

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

GABRIEL DE MOURA DANTAS

**DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE MILHO PIPOCA
SUBMETIDAS A CONDIÇÕES DE HIPOXIA PELO TESTE DE SUBMERSÃO**

UBERLÂNDIA-MG

2022

GABRIEL DE MOURA DANTAS

**DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE MILHO PIPOCA
SUBMETIDAS A CONDIÇÕES DE HIPOXIA PELO TESTE DE SUBMERSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito necessário para
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Cesar R. M. Catão

UBERLÂNDIA-MG

2022

GABRIEL DE MOURA DANTAS

DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE MILHO PIPOCA SUBMETIDAS A
CONDIÇÕES DE HIPOXIA PELO TESTE DE SUBMERSÃO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Glória, como requisito
necessário para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia, 2022.

Banca Examinadora:

Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão – Professor (UFU)

Dr. Adílio de Sá Júnior – Técnico (UFU)

Maurício Alves de Oliveira Filho – Mestrando (UFU)

RESUMO

O milho pipoca (*Zea mays L.* var. *everta*) possui ampla diversidade genética e pode ser cultivado nos mais diversos ambientes. Contudo, o excesso de chuvas logo após a semeadura pode prejudicar a germinação e restringir a disponibilidade de oxigênio, causando hipoxia, além de causar danos embrionários provocados pela embebição demasiadamente rápida. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho fisiológico de sementes de híbridos de milho pipoca submetidas a condições de hipoxia em diferentes períodos de submersão. O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes - LASEM, na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. Foram utilizados quatro híbridos de milho pipoca, com sementes produzidas na safra 2020, submetidas em diferentes períodos de submersão em água, sendo 0, 24, 48, 72 e 96 horas, simulando condições de hipoxia por meio da submersão (alagamento) das sementes. Após os períodos de submersão as sementes foram avaliadas quanto a qualidade por meio dos testes de determinação do teor de água, condutividade elétrica, germinação, primeira contagem de plântulas, comprimento de plântulas, massa seca e emergência em areia. O teste de submersão é uma alternativa para a avaliação do vigor de sementes de milho pipoca sendo recomendado realizá-lo com período de 48 horas. Com o incremento dos períodos de submersão ocorre hipoxia para distinguir híbridos com alto e baixo vigor.

Palavras-chave: *Zea mays L.* var. *everta*, alagamento, hipoxia, vigor.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1. Avaliação da qualidade fisiológica das sementes	8
2.1.1. Determinação do teor de água	8
2.1.2. Teste de germinação	8
2.1.3. Comprimento de plântulas	9
2.1.4. Massa seca	9
2.1.5. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	9
2.1.4. Emergência de plântulas	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4. CONCLUSÃO	17
5. REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

O milho pipoca (*Zea mays L.* var. *everta*) é um alimento muito apreciado no Brasil e possui algumas características específicas como: grãos duros e pequenos com capacidade de estourar devido à pressão de 135 psi formada no interior do grão e associada a temperaturas próximas a 177°C (HOSENEY et al., 1983).

Segundo Sawazaki (2000) quando comparado com outras cultivares de milho, o milho pipoca possui maior susceptibilidade ao ataque de pragas e doenças, maior prolificidade, híbridos super precoces na maturação e secagem de grãos, maior tendência ao perfilhamento, além de possuir um sistema radicular menos desenvolvido acarretando maiores danos com ataque de nematoides e larvas de diabrótica, tornando-o mais susceptível ao acamamento.

A oferta nacional de híbridos de milho pipoca com características agrônômicas desejáveis é pequena, fazendo com que ocorra muitas importações de sementes (CATÃO et al, 2019). A área cultivada ainda é modesta, no entanto, houve um aumento crescente nos últimos anos (CATÃO et al., 2020) e a produção vem crescendo, visto que o valor agregado do produto apresenta ser fonte de renda vantajosa (ROCHA et al., 2018; KAVAN et al., 2019). Segundo Catão e Caixeta (2017), a seleção, desenvolvimento e adaptação das cultivares importadas às condições climáticas do Brasil favorecem esse crescimento.

A semeadura de primavera/verão, geralmente, acontece nos meses de outubro a dezembro, período em que é comum a presença de chuvas intensas. Para ativar o processo germinativo das sementes é necessário a combinação de temperatura favorável, suprimento adequado de água e oxigênio (CASTRO, 2002). A embebição das sementes promoverá a reativação dos sistemas metabólicos, resultando na síntese de novos componentes que promove expansão e divisão celular até o estabelecimento da plântula (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004).

