

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DANIEL FERNANDO FIGUEIREDO SPENGLER

**AVALIAÇÃO E PREDIÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E DE  
QUALIDADE DE SEMENTES DE JATOBÁ-DO-CERRADO  
PROCESSADAS E ARMAZENADAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES,  
UTILIZANDO MODELOS DE MACHINE LEARNING**

CHAPADÃO DO SUL - MS  
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DANIEL FERNANDO FIGUEIREDO SPENGLER

**AVALIAÇÃO E PREDIÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E DE  
QUALIDADE DE SEMENTES DE JATOBÁ-DO-CERRADO  
PROCESSADAS E ARMAZENADAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES,  
UTILIZANDO MODELOS DE MACHINE LEARNING**

Orientador: Prof. Dr. Paulo Carteri Coradi

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL - MS  
2024



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**DISCENTE:** Daniel Fernando Figueirêdo Spengler

**ORIENTADOR:** Dr. Paulo Carteri Coradi

**TÍTULO:** Avaliação e predição das propriedades físicas e de qualidade de sementes de jatobá-do-cerrado processadas e armazenadas em diferentes condições, utilizando modelos de Machine Learning.

**AVALIADORES:**

Prof. Dr. Paulo Carteri Coradi

Prof. Dra. Izabela Cristina de Oliveira

Prof. Dra. Dágila Melo Rodrigues

Chapadão do Sul, 26 de fevereiro de 2024.

---

<b>NOTA MÁXIMA NO MEC</b>	<b>UFMS É 10!!!</b>		Documento assinado eletronicamente por <b>Paulo Carteri Coradi, Usuário Externo</b> , em 26/02/2024, às 09:29, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do <a href="#">Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020</a> .
<b>NOTA MÁXIMA NO MEC</b>	<b>UFMS É 10!!!</b>		Documento assinado eletronicamente por <b>DÁGILA MELO RODRIGUES, Usuário Externo</b> , em 26/02/2024, às 09:29, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do <a href="#">Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020</a> .
<b>NOTA MÁXIMA NO MEC</b>	<b>UFMS É 10!!!</b>		Documento assinado eletronicamente por <b>Izabela Cristina de Oliveira, Usuário Externo</b> , em 26/02/2024, às 09:29, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do <a href="#">Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020</a> .

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufms.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4648845** e o código CRC **C76C32A0**.

---

**COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal 112

Fone: (67)3562-6351

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao orientador Paulo Coradi e a banca Isabela Oliveira e Dágila Rodrigues, pela paciência, pelas sugestões detalhadas e riquíssimas, foram 2 anos de muitos aprendizados. Agradeço também aos colegas de turma que sempre esteve apoiando de forma motivacional e tirando minhas dúvidas, Júlia Alcantra pelas ajudas na matemática e Paulo Assunção que foi meu colega de sala e me deu muito apoio nas matérias.

Agradeço aos professores que tive aula, especialmente na disciplina de seminário, onde adquiri muitos conhecimentos, assistindo às apresentações dos colegas e às considerações do professor Paulo Theodoro. Aprendi bastante com essas lições durante o meu mestrado.

Não posso deixar de agradecer ao pessoal da UFMS do Câmpus de Chapadão do Sul que sempre me ajudou com as trocas de experiências e apoio nas dificuldades durante o mestrado, especialmente Paulo Viana, Carlos Parpinelli, Gerandy Netto, Geovanne Andre, Maik Silva e Bruna Rios.

Minha família, esposa Ligiane que teve paciência e apoiou todos os momentos de estudo, nas madrugadas e finais de semana; minha mãe que entendeu as minhas negativas de viajar para Campo Grande nas férias e feriados e torceu por mim; a minha filha Larissa que apesar de ter 10 anos, ela é uma fonte de inspiração e motivação, também me acompanhou e torceu bastante.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Representação experimental da planta (A), semente de jatobá-do-cerrado (B), processamento por fermentação (C), processamento por escarificação (D), sementes processadas (E), câmaras de armazenamento à 10 e 23 °C, (F), armazenagem em recipientes de vidro (G), armazenagem em recipiente de plástico (H), armazenagem em embalagem tetra pack (I), armazenagem em embalagem de papel (J), armazenagem em bolsa de plástico (L).....17
- Figura 2. Predição da qualidade de sementes de jatobá-do-cerrado usando modelos de Aprendizado de Máquina.....24
- Figura 3. Avaliação das propriedades físicas: comprimento de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....26
- Figura 4. Avaliação das propriedades físicas: largura de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....26
- Figura 5. Avaliação das propriedades físicas: espessura de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....27
- Figura 6. Avaliação das propriedades físicas: volume de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....28
- Figura 7. Avaliação das propriedades físicas: esfericidade de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos

e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	28
Figura 8. Avaliação das propriedades físicas: circularidade de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	29
Figura 9. Avaliação das propriedades físicas: área circular de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	29
Figura 10. Avaliação das propriedades físicas: diâmetro de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	30
Figura 11. Avaliação das propriedades físicas: área projetada de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	30
Figura 12. Avaliação das propriedades físicas: teor de água das sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	31
Figura 13. Avaliação das propriedades físicas: comprimento de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	32

Figura 14. Avaliação das propriedades físicas: peso das sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	32
Figura 15. Avaliação da qualidade físico-química: proteína bruta de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	34
Figura 16. Avaliação da qualidade físico-química: cinzas de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	35
Figura 17. Avaliação da qualidade físico-química: índice de acidez de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.....	35
Figura 18. Correlação de Pearson entre as variáveis preditas, teor de água (TA), Massa de Sementes (MS), comprimento (CO), espessura (E), largura (L), volume (V), massa específica aparente (MEA), área projetada (AP), esfericidade (ES), diâmetro médio (DM), área circular (AC), circularidade (C), coeficiente de arrasto (CA), proteína bruta (PB), cinzas (CZ) e índice de acidez (IA).....	36
Figura 19. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson (r) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados de comprimento (L) e espessura (T) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.....	41
Figura 20. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson (r) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados de largura (W) e volume (V) de semente de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de	



máquina.....	42
Figura 21. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson (r) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados do diâmetro médio (AD) e área projetada (PA) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.....	43
Figura 22. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson (r) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados da área circular (CA) e coeficiente de arrasto (DC) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.....	44
Figura 23. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson (r) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados da esfericidade (SP) e circularidade (C) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.....	45
Figura 24. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson (r) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados dos teores de água (MC) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.....	46
Figura 25. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson (r) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados da massa (Ma) e da massa específica aparente (ASM) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.....	47
Figura 26. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson (r) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados de proteína bruta (CP) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.....	48
Figura 27. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson (r) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados de cinzas (AS) e índice de acidez (IA) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.....	49

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Desdobramento da interação significativa entre os modelos x entradas para coeficiente de correlação (r), erro absoluto médio (MAE), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre os valores observados e estimados das propriedades físicas de sementes de jatobá submetidas a diferentes processamentos e condições de armazenamento, para os diferentes modelos de Aprendizado de Máquina.....38

## RESUMO

A avaliação de sementes na pós-colheita está sujeita a erros na amostragem e laboratoriais. Assim, as técnicas de aprendizado de máquina podem ajudar a otimizar os processos e obter resultados mais precisos para a tomada de decisões sobre o processamento e a conservação das sementes armazenadas. Desta forma, objetivou-se avaliar e prever as propriedades físicas e a qualidade físico-química de sementes jatobá-do-cerrado. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado ( $5 \times 3 \times 2$ ), com cinco diferentes embalagens (plástico polietileno, papel kraft, recipiente de vidro, tetrapack, recipiente de polietileno), três formas de processamento (com polpa, sem polpa-escarificado, sem polpa-fermentado) e duas condições de armazenamento (10 e 23 °C). Foram estudadas as variáveis de teor de água, massa de sementes, comprimento, espessura, largura, volume, massa específica aparente, área projetada, esfericidade, diâmetro médio, área circular, circularidade, coeficiente de arrasto, proteína bruta, cinzas e índice de acidez. A análise dos dados foi realizada utilizando correlação Pearson, Redes Neurais Artificiais, algoritmos de árvore de decisão RepTree, M5P, Floresta Aleatória e Regressão Linear. Os resultados encontrados demonstram que o processamento das sementes de jatobá-do-cerrado por fermentação e o armazenamento à 10 °C minimizou as alterações físicas e conservou a qualidade físico-químicas das sementes, independente do tipo de embalagem. A combinação das variáveis processamento, temperatura e embalagem para os algoritmos Redes Neurais Artificiais, RepTree e Floresta Aleatória e M5P superaram a regressão linear, proporcionando maiores índices de acurácia. Os modelos de Rede Neurais Artificiais e Random Forest foram aqueles que melhor predizem os efeitos dos tratamentos sobre as alterações das propriedades físicas e a qualidade físico-química das sementes-de-jatobá.

