

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**MARIA SORAIA FORTADO VERA CRUZ**

**MATURIDADE E POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES E QUALIDADE DE  
MUDAS DE *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EM FUNÇÃO DO LOCAL DE  
COLHEITA**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2019**

**MARIA SORAIA FORTADO VERA CRUZ**

**MATURIDADE E POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES E QUALIDADE DE  
MUDAS DE *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EM FUNÇÃO DO LOCAL DE  
COLHEITA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene de Matos Malavasi

Coorientadores: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi e Prof. Dr. João Alexandre Lopes Dranski

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2019**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Vera Cruz, Maria Soraia Fortado

Maturidade e potencial fisiológico de sementes e qualidade de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em função do local de colheita / Maria Soraia Fortado Vera Cruz; orientador(a), Marlene de Matos Malavasi; coorientador(a), Ubirajara Contro Malavasi, coorientador(a)II, João Alexandre Lopes Dranski, 2019.  
59 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. Angico. 2. Cor do fruto. 3. Procedência da semente. 4. Espécie florestal. I. Malavasi, Marlene de Matos. II. Malavasi, Ubirajara Contro. III. Dranski, João Alexandre Lopes. IV. Título.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



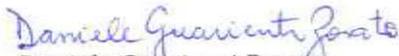
## MARIA SORAIA FORTADO VERA CRUZ

Maturidade e potencial fisiológico de sementes e qualidade de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em função do local de colheita

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Sistemas de Produção Vegetal Sustentáveis, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

  
Orientador(a) - Marlene de Matos Malavasi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

  
Daniele Guarienti Rorato

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

  
Cristina Fernanda Schneider

Pontifícia Universidade Católica do Paraná - Toledo (PUC-Toledo)

Marechal Cândido Rondon, 26 de fevereiro de 2019

*In memoriam a Maria Mistralina,  
Elielson Vera Cruz, Antônio Fonseca e Joana Almeida,*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente comigo e me dar o que eu preciso para continuar,  
Agradeço especialmente, aos meus pais, Maria Piedade Fortado e Nazildo Vera Cruz, por tudo que me ensinaram e me ajudaram a acreditar e conquistar o impossível. A todos os meus familiares pelo apoio incondicional e ao Sidnei Correa, pelo companheirismo e amor dedicado,

A Ana Carolina Ristau e Hannah Braz pela amizade e pela imensurável ajuda na realização de toda a pesquisa,

A Shirlene Oliveira e Thatiane Alves por todos os momentos com quem tive o prazer de compartilhar durante esses dois anos,

A minha família paraense em Marechal Cândido Rondon, especialmente, a Eunice Rocha, Fernanda Barbosa, Pablo Coutinho e Mayra Abade,

Ao Carlos De Moraes Rego e a Bruna Penha pela amizade e colaborações,

A minha orientadora Marlene Malavasi por todos os ensinamentos, orientações e paciência e aos meus coorientadores Ubirajara Malavasi e João Dranski por todas as contribuições,

A Neusa Herzog pelo apoio nas atividades de laboratório, a professora Yolanda Silva pelo voto de confiança, ao professor Edmar Vasconcelos pela paciência e contribuições,

A banca avaliadora deste trabalho, especialmente as professoras Cristina Schneider e Daniele Rorato, pelas contribuições e tempo dedicado a leitura e correções do trabalho,

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e seu corpo docente por todo conhecimento que adquirir,

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos,

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para o desenvolvimento desta pesquisa,

Os meus sinceros agradecimentos!

*“Aquele que não consegue mudar a estrutura de seus próprios  
pensamentos jamais conseguirá mudar a realidade”*  
Anwar El Sadat

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas  
pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”*  
Arthur Schopenhauer

## RESUMO

VERA CRUZ, Maria Soraia Fortado, M. S., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2019. **Maturidade e potencial fisiológico de sementes e qualidade de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em função do local de colheita.** Orientador: Prof<sup>a</sup> Dra. Marlene de Matos Malavasi. Coorientador: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi e Prof. Dr. João Alexandre Lopes Dranski.

A *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan apresenta diversas finalidades como, madeireiro, medicinal, paisagístico e apícola e para a recuperação de áreas degradadas. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo geral caracterizar a maturação e o potencial fisiológico de sementes e mudas de *A. colubrina*, oriundas do Oeste Paranaense, Brasil. Primeiramente, na avaliação da maturidade fisiológica das sementes, os frutos coletados de matrizes localizadas em Marechal Cândido Rondon foram misturados e em seguida classificados em quatro estádios de maturação em função da cor do fruto (verde-amarelo moderado, castanho-escuro, castanho-escuro avermelhado e castanho-claro). As sementes foram avaliadas quanto as características biométricas e testadas quanto a germinação e vigor. Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições de 20 sementes. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para avaliar a qualidade de sementes e mudas associados a diferentes locais de coletas, foram colhidos frutos maduros em três municípios do Oeste do Paraná (Marechal Cândido Rondon, Santa Helena e Diamante D'Oeste). As sementes oriundas de cada município foram misturadas e homogeneizadas, constituindo um lote. A caracterização da qualidade dos lotes de sementes foi realizada por meio dos seguintes atributos: massa de mil sementes, teste de germinação, tempo médio de germinação, índice de velocidade de germinação, massa de matéria seca de plântulas e teste de respiração das sementes. As mudas de *A. colubrina* foram conduzidas com ou sem irrigação. Ao final dos experimentos, foram feitas mensurações dos seguintes atributos de qualidade: altura de planta, diâmetro do coleto, massa de matéria seca de parte aérea, raiz e total, índice de qualidade de Dickson e perda de eletrólitos radiculares. Os ensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizados. Para avaliar a influência da procedência no vigor de sementes e mudas foram realizadas análises de componentes principais. E para se verificar as relações entre a qualidade das sementes sob a produção de mudas de boa qualidade, realizou-se análise de trilha. As sementes dos frutos com cor castanho-escuro avermelhado e castanho-claro apresentaram redução drástica no teor de água e alto potencial germinativo e de vigor.

Portanto, a cor do fruto demonstrou-se como um bom indicador da maturidade fisiológica das sementes de *A. colubrina*, sendo que os frutos com cor castanho-escuro avermelhado e castanho-claro indicaram o momento ideal da colheita de sementes. Os locais de origem foram separados em dois grupos de qualidade de sementes e mudas, em que Diamante D'Oeste e Santa Helena distinguiram-se como de maior vigor, em relação ao de Marechal Cândido Rondon. Além disso, se verificou que o potencial fisiológico das sementes, sob as condições avaliadas neste estudo, tem interferência no desenvolvimento inicial das mudas, sendo o tempo médio de germinação, o índice de velocidade de germinação e a massa seca total de plântulas os atributos recomendados para selecionar sementes com alto potencial fisiológico, que refletirão em mudas de qualidade em viveiros.

Palavras-chave: Angico. Cor do fruto. Procedência da semente. Biometria de sementes. Fabaceae. Espécie florestal.

## ABSTRACT

VERA CRUZ, Maria Soraia Fortado, M. S., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, In February 2019. **Maturity and physiological potential of seeds and quality of seedlings *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan according to the place of harvest.** Advisor: Dra. Marlene de Matos Malavasi. Co-Advisors: Dr. Ubirajara Contro Malavasi and Dr. João Alexandre Lopes Dranski

*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan has several purposes such as timber, medicinal, landscape and beekeeping and for the recovery of degraded areas. In view of the above, this work had as general objective to characterize the maturation and the physiological potential of *A. colubrina* seeds and seedlings from Western Paranaense, Brazil. First, in the evaluation of the physiological maturity of the seeds, the fruits collected from matrices located in Marechal Cândido Rondon were mixed and then classified into four maturation stages according to fruit color (moderate yellow, dark brown, dark brown reddish and light brown). The seeds were evaluated for biometric characteristics and tested for germination and vigor. The experiments were conducted in a completely randomized experimental design with four treatments and five replicates of 20 seeds. The averages were compared by the Tukey test at 5% of error probability. To evaluate the quality of seeds and seedlings associated to different collection sites, mature fruits were collected in three municipalities of the West of Paraná (Marechal Cândido Rondon, Santa Helena and Diamante D'Oeste). The seeds from each municipality were mixed and homogenized, constituting a lot. The seed quality was characterized by the following attributes: mass of one thousand seeds, germination test, mean germination time, germination speed index, dry matter mass of seedlings and seed respiration test. The seedlings of *A. colubrina* were conducted with or without irrigation. At the end of the experiments, the following quality attributes were measured: plant height, collection diameter, shoot dry mass, root and total mass, Dickson quality index and root electrolyte loss. The trials were conducted in a completely randomized design. To evaluate the influence of provenance on seed and seed vigor, principal component analyzes were performed. And to verify the relationships between seed quality under the production of good quality seedlings, track analysis was performed. The seeds of the fruits with dark brown and reddish-brown color showed drastic reduction in water content and high germinative potential and vigor. Therefore, the color of the fruit was shown to be a good indicator of the physiological maturity of the *A. colubrina* seeds, and the fruits with dark reddish-brown and light brown indicated the ideal time of the seed harvest. The sites of origin were separated into two quality groups of seeds and seedlings, in which

Diamante D'Oeste and Santa Helena distinguished themselves as being of greater vigor, in relation to that of Marechal Cândido Rondon. In addition, it was verified that the physiological potential of the seeds, under the conditions evaluated in this study, interferes in the initial development of the seedlings, being the average germination time, the germination speed index and the total dry mass of the seedlings, the recommended attributes to select seeds with high physiological potential, which will reflect on quality seedlings in nurseries.

Keywords: Angico. Fruit color. Seed's provenance. Biometry of seeds. Fabaceae. Forest species.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

Figura 1 - Classificação das sementes de *A. colubrina* em diferentes estádios de maturação, de acordo com a cor do fruto. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. ... 14

### ARTIGO 2

Figura 1 - Análise dos componentes principais para parâmetros da qualidade fisiológica de sementes de *A. colubrina* das procedências de Marechal Cândido Rondon (MCR), Diamante D'Oeste (DO) e Santa Helena (SH). Tempo médio de germinação (TMG), taxa de respiração (RESP), massa de mil sementes (Mmil), massa de matéria seca de plântulas (MSP), teste de germinação (GER) e índice de velocidade de germinação (IVG). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. .... 32

Figura 2 - Análise dos componentes principais para parâmetros da qualidade de mudas de *A. colubrina* das procedências de Marechal Cândido Rondon (MCR), Diamante D'Oeste (DO) e Santa Helena (SH), mantidas com irrigação. Altura de planta (AP), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e Perda de eletrólitos de raízes (PE). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. .... 34

Figura 3 - Análise dos componentes principais para parâmetros da qualidade de mudas de *A. colubrina* das procedências de Marechal Cândido Rondon (MCR), Diamante D'Oeste (DO) e Santa Helena (SH), mantidas sem irrigação. Altura de planta (AP), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e Perda de eletrólitos de raízes (PE). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. .... 35

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1 - Caracterização biométrica de sementes de *A. colubrina* em diferentes estádios de maturação. Comprimento da semente (CS), diâmetro da semente (DS), espessura da semente (ES), teor de água (TA), massa de matéria seca de sementes (MMSS), coeficiente de variação (C.V.%), desvio padrão ( $\pm$ ). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.. 16

Tabela 2 - Porcentagem de germinação (G), porcentagem de emergência (E), Tempo médio (TMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de *A. colubrina* em diferentes estádios de maturação. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. .... 18

Tabela 3 - Coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre o estágio de maturação (EM) e as características físicas das sementes de *A. colubrina*. Diâmetro (DS) comprimento (CS), espessura (ES), massa de matéria seca (MMSS) e teor de água (TA). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. .... 21

Tabela 4 - Coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre o estágio de maturação (EM) e as características fisiológicas das sementes de *A. colubrina*. Porcentagens de germinação (G) e emergência (E), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. .... 21

### ARTIGO 2

Tabela 1 - Composição da solução nutritiva aplicada nas mudas de *A. colubrina* (Vell.) Brenan, conduzidas em casa de vegetação. .... 30

Tabela 2 - Correlação entre as características de análise da qualidade de sementes e parâmetros de qualidade de mudas de *A. colubrina* conduzidas com irrigação e sem irrigação. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. .... 37

Tabela 3 - Estimativas dos efeitos direto e indireto obtidos pela análise de trilha entre parâmetros da análise da qualidade fisiológica de sementes com a qualidade de mudas de *A. colubrina* com irrigação. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil..... 38

Tabela 4 - Estimativas dos efeitos direto e indireto obtidos pela análise de trilha entre parâmetros da análise da qualidade fisiológica de sementes com a qualidade de mudas de *A. colubrina* sem irrigação. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. .... 41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ARTIGO 1: MATURIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan EM FUNÇÃO DA COR DO FRUTO .....</b>	<b>10</b>
3.1	INTRODUÇÃO.....	12
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.2.1	Área de Estudo e Coleta dos Frutos .....	13
3.2.2	Análises Biométricas, de Germinação e Vigor de Sementes .....	14
3.2.3	Emergência de Plântulas .....	15
3.2.4	Delineamento Experimental e Análise Estatística .....	15
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
3.4	CONCLUSÕES.....	22
3.5	AGRADECIMENTOS.....	22
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22
<b>4</b>	<b>ARTIGO 2: POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES E QUALIDADE DE MUDAS DE <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan PROCEDENTES DE TRÊS LOCAIS DO OESTE DO PARANÁ.....</b>	<b>25</b>
4.1	INTRODUÇÃO.....	27
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.2.1	Colheita dos Frutos e Constituição dos Lotes de Sementes .....	28
4.2.2	Avaliação da Qualidade dos lotes de sementes.....	29
4.2.3	Produção das Mudas .....	30
4.2.4	Avaliação da Qualidade das mudas .....	30
4.2.5	Análise Estatística.....	31
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.4	CONCLUSÕES.....	42
4.5	AGRADECIMENTOS.....	42
4.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan apresenta ampla distribuição geográfica no Brasil com ocorrência registrada desde o Nordeste até o Sul, possui domínio fitogeográfico na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (MORIM, 2015). Além do mais, esta espécie também é de ocorrência natural de outros países, sendo encontrada no Norte e Nordeste da Argentina, Sul da Bolívia e Leste do Paraguai. A espécie pertence à família Fabaceae, nativa da flora brasileira, conhecida popularmente como angico (CARVALHO, 2003).