A inundação do solo provoca vários efeitos prejudiciais a germinação das sementes e de desenvolvimento de plântulas (DANTAS, 2002). De acordo com Hou & Thseng (1991), o alagamento do solo promove uma embebição rápida da semente, causando danos por embebição e injúrias devido à baixa disponibilidade de oxigênio. Assim, o grau de embebição influenciará na resposta das sementes, levando-as a germinação, deterioração ou, em situações mais graves como morte (COSTA et al., 2008; MOTTA; SILVA, 1999). De acordo com Dantas (2002), a maioria das sementes de

plantas superiores não conseguem germinar em condições anóxicas (ausência de oxigênio) ou hipóxicas (baixa quantidade de oxigênio), no entanto, sementes amiláceas possuem maior tolerância às condições de alagamento quando comparadas com sementes oleaginosas ou proteicas.

A tecnologia de sementes tem procurado aprimorar testes para avaliar o potencial fisiológico com o objetivo de que os resultados expressem o potencial de desempenho do lote e minimize o risco de utilizar sementes de baixa qualidade (BITTENCOURT et al.; 2012). Rotineiramente, a qualidade das sementes é avaliada pelo teste padrão de germinação, conduzido sob condições ótimas de ambiente (BRASIL, 2009). Porém, o resultado deste teste superestima os valores reais da emergência de plantas em campo, sendo necessários também os resultados obtidos nos testes de vigor (BERTOLIN et al., 2011).

O ideal é que os testes de vigor sejam utilizados em conjunto com o de germinação, para auxiliar na tomada de decisões, aumentar rapidez e a eficiência do controle de qualidade (Bittencourt et al.; 2012). Assim, pode ser que o teste de submersão seja uma alternativa na avaliação do vigor, especialmente porque, o excesso de chuva, logo após a semeadura, pode ser um fator limitante à produção, por causar deterioração das sementes levando à menor emergência das plântulas em campo (CUSTÓDIO et al. 2002).

Diante o exposto, a tolerância da semente de milho pipoca submetidos a submersão em água pode variar de acordo com período de exposição e cultivar, com isso, objetivou-se avaliar o desempenho fisiológico de sementes de híbridos de milho pipoca submetidas a condições de hipoxia em diferentes períodos de submersão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes – LASEM, na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. Foram utilizadas sementes híbridas de milho pipoca da empresa AG ALUMNI SEED produzidas na safra de 2020 cedidas pela empresa General Mills Alimentos LTDA. Foram utilizados os híbridos AP4002, AP6002, AP2560 e AP2720, inicialmente caracterizados conforme Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização inicial dos híbridos AP4002, AP6002, AP2560 e AP2720.

Híbrido	Caracterização Inicial				
	Germinação (%)	Emergência (%)	Massa seca (g)	Comprimento (cm)	Teor de água (%)
AP4002	97	99	6,27	21,46	9,5
AP6002	96	99	6,77	20,96	9,6
AP2560	97	93	6,24	22,32	9,6
AP2720	98	100	6,17	20,73	9,2

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 4 x 5 (quatro híbridos de milho pipoca x cinco períodos de submersão em água), com quatro repetições. As sementes foram submetidas à submersão em água em diferentes períodos, simulando situações de hipoxia, e posteriormente foi avaliado a qualidade das sementes.

Para a simulação do alagamento das sementes foram empregadas quatro repetições de 50 sementes para o teste de submersão. As sementes foram mantidas em copos plásticos descartáveis (capacidade de 250 ml) submersas em 50 ml de água deionizada, conforme a metodologia descrita por Dantas et al. (2000). Em seguida os copos plásticos contendo as sementes foram acondicionadas em câmara de germinação tipo BOD, previamente regulada a 25 °C no escuro.

As sementes permaneceram submersas em água por 0, 24, 48, 72 e 96 horas. Após esses períodos foram submetidas aos testes de determinação do teor de água, primeira contagem de germinação, germinação, comprimento de plântulas, massa seca de plântulas, condutividade elétrica e emergência em areia para avaliar a qualidade fisiológicas das sementes.

2.1. Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

2.1.1. Determinação do teor de água

Avaliou-se o teor de água para cada tratamento pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ durante 24 horas, utilizando 2 repetições contendo 4 a 5 gramas de sementes, conforme orientações contidas nas Regras para Análises de Sementes – RAS (BRASIL, 2009).