Palavras-chave: Conservação. Inteligência Artificial. Pós-colheita. Sementes Florestais.

## **ABSTRACT**

Post-harvest seed evaluation is subject to sampling and laboratory errors. Machine learning techniques can therefore help to optimize processes and obtain more accurate results for making decisions about the processing and conservation of stored seeds. The aim of this study was to evaluate and predict the physical properties and physicochemical quality of jatobá-do-cerrado seeds. The experimental design used was entirely randomized (5×3×2), with five different packages (polyethylene plastic, kraft paper, glass container, tetrapack, polyethylene container), three forms of processing (with pulp, without pulp - scarified, without pulp - fermented) and two storage conditions (10 and 23 °C). The variables studied were water content, seed mass, length, thickness, width, volume, apparent specific mass, projected area, sphericity, average diameter, circular area, circularity, drag coefficient, crude protein, ash and acidity index. The data was analyzed using Pearson correlation, Artificial Neural Networks, RepTree decision tree algorithms, M5P, Random Forest and Linear Regression. The results show that the processing of jatobá-do-cerrado seeds by fermentation and storage at 10 °C minimized the physical alterations and preserved the physical-chemical quality of the seeds, regardless of the type of packaging. The combination of the variables processing, temperature and packaging for the Artificial Neural Networks, RepTree and Random Forest and M5P algorithms outperformed linear regression, providing higher accuracy rates. The Artificial Neural Network and Random Forest models were the ones that best predicted the effects of treatments on changes in the physical properties and physicochemical quality of jatoba seeds.

**Keywords:** Conservation. Artificial Intelligence. Post-harvest. Forest seeds.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	14
2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
2.1 Descrição experimental .....	16
2.2 Análises das propriedades físicas e físico-químicas das sementes de jatobá-do-cerrado ..	18
2.3 Análises estatísticas .....	22
2.4 Aprendizado de Máquina .....	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
3.1 Propriedades físicas das sementes de jatobá-do-cerrado.....	25
3.2 Qualidade físico-química das sementes de jatobá-do-cerrado processadas e armazenadas .....	33
3.3 Análises de correlação Pearson das variáveis de qualidade das sementes .....	36
3.4 Aprendizado de Máquina .....	37
4 CONCLUSÕES.....	51
ANEXO.....	58

# 1 INTRODUÇÃO

O jatobá-do-cerrado é uma leguminosa característica do cerrado brasileiro. A planta tem 4–6 m de altura e produz frutos com 6 a 18 cm de comprimento e 3–6 cm de diâmetro. Os frutos são utilizados na indústria alimentícia e as folhas e sementes na indústria farmacêutica e cosmética. As vagens das plantas são palatáveis e possuem alto valor nutricional e baixo teor de compostos antinutricionais, Lorenzi (2008). Seus frutos amiláceos são comestíveis e muito valorizados pela população regional, podendo ser consumidos ou utilizados como ingrediente no preparo de bolos, pães e mingaus, biscoitos e salgadinhos com alto teor de fibras, Silva et al. (2001). As sementes de jatobá-do-cerrado também podem ser utilizadas como fonte de galactomananas e xiloglucanas pelas indústrias alimentícia e farmacêutica. As propriedades reológicas dos xiloglucanos e galactomananos determinam seu uso como emulsificantes, dispersantes e espessantes, Matuda e Maria Neto (2005).

As técnicas de pós-colheita podem ser utilizadas para manter a qualidade das sementes. Paulo et al. (2016). Assim, é importante coletar as sementes no momento da abertura do fruto, armazená-las para semeá-las quando o solo estiver suficientemente úmido na época das chuvas. Cruz et al. (2001). Essa prática pode aumentar a germinação das sementes e levar ao estabelecimento de mudas uniformes. Este método é particularmente importante para a restauração de áreas abertas, onde a dessecação de sementes e mudas é mais crítica. Outra vantagem da dispersão retardada é reduzir o tempo em que as sementes ficam disponíveis para os predadores, o que é outro grande obstáculo para a germinação das sementes e, conseqüentemente, para a regeneração florestal Cruz et al. (2001).

A etapa de armazenamento contribui significativamente para a obtenção de sementes nos períodos convencionais de semeadura e para o alcance de padrões de qualidade e homogeneidade, portanto, é necessário prever as condições ideais de armazenamento, tipo de embalagem e tempo máximo de armazenamento para cada espécie Paixão et al. (2019). Algumas espécies podem ser desidratadas e posteriormente armazenadas em baixas temperaturas, para alcançar a longevidade, assim, para sistemas convencionais de bancos de germoplasma, os estoques de sementes são armazenados em condições controladas, com temperatura de 10 °C e 40% de umidade relativa Padia et al. (2023). A relação do teor de água e temperatura no armazenamento é a obtenção de um armazenamento eficiente que preserve a integridade da semente, evitando o desenvolvimento de micro-organismos patogênicos.

Goildfarb e Queiroga (2013). Mesmo que as sementes nessas bases de dados sejam mantidas por um tempo razoável, isso não impede a erosão das espécies genéticas, visto que o metabolismo das sementes é completamente bloqueado apenas em temperaturas abaixo de  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$  Lu et al. (2021).

Considera-se o termo “ortodoxa” a semente de jatobá-do-cerrado da espécie (*Hymenaea Stigonocarpa*), Medeiros e Eira (2006), que são sementes que podem ser armazenadas com um baixo teor de umidade e temperatura, mantendo sua viabilidade por um maior período, sem perder sua capacidade de germinar. Vieira (2001) e Sena (2008).

A determinação das propriedades físicas das sementes de jatobá-do-cerrado é importante para o desenvolvimento de equipamentos de processamento Andrade et al. (2010). O conhecimento da forma e tamanho das sementes é essencial para projetar máquinas de processamento ou para analisar a qualidade das sementes durante as etapas de pré-processamento e armazenamento (Ramalho et al., 2019). A biometria de sementes também representa uma ferramenta importante para distinguir espécies do mesmo gênero e variedades da mesma espécie Silva et al. (2020).

Para obter informações mais precisas sobre as propriedades físicas e a qualidade das sementes de jatobá em função das diferentes formas de processamento e condições e do tempo de armazenamento, recomenda-se a aplicação de algoritmos computacionais preditivos. Nesse contexto, o uso de algoritmos de Aprendizado de Máquina (AM) pode proporcionar melhoria na capacidade de processamento e análise de dados, uma vez, modeladas adequadamente, as técnicas de AM podem fornecer respostas em menor tempo quando comparadas aos modelos de regressão estatística. Voça et al. (2022). Para preencher lacunas onde as estatísticas convencionais não conseguem gerar resultados de previsão satisfatórios, a modelagem de dados usando técnicas de AM pode se tornar uma alternativa viável para avaliar as propriedades físicas e de qualidade de sementes de jatobá, em vez de realizar testes demorados e caros em laboratórios Cirqueira et al. (2023). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar e prever as propriedades físicas e qualitativas de sementes de jatobá-do-cerrado processadas por diferentes métodos e armazenadas em diferentes condições de temperatura e embalagem, durante um período de seis meses.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição experimental**

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Chapadão do Sul (CPCS). As sementes de jatobá-do-cerrado foram colhidas manualmente em fazendas localizadas no município de Chapadão do Sul-MS e secas à temperatura ambiente. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com esquema fatorial ( $5 \times 3 \times 2$ ), com cinco diferentes embalagens (plástico polietileno, papel kraft, recipiente de vidro, tetra pack, recipiente de polietileno), três formas de processamento (com polpa, sem polpa-escarificado, sem polpa-fermentado) e duas condições de armazenamento (10 e 23 °C) (Figura 1).



Figura 1. Representação experimental da planta (A), semente de jatobá-do-cerrado (B), processamento por fermentação (C), processamento por escarificação (D), sementes processadas (E), câmaras de armazenamento à 10 e 23 °C, (F), armazenagem em recipientes de vidro (G), armazenagem em recipiente de plástico (H), armazenagem em embalagem tetra pack (I), armazenagem em embalagem de papel (J), armazenagem em bolsa de plástico (L).



Uma porção das sementes foi processada para retirada da polpa. Foram utilizados dois métodos de processamento diferentes: escarificação manual e fermentação. Na escarificação manual foi utilizada uma lâmina cortante para retirada manual da polpa, enquanto no processamento via fermentação, às sementes secas foram submersas em água por 24 horas para remoção da polpa. As sementes com e sem polpa foram armazenadas a 10 e 23 °C, sacos de plástico polietileno, sacos de papel kraft, recipiente de vidro, tetra pack, recipiente de polietileno. A avaliação das propriedades físicas, teor de água, proteína bruta, cinzas e índice de acidez das sementes foram realizados no tempo zero, três e seis meses de armazenamento.