Fonseca e Carvalho (2012) publicaram estudo fitossociológico em um fragmento urbano da Mata Atlântica em Juiz de Fora, Minas Gerais. Nesse estudo, os autores classificaram a *A. colubrina* como espécie pioneira, considerada dependente de luz para seus processos fisiológicos. As espécies pioneiras são as primeiras a colonizar o ambiente, pois são altamente exigentes em luz para dar continuidade ao seu desenvolvimento, além disso apresentam rápido crescimento e acúmulo de matéria seca.

Lima, Damasceno-Junior e Tanaka (2010) estudaram a presença de *A. colubrina* em um remanescente de Floresta Estacional Decidual em Corumbá, Mato Grosso do Sul. Neste estudo, os autores classificaram a espécie como pioneira heliófita e com síndrome de dispersão autocórica/barocórica.

A combinação do ar seco e ventos fortes, adicionada ao fato da deciduidade da vegetação no período mais seco, propiciam o estabelecimento de *A. colubrina*, tendo em vista que estas condições contribuem para a dispersão das suas sementes para longe da planta-mãe (LIMA; DAMASCENO-JUNIOR; TANAKA, 2010).

Kiill e Silva (2016) avaliando as fenofases vegetativa e reprodutiva de *A. colubrina* em região de Caatinga hiperxerófila, em Petrolina, Pernambuco, concluíram que a espécie apresenta comportamento semicaducifólio e que a fenologia reprodutiva e vegetativa se associa a condição climática local, principalmente a precipitação. Os autores observaram que a floração e a produção de folhas novas foram visualizadas na estação chuvosa, enquanto que a senescência foliar e a frutificação apresentaram-se por período mais prolongado, sendo visualizadas nas estações seca e chuvosa.

Já em um fragmento de Floresta Ombrófila, na Paraíba, Medeiros et al. (2017) verificaram comportamento oposto para a fenofase floração, verificada na estação seca. Os autores retro citados ainda observaram que a espécie apresentou, para o local estudado, frutificação e produção de folhas novas contínua, independente do regime de chuvas.

Em Floresta Estacional Semidecidual a espécie apresentou comportamento fenológico semicaducifolios. A queda foliar ocorreu com maior intensidade durante a estação seca, perdendo quase que totalmente as folhas durante o período de déficit hídrico. O brotamento aumentou gradativamente com o início da estação chuvosa, observou-se correlação positiva significativa entre o lançamento de folhas novas e a precipitação. A floração e frutificação apresentaram maiores estímulos ao aumento da temperatura e do fotoperíodo (SILVA et al., 2012).

Assim, verifica-se que as fenofases apresentadas pela espécie *A. colubrina* (Vell.) Brenan sofre alterações dependentes das condições climáticas do habitat que se encontram.

Uma descrição morfológica detalhada de fruto, semente, plântula e planta de *A. colubrina* (Vell.) Brenan foi feita por Barreto e Ferreira (2011).

“Os frutos são secos e deiscentes, polispérmicos, com comprimento variando de 13,5 cm a 39,5 cm, largura e espessura média de 2,26 cm e 0,34 cm, respectivamente. As sementes apresentam formato variando de arredondada a reniforme, testa rugosa e de coloração marrom, cujo comprimento, largura e espessura médios, respectivamente, de 1,29 cm, 1,37 cm e 0,09 cm. Quanto as estruturas internas da semente, o eixo-embrionário pode ser visualizado a olho nu, a plúmula é bem visível, com protófilos formados, bem definidos e delimitados. A germinação é do tipo epígea-fanerocotiledonar, e a plântula apresenta-se completamente formada a partir do sexto dia da germinação. A muda possui raiz principal tuberosa, o caule jovem é tortuoso, com coloração marrom-escuro e com presença de estrias verticais na base; a folha é bipinada, sendo que cada folha apresenta de 11 a 19 pares de folíolos, cada um apresentando de 21 a 33 pares de foliólulos.”

A espécie apresenta alto potencial germinativo e de emergência, portanto sua rapidez e alto poder germinativo indicam um comportamento funcional de sobrevivência da espécie (DORNELES; RANAL; SANTANA, 2013). Os autores sugeriram que a espécie pode ser recomendada para programas de reflorestamento, uma vez que propicia a formação de grande quantidade de mudas em um tempo relativamente curto. Além disto, a espécie apresenta outras finalidades como, madeireiro, medicinal, paisagístico e apícola e para a recuperação de áreas degradadas (CARVALHO, 2003).

Para a maioria das espécies florestais a principal forma de propagação é por meio sexual, assim, a obtenção de sementes de boa qualidade é imprescindível para o sucesso da atividade, uma vez que sementes com este atributo culminam em mudas de elevado padrão (SAVVA et al., 2010).

Portanto, o conhecimento do momento ideal da colheita das sementes é essencial para a aquisição de material propagativo mais vigorosos que irá expressar máximo desempenho e formação de mudas de qualidade. Esta observação se faz ainda mais decisiva para as espécies

que apresentam deiscência dos frutos, onde há necessidade da coleta antes da dispersão das sementes (PIRES NETO et al., 2016).

A maturação das sementes envolve uma série de modificações físicas, bioquímicas e fisiológicas, que resulta no máximo desempenho germinativo, vigor e matéria seca, os quais são indicadores da maturidade da semente. Contudo, estas modificações ainda sofrem influência de fatores ambientais (exógenos) e endógenos (PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993).

O processo de desenvolvimento, isto é, a maturação da semente é resumida em quatro etapas por Marcos-Filho (2015): após a fertilização há um período de formação da estrutura da semente, mediante a divisão, expansão e diferenciação celulares; durante a etapa de histodiferenciação, constituindo as fases I e II do desenvolvimento, pós-fecundação, ocorre aumento do comprimento e largura das sementes e o grau de umidade permanece constante e elevado. A fase III é caracterizada por acréscimos progressivos da massa de matéria seca das sementes, sob teor de água ainda relativamente alto, que passa a decrescer à medida que as sementes acumulam reservas. Na etapa final do processo de maturação (fase IV), as sementes perdem água com maior intensidade, sem que haja modificação significativa da massa seca.

Sementes colhidas antes de completarem a maturação, normalmente, apresentam nível elevado de umidade. Consequentemente, podem apresentar certo grau de potencial germinativo, contudo, estarão viáveis apenas por um curto período quando comparado com aquelas colhidas com a maturação completa (FIGLIOLIA, 1995).

A época da colheita varia em função da espécie, do ano e de árvore para árvore. Por isso, há necessidade de acompanhar o estágio de maturação para estabelecer o melhor momento da colheita das sementes (NOGUEIRA; MEDEIROS, 2007). Portanto, pesquisas relacionadas a maturação das sementes objetivam determinar o momento ideal de colheita de sementes para cada espécie (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Estes autores relataram que nesses estudos são observadas modificações em algumas características físicas e fisiológicas, como, morfometria, teor de água, acúmulo de matéria seca, germinação e vigor das sementes.

Por praticidade, os índices visuais para determinação da maturação fisiológica de sementes, como tamanho, cor do fruto e da semente, deiscência dos frutos, entre outros, são bastante utilizados. Diversas pesquisas comprovaram que a maturidade da semente é alcançada em conjunto com as mudanças externas ocorridas nos frutos (FIGLIOLIA; KAGEYAMA, 1994). Nesse sentido, a mudança na cor do fruto tem sido bastante utilizada

em estudos relacionados à determinação da maturidade da semente, como evidenciado por Rubio et al. (2013) em *Jatropha curcas* L.

Guimarães e Barbosa (2007) definiram que a coloração do fruto marrom-escuro é o estágio de melhor momento de colheita das sementes de *Machaerium brasiliense* Vogel. Para sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard, Alves et al. (2013) verificaram maior potencial fisiológico para aquelas que apresentavam tegumento marrom. Kaiser et al. (2016), baseados na coloração do fruto de *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.], recomendaram que o melhor momento para colheita das sementes deve ser quando os frutos apresentarem a cor do epicarpo predominantemente vermelha.

Assim, os diferentes estudos apresentados evidenciam que a maturação de sementes é um atributo peculiar a cada espécie, podendo eventualmente apresentar tendência similar entre espécies do mesmo gênero. Com isso, torna-se de fundamental importância a realização de estudos para as diferentes espécies arbóreas, especialmente as nativas, que devido a sua grande diversidade, ainda são pouco estudadas.

Na prática de viveiros florestais a utilização de sementes de boa qualidade é essencial, caso contrário acarreta a necessidade de ressemeadura, que na maioria das vezes é altamente prejudicial, pois além de onerar os custos de produção, pode resultar na perda da época adequada para o plantio (LIMA JUNIOR et al., 2010). Assim, uma semente de qualidade deve apresentar à reunião de atributos físico, fisiológico, genético e sanitário, que definem o seu desempenho (BRÜNING; LÚCIO; MUNIZ, 2011).

A análise da qualidade das sementes, essencialmente, deve envolver avaliações das características físicas e fisiológicas, pois estes fatores influenciam diretamente a qualidade do lote de sementes utilizado, e conseqüentemente, a emergência de plântulas e o desenvolvimento das mudas e seu estabelecimento em campo (SANTOS et al., 2012). Quanto as características físicas, Lima et al. (2014) discutiram que a avaliação do teor de água, massa de mil sementes e caracterização biométrica são as análises mais usuais em laboratório de sementes.

Normalmente, emprega-se o teste de germinação para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, contudo, este por ser realizado em condições ótimas não pode ser capaz de expressar todo o potencial da semente, sendo necessário a complementação com outros testes de vigor (LIMA et al., 2014).

De acordo com o local de origem das matrizes, as sementes apresentam comportamento diferenciado quanto a viabilidade e vigor, pois as condições climáticas e edáfica do ambiente interferem na fenologia da planta, bem como no desenvolvimento da

semente. Ademais, as interações entre genótipo e ambiente culminam na adaptação genética da espécie a determinado local (MALAVASI; DAVIS; MALAVASI, 2018).

Lazarotto et al. (2013) enfatizaram que as condições ambientais dos locais de coleta das sementes têm influência marcante e direta sobre a viabilidade e vigor. Aqueles autores avaliaram o potencial fisiológico de sementes de *Cedrela fissilis* Vell. oriundas de diferentes procedências do Sul do Brasil e constataram diferença significativa para a porcentagem de germinação, bem como para os testes de vigor avaliados. Botezelli, Davide e Malavasi (2000) também encontraram diferença estatística no vigor de sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel.

Assim, torna-se evidente que as condições edafoclimáticas interferem na qualidade das sementes, visto que uma árvore matriz comprometida fitossanitariamente pode produzir sementes malformadas, chochas e com pouca reserva para germinar. Esta condição terá grande influência na qualidade da muda a ser produzida (SENA; GARGILIO, 2008).

A disponibilidade de informações precisas sobre o potencial fisiológico das sementes permite, principalmente em espécies onde a condução da cultura comercial envolve o plantio, a produção de lotes de mudas com tamanho e qualidade uniformes, as quais podem oferecer vantagens ao desenvolvimento e maturação dos indivíduos e, possivelmente, à produção final (MARCOS-FILHO, 2015).

A qualidade das sementes utilizadas tem interferência diretamente na formação da muda, e conseqüentemente no estabelecimento do plantio (FELIPPI et al., 2012). Ferraz e Engel (2011) complementaram que o êxito de um plantio depende diretamente da espécie, das potencialidades genéticas das sementes e da qualidade das mudas produzidas.

O sucesso de um plantio depende da utilização de mudas de boa qualidade que apresentem crescimento e desenvolvimento uniforme, menor índice de mortalidade em campo, por conseguinte, menor necessidade de replantio (ROSA et al., 2009).

Araújo et al. (2018) destacaram como atributos de qualidade das mudas, caule firme, sistema radicular íntegro e agregado ao substrato, estado nutricional adequado, ausência de pragas e doenças.

De acordo com Felippi et al. (2012), qualquer que seja a finalidade de produção de mudas florestais, econômica ou conservacionista, para se obter um alto padrão de qualidade são necessários conhecimentos morfológicos e silviculturais de cada espécie florestal.

Há duas categorias de avaliação de qualidade de mudas, a morfológica que se fundamenta em aspectos físicos e a fisiológica que se baseia em funções internas da muda, porém uma categoria não exclui a outra, em geral, complementam-se, pois, características

morfológicas podem estar relacionadas a uma manifestação física de suas atividades fisiológicas (HAASE, 2008).

Rosa et al. (2009) recomendaram que para a determinação da qualidade de mudas devem ser utilizados mais de um parâmetro, pois nem sempre a resposta positiva de um único indicador se refere a mudas de alto padrão de qualidade. Aqueles autores avaliaram mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke e encontraram valores elevados de altura da muda, contudo, simultaneamente observaram um decréscimo no diâmetro do colo, desta forma, relataram que o maior valor de altura da planta teria sido uma resposta ao estiolamento e não a qualidade da muda produzida. Em plantios, mudas com tais características tornam-se vulneráveis ao tombamento e danos no campo.

Na avaliação de mudas de *Schizolobium amazonicum* Rosa et al. (2009) sugeriram o diâmetro do coleto, massa de matéria seca total e índice de qualidade de Dickson (IQD) como bons indicadores de alto padrão de qualidade das mudas. Eloy et al. (2013) também evidenciaram a eficiência do IQD e massa seca total como indicadores da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo geral caracterizar a maturação e o potencial fisiológico de sementes e mudas de *A. colubrina*, oriundas do Oeste Paranaense, Brasil.

E como objetivos específicos buscou-se: a) determinar o melhor momento de colheita de sementes de *A. colubrina*, utilizando-se como indicador a mudança de cor do epicarpo do fruto; b) avaliar o comportamento da germinação e o vigor das sementes associados a diferentes locais de colheita; e c) analisar as relações existentes entre a qualidade de sementes e a produção de mudas de qualidade de *A. colubrina*.

## 2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. M.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; BARROZO, L. M.; SANTOS-MOURA, S. S.; CARDOSO, E. A. Germinação e vigor de sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae) em função da coloração do tegumento e temperaturas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 216-223, 2013.

ARAÚJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A.; TABALDI, L. A.; RORATO, D. G.; TURCHETTO, F.; ZAVISTANOVICZ, T. C.; BERGHETTI, A. L. P.; AIMI, S. C.; TONETTO, T. S.; GASPARIN, E.; KELLING, M. B.; ÁVILA, A. L.; DUTRA, A. F.; MEZZOMO, J. C.; GOMES, D. R.; GRIEBELER, A. M.; SILVA, M. R.; BARBOSA, F. M.; LIMA, M. S. **Caracterização e análise de atributos morfológicos e fisiológicos indicadores da qualidade de mudas em viveiro florestal**. In: ARAÚJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. Produção de sementes e mudas: um enfoque a silvicultura. Ed. Santa Maria: UFSM, 2018.

BARRETTO, S. S. B.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de Leguminosae Mimosoideae: *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 223 - 232, 2011.

BOTEZELLI, L. DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de dipteryx alata vogel (baru). **CERNE**, Lavras, v. 6, n. 1, 2000.

BRÜNING, F. O.; LÚCIO, A. D.; MUNIZ, M. F. B. Padrões para germinação, pureza, umidade e peso de mil sementes em análises de sementes de espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 193-202, 2011.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003.

DORNELES, M. C.; RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschut, Fabaceae, estabelecida em fragmentos florestais do cerrado, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 291-304, 2013.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **FLORESTA**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013.

FELIPPI, M.; MAFFRA, C. R. B.; CANTARELLI, E. B.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 631-641, 2012.

FERRAZ, A.V.; ENGEL, V.L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia*

*chryso-tricha* (Mart. EX DC.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.413-423, 2011.

FIGLIOLIA, M. B. Colheita de sementes. **Instituto Florestal Série Registros**, São Paulo, v.14, n. 1, p. 1-12, 1995.

FIGLIOLIA, M. B.; KAGEYAMA, P. Y. Maturação de sementes de *Inga uruguensi* Hook. Et Arn. em Floresta Ripária do rio Moji Guaçu, município de Moji Guaçu, SP. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 6, n. único, p. 13-52, 1994.

FONSECA, C. R.; CARVALHO, F. A. Aspectos florísticos e fitossociológicos da comunidade arbórea de um fragmento urbano de floresta atlântica (Juiz de Fora, MG, Brasil). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 820-832, 2012.

GUIMARÃES, D. M.; BARBOSA, J. M. Coloração dos Frutos como Índice de Maturação para Sementes de *Machaerium brasiliense* Vogel (Leguminosae – Fabaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 567-569, 2007.

HAASE, D.L. Understanding Forest Seedling Quality: Measurements and Interpretation. **Tree Planters' Notes**, Corvallis, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

KAISER, D. K.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C.; DRANSKI, J. A. L.; FREITAS, L. C. N.; KOSMANN, C. R.; ANDRIOLI, K. K. Physiological maturity of seeds and colorimetry of the fruits of *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.]. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.38, n.2, p.092-100, 2016.

KIILL, L. H. P.; SILVA, T. A. **Fenologia e biologia floral de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae) no Município de Petrolina, PE**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. 23 p.

LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; BELTRAME, R.; SANTOS, A. F.; MEZZOMO, R.; PIVETA, G.; BLUME, E. Qualidade fisiológica e tratamentos de sementes de *Cedrela fissilis* procedentes do sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 201-210, 2013.

LIMA JUNIOR, M.J.V., FIGLIOLIA, M.B., PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; GENTIL, D.F.O.; SOUZA, M.M.; SILVA, V.S. **Análise de sementes**. In: LIMA JUNIOR, M. J.V. ed. Manual de Procedimentos para Análise de Sementes Florestais. Manaus: UFAM, p. 146p,5-14, 2010.

LIMA, C. R.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; PACHECO, M. V.; ALVES, E. U. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 370-378, 2014.

LIMA, M. S.; DAMASCENO-JÚNIOR, G. A.; TANAKA, M. O. Aspectos estruturais da comunidade arbórea em remanescentes de floresta estacional decidual, em Corumbá, MS, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, V.33, n.3, p.437-453, 2010.

MALAVASI, M. M.; DAVIS, A. S.; MALAVASI, U. C. Tree seed sourcing for landscape restoration under climate changes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 446-455, 2018.

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

MEDEIROS, R. L. S.; SILVA, J. J. R.; SOUZA, V. C.; NASCIMENTO, R. G. G.; ANJOS, F. Fenologia de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em fragmento de Floresta Ombrófila Aberta na Paraíba. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 35-40, 2017.

MORIM, M.P. *Anadenanthera in Flora do Brasil 2020 em construção*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB18071>>. Acesso em: 12 Jan. 2019.

NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, A. C. S. **Coleta de Sementes Florestais Nativas**. Colombo: Embrapa – Circular Técnica 144, 2007. 11p.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B. **Maturação e dispersão de sementes**. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, p.215-274, 1993.

PIRES NETO, P. A. F.; PIRES, V. C. M.; MORAES, C. B.; OLIVEIRA, L. M.; PORTELLA, A. C. F.; NAKAGAWA, J. Physiological ripening of *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 155-160, 2016.

ROSA, L. S.; VIEIRA, T. A.; SANTOS, D. S.; SILVA, L. C. B. Emergência, crescimento e padrão de qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke sob diferentes níveis de sombreamento e profundidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 52, p. 87-98, 2009.

RUBIO, F.; MENEGHEL, A. P.; GOMES, L. F. S.; MALAVASI, M.M. Estádios de maturação do fruto no desempenho germinativo e teor de óleo de sementes de *Jatropha curcas* Linn. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 663-668, 2013.

SANTOS, P. L.; FERREIRA, R. A.; ARAGÃO, A. G.; AMARAL, L. A.; OLIVEIRA, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.2, p.237-245, 2012.

SAVVA, Y.; KOUBAA, A.; TREMBLAY, F.; BERGERON, Y. Effects of radial growth, tree age, climate, and seed origin on wood density of diverse jack pine populations. **Trees – Structure and Function**, v.24, n.1, p.53-65, 2010.

SENA, C. M.; GARIGLIO, M. A. **Sementes Florestais: Colheita, Beneficiamento e Armazenamento**. Natal: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2008. 28p.

SILVA, A. G.; BARROS, H. H. D.; SENNA, D. S.; CARVALHO, C. M. V. Fenologia de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em uma Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Espírito Santo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15, p 938-945, p. 2012

### 3 ARTIGO 1: MATURIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EM FUNÇÃO DA COR DO FRUTO

#### RESUMO

Esta pesquisa objetivou determinar o melhor momento da colheita de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan baseado no atributo visual da cor do fruto. Os frutos foram coletados de sete árvores matrizes localizadas em Marechal Cândido Rondon, e foram classificados, em quatro estádios de maturação: fruto com cor verde amarelo moderado; fruto com cor castanho-escuro; fruto com cor castanho-escuro avermelhado; fruto com cor castanho-claro. As sementes foram avaliadas quanto as características biométricas, comprimento, diâmetro, espessura, teor de água e massa de matéria seca e testadas quanto a germinação e vigor, avaliado pelos testes índice de velocidade e tempo médio de germinação, porcentagem e índice de velocidade de emergência. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Realizou-se uma análise de correlação não paramétrica de Spearman entre os estádios de maturação e as características físicas e fisiológicas das sementes. As maiores médias de tamanho foram observadas nas sementes dos frutos com cor verde e castanho-escuro. As sementes dos frutos com cor castanho-escuro avermelhado e castanho-claro apresentaram redução drástica no teor de água, e evidenciaram alto potencial germinativo e de vigor. Observaram-se correlações fortes e negativas entre o estágio de maturação e as características físicas das sementes. Por outro lado, o acúmulo de massa seca, potencial de germinação e de emergência e os índices de vigor apresentaram correlações fortes e diretamente proporcionais ao estágio de maturação. A cor do fruto demonstrou-se como um bom indicador da maturidade fisiológica das sementes de *A. colubrina*. Frutos com cor castanho-escuro avermelhado e castanho-claro apresentaram qualidade fisiológica superior, e deste modo, o indicativo de tais colorações sugeriram o momento da colheita das sementes.

**Palavras-chave:** Angico. Momento de colheita. Germinação. Vigor. Biometria de Sementes. Espécie Nativa.

PHYSIOLOGICAL MATURITY OF SEEDS OF *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan IN  
THE FUNCTION OF FRUIT COLOR

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the best time to harvest seeds of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan based on the visual attribute of fruit color. The fruits were collected from seven matrix trees located in Marechal Cândido Rondon and were classified in four maturation stages: fruit with moderate yellow green color; fruit with dark brown color; fruit with reddish-brown color; fruit with a light brown color. The seeds were evaluated for biometric characteristics, length, diameter, thickness, water content and dry matter mass and tested for germination and vigor, evaluated by the tests index of speed and mean germination time, percentage and speed index of emergency. The experiment was conducted in a completely randomized design and the means were compared by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). A non-parametric Spearman correlation analysis was performed between the maturation stages and the physical and physiological characteristics of the seeds. The largest size averages were observed in the seeds of the fruits with green and dark brown color. The seeds of the fruits with dark brown and reddish-brown color showed drastic reduction in the water content, and evidenced high germinative potential and vigor. Strong and negative correlations were observed between the maturation stage and the physical characteristics of the seeds. On the other hand, accumulation of dry mass, germination potential and emergence and vigor indexes showed strong correlations and were directly proportional to maturation stage. The color of the fruit was shown to be a good indicator of the physiological maturity of *A. colubrina* seeds. Fruits with a reddish-brown and light brown color have superior physiological quality, and thus, the indicative of such stains suggest the time of harvesting of the seeds.

**Keywords:** Angico. Harvest time. Germination. Vigor. Seed Biometry. Native Species.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, conhecida como angico, pertence à família das leguminosas – Fabaceae. Esta é uma espécie arbórea de médio a grande porte (MAIA, 2004), semicaducifólia, e pode alcançar 20 m de altura e 30 a 50 cm de diâmetro a altura do peito (DAP) (CARVALHO, 2003). O fruto é do tipo folículo, simples, seco, deiscente, apresentando entre 9 e 14 sementes. As sementes têm formato variando de redondo a reniforme, com comprimento, largura e espessura média de 1,29 cm, 1,37 cm e 0,09 cm, respectivamente. O eixo-embrionário pode ser visualizado a olho nu sem hidratar a semente. A plúmula é bem visível, com protófilos formados, bem definidos e delimitados (BARRETTO; FERREIRA, 2011).

A espécie é classificada como pioneira, apresentando alta taxa de produção de sementes, cuja dispersão é do tipo autocórica. A regeneração ocorre principalmente pela germinação de sementes (CARVALHO, 2003; BISPO et al., 2017).

Dorneles, Ranal e Santana (2013) ao estudarem a germinação e a emergência de sementes de *A. colubrina* sugeriram que a espécie pode ser recomendada para programas de reflorestamento, devido ao alto potencial germinativo das sementes e rápida emergência das plântulas. Os autores ainda ponderaram que a alta eficiência para germinação e emergência apresentada é um indicativo de aptidão para sobrevivência em condições adversas.

Segundo Silva et al. (2012) a colheita de sementes em estágio de maturação adequado é um dos fatores que determinam a sua qualidade. Pires Neto et al. (2016) discutiram que para muitas espécies florestais, a determinação do ponto de colheita é de extrema importância, especialmente, naquelas que possuem deiscência dos frutos, como é o caso do angico bravo. Nessas plantas é necessário que a colheita das sementes aconteça antes da abertura espontânea dos frutos e consequente dispersão natural. Portanto, o conhecimento sobre o processo de maturação é importante para a obtenção de sementes com alto potencial fisiológico.

Na maturidade, as sementes apresentam a sua máxima qualidade fisiológica, isto é, máximo acúmulo de matéria seca, maior potencial germinativo e alto vigor. A partir deste período, a tendência é que haja uma queda gradativa nessa qualidade por conta do processo natural de deterioração irreversível, que toda a semente, como ser vivo, enfrenta (MARCOS-FILHO, 2015).

O conhecimento da maturidade da semente, permite planejar o momento da colheita e desta forma obter material de melhor qualidade. Para tanto, é necessário conhecer o comportamento da espécie e sempre considerar os fatores que modulam a produção, como,

época e ano de colheita, condições climáticas e características da planta. Todos esses fatores devem ser considerados no planejamento da coleta de sementes, tendo em vista que é essa uma atividade onerosa tanto econômica e operacionalmente dentro da silvicultura.

Parâmetros físicos e fisiológicos determinados em laboratório são comumente utilizados para tomada de decisão do melhor momento de colher as sementes. Os indicadores visuais de frutos e sementes também podem ser utilizados para determinação da maturidade fisiológica. Estes podem ser determinados em nível de campo utilizando mudanças externas ocorridas nos frutos e sementes. No entanto, tais índices devem ser aliados ao conhecimento das modificações físicas e fisiológicas (FIGLIOLIA; KAGEYAMA, 1994).

A cor dos frutos tem se confirmado como um bom indicador da maturidade de sementes de várias espécies lenhosas, como observado para, *Luehea grandiflora* Mart. & Zucc. (MARINI et al., 2012); *Mimosa caesalpinifolia* Benth; (NOGUEIRA et al. 2013); *Inga laurina* (Sw.) Willd (SCHULZ et al., 2014); *Cedrela fissilis* Vell (RISTAU et al., 2017).

Nesse sentido, esta pesquisa objetivou determinar o melhor momento da colheita de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan baseado nas mudanças observadas na cor do epicarpo do fruto.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Área de Estudo e Coleta dos Frutos

Os frutos de *A. colubrina* foram colhidos em setembro de 2017, provenientes de sete matrizes distanciadas no mínimo 100 metros entre si. Os mesmos foram obtidos da região basal a mediana da copa das plantas com o auxílio de podão e lona.