2.1.2. Teste de germinação

Para o teste de germinação foram utilizadas 200 sementes distribuídas em 4 repetições de 50 sementes, distribuídas uniformemente entre duas folhas de papel para

germinação, com volume de água destilada ajustado para embebição na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, foram confeccionados rolos de papel contendo as sementes, sendo estes acondicionados em germinador à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. As avaliações foram realizadas aos 4 e 7 dias após a semeadura e os resultados da primeira contagem e germinação foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

2.1.3. Comprimento de plântulas

Após o teste de germinação, realizou-se a análise de desenvolvimento de plântulas, separando ao acaso 20 plântulas normais para cada repetição de todos os tratamentos, determinando o comprimento total (cm) das mesmas, com o auxílio de régua graduada.

2.1.4. Massa seca

A plântulas normais provenientes do teste de germinação foram submetidas a secagem a temperatura de 65 °C durante 72 horas em estufa de circulação forçada de ar. Após esse período o material foi pesado em balança de precisão de 0,01 g. Os resultados foram expressos em gramas.

2.1.5. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)

O vigor foi avaliado indiretamente por meio da determinação da quantidade de lixiviados na solução de submersão. Sendo assim, foram utilizados 4 repetições de 50 sementes colocadas em copos descartáveis (capacidade de 250 ml). Entretanto previamente a submersão, as sementes foram pesadas em balança de precisão (0,01g). Posteriormente, foi adicionado 50 ml de água deionizada (conforme o período de submersão das sementes), e mantidas em germinador a 25°C por 24, 48, 72 e 96 horas. Após esses períodos os recipientes foram retirados do germinador e a solução contendo as sementes foi levemente agitada para uniformização dos lixiviados. Em seguida a leitura da condutividade elétrica da solução foi realizada usando um condutivímetro MCA 150, com eletrodo constante 1, cujos dados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente.

2.1.4. Emergência de plântulas

O teste foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, utilizando areia média como substrato. A semeadura foi realizada a uma profundidade de

3 cm em bandejas plásticas mantidas em casa de vegetação. Logo após, o substrato foi umedecido diariamente com aproximadamente a 70% da capacidade de retenção de água. As avaliações ocorreram ao 7º e 14º dia após a semeadura, sendo contabilizadas plântulas emergidas (emergência inicial e emergência final, respectivamente). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste F e a análise de variância a 5% de significância, e na ocorrência de efeitos significativos as médias foram comparadas pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância, utilizando o software SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores estudados para as variáveis analisadas. O grau de umidade das sementes dos híbridos de milho pipoca foi influenciada pelos períodos de submersão em água e podem ser observados na Figura 1.

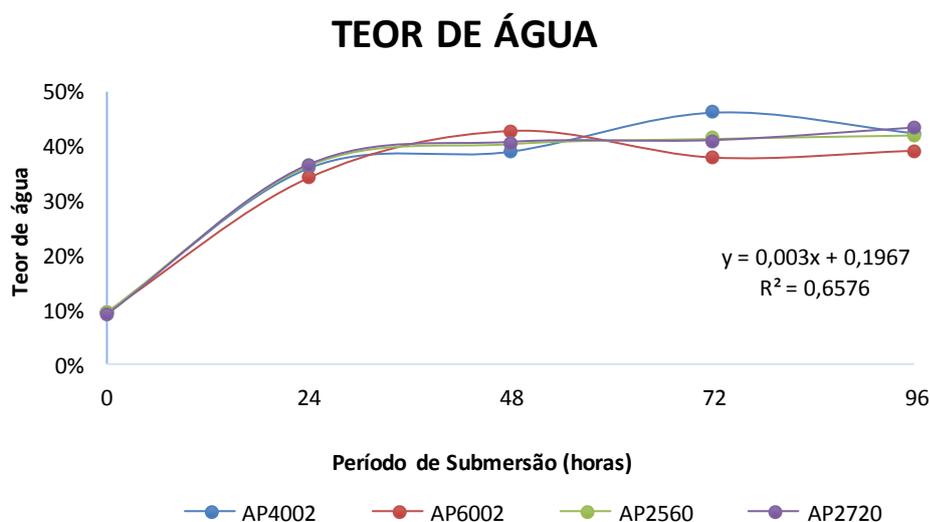


Figura 1: Teor de água (%) das sementes dos híbridos AP4002, AP6002, AP2560 e AP2720, submetidos em diferentes tempos de submersão em água.

