mm) de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) oriundas de ramos localizados em diferentes quadrantes da planta matriz, Ilópolis, Rio Grande do Sul, Brasil.

Quadrante	TA (%)	PMS (g)	C (mm)	E (mm)
Quadrante 1 - nordeste (NE)	9,8 ^{ns}	5,97 ^{ns}	3,38 a	2,22 a
Quadrante 2 - noroeste (NO)	9,9	5,78	3,29 b	2,00 b
Quadrante 3 - sudoeste (SO)	9,9	5,63	3,34 a	1,99 b
Quadrante 4 - sudeste (SE)	10,1	5,83	3,34 a	1,88 c
Média	9,9	5,8	3,4	2,1
CV (%)	2,1	2,1	*	*
p valor	0,4139	0,513	0,012	0,0001

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD-Fisher à 5% de probabilidade de erro; *Kruskal-Wallis à 5% de probabilidade de erro; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo.

Fonte: Construção do Autor

A porcentagem média de sementes vazias foi 9,3% e de embrião visível foi 44,6%, sem diferença estatística entre os quadrantes. O quadrante um (NE) apresentou a menor porcentagem de sementes deterioradas (23,4%) e a maior quantidade de sementes sem embrião visível (16,3%), para esta duas variáveis os demais quadrantes não diferiram entre si. O quadrante quatro (SE) teve a maior porcentagem de sementes predadas (1,2%), porém sem diferença com o quadrante um (NE) (1,1%). O quadrante dois (NO) teve a menor porcentagem de sementes predadas (0,3%), mas não diferiu do quadrante três (SO) (0,4%). Com relação à viabilidade, o quadrante um (NE) apresentou a menor porcentagem de sementes viáveis (51,2%), mas não diferiu do quadrante três (SO) (52,6%), já no quadrante quatro (SE) se observou maior viabilidade (61,5%), o qual não diferiu do quadrante dois (NO) (57,1%) e este não teve diferença com o quadrante três (Tabela 4).

Tabela 4 - Porcentagem de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) oriundas de ramos localizados em diferentes quadrantes de planta matriz, Ilópolis, Rio Grande do Sul, Brasil, classificadas como: não íntegras (vazias, predadas, deterioradas) e íntegras (com embrião visível e sem embrião visível); e viáveis pelo teste de tetrazólio.

	% Não íntegras			% Íntegras		Teste Tetrazólio
	% Vazias	% Predadas	% Deterioradas	% Embrião visível	% Embrião não visível	% Viáveis
Quadrante 1 - nordeste (NE)	9,6 ^{ns}	1,1 ^{bc}	23,4 ^b	49,6 ^{ns}	16,3 ^a	51,2 ^c
Quadrante 2 - noroeste (NO)	8,9	0,3 ^a	41,4 ^a	41,2	8,2 ^b	57,1 ^{ab}
Quadrante 3 - sudoeste (SO)	8,8	0,4 ^{ab}	35,9 ^a	45,5	9,4 ^b	52,6 ^{bc}
Quadrante 4 - sudeste (SE)	9,9	1,2 ^c	38,3 ^a	41,9	8,7 ^b	61,5 ^a
Média Geral	9,3	0,8	34,6	44,6	10,7	55,6
CV (%)	37,7	*	30,1	22,3	43,7	13,7
p-valor	0,59	0,0054	<0,001	0,13	<0,001	<0,001

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD-Fisher à 5% de probabilidade de erro; *Kruskal-Wallis à 5% de probabilidade de erro; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo.

Fonte: Construção do Autor

DISCUSSÃO

O teor de água expressa a quantidade de água livre presente nas sementes. Esta variável define o ponto de colheita da maioria das espécies e está intimamente relacionada com a atividade metabólica da semente, influenciando os processos de deterioração e germinação (BARBEDO & SANTOS JUNIOR, 2018). Souza (2018) verificou variação de 6,9 a 12,2% no teor de água de lotes de sementes de erva-mate coletadas em quatro municípios de Santa Catarina e um no Rio Grande do Sul. Duboc & França (2016), avaliando sete lotes oriundos de três municípios de Mato Grosso do Sul, observaram variabilidade entre 9,96 e 11,48% para esta variável. Estes resultados corroboram com os do presente estudo, que apresentou valores similares (Tabela 1), confirmando que esta é uma característica que varia muito, provavelmente em razão das diferentes condições ambientais em que as plantas matrizes ocorrem.