As matrizes estão localizadas no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná, (24°32'42" S e 054°02'35" O). O clima da região é classificado de acordo com Köppen como cfa mesotérmico subtropical úmido, com temperaturas médias anuais variando entre 22 e 23 °C. A precipitação pluvial média anual fica em torno de 1600 a 1800 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

Os frutos colhidos foram levados ao Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças, e em seguida foram misturados e classificados visualmente com o auxílio da tabela de cores de Munsell (MUNSELL, 1976). Assim, foram estabelecidos quatro estádios de maturação em função da cor do fruto, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1 - Classificação das sementes de *A. colubrina* em diferentes estádios de maturação, de acordo com a cor do fruto. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

### 3.2.2 Análises Biométricas, de Germinação e Vigor de Sementes

Imediatamente após a classificação de acordo com a cor dos frutos, as sementes foram extraídas manualmente, e em seguida foram avaliadas quanto as características biométricas e testadas quanto a germinação e vigor.

Para caracterização biométrica das sementes foram efetuadas aferições de comprimento (medido entre a base, definida pela região do hilo, e o ápice, região oposta ao hilo da semente), diâmetro transversal e espessura (ambos avaliados na região mediana da semente). O teor de água foi determinado conforme a metodologia adaptada de Brasil (2009), por meio da pesagem de 4 gramas de sementes frescas, e posterior secagem em estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas. Adicionalmente, os dados obtidos após a secagem foram ajustados para a determinação da massa de matéria seca da semente.

Após a análise física, as sementes foram submetidas aos testes de germinação e de vigor, para determinação de seu potencial fisiológico.

O teste de germinação foi realizado de acordo com as Instruções para análise de sementes de espécies florestais (BRASIL, 2013), utilizando-se 5 repetições de 20 sementes. O

teste foi realizado em substrato de rolo de papel, umedecidos com água destilada 2,5 vezes o valor de seu peso, mantidos em câmara de germinação, tipo Biological Oxygen Demand (BOD), com fotoperíodo controlado de 12 horas de luz e temperatura constante de 25 °C.

Ao final do teste, foram determinados porcentagem de sementes germinadas, contabilizando-se o número de plântulas normais germinadas, seguido da determinação do tempo médio de germinação, de acordo com os cálculos apresentados por Labouriau (1983).

O índice de velocidade de germinação (IVG) também foi avaliado em conjunto com o teste de germinação. Para tanto realizou-se contagens diárias do número de plântulas germinadas até o final do teste, sendo este índice obtido de acordo com a fórmula descrita por Maguire (1962).

### **3.2.3 Emergência de Plântulas**

Paralelamente ao teste de germinação, em setembro de 2017, as sementes de *A. colubrina* foram submetidas ao teste de emergência em ambiente protegido, mas com condições não controladas de umidade relativa do ar, temperatura e luminosidade. As sementes foram semeadas em bandejas de polietileno, com medidas de aproximadamente, 25 cm x 40 cm x 7 cm (comprimento x largura x altura), e cerca de 3/4 de sua capacidade volumétrica preenchida com substrato comercial. O substrato foi umedecido antes da semeadura e durante a condução do teste conforme a necessidade.

No período de permanência do teste de emergência (cerca de 18 dias) as temperaturas mínima, média e máxima e umidade relativa do ar média registradas com o auxílio de um datalogger foram, respectivamente, 14,7 °C, 26,1 °C e 38,8 °C e 50,8%. As plântulas emergidas foram contabilizadas diariamente, e ao final do teste avaliou-se a porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência, aplicando-se à fórmula proposta por Maguire (1962).

### **3.2.4 Delineamento Experimental e Análise Estatística**

Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições de 20 sementes. Os dados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade, pelos testes de Shapiro-Whilk e Bartlet, respectivamente. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Adicionalmente, calculou-se o coeficiente de correlação não paramétrico de Spearman para determinar o grau de dependência entre os estádios de maturação avaliados e as características físicas e fisiológicas das sementes de *A. colubrina*. O nível de significância do coeficiente de correlação foi avaliado pelo teste t de Student a 0,05 de probabilidade.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2016).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características morfométricas observadas nos quatro estádios de maturação indicam que as sementes de *A. colubrina* atingiram seu comprimento máximo (15,43 mm) quando os frutos apresentavam cor castanho escuro (Tabela 1). Dranski et al. (2010) também observaram para *Jatropha curcas* L. que as sementes dos estados iniciais de maturação apresentaram maior comprimento, e uma redução desta característica nas sementes dos estádios mais avançados de maturação.

Tabela 1 - Caracterização biométrica de sementes de *A. colubrina* em diferentes estádios de maturação. Comprimento da semente (CS), diâmetro da semente (DS), espessura da semente (ES), teor de água (TA), massa de matéria seca de sementes (MMSS), coeficiente de variação (C.V.%), desvio padrão ( $\pm$ ). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem, estatisticamente, entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Estádio de maturação	CS (mm)	DS (mm)	E (mm)	TA (%)	MMSS (g)
Verde-amarelo moderado	13,88 $\pm$ 1,47 b	13,92 $\pm$ 1,65 a	2,03 $\pm$ 0,35 a	62,06 $\pm$ 1,08 a	0,1019 $\pm$ 0,07 b
Castanho-escuro	15,43 $\pm$ 1,21 a	14,07 $\pm$ 1,25 a	1,44 $\pm$ 0,19 b	28,78 $\pm$ 4,09 b	0,1737 $\pm$ 0,18 a
Castanho-escuro avermelhado	12,05 $\pm$ 0,80 c	10,50 $\pm$ 1,05 b	1,10 $\pm$ 0,13 c	8,28 $\pm$ 0,24 c	0,1651 $\pm$ 0,16 a
Castanho-claro	12,27 $\pm$ 0,85 c	10,68 $\pm$ 1,14 b	1,09 $\pm$ 0,12 c	8,32 $\pm$ 0,12 c	0,1688 $\pm$ 0,13 a
C.V. %	3,41	3,12	4,59	7,89	4,69

Já o diâmetro máximo (13,92 mm) da semente foi alcançado no estádio em que os frutos apresentavam cor verde e mantido até o estádio em que apresentavam cor castanho-escuro (14,07 mm). A máxima espessura foi observada nas sementes do estádio dos frutos com cor verde, com redução gradual simultâneo ao avanço da maturação (Tabela 1).

Lazarotto et al. (2011) observaram comportamento parecido para sementes de *Erythrina crista-galli* L., onde as mesmas atingiram valores máximos de comprimento, largura e espessura em dado estádio de desenvolvimento (8 semanas após a abertura dos botões florais), seguido de redução verificada nos estádios posteriores.

Normalmente o processo de desenvolvimento da semente envolve um crescimento rápido até o ponto que atinge o tamanho máximo, sendo este rápido crescimento resultado da

multiplicação e do desenvolvimento das células que constituem o eixo embrionário e o tecido de reserva. A partir do ponto em que a semente atinge o seu tamanho máximo, a mesma se mantém por certo período, e posteriormente sofre uma gradual redução, em função da desidratação decorrente do processo de maturação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Os autores ainda ponderaram que as condições climáticas exercem grande influência nesta etapa, uma vez que, a combinação de temperatura e umidade podem acelerar ou retardar o processo de desidratação das sementes.

O teor de água (TA) no estágio de maturação inicial (frutos com cor verde) encontrou-se elevado (> 60%), e à medida que a maturidade das sementes evoluiu, conjuntamente com o estágio de desenvolvimento fisiológico, evidenciou-se a redução drástica no TA. Concomitante a esse efeito observou-se um aumento no acúmulo de massa, até o ponto máximo característico de cada espécie. Nesse momento, as sementes, teoricamente, apresentariam potencial máximo germinativo (Tabela 1).

Resultados semelhantes em que houveram redução no teor de água e acréscimo no acúmulo de matéria seca em função do avanço do estágio de maturação foram observados para sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess e *Eugenia involucrata* DC. (ORO et al., 2012), *Jatropha curcas* L. (DRANSKI et al., 2010; SILVA et al. 2012; RUBIO et al., 2013), *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan (PIRES NETO et al. 2016), *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.] (KAISER et al., 2016) *Aleurites fordii* Hemsl. (LIMA et al., 2016).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), logo após a sua formação as sementes apresentam elevado teor de água (em torno de 70-80%). Poucos dias depois, se observa um pequeno acréscimo (cerca de 5%) no TA, e posteriormente começa uma fase de desidratação. Esse conteúdo de água decresce até determinado ponto e depois observa-se apenas uma oscilação com os valores de umidade relativa do ar, demonstrando que, a partir daquele ponto, a planta-mãe não mais exerce controle algum sobre o teor de água da semente. Do mesmo modo, os autores explicaram que ocorre um acúmulo de matéria seca, inicialmente lenta, posteriormente há uma rápida e constante acumulação de matéria seca até o ponto em que o máximo é atingido, a massa de matéria seca se mantém por algum período, mas depois pode sofrer redução devido ao processo de deterioração natural.

As sementes, assim como flores e frutos, são consideradas como mecanismos dreno na estrutura do vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2016). Assim, durante a fase inicial de formação e desenvolvimento de uma semente, os produtos fotossintetizados em outras estruturas consideradas fonte (folhas, raízes) do vegetal, precisam ser transportados até as sementes em

formação, para que possam ser utilizados como base para a formação da nova semente ou ainda permanecer armazenada na semente como substância de reserva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Marcos-Filho (2015) ressaltou que a máxima massa de matéria seca das sementes é obtida ainda quando estas apresentam grau elevado de teor de água, pois essa condição é necessária para a translocação de fotoassimilados.

As médias de porcentagens de germinação (G%) e de emergência (E%), tempo médio (TMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE) estão apresentadas na Tabela 2.

Os resultados para porcentagem de germinação indicaram que todos os estádios de maturação possuem sementes aptas a germinar. No entanto, as sementes obtidas de frutos com cor verde-amarelo moderado apresentaram um valor baixo de germinação (G = 35%) e os demais estádios apresentaram médias G% acima de 90% e não diferiram entre si ( $p \geq 0,05$ ).

Tabela 2 - Porcentagem de germinação (G), porcentagem de emergência (E), Tempo médio (TMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de *A. colubrina* em diferentes estádios de maturação. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

Estádio de maturação	G (%)	E (%)	TMG (dias)	IVG	IVE
Verde-amarelo moderado	35 b	24 d	7,1 a	1,01 c	0,69 c
Castanho-escuro	92 a	59 c	6,8 a	2,76 b	1,66 b
Castanho-escuro avermelhado	93 a	77 b	5,4 b	3,60 a	2,76 a
Castanho-claro	99 a	90 a	5,3 b	3,87 a	2,95 a
C.V. %	11,43	7,71	3,53	5,77	10,99

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem, estatisticamente, entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

De acordo com Marcos-Filho (2015) sementes em estádios iniciais de maturação podem germinar, pois já se apresentam suas estruturas formadas, isto é, o embrião já está morfológicamente formado. Contudo, a maturidade fisiológica só será confirmada quando estas apresentarem vigor elevado. Esse fato foi verificado por Kaiser et al. (2016) em sementes de *Allophylus edulis*, onde os autores observaram que as sementes obtidas de frutos verdes apresentaram baixa germinação atribuída ao fato das sementes não estarem completamente maduras. Resultado semelhante também foi relatado por Schulz et al. (2014) para sementes de *Inga laurina*, em que os autores afirmaram que os seus resultados indicaram que as sementes de frutos de coloração verde, apesar de apresentarem capacidade germinativa, não atingiram a maturidade fisiológica.

Corroborando com o encontrado nos estudos supracitados, evidenciou-se germinação de sementes de *A. colubrina*, em todos os estádios de maturação. Entretanto, a maturidade

fisiológica das sementes só foi alcançada nos estádios em que os frutos apresentam cor castanho-escuro avermelhado e castanho-claro, nos quais as sementes demonstraram maior potencial em germinar rápida e uniformemente, conforme demonstrado para os valores de IVG (3,60 e 3,87), nas respectivas cores dos frutos citadas.

Assim como para o teste de germinação, no teste de emergência observou-se E% inferior nas sementes colhidas de frutos com cor verde (24%). As maiores médias foram observadas em sementes obtidas de frutos com coloração castanho claro (90%) (Tabela 2).

Entretanto, ao se observar os dados de G% e E% verifica-se uma redução acentuada do segundo parâmetro em relação ao primeiro para todos os estádios de maturação. Estes resultados são justificados pelas condições em que os testes foram conduzidos, uma vez que o teste de germinação é realizado em laboratório com condições controladas, ocorrendo poucas variações de temperatura e umidade. Já o teste de emergência é feito em condições de ambiente não controlado, podendo ocorrer grandes oscilações nos fatores climáticos (temperatura, umidade relativa, etc.). Neste estudo, especificamente, observou-se variação de 24 °C na temperatura do ambiente (mínima de 14 °C e máxima de 38 °C) o que pode ter contribuído para a redução da porcentagem de emergência em comparação com a G%.

No entanto, para esta pesquisa, o teste de emergência mostrou-se como um bom indicador na diferenciação de lotes de maior vigor de sementes, pois em condições menos favoráveis as sementes mais vigorosas apresentaram maior potencial em relação às de menor vigor.

Sementes que demandam menor tempo para germinar, muito provavelmente apresentarão maior vantagem quando submetidas às condições de semeadura. Esse atributo está relacionado ao vigor que as sementes apresentam, pois nem sempre a alta taxa de germinação de um lote de sementes ocorre em menor tempo de germinação. Essa hipótese é evidenciada na Tabela 2, onde se verifica que apesar de apresentar porcentagem de germinação estatisticamente semelhante aos estádios com cor do fruto castanho-escuro avermelhado e castanho-claro, o estádio de maturação cor do fruto castanho escuro apresentou maior tempo médio germinação, não diferindo do estádio com fruto verde. Neste caso, pode-se dizer que as sementes desse estádio de maturação (2,5 YR 3/4 – obtidas de frutos de cor do fruto castanho-escuro) possuíam embrião totalmente formado e com capacidade germinativa alta. Porém, não apresentavam ainda vigor elevado, e isto pode estar relacionado ainda ao alto teor de água apresentado nessa fase. Simão, Nakamura e Takaki (2007) encontraram resultados semelhantes para as sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. em diferentes estádios de desenvolvimento.