De modo geral, é possível observar que o teor de água inicial das sementes foi em torno de 9 e 10% no período zero de submersão. Isso garante confiabilidade nos resultados das avaliações do potencial fisiológico das sementes. Marcos-Filho (2015) citou que amostras com diferença nos resultados do teor de água entre 1 e 2% não comprometem os resultados de testes fisiológicos e assim os demais testes podem ser realizados.

Após as sementes serem submetidas ao teste de submersão em água é possível observar um aumento significativo no teor de água nas primeiras 24 horas, em torno de 35%. A rápida embebição de água pelas sementes pode favorecer a ocorrência de injúrias (MARCOS-FILHO, 2015) provocando desorganização da membrana celular ou rupturas em seus tecidos, desencadeando o processo de respiração anaeróbia, aumento da anormalidade e redução do vigor de plântulas (ZUCARELI et al., 2008). No período de 72 horas há um aumento acentuado no teor de água do híbrido AP4002 e uma redução para o AP6002, com valores variando em torno de 5%.

Na Tabela 2 pode ser observada a interação significativa entre os híbridos e os períodos de submersão em água para plântulas normais provenientes dos testes de primeira contagem de germinação e germinação. É possível verificar pelo teste de primeira contagem que as sementes dos híbridos de pipoca possuíam alto vigor no período zero de submersão. Entretanto, houve decréscimo do vigor a partir de 24 horas para o híbrido AP2560 se diferenciando dos demais.

Tabela 2: Média de plântulas normais (%) obtidas na primeira e última contagem do teste de germinação provenientes dos híbridos AP4002, AP6002, AP2560 e AP2720 de milho pipoca em diferentes períodos de submersão.

Híbrido	Primeira contagem de germinação (%)					Germinação (%)				
	Tempo de submersão (horas)					Tempo de submersão (horas)				
	0	24	48	72	96	0	24	48	72	96
AP4002	95 Aa	96 Aa	73 Ab	54 Bc	67 Bb	97 Aa	97 Aa	74 Ab	55 Bc	77 Ab
AP6002	96 Aa	80 Ab	54 Bc	49 Bc	63 Bc	96 Aa	81 Bb	61 Bc	55 Bc	65 Bc
AP2560	96 Aa	64 Bb	12 Cc	9 Cc	3 Cc	97 Aa	68 Bb	16 Cc	12 Cc	6 Cc
AP2720	97 Aa	88 Aa	77 Ab	69 Ab	79 Ab	98 Aa	96 Aa	81 Ab	74 Ab	82 Ab
CV (%)					14,35					13,73

*Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott - Knott a 5% de significância.

Com 48 horas de submersão os híbridos AP4002 (73%) e AP2720 (77%) foram mais vigorosos, seguidos dos híbridos AP6002 (54%) e AP2560 (12%) de acordo com o teste de primeira contagem de germinação. Em 72 horas é possível verificar que o híbrido AP2720 possui maior vigor se diferenciando dos demais pelo teste de primeira contagem. Os híbridos AP4002 e AP6002 não se diferem estatisticamente, enquanto o AP2560 possui menor vigor. No tempo de 96 horas de submersão, o vigor das sementes se comporta de maneira semelhante ao tempo de 72 horas de submersão (Tabela 2).

No teste de germinação também possível verificar que as sementes também foram estratificadas. Mesmo as condições ambientais sendo satisfatórias para a realização do

teste de germinação, as sementes não conseguem expressar sua máxima germinação diante dos períodos de submersão. Com 48 horas de submersão ocorre maior estratificação do híbridos quanto a germinação.

Os híbridos AP4002 e AP2720 foram estatisticamente superiores aos demais em relação a germinação. É possível verificar que o híbrido AP2560 possui menor qualidade fisiológica. A partir de 48 e 72 horas de submersão a porcentagem de germinação foi de 16% e 12%, respectivamente. Dantas et al. (2000) observaram decréscimo na primeira contagem de germinação após o segundo dia de submersão, utilizando sementes de milho da cultivar Al-30. De acordo com Crawford (1978) ao submeter as sementes em meio anaeróbico, elas induzem o metabolismo fermentativo e produzem acetaldeído e etanol que são substâncias tóxicas que contribuem para a redução da germinação.