O peso de mil sementes é utilizado para calcular a quantidade de sementes de um lote. As sementes vazias e malformadas apresentam um peso inferior quando comparadas com um lote que apresenta sementes bem formadas (MARCOS-FILHO, 2015). Para diásporos com formato irregular, como são os da erva-mate, o peso de mil sementes está relacionado com o tamanho das sementes e pode ser usado para comparar diferentes lotes (BARBEDO & SANTOS JUNIOR, 2018). Poucos trabalhos analisaram o PMS de erva-mate, mas Duboc & França (2016) verificaram que esta variável variou entre 2,78 e 6,49 g para diferentes lotes oriundos de Mato Grosso do Sul. No presente estudo, a variação foi menor (5,03 a 8,05 g), com média de 6,2 g próximo da média observada por Meneguetti *et al.* (2004) que foi de 6,69 g para sementes coletadas em Guarapuava (PR). Fatores bióticos e abióticos ocorridos antes e durante a maturidade fisiológica das sementes podem reduzir a massa seca e, conseqüentemente, o peso de mil sementes, além de afetar a viabilidade e a qualidade visual.

A biometria está relacionada ao tamanho das sementes e é uma característica complementar na análise dos diferentes caracteres utilizados para a identificação de plantas (ARAÚJO *et al.*, 2015). O tamanho e o peso das sementes são testes físicos usados para a caracterização destas e podem ser associados com o vigor (KRZYZANOWSKI & FRANÇA-NETO, 2001). Em algumas espécies, as sementes podem apresentar diferenças relacionadas ao tamanho, forma e cor, ocasionado por condições ambientais em que os diásporos estão expostos durante a fase de desenvolvimento. Vários fatores ambientais exercem influência sobre estes caracteres, como temperatura, luz e disponibilidade de nutrientes, principalmente durante a formação e desenvolvimento dos diásporos (BASKIN & BASKIN, 2014). Estas condições contribuem para a variabilidade no tamanho das sementes entre matrizes e nos diferentes quadrantes de uma mesma planta, conforme observado neste trabalho. Duboc & França (2016) também observaram diferentes tamanhos de sementes de erva-mate em lotes distintos.

A presença de sementes vazias foi verificada em lotes de sementes de *I. paraguariensis* por diversos autores (NIKLAS, 1987; ZANON, 1988; CATAPAN, 1998; DUBOC & FRANÇA, 2016; SOUZA *et al.*, 2020). No presente estudo houve variação para esta variável entre as matrizes

(Tabela 2), porém sem diferenças entre os quadrantes de uma mesma planta (Tabela 4). Em *I. paraguariensis* a polinização é predominantemente entomófila, sendo que a abertura floral ocorre de outubro a novembro (FERREIRA *et al.*, 1983; PIRES *et al.*, 2014), com maior intensidade no mês de novembro. Em dias chuvosos e nublados, as anteras ficam fechadas e a polinização pelos insetos é interrompida durante as precipitações, o que pode ser agravado em locais com temperaturas baixas durante o período de polinização, em função da redução da atividade dos polinizadores (PIRES *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2020). Além disso, altitudes maiores favorecem o aumento da quantidade de sementes vazias (SOUZA *et al.*, 2020). Fatores ambientais podem causar danos mais severos em espécies com polinização cruzada do que em autógamias, pois o pólen precisa percorrer distâncias maiores para encontrar o estigma viável (PESKE *et al.*, 2019).

Devido à assincronia nos eventos reprodutivos de *I. paraguariensis*, a polinização controlada aumenta a quantidade de frutos e sementes quando comparada à polinização livre (SOUSA *et al.*, 2015). Esta pode ser uma alternativa para aumentar a quantidade de diásporos produzidos em matrizes selecionadas que produzem mudas de alta qualidade por ser uma técnica laboriosa. Sementes predadas foram observadas em espécies do gênero *Ilex* (TAKAGI & TOGASHI, 2003) e em *I. paraguariensis* foi identificado um micro himenóptero da família Torymidae (SOUZA *et al.*, 2020) que pode provocar altos índices de sementes danificadas, podendo chegar a valores próximos de 50% (ZANON, 1988). As larvas desse inseto se alimentam do endosperma e do embrião da semente e saem por um orifício facilmente identificado no endocarpo (SOUZA *et al.*, 2020). A quantidade de sementes predadas é variável entre lotes, podendo alguns não apresentar diásporos predados (SOUZA *et al.*, 2020), variação que também foi observada neste estudo (Tabela 2). Entre os diferentes quadrantes também foi observada variação, porém com menor amplitude nos valores (0,3 a 1,2%) (Tabela 4).