Os índices de velocidade de germinação (IVG) e de emergência (IVE) das sementes também foram influenciados pelo estágio de maturação (Tabela 2), onde as sementes oriundas de frutos com cor castanho-escuro avermelhado e castanho-claro apresentaram maior IVG e IVE, o que indica que nestes estádios as sementes germinam mais rapidamente, logo apresentarão vantagens em relação àquelas de menor vigor, que germinam mais tardiamente. Valentin e Piña-Rodrigues (1995) explicaram que os testes de velocidade de germinação e de emergência partem do mesmo princípio, em que sementes de elevado potencial fisiológico se desenvolvem (germinam/emergem) mais rapidamente que outras em condição inferior. O que difere os dois índices é que o IVG é realizado em conjunto com o teste de germinação, em condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Já o IVE é feito em ambiente não controlado podendo ocorrer situações adversas ao desenvolvimento das plântulas, simulando a condição a campo.

Kaiser et al. (2016) verificaram em sementes de *Allophylus edulis* que os maiores índices de velocidade de germinação foram observados nas sementes colhidas de frutos de estádios de maturação mais avançados, sugerindo que estas apresentavam-se mais vigorosas. Resultados distintos foram observados por Lima et al. (2016) para sementes *Aleurites fordii*, onde os autores não verificaram diferenças para o IVE observado em sementes obtidas de diferentes estádios de maturação.

Este estudo demonstrou que as sementes colhidas de frutos com coloração do epicarpo castanho-escuro avermelhado e castanho-claro, classificados pela carta de Munssel em 5 YR 3/4 e 7,5 YR 6/4, respectivamente, apresentaram maior potencial fisiológico. Estas sementes têm também potencial para a produção de mudas de alta qualidade e tolerantes às condições de campo, desde que sejam consideradas as práticas culturais contemplando as exigências nutricionais e hídricas, de substrato, luminosidade, entre outras, da espécie. Cherobini, Muniz e Blume (2008) explicam que a qualidade das sementes tem interferência direta na formação e conseqüentemente no vigor das mudas, afetando o estabelecimento de povoamentos de espécies florestais. Para *Cedrela fissilis* Vell, os autores verificaram que a qualidade das mudas da espécie foi altamente correlacionada ao vigor das sementes.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da análise de correlação de Spearman entre o estágio de maturação da semente de *A. colubrina* e suas características biométricas.

A correlação do estágio de maturação foi significativa e inversamente proporcional para o diâmetro (DS), comprimento (CS), espessura (ES) e teor de água (TA) das sementes. Significa dizer que as características físicas das sementes são fortemente influenciadas pelo estágio de maturação, isto é, pela classificação de cor que se encontra o fruto de *A. colubrina*.

Portanto, o desenvolvimento das sementes ocorre simultâneo ao avanço do estágio de maturação dos frutos, visível por meio da mudança da cor verde para os tons de castanho.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre o estágio de maturação (EM) e as características físicas das sementes de *A. colubrina*. Diâmetro (DS) comprimento (CS), espessura (ES), massa de matéria seca (MMSS) e teor de água (TA). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

Variáveis	( $r_s$ )	Teste t
EM x DS	-0,61	**
EM x CS	-0,57	**
EM x ES	-0,79	**
EM x MMSS	0,55	*
EM x TA	-0,83	**

Significativo a 5% (\*) e a 1% (\*\*) de probabilidade de erro pelo teste t de Student.

Também se observou que a massa de matéria seca das sementes (MMSS) apresentou forte dependência ( $r_s = 0,55$ ) diretamente proporcional ao estágio de maturação (Tabela 3), podendo-se inferir que simultâneo a desidratação das sementes de *A. colubrina* ocorre um acúmulo de massa seca, e que estes processos são acompanhados pela mudança da cor do fruto.

O estágio de maturação apresentou correlação forte e significativa com as características fisiológicas das sementes, sendo diretamente proporcional à germinação (G), emergência (E), índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE) e inversamente proporcional ao tempo médio de germinação (TMG) (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre o estágio de maturação (EM) e as características fisiológicas das sementes de *A. colubrina*. Porcentagens de germinação (G) e emergência (E), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

Variáveis	( $r_s$ )	Teste t
EM x G	0,74	**
EM x E	0,80	**
EM x TMG	-0,80	**
EM x IVG	0,88	**
EM x IVE	0,87	**

Significativo a 5% (\*) e a 1% (\*\*) de probabilidade de erro pelo teste t de Student.

Neste estudo observa-se que o potencial fisiológico da semente de *A. colubrina* aumenta gradativamente à medida em que ocorre o avanço do estágio de maturação, que para esta pesquisa foi definido pela cor do fruto. Dito isto, sugere-se que este atributo (cor do fruto) pode ser utilizado como um bom indicador do momento da colheita das sementes uma

vez que os resultados da análise de correlação também evidenciaram relação entre os estádios de maturação com todas as características avaliadas.

### 3.4 CONCLUSÕES

A cor do epicarpo do fruto demonstrou-se como um bom indicador da maturidade fisiológica das sementes de *A. colubrina*.

Frutos com cor castanho-escuro avermelhado (5 YR 3/4) e castanho-claro (7,5 YR 6/4), representam o momento ideal para realizar a colheita de sementes desta espécie, as quais se encontram com qualidade fisiológica superior.

### 3.5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

### 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETTO, S. S. B.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de Leguminosae Mimosoideae: *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 223 - 232, 2011.

BISPO, J. S. et al. Size and vigor of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan seeds harvested in Caatinga areas. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 363-373, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: Mapa, 2013. 98p.

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

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D.. **Carta climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.

CHEROBINI, E. A. L.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Avaliação da qualidade de sementes e mudas de cedro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 65-73, 2008.

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

DORNELES, M. C.; RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschut, Fabaceae, estabelecida em fragmentos florestais do cerrado, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 291-304, 2013.

DRANSKI, J. A. L.; PINTO JÚNIOR, A. S.; STEINER, F.; ZOZ, T.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M.; GUIMARÃES, V. F. Physiological maturity of seeds and colorimetry of fruits of *Jatropha curcas* L. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 158 - 165, 2010.

FIGLIOLIA, M. B.; KAGEYAMA, P. Y. Maturação de sementes de *Inga uruguensi* Hook. Et Arn. em Floresta Ripária do rio Moji Guaçu, município de Moji Guaçu, SP. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 6, n. único, p. 13-52, 1994.

KAISER, D. K.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C.; DRANSKI, J. A. L.; FREITAS, L. C. N.; KOSMANN, C. R.; ANDRIOLI, K. K. Physiological maturity of seeds and colorimetry of the fruits of *Allophylus edulis* [(A. St. –Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. Ex Niederl.]. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 92-100, 2016.

LABOURIAL, L. G. **A germinação de sementes**. Washington: OEA, 1983, 174p.

LAZAROTTO, M.; BELTRAME, R.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Maturação fisiológica de sementes de *Erythrina crista-galli* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 9 -16, 2011.

LIMA, P. R.; BORSOI, A.; SANTOS, P. R. R.; DRANSKI, J. A. L., MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Maturidade fisiológica de sementes de tungue (*Aleurites fordii* Hemsl.). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 3, p. 208-214, 2016.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 76-177, 1962.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1 ed. São Paulo: D&z Computação Gráfica e Editora, 2004.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina: Abrates, 2015.

MARINI, D.; DARTORA, J.; SANDER, G.; MALAVASI, M. M. Maturação fisiológica de sementes de *Luehea grandiflora* Mart. & Zucc. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 11, n. 1, p. 65-73, 2012.

MUNSELL, A. H. **Munsell book of color**. Baltimore: Macbeth Vivision of Kollmorgen, 1976. 23p.

NOGUEIRA, N. W.; RIBEIRO, M. C. C.; FREITAS, R. M. O.; MARTINS, H. V. G.; LEAL, C. C. P. Maturação fisiológica e dormência em sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* BENTH.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 876-883, 2013.

ORO, P.; SCHULZ, D. G.; VOLKWEIS, C. R.; BANDEIRA, K. B.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Maturação fisiológica de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess e *Eugenia involucrata* DC. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 11-18, 2012.

PIRES NETO, P. A. F.; PIRES, V. C. M.; MORAES, C. B.; OLIVEIRA, L. M.; PORTELLA, A. C. F.; NAKAGAWA, J. Physiological ripening of *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 155-160, 2016.

RISTAU, A. C. P.; VERA CRUZ, M. S. F.; ROCHA, M. E. L.; BRAZ, H.; ABADE, M. T. R.; MALAVASI, M. M. Physiological maturity of seeds of *Cedrela fissilis*. **Journal of Agriculture and Veterinary Science**, Ghaziabad, v. 10, n. 10, p. 9-12, 2017.

RUBIO, F.; MENEGHEL, A. P.; GOMES, L. F. S.; MALAVASI, M. M. Estádios de maturação do fruto no desempenho germinativo e teor de óleo de sementes de *Jatropha curcas* Linn. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 663-668, 2013.

SCHULZ, D. G.; ORO, P.; VOLKWEIS, C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Maturidade Fisiológica e Morfometria de Sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 1, p. 45-51, 2014.

SILVA, L. J.; DIAS, D. C. F. S.; MILAGRES, C. C.; DIAS, L. A. S. Relationship between fruit maturation stage and physiological quality of physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 1, p. 39-44, 2012.

SIMÃO, E.; NAKAMURA, A. T.; TAKAKI, M. Época de colheita e capacidade germinativa de sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica**, Campinas, v.7, n. 1, p. 67-73, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VALENTIN, S. R. T.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Aplicação do teste de vigor em sementes. **Instituto Florestal Série Registros**, São Paulo, v.14, n. 1, p. 75-84, 1995.

#### 4 ARTIGO 2: POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES E QUALIDADE DE MUDAS DE *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan PROCEDENTES DE TRÊS LOCAIS DO OESTE DO PARANÁ

##### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos locais de origem na germinação e vigor de sementes e na qualidade de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. A pesquisa também objetivou estimar os efeitos diretos e indiretos do potencial fisiológico das sementes no desenvolvimento inicial das mudas mantidas com ou sem irrigação. As sementes foram colhidas em três municípios do Oeste do Paraná: Marechal Cândido Rondon, Diamante D'Oeste e Santa Helena. A avaliação da qualidade dos lotes de sementes foi realizada por meio da massa de mil sementes, teste de germinação, tempo médio de germinação, índice de velocidade de germinação, massa de matéria seca de plântulas e taxa de respiração de semente. Para avaliação da qualidade de mudas foram avaliados altura, diâmetro do coleto, massa de matéria seca de parte aérea, de raiz e total, índice de qualidade de Dickson, e perda de eletrólitos radiculares. O comportamento de potencial fisiológico das sementes e de desenvolvimento inicial de mudas foi avaliado por meio da análise de componentes principais. Os efeitos da qualidade de sementes no desempenho de mudas foram avaliados por meio de análise de trilha. As análises de componentes principais, separaram os lotes de sementes em dois grupos, procedentes de Marechal Cândido Rondon de menor vigor e as procedentes de Diamante D'Oeste e Santa Helena com maior vigor. Evidenciou-se efeitos do potencial fisiológico na qualidade e desenvolvimento inicial das mudas de *A. colubrina*. Assim, atributos de sementes como tempo médio e índice de velocidade de germinação e massa seca total de plântulas contribuíram para explicar os efeitos da qualidade do lote de sementes sob a qualidade de mudas. Deste modo, sugere-se que estas variáveis explicativas possam ser utilizadas para selecionar sementes e mudas de melhor qualidade.

**Palavras-chave:** Angico. Locais de colheita. Qualidade de sementes. Desempenho de mudas.

**PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF SEED AND QUALITY OF CHANGES OF  
*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan PROCESSES FROM THREE LOCATIONS OF  
THE WEST OF PARANÁ**

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of the sites of origin on seed germination and vigor and on seedling quality of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. The research also aimed to estimate the direct and indirect effects of seed physiological potential on the initial development of seedlings maintained with or without irrigation. The seeds were harvested in three municipalities of the West of Paraná: Marechal Cândido Rondon, Diamante D'Oeste and Santa Helena. The evaluation of the quality of seed lots was carried out using a mass of one thousand seeds, germination test, average germination time, germination speed index, dry matter mass of seedlings and seed respiration rate. To evaluate the quality of seedlings were evaluated height, collection diameter, shoot dry mass, root and total mass, Dickson quality index, and loss of root electrolytes. The physiological potential behavior of the seeds and the initial development of seedlings were evaluated through principal components analysis. The effects of seed quality on seedling performance were evaluated through track analysis. The analyzes of main components separated the seed lots into two groups, from Marechal Cândido Rondon of lower vigor and those from Diamante D'Oeste and Saint Helena with greater vigor. The effects of the physiological potential on the quality and initial development of the *A. colubrina* seedlings were evidenced. Thus, seed attributes such as mean time and germination speed index and total dry mass of seedlings contributed to explain the effects of seed lot quality under seedling quality. Thus, it is suggested that these explanatory variables can be used to select seeds and seedlings of better quality.

**Key words:** Angico. Collection sites. Seed quality. Seedling performance.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan pertence à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae é uma espécie arbórea conhecida popularmente como angico, cujo porte varia de médio a grande (MAIA, 2004). Estas árvores têm alta produção anual de sementes, com dispersão autocórica ocorrente no final do período seco (BISPO et al., 2017). A espécie é nativa da flora brasileira, classificada como pioneira, com crescimento rápido. As sementes de angico não possuem dormência, portanto, germinam rapidamente e com alta porcentagem (PIRES NETO et al., 2016).

De acordo com Carvalho (2003) a reprodução via sementes é a principal forma de regeneração desta espécie. Assim, a qualidade dos lotes de sementes a serem utilizados torna-se um fator crucial a ser considerado pelo produtor de mudas. Visto que a utilização em de lotes de baixo potencial fisiológico em viveiros implica em custos significativos com diversos insumos (substrato, adubação, recipiente, irrigação) e pode inviabilizar a produção de mudas como atividade econômica rentável, cujo mercado evidencia ascensão.

Marcos-Filho (2015) explica que a qualidade de sementes reúne um conjunto de componentes ou atributos, físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários. Deste modo, o acesso às informações sobre seu potencial fisiológico permite a produção de mudas mais uniformes e vigorosas. O mesmo autor destacou que a avaliação do potencial fisiológico das sementes é realizada por meio de testes de viabilidade e vigor, e que estes assumem papel decisivo na obtenção de sementes mais favoráveis ao plantio.

O local de origem das matrizes fornecedoras das sementes é um fator de bastante influência na qualidade final do lote, pois, as características edafoclimáticas podem interferir diretamente no processo de formação da semente, desde a floração até o estágio final de maturação e dispersão.