## 2.2 Análises das propriedades físicas e físico-químicas das sementes de jatobá-do-cerrado

O teor de água foi determinado pelo método padrão em estufa a  $105 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas com três repetições conforme recomendado AOAC (2000). O tamanho das sementes foi determinado medindo-se o comprimento, largura e espessura de cada semente com paquímetro com resolução de 0,01 mm após secagem em diferentes temperaturas. A massa específica aparente das sementes de jatobá foi determinada pelo método do volume suplementar, utilizando frascos volumétricos ( $10 \pm 0,04 \text{ mL}$ ) e balança analítica (com precisão de 0,0001 g). O óleo de soja foi utilizado como volume adicional de líquido. Para a determinação foram utilizadas cinco amostras para cada temperatura de armazenamento, contendo trinta sementes cada porção. A densidade do líquido (óleo de soja) foi obtida pela razão entre a massa e o volume do fluido proveniente do balão. O balão volumétrico vazio foi pesado inicialmente e pesado novamente com óleo até a marca de 10 mL. A densidade aparente das sementes de jatobá foi determinada colocando cada amostra em um recipiente de volume e massa conhecidos. O volume dentro do frasco foi então suplementado com óleo de soja até um volume de 35,10 mL e o frasco foi pesado novamente. O conhecimento da massa do líquido utilizado no volume suplementar (obtido por subtração) e sua densidade permitiu calcular o volume ocupado pelas sementes. A massa específica aparente das sementes foi determinada pela relação entre massa e volume das sementes, equação (1).

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V}$$

(1)

em que,

$\rho_{ap}$ : massa específica aparente (kg m<sup>-3</sup>)

$m$ : massa de sementes (kg)

$V$ : volume (cm<sup>3</sup>)

Para calcular a área projetada da semente foi utilizada a equação (2).

$$A_p = 3.14AB$$

(2)

em que,

$A_p$ : área projetada (cm<sup>2</sup>)

$A$ : semi-eixo maior (cm)

$B$ : semi-eixo menor (cm)

A esfericidade Mohsenin (1986) foi calculada com base na média geométrica de três medidas perpendiculares ao eixo do corpo em relação ao eixo maior, conforme equação (3).

$$S = \frac{(\pi abc)^{1/3}}{a}$$

(3)

em que,

$S$ : esfericidade adimensional

$a$ : eixo maior (cm)

$b$ : eixo médio (cm)

$c$ : eixo menor (cm)

A circularidade foi determinada de acordo com a equação (4) Mohsenin (1986).

$$C = A_p / A_c$$

(4)

em que,

$C$ : é a circularidade, adimensional

$A_p$ : diâmetro do maior círculo inscrito na projeção do objeto, (cm<sup>2</sup>)

$A_c$ : diâmetro do menor círculo circunscrito na projeção do objeto, (cm<sup>2</sup>)

A forma foi determinada levando-se em consideração a esfericidade e redondeza da semente Mohsenin, (1986). A porosidade foi determinada pelo método direto Mohsenin (1986), adicionando uma massa conhecida aos espaços do volume do líquido granular. Foram utilizados um béquer de 30 mL e uma bureta de 50 mL, juntamente com óleo de soja. A porosidade foi calculada pela equação 5.

$$\varepsilon = \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{ap}}{\rho_{un}} \right) \right]$$

(5)

em que,

$\varepsilon$  : porosidade (%)

$\rho_{ap}$ : massa específica aparente (kg m<sup>-3</sup>)

$\rho_{un}$ : massa específica unitária (kg m<sup>-3</sup>)

A massa específica unitária foi determinada a partir da porosidade e da massa específica aparente das sementes, de acordo com a seguinte relação, equação (6) Mohsenin (1986).

$$\rho_{\mu} = \rho_{ap} / (\xi - 1)$$

(6)

em que,

$\rho_m$ : massa específica unitária ( $\text{kg m}^{-3}$ )

$\rho_{ap}$ : massa específica aparente ( $\text{kg m}^{-3}$ )

$\varepsilon$  : porosidade (%)

O volume de cada semente foi obtido pela equação (7).

$$Vg = \frac{\pi abc}{6}$$

(7)

em que,

$Vg$ : volume ( $\text{cm}^3$ )

O índice de acidez das amostras foi determinado conforme metodologia descrita pela AOAC (2000), com três repetições. O procedimento foi realizado colocando 5 g de amostra em um béquer de 250 mL, adicionando 150 mL de etanol e deixando repousar por aproximadamente 30 min, com agitação a cada 5 min. O sobrenadante foi então filtrado em papel filtro (0,5 mm) para um frasco Erlenmeyer e foram adicionados mais 100 mL de etanol, e a solução foi deixada em repouso por 15 minutos com agitação a cada 5 minutos. A solução foi então refiltrada e foram adicionadas quatro a cinco gotas de solução indicadora de fenolftaleína (1%) e a solução foi titulada com NaOH 0,1N até observar coloração rosa. A Equação 8 foi utilizada para cálculo do índice de acidez em  $\text{mg NaOH g}^{-1}$  em que,

$V$ : volume de titulação de NaOH 0,1N gasto (mL)

$N$ : normalidade

$F$ : fator de correção

$P$ : peso da amostra (g)

40: peso equivalente de NaOH

A quantidade de proteína bruta foi determinada para cada amostra através do método de digestão Kjeldahl, descrito em AOAC (2000), em três repetições. Este método foi desenvolvido em 1983 e é baseado em três etapas: digestão, destilação e titulação. O processo ocorre digerindo a matéria orgânica da amostra e a proteína em sulfato de amônio ( $\text{NH}_4\text{SO}_4$ ) e digerindo a mistura com ácido sulfúrico e calor. O material orgânico da amostra foi digerido

com ácido sulfúrico e um catalisador, e o nitrogênio foi transformado em sal de amônio. Para determinar o teor de proteína, pesou-se 1 g de amostra e colocou-se em um tubo de digestão, ao qual foram adicionados 1 pellet de catalisador de cobre (Cu) e 15 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Os tubos foram aquecidos no aparelho digestor a uma temperatura de 420 °C e foram removidos quando se desenvolveu uma cor verde clara (após cerca de 1 h). Após resfriamento, a amostra foi adicionada a 70 mL de água destilada e 30 mL de ácido bórico em um Erlenmeyer. Na etapa de destilação, a amônia foi liberada do sal de amônio por reação com hidróxido. Isto ocorreu através da captação de nitrogênio, que foi titulado e quantificado. Este procedimento foi realizado utilizando um destilador tubular pré-aquecido e um digestor. Com auxílio de uma alavanca contida em uma retorta, adicionou-se NaOH (40%) ao tubo e a mistura foi destilada por cerca de 4 min. Após a destilação, a titulação foi realizada com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1N. O volume de titulação foi utilizado na equação 10 para calcular a porcentagem de proteína bruta na amostra (Equação 10).

$$PB = \frac{V_t \times 0.4 \times F \times 6.25}{P}$$

em que,

*PB*: porcentagem de proteína bruta (%)

*V<sub>t</sub>*: volume titulado (mL)

0.14: grama equivalente de nitrogênio

*F*: solução do fator de correção of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1N

*P*: peso da amostra (g)

6,25: transformação de nitrogênio em fator proteico considerando 16% de nitrogênio.

A análise das cinzas foi realizada em uma amostra de 2 g de sementes de jatobá moídas, colocada em cadinho de porcelana tarado e aquecida a 100 °C em estufa e calcinada a 600 °C em mufla por 4 horas a 600 °C. A amostra foi então resfriada em dessecador até atingir a temperatura ambiente e pesada AOAC, (2000). Após a calcinação, a determinação das cinzas foi obtida pela diferença entre a massa do cadinho vazio, previamente calcinado, e a massa do cadinho e do resíduo de calcita, considerando a massa da amostra fresca.