O processo de deterioração das sementes é irreversível, com variações em sementes de um mesmo lote, ocorrendo de forma gradativa após o ponto de maturidade fisiológica (PESKE *et al.*, 2019). É causada por alterações fisiológicas e bioquímicas que são influenciadas pelo ambiente em que estão expostas. Dentre estes fatores, temperatura e umidade relativa do ar são os que exercem maior influência (KRZYŻANOWSKI & FRANÇA-NETO, 2001). Quando ocorrem condições ambientais adversas, principalmente alterações da temperatura e umidade relativas do ar, ocorre a desnaturação proteica que causa a inativação e perda da função biológica (MARCOS-FILHO, 2015). Após a maturidade fisiológica das sementes, fatores bióticos e abióticos em que as sementes estão expostas retardam ou aceleram a degradação (PESKE *et al.*, 2019).

A presença de sementes deterioradas pode estar relacionada à maturação heterogênea dos frutos (ZANON, 1988), já que os primeiros frutos a completarem o ciclo ficam mais tempo expostos a situações de amplitude térmica e de umidade, favorecendo o aumento de sementes deterioradas. Além disso, sementes com teores de água maiores podem sofrer maior deterioração, pois a respiração é mais intensa, implicando na maior degradação das reservas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012).

Assim como estresses bióticos e abióticos que ocorrem após a maturidade fisiológica agem sobre a perda de viabilidade (PESKE *et al.*, 2019).

Pelo fato de o quadrante sudeste estar voltado para a face sul, acaba recebendo menor radiação. Assim, espécies clímax, como é o caso da erva-mate, estão ambientalmente mais adaptadas às condições de sombreamento, tendo a habilidade de se desenvolver em condições de pouca luz (POLETTI *et al.*, 2010). O que pode explicar o fato do quadrante quatro (SE) apresentar maior porcentagem de sementes viáveis. Contudo, mais estudos como estes devem ser realizados para tentar entender o comportamento da espécie com relação à qualidade das sementes produzidas.

CONCLUSÃO

Para as condições deste estudo, sementes coletadas de diferentes plantas matrizes apresentaram diferenças no tamanho, teor de água e peso de mil sementes. Apresentaram alta porcentagem de sementes não íntegras, sendo a maioria deteriorada e, em menor grau, vazias e predadas. Sementes coletadas em diferentes quadrantes não apresentaram diferenças para o teor de água, peso de mil sementes, porcentagem de sementes vazias e embrião visível. No quadrante noroeste as sementes tiveram o menor comprimento e no quadrante nordeste maior espessura, menor porcentagem de deterioradas e maior presença de sementes sem embrião visível. No quadrante voltado para o sudeste apresentaram maior média de viabilidade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, B. A. *et al.* Caracterização biométrica de frutos e sementes, química e rendimento de polpa de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.). **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 11, n. 2, p. 15-21, 2015.

BARBEDO, C. J.; SANTOS-JUNIOR, N. A. dos. **Sementes do Brasil: produção e tecnologia para espécies da flora brasileira**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2018. 208 p.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Elsevier, 2014. 1586 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA; ACS, 2009. 399 p.

BRITO, F. C. de, GOSMANN, G.; OLIVEIRA, G. T. Extracts of the unripe fruit of *Ilex paraguariensis* as a potential chemical control against the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda, Ampullariidae). **Natural Product Research**, v. 33, n. 16, p. 2379-2382, 2018.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CATAPAN, M. I. S. **Influência da temperatura, substrato e luz na germinação de sementes de *Ilex paraguariensis* St. Hil.** 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

CHECHI, L. A.; SCHULTZ, G. A Produção de erva-mate: um estudo da dinâmica produtiva nos estados do Sul do Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, n. 23, p. 16-26, 2016.

CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Oedheim, 2020. Disponível em: <http://bit.ly/2EGIkV2>. Acesso em: 15 ago. 2023.