Botezelli, Davide e Malavasi (2000) em estudo sobre as características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel, explicaram que embora pertencentes a mesma espécie, a procedência exerce grande interferência nas características das sementes. Segundo esses autores, em cada localidade, as sementes estão sujeitas a variações de temperatura, comprimento do dia, índices de pluviosidade e outras variantes que acabam por ressaltar certos aspectos de sua composição genética, ou seja, o meio pode ser adequado para expressão de determinadas características que, em outro local, não se manifestariam.

O efeito da procedência em características de sementes e mudas também foram observadas por outros autores. Alves et al. (2005) constataram que a germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* foi fortemente influenciada pela procedência. Estes autores verificaram também a influência das procedências estudadas nos valores de comprimento da raiz primária e do hipocótilo de plântulas. Cherobini, Muniz e Blume (2008) verificaram diferenças, para o teste de germinação e vigor realizados em sementes de *Cedrela fissilis*, bem como para a qualidade de mudas em função de diferentes procedências.

A qualidade das sementes utilizadas na produção de mudas exerce grande influência no sucesso ou no insucesso do reflorestamento, pois sementes de boa qualidade resultam em plântulas de alto vigor, com desenvolvimento satisfatório em campo. Cherobini, Muniz e Blume (2008) alegaram que sementes de *Cedrela fissilis* de baixo vigor refletiram em baixo desempenho das mudas desta espécie florestal, o que pode interferir prejudicialmente o estabelecimento do povoamento.

Dias et al. (2006) sugeriram alguns atributos que podem ser avaliados para a determinação da qualidade de mudas de espécies florestais nativas, como, maior espessura da haste e do coleto e maior massa de matéria seca. Os autores explicaram que estas características indicam presença de substâncias de reserva nos tecidos internos da planta, que facilitará o início de seu estabelecimento em campo e formação de novas raízes rapidamente.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos locais de colheita na germinação e vigor de sementes e na qualidade de mudas de *A. colubrina*. A pesquisa também objetivou estimar os efeitos diretos e indiretos do potencial fisiológico das sementes no desenvolvimento inicial das mudas mantidas na presença ou ausência de irrigação.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Colheita dos Frutos e Constituição dos Lotes de Sementes

Frutos maduros de *A. colubrina* foram colhidos aleatoriamente de três matrizes, com distância mínima de 100 metros entre si, em três municípios do Oeste do Paraná. A colheita foi realizada em setembro de 2017, nos municípios de Marechal Cândido Rondon (24°32'42''S e 054°02'35'' O), Diamante D'Oeste (24°56'34'' S e 54°06'12'' O) e Santa Helena (24°51'51'' S e 54°19'49'' O).

Para tanto, considerou-se como fruto maduro aqueles que apresentavam cor do epicarpo castanho, determinado em experimentos anteriores com a espécie em estudo.

Imediatamente após a colheita os frutos foram levados ao Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Marechal Cândido Rondon, Paraná. Em seguida, as sementes foram extraídas manualmente e mantidas em ambiente com condições não controladas, por período aproximado de 8 dias, até a instalação dos ensaios. As sementes oriundas de cada município foram misturadas e homogeneizadas, constituindo assim os lotes.

#### 4.2.2 Avaliação da Qualidade dos lotes de sementes

Anteriormente à instalação do teste de germinação, as sementes de *A. colubrina* de cada lote foram amostradas e pesadas para a determinação da massa de mil sementes, de acordo com as instruções propostas pela Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A caracterização da qualidade dos lotes de sementes foi realizada em laboratório, em delineamento inteiramente casualizado, por meio dos seguintes testes:

Teste de germinação (GER): quatro subamostras contendo 25 sementes cada, em substrato de rolo de papel germitest, umedecidos com água destilada 2,5 vezes o valor de seu peso, mantidos em câmara de germinação tipo Biological Oxygen Demand (BOD), com fotoperíodo controlado de 12 horas de luz e temperatura constante de 25 °C. A contagem final ocorreu aos 10 dias após a instalação do teste (BRASIL, 2013). Ao final foram determinados a porcentagem de sementes germinadas e o tempo médio de germinação (TMG), de acordo com os cálculos apresentados por Labouriau (1983).

Índice de velocidade de germinação (IVG): Conjuntamente com o teste de germinação, foram realizadas contagens diárias do número de plântulas germinadas, e posteriormente calculado o IVG mediante utilização da fórmula proposta por Maguire (1962).

Massa de matéria seca de plântulas (MMSP): Ao final do teste de germinação, as plântulas normais foram acondicionadas em sacos de papel kraft e levadas a estufa de circulação de ar a 65 °C por 72 horas. As amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g.

Teste de respiração das sementes (RESP): realizado de acordo com a metodologia adaptada de Dranski et al. (2013). Para tal, cinco subamostras de 25 sementes de cada lote foram alocadas em frascos de vidro de 60 mL e tampa para ejetáveis, e condicionadas com volume de água para atingir um nível de umidade de 30%. Posteriormente, os recipientes foram incubados em câmaras tipo BOD a 25 °C, por 60 minutos. Após, realizou-se a leitura do pico de concentração de CO<sub>2</sub> liberado durante a respiração com o auxílio de um analisador

de gases (LI-COR 6400 XT). Para mitigar os efeitos de atrasos na leitura das amostras, as mesmas foram realizadas em sistemas de blocos casualizados.

### 4.2.3 Produção das Mudanças

As sementes de *A. colubrina* foram semeadas em recipientes individuais (tubetes) de polietileno com capacidade para 120 cm<sup>3</sup>, sendo preenchidos com substrato comercial, utilizando-se uma semente por tubete. A semeadura e posterior condução das mudas foram realizadas em casa de vegetação (cultivo protegido) pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste do Paraná campus de Marechal Cândido Rondon, Paraná.

Para cada lote de sementes foram preenchidos 192 tubetes, dispostos em bandejas específicas para estes recipientes com capacidade de suporte para 96 embalagens. As mudas permaneceram no recipiente por um período aproximado de 180 dias após a emergência, sob irrigação constante e fertilização semanal com 2 mL de solução nutritiva por planta (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição da solução nutritiva aplicada nas mudas de *A. colubrina* (Vell.) Brenan, conduzidas em casa de vegetação.

solução nutritiva						
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O	Micro completa	Fe-EDTA	
.....MI L <sup>-1</sup> .....						
1,0	2,0	5,0	5,0	1,0	1,0	

### 4.2.4 Avaliação da Qualidade das mudas

Após o período mencionado de 180 dias as mudas de *A. colubrina* foram transplantadas para vasos com capacidade para 8 L preenchidos com substrato areia.

Para avaliação da qualidade de mudas, uma amostra para cada município de origem das sementes, contendo 12 plantas, foi mantida sob irrigação, com lâmina média de água de 4 mm e uma frequência de rega de três vezes ao dia, durante 42 dias. Adicionalmente, uma outra amostra, em igual proporção, foi conduzida durante o mesmo período de tempo, contudo, sem irrigação.

Os ensaios foram conduzidos em ambiente de cultivo protegido, em delineamento de blocos casualizados, com três blocos e quatro plantas por parcela.

Durante a condução dos experimentos os dados de temperatura e de umidade do local foram obtidos com o auxílio de um datalogger. Os respectivos valores de temperatura médio,

mínimo e máximo observados para o período foram 18 °C, 33,7 °C, 6,0 °C, e umidade relativa média de 76,7%.

Ao final dos experimentos, foram feitas mensurações dos seguintes atributos de qualidade de mudas:

Altura de planta (da base do coleto até a inserção da folha) e diâmetro do coleto (obtido no ponto de transição entre o substrato e a haste da planta), com auxílio de um paquímetro digital. Em seguida, as mudas foram separadas em parte aérea e radicular, alocadas em sacos de papel kraft e secas em estufa de circulação de ar a 65 °C por 72 horas. Posteriormente, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g para determinação da massa de matéria seca de parte aérea, radicular e total.

A partir dos dados de altura de planta, diâmetro do coleto e massa de matéria seca, calculou-se o Índice de Qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960).

Adicionalmente, determinou-se a perda de eletrólitos de raízes seguindo-se a metodologia proposta por Wilner (1955).

#### **4.2.5 Análise Estatística**

O comportamento de potencial fisiológico das sementes, bem como de desenvolvimento inicial de mudas em condições irrigada e não irrigada, associado ao local de origem das sementes, foi avaliado por meio da análise de componentes principais, com a utilização do software estatístico XLSTAT (2015).

A correlação entre os atributos de qualidade das sementes índices de qualidade de mudas, em presença e ausência de irrigação, foi analisada para dois grupos de locais de colheita das sementes, determinados com base nos resultados da análise de componentes principais.

Para a realização da análise de trilha com finalidade de determinar os efeitos diretos e indiretos da qualidade das sementes sob a qualidade de mudas, elencou-se como variáveis básicas (dependentes) diâmetro do coleto, massa seca total e perda de eletrólitos de raízes e como variáveis explicativas massa de mil sementes, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, teste de respiração das sementes, massa seca de plântulas e teste de germinação. A análise foi feita com o auxílio do software estatístico SAEG 9.1 (2007).

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de componentes principais (Figura 1), considerando a qualidade fisiológica de sementes, 100% da variância total dos dados foi explicada por dois componentes, onde o componente principal 1 (CP1) explicou 76,62% e o componente principal 2 (CP2) 23,38% da variância contida nos dados.

Com relação aos locais de colheita das sementes, a análise de componentes principais, pela componente principal 1, separou os lotes de sementes em dois grupos, onde verificou-se as sementes colhidas em Marechal Cândido Rondon (MCR) apresentou-se distanciada e em lado oposto dos demais locais, isto é, de Diamante D'Oeste (DO) e de Santa Helena (SH).

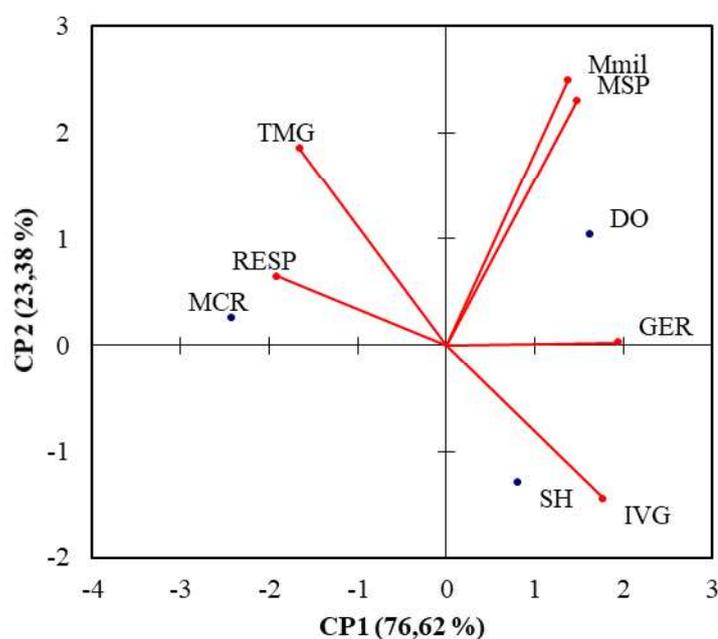


Figura 1 - Análise dos componentes principais para parâmetros da qualidade fisiológica de sementes de *A. colubrina* das procedências de Marechal Cândido Rondon (MCR), Diamante D'Oeste (DO) e Santa Helena (SH). Tempo médio de germinação (TMG), taxa de respiração (RESP), massa de mil sementes (Mmil), massa de matéria seca de plântulas (MSP), teste de germinação (GER) e índice de velocidade de germinação (IVG). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

Também se constatou que todas as variáveis analisadas foram eficientes e importantes na discriminação dos grupos, pois para MCR as variáveis tempo médio de germinação (TMG) e taxa de respiração das sementes (RESP) foram as principais responsáveis por identificar a dissimilaridade deste lote em relação aos de SH e DO. Já para o lote de DO destacaram-se as variáveis massa de mil sementes (Mmil) e massa de matéria seca de plântulas (MSP). Enquanto para o lote de SH o índice de velocidade de germinação (IVG) foi mais representativo (Figura 1).

Deste modo, pode-se inferir que as sementes coletadas em MCR possuíam menor qualidade fisiológica, uma vez que maiores TMG e RESP são indicadores de baixo potencial fisiológico. Simultaneamente, as características relacionadas à alto vigor associadas as sementes coletadas em DO e SH confirmam o maior vigor destas comparadas as procedentes de MCR.

Além da variabilidade genética, o fator ambiental também exerce grande influência nas diferenças observadas entre as sementes ou lotes de sementes avaliadas de uma mesma espécie. Neste sentido, infere-se que os resultados observados (Figura 1) no presente estudo, sejam uma resposta inerente da interação genótipo x ambiente de cada local de origem dos lotes de sementes. Isto é embasado pelo exposto por Botezelli, Davide e Malavasi (2000) os quais relataram que em cada local, as sementes estão sujeitas a uma condição específica de precipitação, temperatura, umidade, ventos, fotoperíodo entre outros, e que estes fatores ambientais interagem diretamente com o fator genético da espécie, resultando em adaptação destas as condições locais, culminando com a expressão da variabilidade genética intraespecífica.

Alves et al. (2005) observaram forte influência do local de coleta das sementes sob a germinação e vigor de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth.

Cherobini, Muniz e Blume (2008) também observaram diferenças no potencial germinativo e no vigor de sementes de *Cedrela fissilis* de diferentes procedências, onde as sementes colhidas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina apresentaram potencial germinativo superior aquelas coletadas no Paraná.

Rodrigues et al. (2007) constataram menor valor de tempo médio de germinação e maior média de IVG em sementes provenientes de Cruz das Almas, Bahia, denotando estas como mais vigorosas. Simultaneamente, os autores observaram um regime de chuvas mais regular para esta procedência, conjecturando-se que este fator ambiental pode ter contribuído para o melhor desempenho do lote de sementes de Cruz das Almas.

De acordo com Malavasi, Davis e Malavasi (2018), o local de origem das matrizes tem grande interferência no desenvolvimento das sementes, demonstrando que as árvores são geneticamente adaptadas às condições climáticas do local.