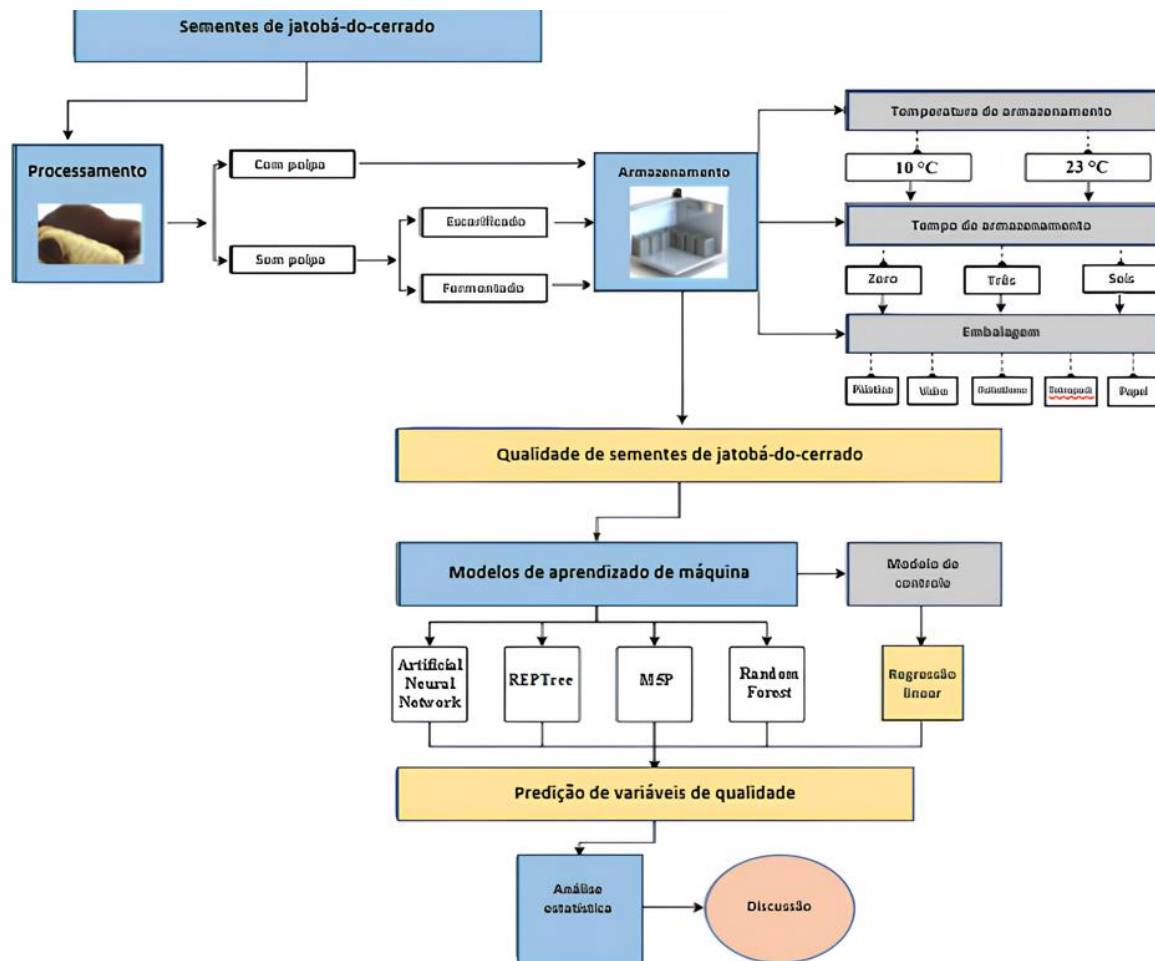
### 2.3 Análises estatísticas

Foi realizada análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi construída uma rede de correlação de Pearson entre as variáveis preditas teor de água (TA), massa de sementes (MS), comprimento (C), espessura (E), largura (L), volume (V), massa específica aparente (MEA), área projetada (AP), esfericidade (E), diâmetro médio (DM), área circular (AC), Circularidade (C), coeficiente de arrasto (CA), proteína bruta (PB), cinzas (CZ) e índice de acidez (IA). Essas análises foram realizadas com o auxílio do Software Rbio, seguindo os procedimentos recomendados por Bhering et al. (2017).

## 2.4 Aprendizado de Máquina

Os resultados obtidos foram analisados no software Weka versão 3.9.5. utilizando os seguintes modelos: Rede Neural Artificial (RNA), algoritmos de árvore de decisão (REPTree, RandTree e M5P), Floresta Aleatória (FA) e Regressão Linear Múltipla (RLM). ANNs testada consiste em uma única camada oculta formada por um número de neurônios igual ao número de atributos mais o número de classes, todos divididos por 2 Egmont-Petersen et al. (2002). O modelo RepTree é uma adaptação do classificador C4.5 que pode ser utilizado em problemas de regressão com uma etapa de poda adicional baseada em uma estratégia de redução de erros Snousy et al., (2011). O modelo RandTree consiste em uma classe para construção de uma árvore que considera K atributos escolhidos aleatoriamente em cada nó, além disso, não realiza poda e ainda, tem opção para permitir a estimativa de probabilidades de classe (ou média alvo no caso de regressão) com base em um conjunto de espera (backfitting). O modelo M5P é uma reconstrução do algoritmo M5 de Quinlan baseado na árvore de decisão convencional com a adição de uma função de regressão linear aos nós folha Blaifi et al. (2018). O modelo RF pode produzir várias árvores de previsão para o mesmo conjunto de dados e usar um esquema de votação entre todas as árvores aprendidas para prever novos valores Belgiu e Dr'agu (2016). O modelo MLR foi utilizado como modelo de controle, pois serve para prever os comportamentos entre variáveis que possuem uma boa correlação, sendo um modelo amplamente utilizado em estatística comum (Figura 2).

Figura 2. Predição da qualidade de sementes de jatobá-do-cerrado usando modelos de Aprendizado de Máquina



Através dos modelos de aprendizado de máquina, foram previstas as seguintes variáveis: teor de água (TA), massa de sementes (MS), comprimento (C), espessura (E), largura (L), volume (V), massa específica aparente (MEA), área projetada (AP), esfericidade (ES), diâmetro médio (DM), área circular (AC), circularidade (C), coeficiente de arrasto (CA), proteína bruta (PB), cinzas (CZ) e índice de acidez (IA). Utilizou-se uma configuração padrão do software para todos os modelos testados (Bouckaert et al., 2010) em uma CPU Intel® Core™ i5-3317U com 4 Gb de RAM. Todas as análises foram aplicadas com validações cruzadas aleatórias estratificadas de dobras com 10 repetições (80% treinamento) e (20% validação). Consideraram-se os seguintes parâmetros de entradas nos modelos: tempo-T (zero, três e seis), processamento-P (com polpa, sem polpa fermentada e sem polpa escarificado mecanicamente), condição de armazenamento-SC (10 °C e 23 °C) e embalagens-



PC (recipiente de polietileno, Tetra Pak, recipiente de vidro, saco de plástico de polietileno e saco de papel kraft) com três repetições para cada tratamento. As estatísticas utilizadas para verificar a qualidade do ajuste foram o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre os valores observados e preditos por cada modelo e o erro médio absoluto (MAE) dos valores preditos em relação aos observados consoante a metodologia proposta por Bhering et al. (2017) a partir do software Rbio e o software R, utilizando os pacotes ggplot2 e gridExtra.

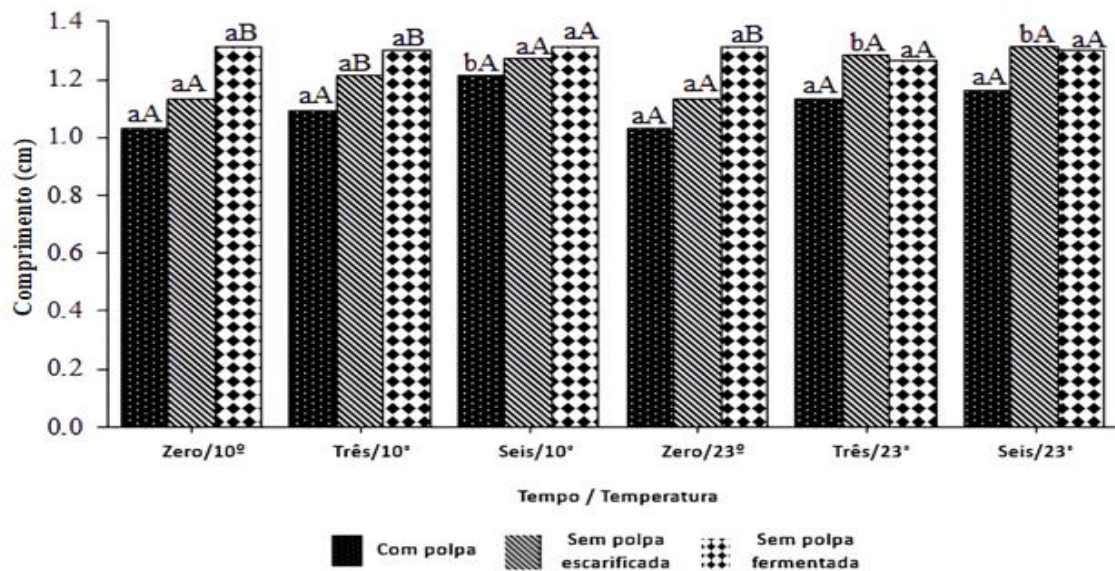
### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Propriedades físicas das sementes de jatobá-do-cerrado**