Analisando o híbrido AP4002 com o decorrer dos períodos de submersão é possível notar que houve aumento na porcentagem de plântulas normais ao comparar os tempos de 72 e 96 horas. Isso possivelmente ocorreu em decorrência das sementes terem conseguido realizar o arranjo de suas membranas celulares e ainda pode ter ocorrido o aumento na expressão de enzimas antioxidantes, permitindo o aumento da germinação.

O excesso de água tem como consequência a redução de oxigênio para o embrião, com isso ocorre a redução ou atraso da germinação em algumas espécies (KOZLOWSKI & PALLARDY, 1997). Situações de alagamento podem ocorrer em campo, principalmente no verão, quando a intensidade e duração das chuvas são maiores (DENNIS et al., 2000), levando a rápida embebição das sementes, causando injúrias (HOU & THSENG, 1991). A redução da porcentagem de plântulas normais germinadas em função dos períodos de alagamento se deve ao fato das sementes sofrerem degeneração, pois quanto maior a exposição das mesmas ao teste de submersão em água, maior será a perda do vigor. Vaz-de-Melo et al. (2012) ressaltaram que ao submeter as sementes em condições de estresse, essas direcionam seu metabolismo a contornar tais condições, tendo maior gasto energético para adaptar ao estresse do que a germinação propriamente dita.

De modo geral, verifica-se uma maior porcentagem de plântulas normais no teste de germinação (Tabela 2) em relação ao teste de emergência (Tabela 3).

Tabela 3: Emergência (%) de plântulas de milho pipoca provenientes de sementes dos híbridos AP4002, AP6002, AP2560 e AP2720 em diferentes períodos de submersão.

Híbrido	Emergência inicial (%)					Emergência final (%)				
	Tempo de submersão (horas)					Tempo de submersão (horas)				
	0	24	48	72	96	0	24	48	72	96
AP4002	98 Aa	76 Ab	62 Ac	37 Ad	59 Ac	99 Aa	83 Bb	66 Ac	43 Ad	66 Bc
AP6002	94 Aa	35 Bc	48 Bb	34 Ac	49 Ab	99 Aa	96 Aa	60 Ab	50 Ac	62 Bb
AP2560	86 Aa	42 Bb	34 Cb	6 Bb	4 Bb	93 Aa	83 Ba	43 Bb	8 Bc	9 Cc
AP2720	96 Aa	39 Bc	63 Ab	25 Ad	64 Ab	100 Aa	93 Aa	74 Ab	38 Ac	75 Ab
CV (%)	17,03					11,68				

*Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Este fato está relacionado à maior disponibilidade de água, temperatura ideal e luminosidade do germinador durante a condução do teste de germinação, conforme prescrito por Brasil (2009). De acordo com Caliarri & Marcos-Filho (1990) as condições de ambiente após a semeadura em campo se desviam das ideais, sendo esperado que a porcentagem de emergência de plântulas seja inferior à germinação determinada em laboratório.

Os híbridos de milho pipoca possuem alto vigor pelo teste de emergência no tempo zero de submersão. A emergência final avaliada no 14º dia foi superior a 90% em todos os híbridos. Houve decréscimo na emergência das plântulas ao longo dos períodos de submersão devido as condições de hipoxia.

O híbrido AP2560 se mostra inferior aos demais para as duas avaliações, demonstrando menor vigor devido as condições de hipoxia impostas pelos períodos de submersão. Em contrapartida, os híbridos AP6002 e AP2720 se mostram superiores no período de 24 horas. Mesmo com 96 horas de submersão, o híbrido AP2720, foi tolerante as condições na qual foi submetido (Tabela 3). De acordo com Duke & Kakefuda (1981) o excesso de água durante a germinação proporciona a deterioração das sementes causando a redução da emergência em campo. Chang & Lai (1981) observaram inibição completa da emergência de plântulas de soja em condições de elevado teor de água no solo, como já mencionado, sementes amiláceas possuem maior tolerância as condições de alagamento quando comparadas com sementes oleaginosas ou proteicas (DANTAS et al., 2002).

Com relação a massa seca (Tabela 4) é possível verificar que as plântulas provenientes de sementes que não foram expostas as condições hipóxicas não se diferiram estatisticamente no período zero de submersão.

Tabela 4: Massa seca (g) de plântulas de milho pipoca provenientes de sementes dos híbridos AP4002, AP6002, AP2560 e AP2720 em diferentes períodos de submersão.