Neste sentido, Rodrigues et al. (2007) observaram comportamento germinativo distintos de sementes de *A. colubrina* coletadas em locais diferentes, Tanquinho e Cruz das Almas, Bahia. Os autores justificaram o resultado pelo fato das populações estudadas, apesar de pertencerem a mesma espécie, demonstraram adaptação ao local de coleta, os quais apresentaram condições edafoclimáticas distintas.

Dorneles, Ranal e Santana (2013) observaram comportamento germinativo heterogêneo de sementes de *A. colubrina* colhidas de matrizes distintas, atribuindo esse resultado as prováveis oscilações climáticas e ecológicas que ocorreram durante as fases de polinização, formação e maturação dos frutos e sementes.

A dissimilaridade entre a qualidade das mudas originárias de sementes coletadas em locais distintos pode ser observada na Figura 2. Nesse caso, para os parâmetros de qualidade de mudas, 63,82% da variabilidade foi explicada pela componente principal 1 e 36,18% pela componente principal 2.

A componente principal 1 aglomerou as características das mudas provenientes de Santa Helena (SH) e Diamante D'Oeste (DO) distanciadas e opostas aquelas advindas de Marechal Cândido Rondon (MRC), de modo semelhante ao observado para as características de qualidade fisiológica dos lotes de sementes. Assim é possível inferir que a qualidade das sementes dos lotes avaliados influenciou no desempenho inicial das mudas produzidas, e que esta influência está diretamente vinculada ao local de colheita.

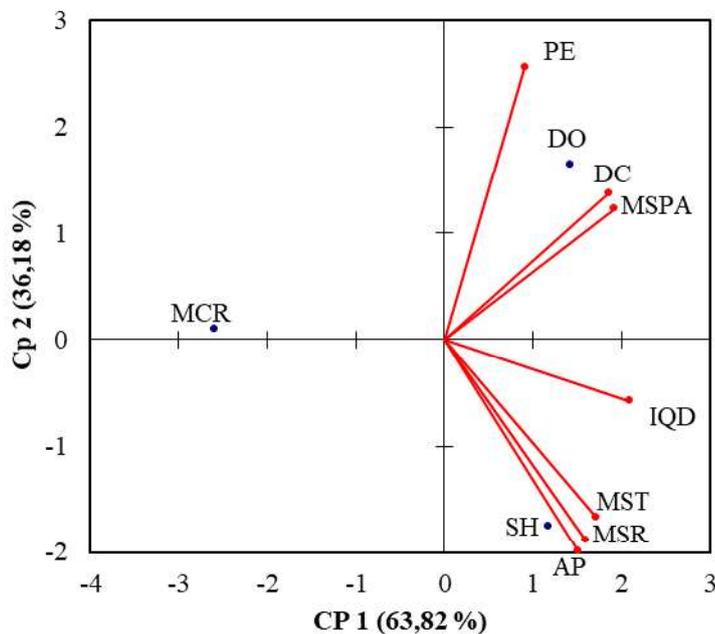


Figura 2 - Análise dos componentes principais para parâmetros da qualidade de mudas de *A. colubrina* das procedências de Marechal Cândido Rondon (MRC), Diamante D'Oeste (DO) e Santa Helena (SH), mantidas com irrigação. Altura de planta (AP), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e Perda de eletrólitos de raízes (PE). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

Para a qualidade de mudas de diferentes locais, observou-se que os parâmetros avaliados foram sensíveis para a discriminação das diferenças entre os grupos, pois, atributos indicadores da qualidade de mudas, como altura de planta (AP) e diâmetro do coleto (DC),

massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), massa de matéria seca total (MST), massa de matéria seca de raiz (MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), foram atribuídas as procedências SH e DO.

De acordo com Pereira et al. (2017) a altura de parte aérea aliada ao diâmetro do coleto, bem como a biomassa seca são bons indicadores de qualidade de mudas de espécies florestais. Os autores, constataram, para mudas de *Cedrela fissilis*, que estes parâmetros foram eficientes para diferir a qualidade de mudas de diferentes procedências.

Cherobini, Muniz e Blume (2008) também encontraram resultados semelhantes para as sementes de *Cedrela fissilis* coletadas de diferentes procedências, onde as sementes provenientes do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina apresentaram maiores médias para os parâmetros de qualidade de mudas, como resultado da influência do maior vigor das sementes observadas para estas mesmas procedências, em detrimento da qualidade de sementes e mudas do material oriundo do Paraná.

Assim como observado para a qualidade de sementes, e para as mudas com irrigação, também se observou que a análise dos componentes principais para a avaliação de qualidade das mudas sem irrigação por 42 dias, revelou um distanciamento de MCR em relação aos demais locais de origem das sementes (Figura 3).

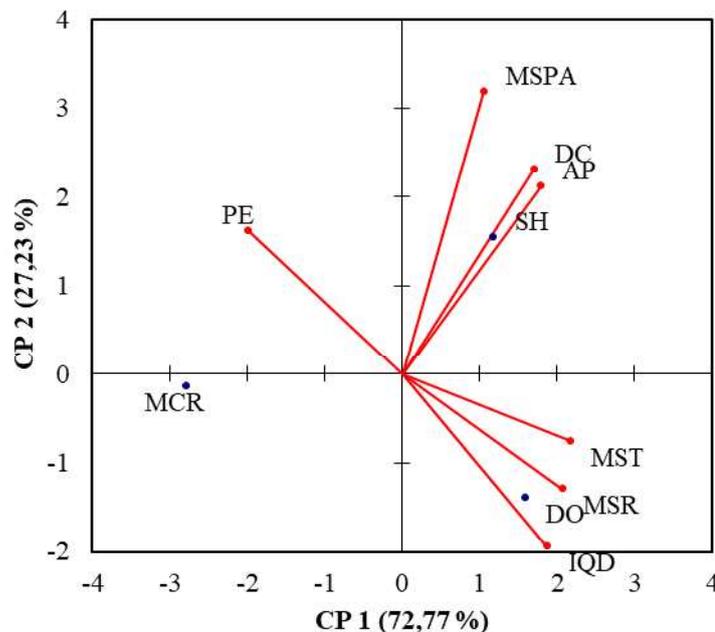


Figura 3 - Análise dos componentes principais para parâmetros da qualidade de mudas de *A. colubrina* das procedências de Marechal Cândido Rondon (MCR), Diamante D'Oeste (DO) e Santa Helena (SH), mantidas sem irrigação. Altura de planta (AP), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e Perda de eletrólitos de raízes (PE). Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

Deste modo, sugere-se que o menor potencial fisiológico identificado para o lote de sementes de Marechal Cândido Rondon, culminou em mudas de menor qualidade. Felippi et al., (2012) estudaram a fenologia, morfologia e análise de sementes e mudas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud., e afirmaram que a qualidade de mudas está intimamente relacionada a qualidade da semente.

Quando as mudas de *A. colubrina* foram submetidas à restrição hídrica a maior perda de eletrólitos das raízes foi associada as sementes provenientes de MCR. As mudas produzidas com sementes procedentes de SH destacaram-se as variáveis MSPA, DC e AP, e para aquelas coletadas em DO, destacaram-se as mudas com maiores MST, MSR e IQD (Figura 3).

A perda de eletrólitos de raízes, é um parâmetro que se refere a integridade da membrana celular de tecidos radiculares, pois quando as plantas são submetidas a situações de estresse ocorrem alterações fisiológicas que resultam no extravasamento de íons moleculares, por consequência da perda de seletividade da membrana (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010). A perda da propriedade de permeabilidade seletiva da membrana plasmática pode ser considerada como o último estágio em termos de estresse para a planta. Ou seja, uma série de outros mecanismos de defesa incluindo a ação de enzimas específicas já foram acionadas para tentar restabelecer o metabolismo, entretanto, sem êxito. Deste modo, a maior perda de eletrólitos de mudas é um indicador de menor qualidade.

Por outro lado, os parâmetros como altura e diâmetro do coleto de planta, biomassa seca e o índice de qualidade de Dickson indicam maior qualidade de muda, conforme constatado por autores como Cherobini, Muniz e Blume (2008), Cherobini et al. (2010), Navroski et al. (2016), Pereira et al. (2017).

Portanto, os resultados observados, ratificam a menor qualidade da procedência de Marechal Cândido Rondon, em relação a Diamante D'Oeste e Santa Helena.

De um modo geral, observa-se influência do local de origem das sementes de *A. colubrina* sob o potencial fisiológico, assim como no desenvolvimento inicial das mudas. Os resultados sugeriram que essas variações observadas são respostas de adaptação da espécie a determinado ambiente. Portanto, devido a interação entre genótipo e ambiente, mesmo sendo da mesma espécie, os indivíduos apresentam desempenhos distintos.

Na tabela 2 estão apresentadas as correlações simples de Pearson entre o potencial fisiológico de sementes, representado pelas características massa de mil sementes (Mmil), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), teste de respiração (RESP), massa seca de plântula (MSP) e teste de germinação (GER) e os atributos

de qualidade de mudas, diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca total de plantas (MST), perda de eletrólitos radiculares (PER), em condições irrigada e não irrigada.

Estes parâmetros foram avaliados, separadamente, para dois grupos, um formado pela procedência de Marechal Cândido Rondon (MCR) e o segundo grupo formado por Diamante D'Oeste e Santa Helena (DO+SH), com base nos resultados da análise de componentes principais.

Tabela 2 - Correlação entre as características de análise da qualidade de sementes e parâmetros de qualidade de mudas de *A. colubrina* conduzidas com irrigação e sem irrigação. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

Proc.	irrigação constante			Sem irrigação				
	v.e.	v.b.		v.e.	v.b.			
		DC	MST	PER	DC	MST	PER	
MCR	Mmil	-	-	-	Mmil	-	- 0,99*	- 0,94*
	IVG	-	-	-	IVG	-	-	-
	TMG	-	0,93*	-	TMG	-	- 0,99*	- 0,98*
	RESP	-	-	-	RESP	0,92*	-	-
	MSP	-	-	- 0,93*	MSP	-	- 0,95*	-
	GER	-	-	-	GER	-	-	-
DO + SH	Mmil	0,75*	-	0,79*	Mmil	- 0,81*	- 0,89*	- 0,89*
	IVG	-	0,74*	-	IVG	-	-	-
	TMG	-	- 0,86*	0,78*	TMG	-	- 0,90*	- 0,90*
	RESP	-	-	-	RESP	-	-	-
	MSP	-	-	0,71*	MSP	- 0,92*	-	-
	GER	-	-	-	GER	-	-	-

Nota: procedência (proc), Marechal Cândido Rondon (MCR), Santa Helena e Diamante D'Oeste (SH+DO), variáveis explicativas (v.e.), variáveis básicas (v.b.), massa de mil sementes (Mmil), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), taxa de respiração (RESP), massa seca de plântula (MSP), germinação (GER), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca total de planta (MST), perda de eletrólitos radiculares (PER). \*significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t.

Para MCR, sob condições irrigadas, observou-se correlação significativa entre TMG e MST e entre MSP e PER. Para a condição não irrigada foram verificadas correlações significativas de Mmil e MST e PER, de TMG com MST e PER, de RESP com DC e de MSP com MST.

Para o grupo DO+SH foram observadas correlações significativas, para mudas em condição irrigada, entre DC e RESP, de MST com Mmil, TMG e RESP e de PER com Mmil e TMG. Já para aquelas conduzidas em condição de déficit hídrico, houve correlação significativa de DC com Mmil e MSP, MST com Mmil e TMG e de PER com Mmil e TMG.

Sob déficit hídrico, para ambos grupos as características foram mais responsivas, externando maiores correlações significativas. Podendo-se inferir que a condição de estresse possibilita a maior expressão do vigor das sementes no desempenho de mudas.

Na comparação entre os grupos, observou-se que o grupo de DO+SH destacou-se de MCR na condição irrigada, em que houveram maiores interações entre as características avaliadas para qualidade de sementes x qualidade de mudas.

O desdobramento em efeitos diretos e indiretos das correlações supracitadas para as mudas conduzidas em condição de irrigação constante, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativas dos efeitos direto e indireto obtidos pela análise de trilha entre parâmetros da análise da qualidade fisiológica de sementes com a qualidade de mudas de *A. colubrina* com irrigação. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

Proc.	Vias de associação	v.b: MST		v.b: PER		
		Estimativa		Estimativa		
		v.e. TMG		v.e. MSP		
MCR	Efeito direto	-3,19		-6,77		
	EI via Mmil	-0,10		0,10		
	EI via IVG	2,57		-5,96		
	EI via TMG	-		8,37		
	EI via RESP	0,35		0,36		
	EI via MSP	2,62		-		
	EI via GER	-1,31		2,97		
	total	0,93		-0,93		
	R <sup>2</sup>	0,99		0,99		
	Efeito residual	0,10		0,10		

Proc.	Vias de associação	v.b: DC	v.b: MST		v.b: PER		
		Estimativa	Estimativa	Estimativa	Estimativa	Estimativa	Estimativa
		v.e. Mmil	v.e. IVG	v.e. TMG	v.e. Mmil	v.e. TMG	v.e. MSP
DO + SH	Efeito direto	1,18	-1,21	-2,86	0,21	-1,95	-0,65
	EI via Mmil	-	-0,48	0,68	-	0,18	0,17
	EI via IVG	1,73	-	0,98	1,97	2,65	1,88
	EI via TMG	-2,46	2,3	-	-1,66	-	-1,43
	EI via RESP	0,03	0,04	-0,02	0,03	-0,25	0,15
	EI via MSP	-0,36	-0,06	0,08	-0,51	-0,48	-
	EI via GER	0,63	0,16	0,28	0,75	0,63	0,59
	total	0,75	0,74	-0,86	0,79	0,78	0,71
	R <sup>2</sup>	0,98	0,99		0,87		
	Efeito residual	0,14	0,1		0,36		

Nota: procedência (proc), Marechal Cândido Rondon (MCR), Santa Helena e Diamante D'Oeste (SH+DO), variável explicativa (v.e.), variável básica (v.b.), efeito indireto (EI), massa de mil sementes (Mmil), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), taxa de respiração (RESP), massa seca de plântula (MSP), germinação (GER), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca total de planta (MST), perda de eletrólitos radiculares (PER), coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

Espósito et al. (2012) explicaram que a análise de trilha realiza a decomposição dos coeficientes de correlação em efeitos diretos e indiretos e fornece uma relação mais prática dos caracteres, ajudando na identificação de componentes de grande efeito.