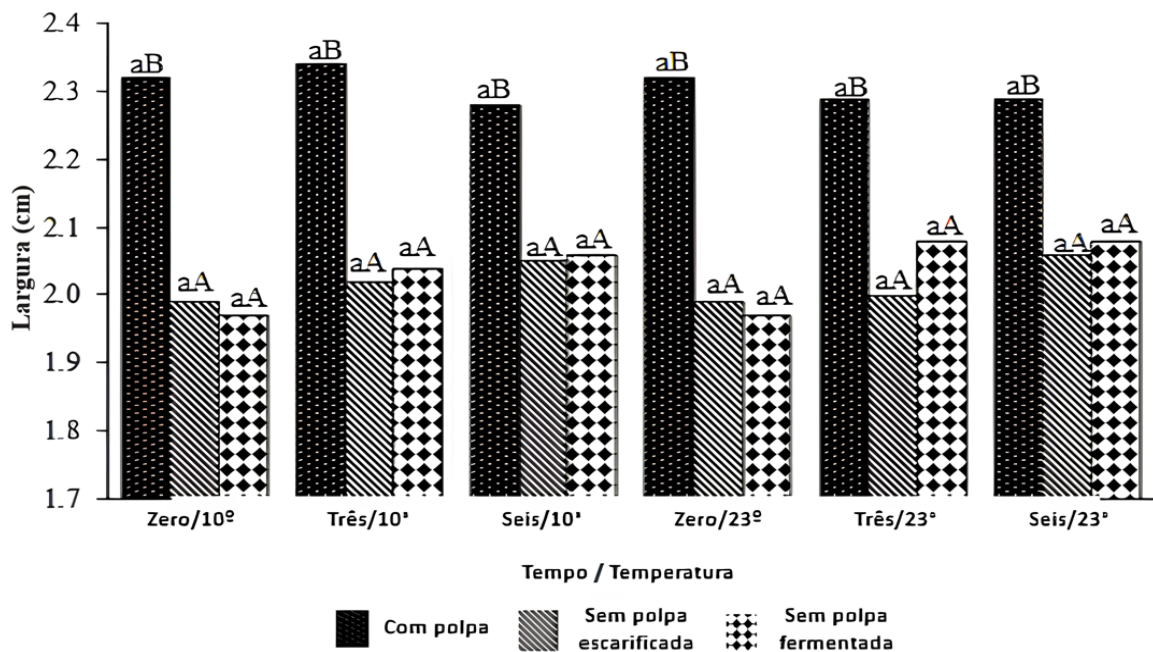
Os resultados das análises físicas das sementes de jatobá-do-cerrado foram significativos a 5% de probabilidade para as diferentes condições de processamento e armazenamento e não significativas para os diferentes tipos de embalagens. O comprimento, largura e espessura das sementes variaram de 2,38 a 2,93 cm, de 1,97 a 2,34 cm e de 1,39 a 1,74 cm, respectivamente. A largura das sementes variou dependendo do tipo de embalagem utilizada para armazenamento. Houve maior aumento na largura das sementes quando armazenadas em recipientes de vidro e tetra packs, e redução na largura das sementes em sacos plásticos de polietileno e embalagens de papel.

Para outras espécies como o vinhático, *Plathymenia reticulata*, que em seu estudo as sementes foram armazenadas em rolo de papel em diferentes temperaturas e num período de 18 meses, as sementes armazenadas tiveram a porcentagem de germinação inferior comparando com as sementes recém-colhidas sem passar pelo processo de armazenamento. Orestes (2020). Resultados semelhantes foram observados para o volume de sementes (Figura 3, 4 e 5).

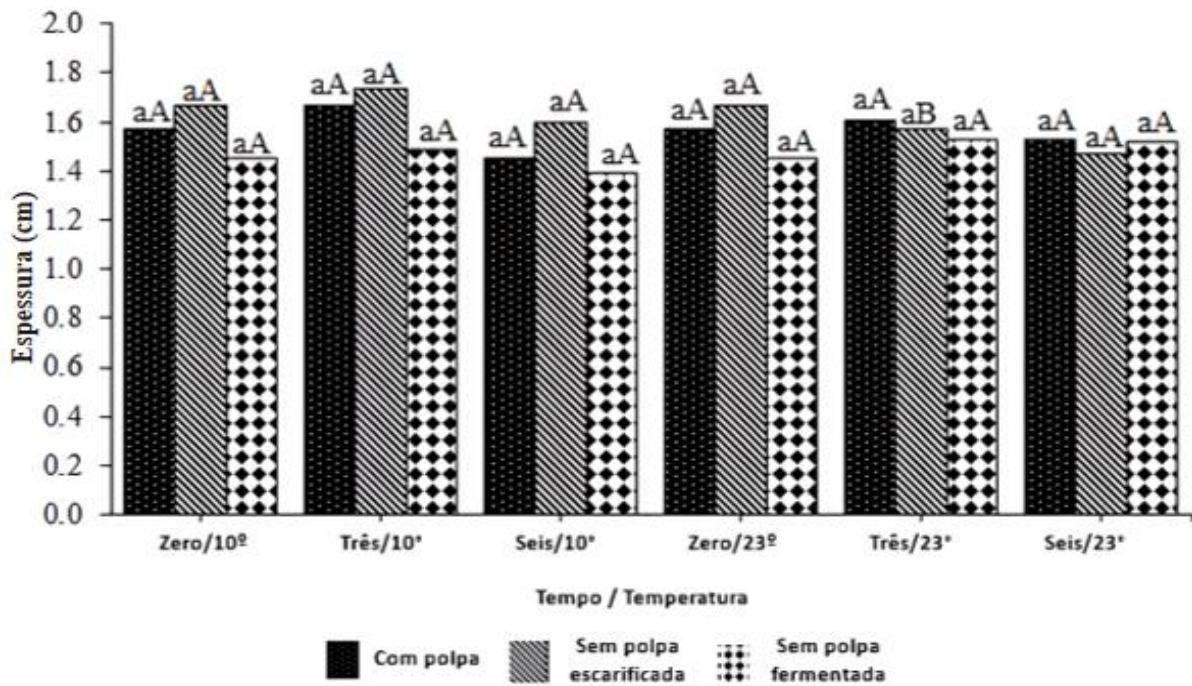
**Figura 3.** Avaliação das propriedades físicas: comprimento de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



**Figura 4.** Avaliação das propriedades físicas: largura de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



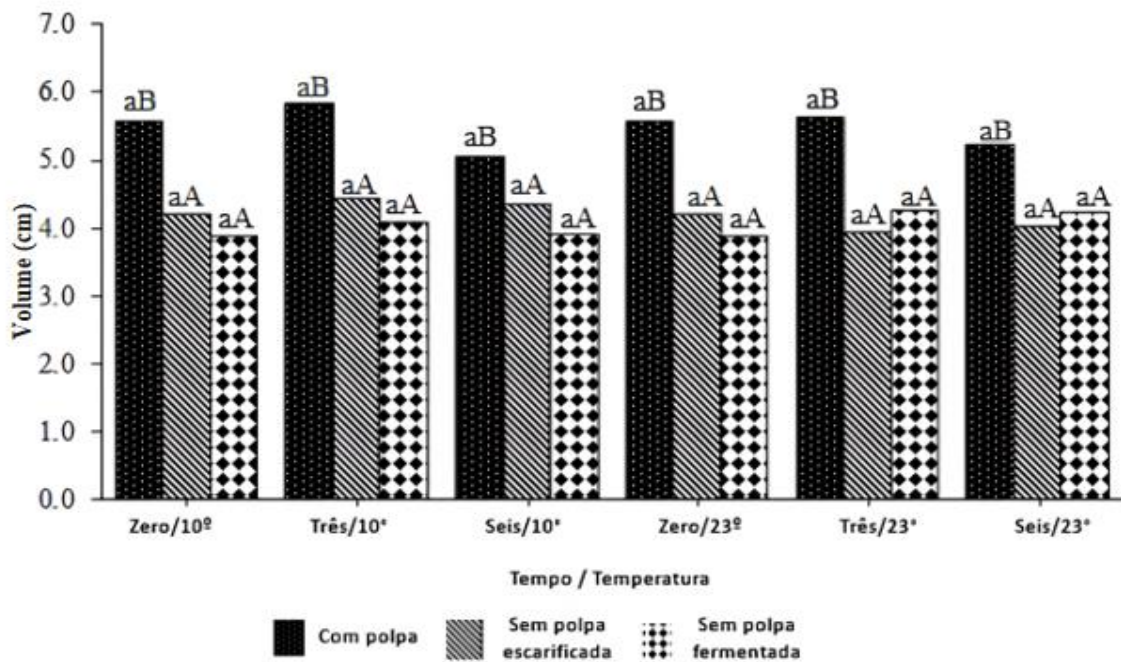
**Figura 5.** Avaliação das propriedades físicas: espessura de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