Híbrido	Massa seca (g)				
	Tempo de submersão (horas)				
	0	24	48	72	96
AP4002	6,27 Aa	5,92 Aa	4,62 Ab	3,45 Bc	4,83 Ab
AP6002	6,77 Aa	5,33 Ab	4,10 Ac	3,59 Bc	4,16 Ac
AP2560	6,24 Aa	3,99 Bb	1,03 Bc	0,68 Cc	0,30 Bc
AP2720	6,17 Aa	5,81 Aa	4,97 Ab	4,49 Ab	4,70 Ab
CV (%)					13,58

*Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Contudo, nos demais períodos de submersão é possível notar que o híbrido AP2720 apresentou maior massa seca no período de 72 horas, conseqüentemente maior vigor. Houve redução na massa seca das plântulas dos híbridos AP6002 e AP2560 no decorrer dos períodos de submersão, podendo ser observado a partir de 24 horas. Nos demais períodos de submersão o vigor desses híbridos se mantém estatisticamente igual a partir de 48 horas. O híbrido AP2560 se mostrou inferior a todos os outros com menores valores de massa seca a partir de 24 horas. Dantas et al. (2000) observaram redução significativa de massa seca da cultivar de milho CATI-AL-34 após 48 horas de submersão em água na temperatura de 27 °C. Esses autores ainda verificaram que a tolerância da espécie *Zea mays* é variável conforme a cultivar e se comportam de maneira diferente à medida que aumenta o número de horas de submersão. Maiores tempos de submersão causam a hipóxia e isso pode afetar negativamente o acúmulo de massa seca. Este fato está associado à diminuição do crescimento de alguns órgãos, sendo uma estratégia de economia de energia para manter o funcionamento mínimo do metabolismo em regiões mais afetadas pela hipóxia (BATISTA et al., 2008).

Na Tabela 5 e na Figura 2 é possível observar o aumento de eletrólitos com o aumento do período de exposição das sementes à submersão. Como é de se esperar o aumento de eletrólitos está associado ao tempo no qual as sementes ficam em contato com a água, entretanto, essa é uma confirmação na qual houve redução do vigor e ocorreu a deterioração das sementes com os períodos de submersão. A liberação dos eletrólitos está diretamente relacionada ao vigor das sementes, sendo que, os maiores valores de condutividade elétrica se relacionam com menor vigor das sementes (MARCOS-FILHO, 2015).

Tabela 5: Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de milho pipoca provenientes dos híbridos AP4002, AP6002, AP2560 e AP2720 em diferentes períodos de submersão.

Híbrido	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)			
	Tempo de submersão (horas)			
	24	48	72	96
AP4002	26,895 Ca	27,825 Ca	32,043 Ca	31,945 Ca
AP6002	24,005 Cb	29,135 Cb	35,748 Ca	36,413 Ca
AP2560	40,910 Ac	51,710 Ab	64,855 Aa	63,870 Aa
AP2720	33,193 Bc	40,173 Bb	49,375 Ba	52,958 Ba
CV (%)				11,47

*Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O híbrido AP2560 possui maior quantidade de lixiviados, logo possui menor vigor, em todos os períodos de submersão em água (Figura 2), se diferenciando estatisticamente quando comparado aos demais híbridos (Tabela 5).

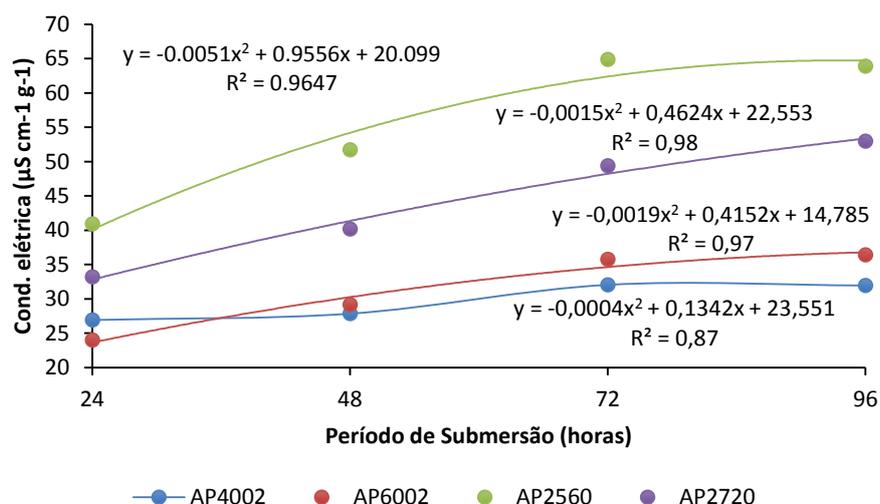


Figura 2: Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de milho pipoca provenientes dos híbridos AP4002, AP6002, AP2560 e AP2720 em diferentes períodos de submersão.