Para interpretação da análise dos coeficientes de trilha deve-se considerar as seguintes premissas, se o coeficiente de correlação e o efeito direto da análise de trilha apresentarem semelhanças na magnitude e direção, a associação entre as variáveis é explicada pelo efeito direto. Se o coeficiente de correlação for positivo e o efeito direto for negativo ou desprezível, a correlação é explicada pelos efeitos indiretos. Se o coeficiente de correlação for desprezível e o efeito direto for alto e positivo, os efeitos indiretos são responsáveis pela falta de correlação. E, se o coeficiente de correlação for negativo e o efeito direto for positivo e alto, deve-se eliminar os efeitos indiretos e aproveitar somente os diretos (LORENTZ; FORTES; LÚCIO, 2006).

As estimativas dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) explicaram satisfatoriamente as variações nos caracteres avaliados, evidenciado pelos seus valores elevados combinados com os baixos efeitos residuais (Tabela 3). Esse resultado indicou que as variáveis apresentaram excelente contribuição para a seleção de mudas de boa qualidade.

Os resultados da Tabela 3 demonstraram que para o grupo de MCR a correlação entre MST e TMG foi influenciada pelos efeitos indiretos de IVG e MSP. Paralelamente, observou-se efeito direto de MSP sobre PER. Logo, pode-se inferir que a característica massa seca de plântulas foi mais responsiva, para este grupo em condição de boa irrigação para selecionar mudas de maior vigor.

Marcos-Filho (2015) classifica as avaliações baseadas no desempenho de plântula como testes fisiológicos de vigor, onde se procura determinar uma atividade fisiológica específica, cuja manifestação depende do vigor. O autor ponderou que o maior desempenho de plântulas, neste caso identificado pelo maior acúmulo de matéria seca, é reflexo do maior vigor do lote de sementes, onde há maior eficiência na transferência da matéria seca para o desenvolvimento do embrião aumentando a velocidade de germinação.

Para o grupo DO+SH observou-se que a variável explicativa TMG apresentou efeito direto sobre a massa seca total de planta, ou seja, relação de causa e efeito. Adicionalmente, observou-se efeitos indiretos de TMG nas correlações de MST e IVG, PER e Mmil e PER e MSP. Também foi possível observar que o índice de velocidade de germinação influenciou indiretamente as correlações entre PER e Mmil, PER e TMG e PER e MSP.

Deste modo, constatou-se que para o grupo de DO+SH poderiam ser selecionadas as características TMG e IVG como atributos de qualidade de mudas para estimar o desempenho de mudas em ambiente irrigado.

Os testes que avaliam a velocidade de germinação das sementes, como TMG e VMG, partem do princípio que sementes de elevado potencial fisiológico se desenvolvem

(germinam) mais rapidamente que outras de menor vigor, conseqüentemente as mudas provenientes daquelas sementes apresentarão maior possibilidade de desenvolvimento (VALENTIN e PIÑA-RODRIGUES, 1995).

As correlações entre o potencial fisiológico de sementes e a qualidade de mudas, em condição de déficit hídrico, para os grupos de MCR e de DO+SH também foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos e estão apresentadas na Tabela 4.

Para o grupo de Marechal Cândido Rondon, verificou-se relação de causa e efeito do TMG com a MST e com a PER. Ademais, esse atributo referente ao potencial fisiológico influenciou de forma indireta nas interações entre as demais características avaliadas.

Além do tempo médio de germinação, a MSP e o IVG foram as características que apresentaram maiores influências nas correlações com os atributos de qualidade de mudas.

Para o grupo de DO+SH os desdobramentos das correlações indicaram o TMG como a característica de maior influência, tanto com efeito direto como indireto sobre as variáveis básicas, ou seja, de qualidade de mudas.

Tabela 4 - Estimativas dos efeitos direto e indireto obtidos pela análise de trilha entre parâmetros da análise da qualidade fisiológica de sementes com a qualidade de mudas de *A. colubrina* sem irrigação. Setembro de 2017, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

Proc.	Vias de associação	v.b.: DC		v.b.: MST			v.b.: PER	
		estimativa		Estimativa	Estimativa	Estimativa	Estimativa	Estimativa
		RESP	Mmil	TMG	MSP	Mmil	TMG	
MCR	Efeito direto	-0,63	0,21	11,12	-8,45	0,21	5,54	
	EI via Mmil	0,01	-	0,20	0,20	-	0,20	
	EI via IVG	0,30	-6,37	-6,83	-7,28	-4,02	-4,32	
	EI via TMG	1,01	10,57	-	10,43	5,26	-	
	EI via RESP	-	-0,15	-0,80	0,54	-0,08	-0,46	
	EI via MSP	0,48	-7,98	-7,92	-	-4,09	-4,06	
	EI via GER	-0,24	2,73	3,27	3,60	1,77	2,12	
	total	0,92	-0,99	-0,99	-0,95	-0,94	-0,98	
	R <sup>2</sup>	0,99	0,99			0,99		
	Efeito residual	0,10	0,10			0,10		
proc.	Vias de associação	v.b.: DC		v.b.: MST		v.b.: PER		
		estimativa	estimativa	estimativa	estimativa	Estimativa	Estimativa	
		Mmil	MSP	Mmil	TMG	Mmil	TMG	
DO + SH	Efeito direto	-0,91	-1,12	-0,46	-2,02	-0,46	-2,02	
	EI via Mmil	-	-0,72	-	-0,39	-	-0,39	
	EI via IVG	-0,77	-0,73	0,51	0,68	0,51	0,68	
	EI via TMG	2,29	1,97	-1,73	-	-1,73	-	
	EI via RESP	0,02	0,12	-0,01	0,11	-0,02	0,11	
	EI via MSP	-0,88	-	0,54	0,50	0,54	0,50	
	EI via GER	-0,56	-0,45	0,70	0,23	0,27	0,23	
	total	-0,81	-0,92	-0,89	-0,90	-0,89	-0,90	
	R <sup>2</sup>	0,95		0,99		0,99		
	Efeito residual	0,22		0,10		0,10		

Nota: procedência (proc), Marechal Cândido Rondon (MCR), Santa Helena e Diamante D'Oeste (SH+DO), variáveis básicas (v.b.), efeito indireto (EI), massa de mil sementes (Mmil), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), taxa de respiração (RESP), massa seca de plântula (MSP), germinação (GER), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca total de planta (MST), perda de eletrólitos radiculares (PER), coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

De um modo geral, observou-se que os atributos tempo médio e índice de velocidade de germinação e massa seca total de plântulas destacaram-se como as características de qualidade de sementes que poderiam predizer o desempenho das mudas tanto em condição de bom fornecimento de água quanto em situação de déficit hídrico.

Adicionalmente, ressalta-se que as características avaliadas diâmetro de coleto, massa seca total de planta e perda de eletrólitos de raízes, mostraram-se como bons indicadores da qualidade de mudas de *A. colubrina*, apresentando-se bastante responsivas na análise de correlação.

#### 4.4 CONCLUSÕES

O local de colheita influenciou na qualidade de sementes e mudas de *A. colubrina*. Quanto à qualidade fisiológica, houve a distinção das procedências em grupos distintos: lotes de sementes de Diamante D'Oeste e Santa Helena, e o lote de Marechal Cândido Rondon.

O lote de sementes de Marechal Cândido Rondon apresentou maior tempo médio de germinação e taxa de respiração de sementes, bem como as mudas apresentaram maior perda de eletrólitos de raízes indicando vigor inferior em relação aos demais lotes.

Adicionalmente, evidenciou-se efeitos do potencial fisiológico na qualidade e desenvolvimento inicial das mudas de *A. colubrina*. Assim, atributos de sementes como tempo médio e índice de velocidade de germinação e massa seca total de plântulas contribuíram para explicar os efeitos da qualidade do lote de sementes sob a qualidade de mudas. Deste modo, sugere-se que estas variáveis explicativas possam ser utilizadas para selecionar sementes e mudas de melhor qualidade.

#### 4.5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

#### 4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; PAULA, R. C. Influência do tamanho e da procedência de sementes *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. Sobre a germinação e vigor. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1985, 367 p.

BISPO, J. S. et al. Size and vigor of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan seeds harvested in Caatinga areas. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 363-373, 2017.

BOTEZELLI, L. DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de dipteryx alata vogel (baru). **CERNE**, Lavras, v. 6, n. 1, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: Mapa, 2013. 98p.

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

BUCKLEY, W. T.; HUANG, J. An ethanol-based seed vigour assay for canola. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.39, n.2, p.510-526, 2011.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003.

CHEROBINI, E. A. I.; LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; GIRARDI, L. B.; LIPPERT, D. B.; MACIEL, C. G. Qualidade de sementes e mudas de *Schizolobium parahyba* procedentes 407 do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 407-413, 2010.

CHEROBINI, E. A. L.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Avaliação da qualidade de sementes e mudas de cedro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 65-73, 2008.

DIAS, E.S.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. R. H.; SOUZA, P. R. et al. Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual. Campo Grande, MS: UFMS, 2006. 59 p. Disponível em <<http://www.acszanzini.net/manual%20viveiro%20ufms.pdf>>. Acesso em: 12 de abr. 2017.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, Mattawa, v. 36, p. 10-13, 1960.

DORNELES, M. C.; RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschut, Fabaceae, estabelecida em fragmentos florestais do cerrado, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 291-304, 2013.

DRANSKI, et al. Vigor of canola seeds through quantification of CO<sub>2</sub> emission. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 3, p. 229-236, 2013.

ESPÓCITO, D. P.; PETERNELLI, L. A.; PAULA, T. O. M.; BARBOSA, M. H. P. Análise de trilha usando valores fenotípicos e genotípicos para componentes do rendimento na seleção de famílias de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.1, 2012.

FELIPPI, M.; MAFFRA, C. R. B.; CANTARELLI, E. B.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 631-641, 2012.

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES. SAEG – Sistema Para Análise Estatística, Versão 9.1. Viçosa: UFV, 2007.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**, Washington: OEA, 1983, 174p.

LANDIS, T.D.; DUMROESE, R.K.; HAASE, D.L. **The container tree nursery manual: seedling processing, storage, and out planting**. v.7. Washington: Department of Agriculture Forest Service, 2010.

LORENTZ, L. H.; FORTES, F. O.; LÚCIO, A. D. Análise de trilha entre as variáveis das análises de sementes de espécies florestais exóticas do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p.567-574, 2006.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 76-177, 1962.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1 ed. São Paulo: Dez Computação Gráfica e Editora, 2004. 413p.

MALAVASI, M. M.; DAVIS, A. S.; MALAVASI, U. C. Tree seed sourcing for landscape restoration under climate changes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 446-455, 2018.

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

NAVROSKI, M. C.; TONETT, E. L.; MAZZO, M. V.; FRIGOTTO, T.; PEREIRA, M. O.; GALVANI, L. V. Procedência e adubação no crescimento inicial de mudas de cedro. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 36, n. 85, p. 17-24, 2016.

PEREIRA, M. O.; NAVROSKI, M. C.; HOFFMANN, P. M.; GRABIAS, J.; BLUM, C. T.; NOGUEIRA, A. C.; ROSA, D. P. Qualidade de sementes e mudas de *Cedrela fissilis* Vell. em função da biometria de frutos e sementes em diferentes procedências. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.16, n.4, p.376-385, 2017.

PIRES NETO, P. A. F.; PIRES, V. C. M.; MORAES, C. B.; OLIVEIRA, L. M.; PORTELLA, A. C. F.; NAKAGAWA, J. Physiological ripening of *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 155-160, 2016.

RODRIGUES, A. C. C.; OSUMA, J. T. A.; QUEIROZ, S. R. O. D.; RIOS, A. P. S. Efeito do substrato e luminosidade na germinação de *Anadenanthera colubrina* (Fabaceae, Mimosoideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.2, p.187-193, 2007.

TANAKA, Y.; BROTHERTON, P.; HOSTETTER, S.; CHAPMAN, D.; DYCE, S.; BELANGER, J.; JOHNSON, B.; DUKE, S. The operational planting stock quality testing program at Weyerhaeuser. **New Forests**, v.13, p.423-437, 1997.

WILNER, J. Results of laboratory tests for winter hardiness of woody plants by electrolyte methods. **Proceedings American Horticulture Science**, v.66, n.1, p.93-99, 1955.

XLSTAT (2015). **Statistical software** versão 2014.5. Paris, France: Addinsoft SARL.

## 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A maturidade das sementes de *A. colubrina* pode ser identificada pela mudança da cor do epicarpo do fruto, onde as sementes colhidas de frutos de cor castanho escuro avermelhado e castanho claro apresentaram maior potencial fisiológico, podendo ser considerados o momento ideal de colheita.

Adicionalmente, as diferentes procedências dos lotes de sementes apresentaram comportamentos diferentes com relação às características fisiológicas de sementes e mudas. O lote oriundo do município de Marechal Cândido Rondon, destacou-se com características que identificam menor potencial fisiológico em relação às colhidas em Diamante D'Oeste e em Santa Helena. Estes resultados demonstraram a influência do ambiente no potencial fisiológico das sementes.

Também se constatou que o potencial fisiológico destas sementes, representado pelos atributos menor tempo médio de germinação e maiores índice de velocidade de germinação e massa de matéria seca de plântulas, pode prever o desenvolvimento inicial das mudas a serem formadas, podendo-se inferir que a utilização de lotes de sementes de boa qualidade culmina em mudas mais vigorosas.

As variáveis básicas diâmetro do coleto, massa seca total e perda de eletrólitos radiculares, apresentaram-se como parâmetros de determinação da qualidade de mudas de *A. colubrina*, pois foram eficientes nos desdobramentos dos efeitos do potencial fisiológico das sementes sobre o desenvolvimento inicial das mudas.

Todavia, é importante destacar que esse potencial é variável com o ambiente e com o grau de maturidade. Assim, recomenda-se a realização de novas pesquisas, uma vez que a espécie possui ampla distribuição geográfica, logo supõe-se que lotes de regiões diferentes, poderão apresentar respostas distintas das obtidas neste estudo.