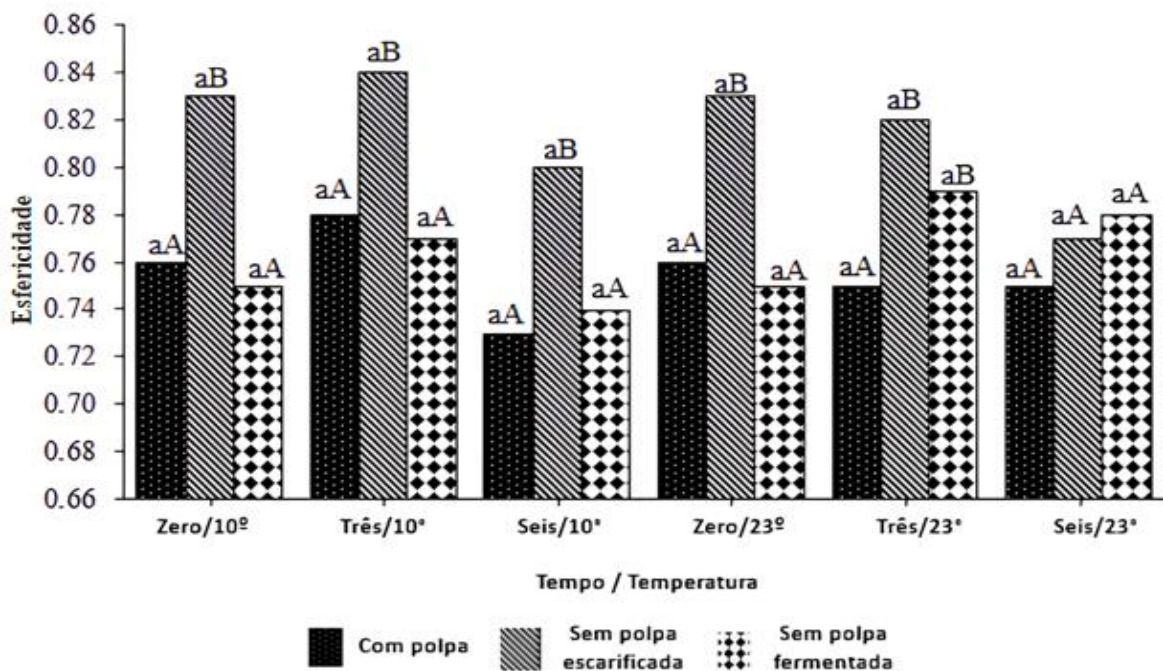
O volume das sementes aumentou após o armazenamento em tetra packs e recipientes de PET e diminuiu nas sementes armazenadas em sacos de papel de kraft. Os eixos das sementes aumentaram com o aumento do tempo de armazenamento em recipientes de vidro, tetra packs e sacos plásticos de polietileno. Esses valores foram superiores aos encontrados por Andrade et al. (2010) para espécies *Hymenaea courbaril* L.

A espessura das sementes armazenadas aumentou quando as sementes foram armazenadas em recipiente de PET, após três meses de armazenamento a 10 °C, enquanto, após seis meses de armazenamento, a espessura das sementes diminuiu na maioria dos tratamentos de embalagem, especialmente sacos de papel de kraft, pois nada impede as trocas de umidade do ar, mesmo tendo uma resistência, contribuindo para que o diâmetro da semente não tenha sofrido alteração devido ao processamento e o armazenamento. Baudet (2003). O teor de água das sementes aumentou de 9,71 para 13,43% (b.u.) na temperatura de armazenamento de 10 °C e de 9,71 para 13,18% (b.u.) a 23 °C, alterando também a massa e a massa específica das sementes (Figura 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

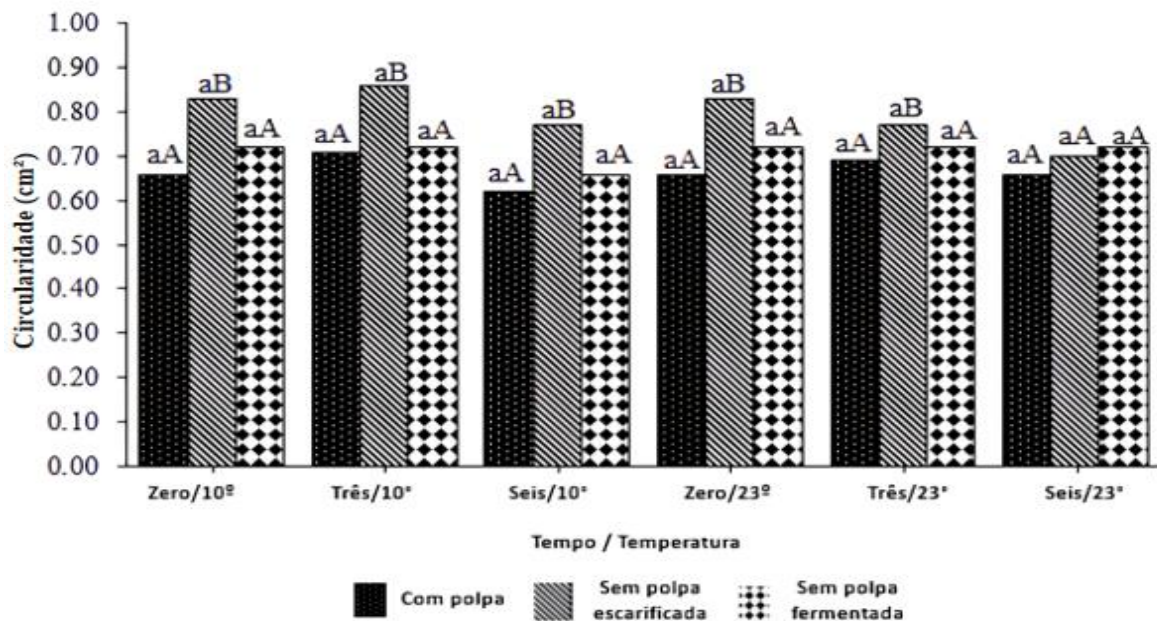
**Figura 6.** Avaliação das propriedades físicas: volume de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



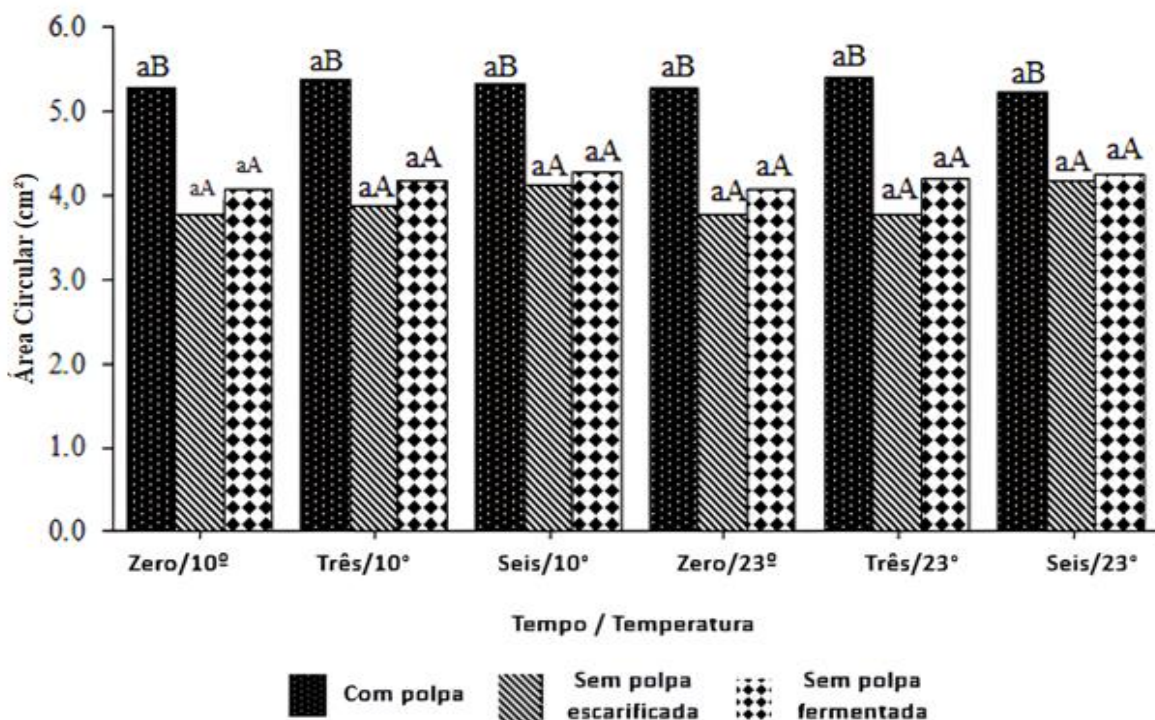
**Figura 7.** Avaliação das propriedades físicas: esfericidade de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