Esse aumento de lixiviados indica que houve perda da integridade das membranas e de constituintes celulares, conseqüentemente, reduzindo a capacidade de reparação em condições de alta umidade (BINOTTI et al., 2008). No híbrido AP4002 é possível notar que condutividade elétrica não se diferiu nos períodos de submersão, indicando que as sementes deste material possuem maior vigor. Para Copeland e McDonald (2001) o grau de deterioração das sementes se associa com a concentração de exsudados na solução,

sendo reflexos da degradação das membranas. Salienta-se que, os danos nas membranas são eventos de alterações degenerativas em sementes.

Na Tabela 6 observa-se o comprimento total de plântulas obtidas a partir das plântulas normais do teste de germinação. Segundo Dias & Barros (1995) o teste de comprimento de plântulas visa avaliar o vigor das sementes, tendo como princípio o fato de as plântulas mais vigorosas originarem plântulas com maior taxa de crescimento.

Tabela 6: Comprimento total (cm) de plântulas de milho pipoca provenientes de sementes dos híbridos AP4002, AP6002, AP2560 e AP2720 em diferentes períodos de submersão.

Híbrido	Comprimento de plântulas (cm)				
	Tempo de submersão (horas)				
	0	24	48	72	96
AP4002	21,46 Ac	26,32 Ab	26,87 Ab	29,42 Aa	21,36 Bc
AP6002	20,96 Ab	24,91 Aa	22,18 Cb	24,60 Ca	24,66 Aa
AP2560	22,32 Ab	26,10 Aa	8,26 Dc	6,18 Dc	2,62 Cd
AP2720	20,73 Ab	26,53 Aa	24,65 Ba	26,90 Ba	26,67 Aa
CV (%)					31,03

*Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott - Knott a 5% de significância.

O comprimento total de plântulas é marcado por um aumento considerável, em todos os híbridos, comparando-os no período zero de submersão. Os híbridos que possuem sementes de alto vigor aumentam o comprimento de plântulas até o período de 72 horas de submersão. Isso pode ser explicado pelo fato das sementes quando submetidas a estresses redirecionarem o máximo de reservas para o crescimento das plântulas (Dantas, 2002). Entretanto, sementes com baixo vigor, como as do híbrido AP2560, não conseguiram redirecionar suas reservas para o desenvolvimento do eixo embrionário, apresentando assim, menor comprimento de plântulas em todos os períodos de submersão. Dantas (2002) obteve aumento do crescimento de plântulas nos primeiros dias no qual as sementes foram submetidas a submersão, entretanto, houve diminuição em períodos mais prolongados (4 e 5 dias).

Para ativar o processo de germinação das sementes é necessário condições de água e oxigênio, no entanto, ao submeter as sementes em condições com excesso de água, e consequentemente reduzida concentração de oxigênio, fará com que o meio esteja em condições de estresse. Além disso, a diferença de vigor entre os lotes, ao incrementar o período de submersão em água, pode ser explicado pela diferença varietal quanto a tolerância a submersão (FAUSEY et al., 1985).

4.CONCLUSÃO

O teste de submersão é uma alternativa para a avaliação do vigor de sementes de milho pipoca sendo recomendado realizá-lo com período de 48 horas. Com o incremento dos períodos de submersão ocorre hipoxia para distinguir híbridos com alto e baixo vigor.

5.REFERÊNCIAS

- BATISTA, C. U. N.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J. A. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* (Trec. Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v.22, n.1, p.91-98, 2008.
- BERTOLIN, D.C.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M.; MOREIRA, E.R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 104 - 112, 2011.
- BINOTTI, F.F.S.; HAGA, K.I.; CARDOSO, E.D.; ALVES, C.Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.
- BITTENCOURT, S.R.M.; GRZYBOWSKI, C.R.S.; PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Metodologia alternativa para condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. **Ciência Rural**, v.42, n.8, p.1360-1365, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- CALIARI, M.F.; MARCOS-FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.12, n.3, p.52-75, 1990.
- CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap. 9, p. 149-162.
- CASTRO, Márcia Maria. **Teste de submersão em água para avaliação do vigor de sementes de milho**. 2002. x, 59 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2002.
- CATÃO, H.C.R.M.; CAIXETA, F. Physiological, isozyme changes and image analysis of popcorn seeds submitted to low temperatures. **Journal of Seed Science**, v.39, n.3, p.234-243, 2017.