COELHO, G. C.; MARIATH, J. E. A.; SCHENKE, L. E. P. Populational diversity on leaf morphology of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, p. 47-51, 2002.

CROGE, C. P.; CUQUEL, F. L.; PINTRO, P. T. M. Yerba mate: cultivation systems, processing and chemical composition. A review. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 78, n. 5, [art.] e20190259, 2021.

CUQUEL, F. L.; CARVALHO, M. L. M. de; CHAMMA, H. M. C. P. Avaliação de métodos de estratificação para a quebra de dormência de sementes de erva-mate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 415-421, 1994.

DOLCE, N. R.; MROGINSKI, L. A.; REY, H. Y. Endosperm and endocarp effects on the *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (Aquifoliaceae) seed germination. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 38, n. 2, p. 441-448, 2010.

DUBOC, E.; FRANÇA, R. S. S. R. Resultados preliminares sobre a qualidade de sementes de erva-mate coletados no Estado de Mato Grosso do Sul em 2015. **Cadernos de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 1-10, 2016.

FERREIRA, A. G. *et al.* Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hill. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, n. 53, p. 29-33, 1983.

FOWLER, J. A. P.; STURION, J. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Variação do desenvolvimento embrionário das sementes de erva-mate. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR, n. 54, p. 105-108, 2007.

GALÍNDEZ, G. C. D. *et al.* Three levels of simple morphophysiological dormancy in seeds of *Ilex* (Aquifoliaceae) species from Argentina. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 28, n. 2, p. 131-139, 2018.

HEUSER, E. D.; FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. de A. *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae) Endosperma e embrião durante a embriogênese tardia. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, La Plata, v. 29, n. 1/2, p. 39-48, 1993.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 11, n. 3, p. 81-84, dez. 2001.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015. 660 p.

MEDEIROS, A. C. de S. **Dormência em Sementes de Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Colombo, PR: Embrapa; CNPF, 1998. 25 p. (Documentos, 36).

MENEGUETI, J. C. B. *et al.* Superação da dormência de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) por estratificação. **Varia Scientia**, Cascavel, v. 4, n. 8, p. 157-182, 2004.

NIKLAS, C. O. Estudios embriologicos y citologicos en la yerba mate *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). **Bonplandia**, Corrientes, v. 6, n. 1, p. 45-56, 1987.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 4. ed. Pelotas: Becker e Peske, 2019. 579 p.

PIRES, E. Z. *et al.* Biologia reprodutiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hill.) em remanescente de Floresta Ombrófila Mista Altomontana. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 13, n. 2, p. 171-180, 2014.

POLETTI, I. *et al.* Influência da inoculação de *Fusarium* sp. e níveis de sombreamento no crescimento e desenvolvimento da erva-mate. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 513-521, 2010.

ROCHA, A. C. *et al.* Época e intensidade de florescimento e pegamento de frutos segundo a distribuição pelos quadrantes em Laranjeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 6, p. 85-88, 1990.

SAPELLI, K. S.; FARIA, C. M. D. R.; BOTELHO, R. V. Conservação pós-colheita de pêssegos com aplicação de revestimentos aditivados de extrato de erva-mate. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 23, [art.] e2019044, 2020.

SOBRAL, M. *et al.* **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul**, Brasil. São Carlos: Rima, 2013. 362 p.

SOUSA, V. A.; AGUIAR, A. V.; SPOLADORE, J. Metodologia para a polinização controlada em *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. - Aquifoliaceae. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 2, p. 315-323, 2015.

SOUZA, A. C. **Dormência em sementes de *Ilex paraguariensis***. 2018. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

SOUZA, A. C. *et al.* Causes of low seed quality in *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. samples (Aquifoliaceae). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 27, n. 4, e20170960, 2020.

TAKAGI, E.; TOGASHI, K. Oviposition of the seed parasitoid wasp *Macrodasyceras hirsutum* (Hymenoptera: Torymidae) into seeds of nonhost tree *Ilex latifolia*. **Journal of the Entomological Research Society**, v. 15, n. 2, p. 17-20, 2013.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2004. 46 p. (Documentos, 91).

WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 195 p.

ZANON, A. **Produção de sementes de erva-mate**. Curitiba, PR: EMBRAPA; CNPF, 1988. 8 p. (Circular Técnica, 16).