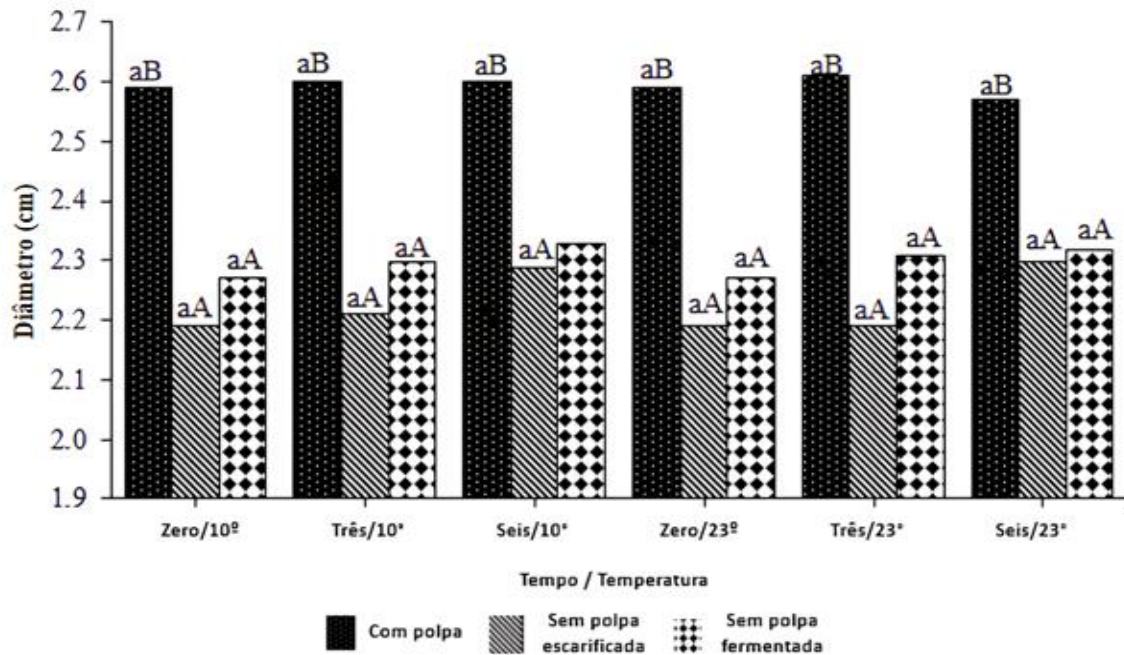
**Figura 8.** Avaliação das propriedades físicas: circularidade de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



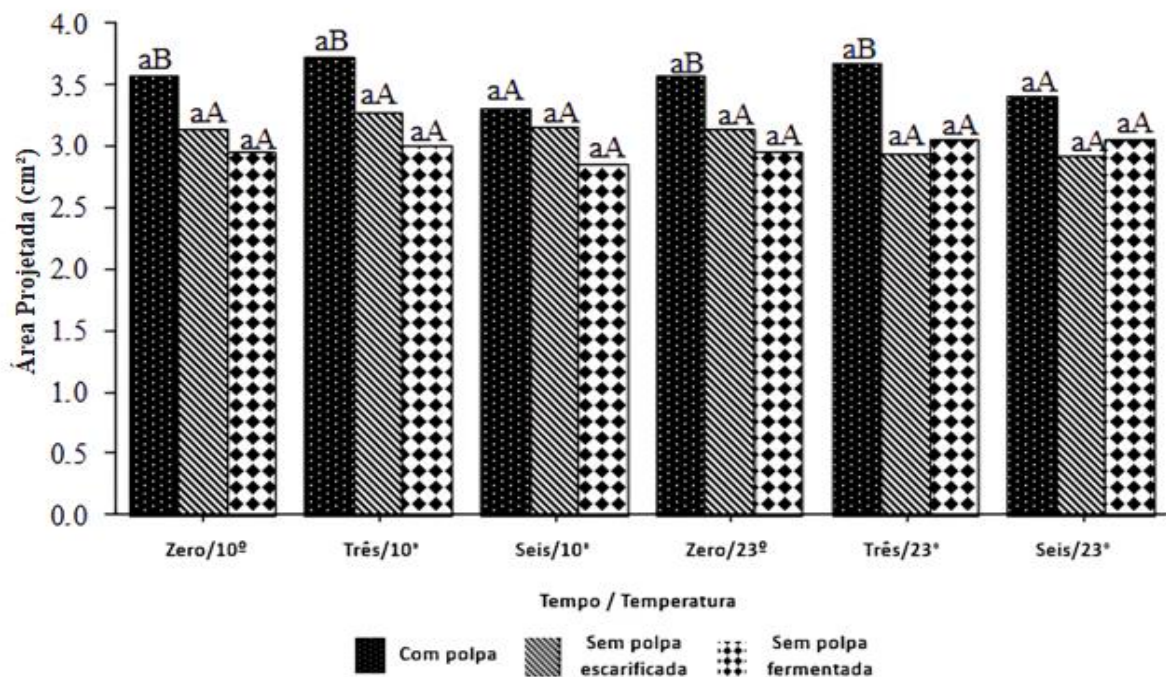
**Figura 9.** Avaliação das propriedades físicas: área circular de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



**Figura 10.** Avaliação das propriedades físicas: diâmetro de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.

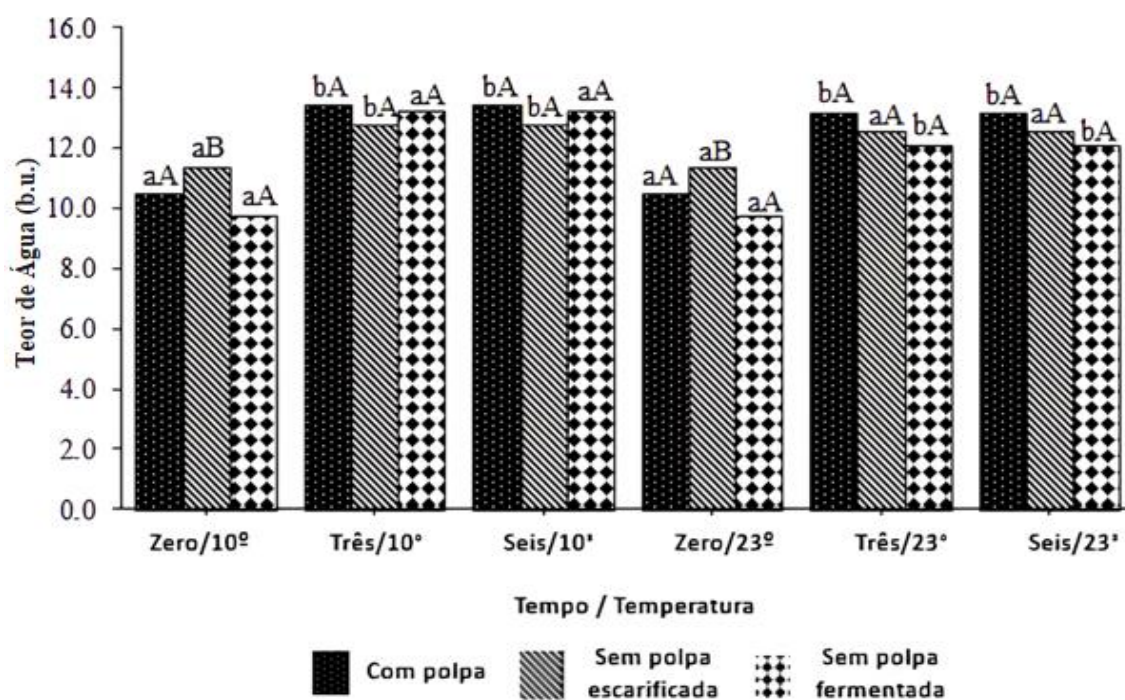


**Figura 11.** Avaliação das propriedades físicas: área projetada de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