CATÃO, Hugo César Rodrigues Moreira et al. Potassium leaching test in evaluation of popcorn seed vigor. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 461-469, 2019.

CATÃO, Hugo Cesar Rodrigues Moreira et al. Antioxidant activity and physiological performance of popcorn seed after saline stress and analysis of seedling images. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, e005020, 2020.

CHANG, H. H., LAI, K. L. **Studies on the excessive moisture injury of soybean. II Effect of excessive moisture on the seed germination and seedling growth of soybean.** Memoirs of the College of Agriculture, National Taiwan University (summary in English) n.22, p.78-87, 1981.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. Principles of seed science and technology. **4. ed. New York: Chapman and Hall**, 2001. 467 p.

COSTA, C. J. et al. Pré-hidratação de sementes de ervilha e sua interferência na avaliação do potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 198-207, 2008.

CRAWFORD, R. M. M. Metabolic adaptations to anoxia. In: HOOK, D. D.; CRAWFORD, R. M.M (Ed.) **Plant life in anaerobic environments**. Ann Arbor, Michigan -1978, p.119-136.

CUSTÓDIO, C. C. et al. Efeito da submersão em água de sementes de feijão na germinação e no vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p. 49-54, 2002.

DANTAS, B.F. **Atividade amilolítica e qualidade de sementes de milho (Zea mays L.) submetidas ao alagamento**. 2002. Tese (Doutorado)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

DANTAS, B. F., ARAGÃO, C. A., CAVARIANI, C. & NAKAGAWA, J. Teste de alagamento para avaliação do vigor em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**. v.22, p.288-92, 2000.

DENNIS, E.S.; *et al.* Molecular physiology: engineering crops for hostile environments. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.51, n.342, p.89-97, 2000.

DIAS, M. C. L. de L., BARROS, S. do R. **Avaliação da qualidade de milho**. Londrina: IAPAR. 1995, 43p. (Circular, 88).

- DUKE, S. H., KAKEFUDA, G. Role of testa in preventing cellular rupture during imbibition of legume seeds. **Plant Physiology**, v.67, p.449-56, 1981
- FAUSEY, N. R. , T. T. VAN TOA, McDONALD Jr, M.B. Response of ten corn cultivars to flooding. **Transactions of the ASAE**, (*am. Soc. Agric. Eng.*), v.28, p.1794-7, 1985.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- HOSENEY, R.C.; ZELEZNAK,K. ; ABDELRAHMAN, A. Mechanism of Popcorn popping. **Journal of Cereal Science I**, 43-52, 1983
- HOU, F.F. & THSENG, F.S. Studies on the flooding tolerance of soybean seed: varietal differences. **Euphytica**, v.57, p.169-173, 1991
- KAVAN, H.C.; CATÃO, H.C.R.M.; CAIXETA, F.; ROCHA, C.S.; CASTILHO, I.M. Accelerated aging periods and its effects on electric conductivity of popcorn seeds. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 40-48, 2019.
- KOZLOWSKI, T.T.& PALLARDY S.G. **Growth control in woody plants**. American Press: San Diego, 1997.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ. 495p.: il. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, v. 12, 2015
- MOTTA, C. A.; SILVA, W. R. Desempenho fisiológico e sanidade de sementes de trigo submetidas a tratamento de hidratação/desidratação. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 3, p. 398-406, 1999.
- ROCHA, C.S.; CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; KAVAN, H. K.; CLAUDINO, T. M.; CAIXETA, D. G. Physiological quality of popcorn seeds assessed by the accelerated aging test. **Journal of Seed Science**, v.40, n.4, p.428-434, 2018.
- SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B.; GALVÃO, J. C. C.; SAES, L. A. Potencial de linhagens locais de milho pipoca para síntese de híbridos. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 143-151, 2000.
- VAZ-DE-MELO, A.; SANTOS, L. D. T.; FINOTO, E. L.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.5, p.687-695, 2012.

ZUCARELI, C.; CAVARIANI, C.; PORTUGAL, G.; NAKAGAWA, J. Potencial fisiológico de sementes de milho hidratadas pelo método do substrato de papel toalha. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 122-129, 2008.