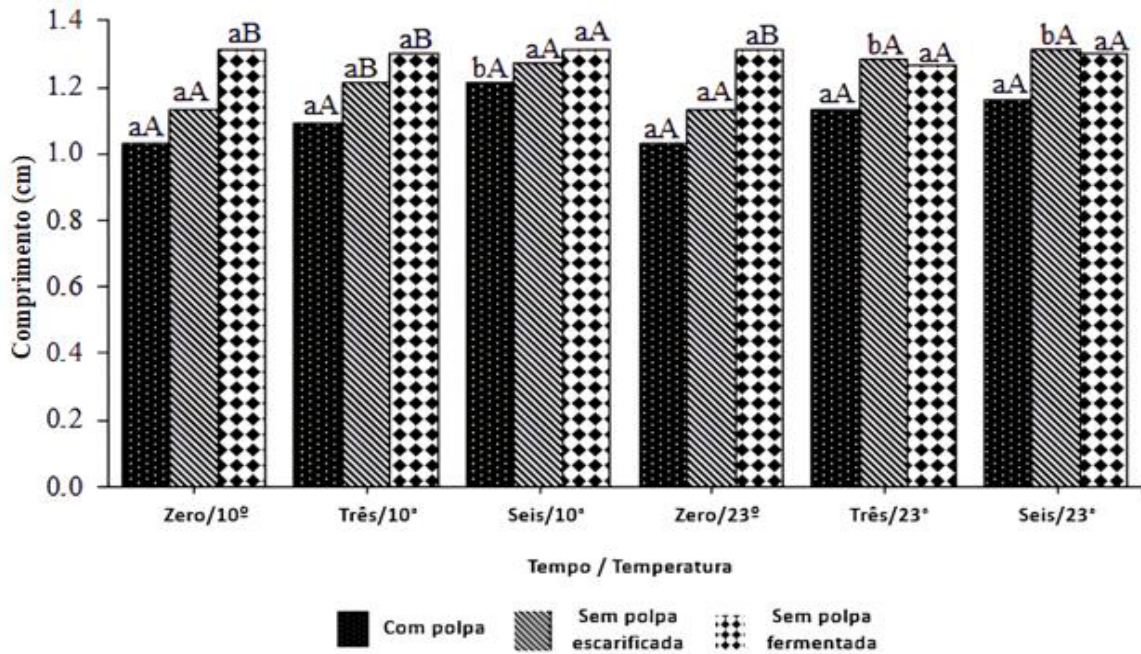
Verificou-se o mesmo na área projetada das sementes, porém os menores valores foram obtidos nas sementes despulpadas por fermentação (Figura 11). Foram observadas diferenças na área projetada, área circular, esfericidade, circularidade e diâmetro entre os diferentes tipos de embalagens, independente do tempo de armazenamento e da temperatura. As embalagens de saco de papel de kraft tiveram maior efeito sobre a área circular projetada, circularidade, circularidade e diâmetro das sementes, enquanto as embalagens de tetra packs, recipientes de vidro e PET influenciaram no tamanho das sementes.

**Figura 12.** Avaliação das propriedades físicas: teor de água das sementes de Jatobá-docerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.

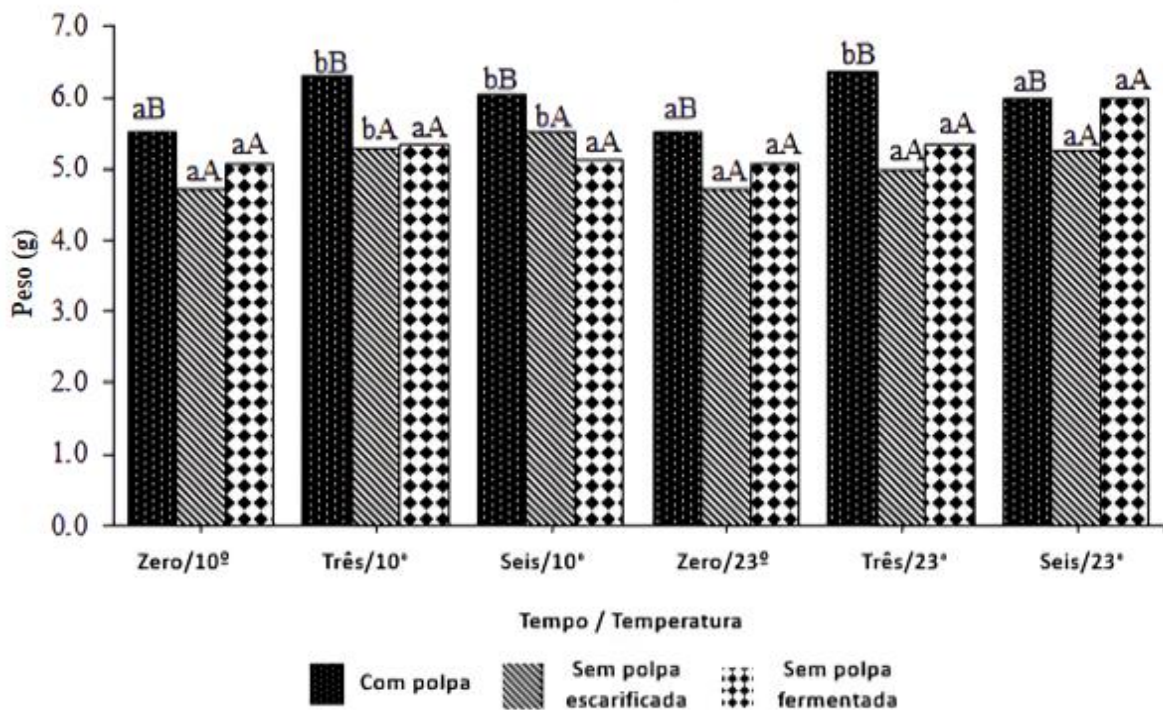


É fato que no armazenamento, mesmo em condições seguras em teores de água nos grãos, a forma, as condições do tempo de armazenagem dos lotes podem causar aquecimento e elevar as taxas respiratórias das sementes. Nyabako et al. (2020). Portanto, percebe-se que nos períodos de três e seis meses houve um aumento significativo no teor de água, independente do processamento e da temperatura ser de 10° ou 23°.

**Figura 13.** Avaliação das propriedades físicas: comprimento de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



**Figura 14.** Avaliação das propriedades físicas: peso das sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.





As sementes armazenadas em recipientes de vidro e tetra packs apresentaram os maiores teores de água, independente da temperatura de armazenamento Sommerville et al. (2021). O teor de água aumentou nas sementes a partir do terceiro mês de armazenamento em todos os tipos de embalagens. O teor de água influenciou diretamente nos processos metabólicos das sementes, sendo que o aumento do teor de água elevou a taxa respiratória das sementes. Tanto em baixas como em altas temperaturas de armazenamento (10 ou 23 °C), as sementes perderam massa quando armazenadas em embalagens permeáveis (sacos de papel kraft e embalagens de tetra packs).

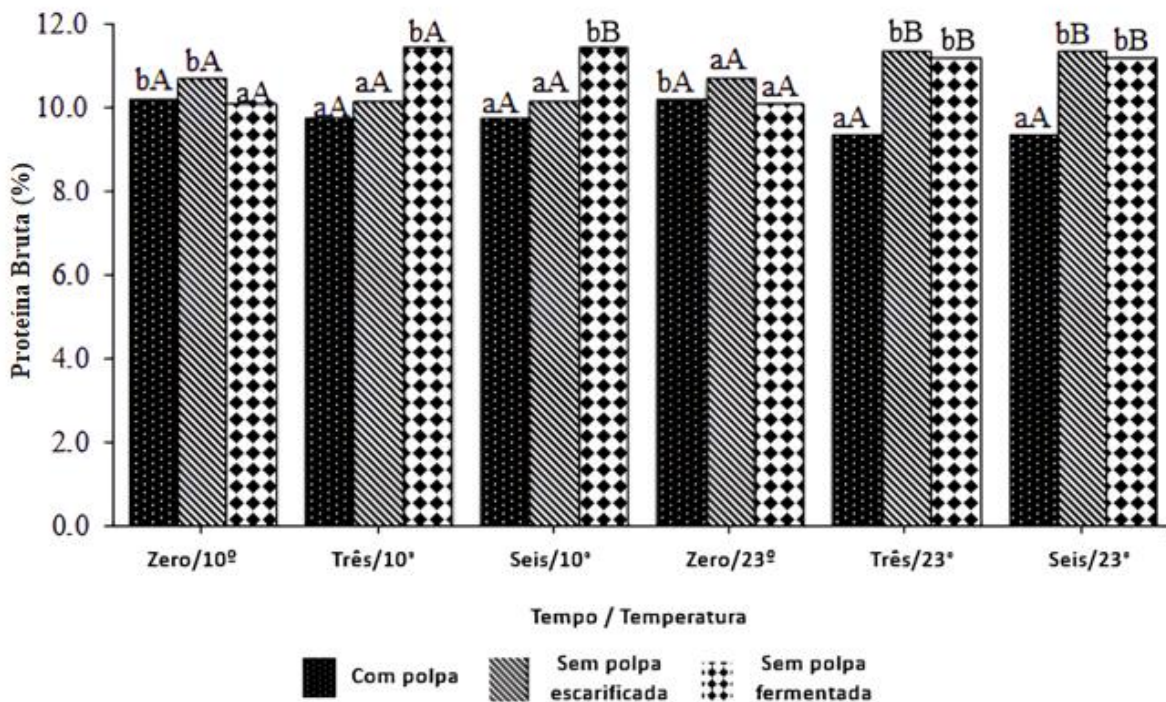
A circularidade e esfericidade das sementes foram influenciadas pelo despulpamento por escarificação mecânica. A esfericidade variou de 0,73 (sementes com polpa) a 0,84 (sementes escarificadas sem polpa) e a circularidade variou de 0,66 (sementes com polpa) a 0,86 (sementes escarificadas sem polpa). As áreas circulares das sementes foram maiores para as sementes com polpa (5,40 cm<sup>2</sup>) e menores nas sementes escarificadas (3,77 cm<sup>2</sup>).

### 3.2 Qualidade físico-química das sementes de jatobá-do-cerrado processadas e armazenadas

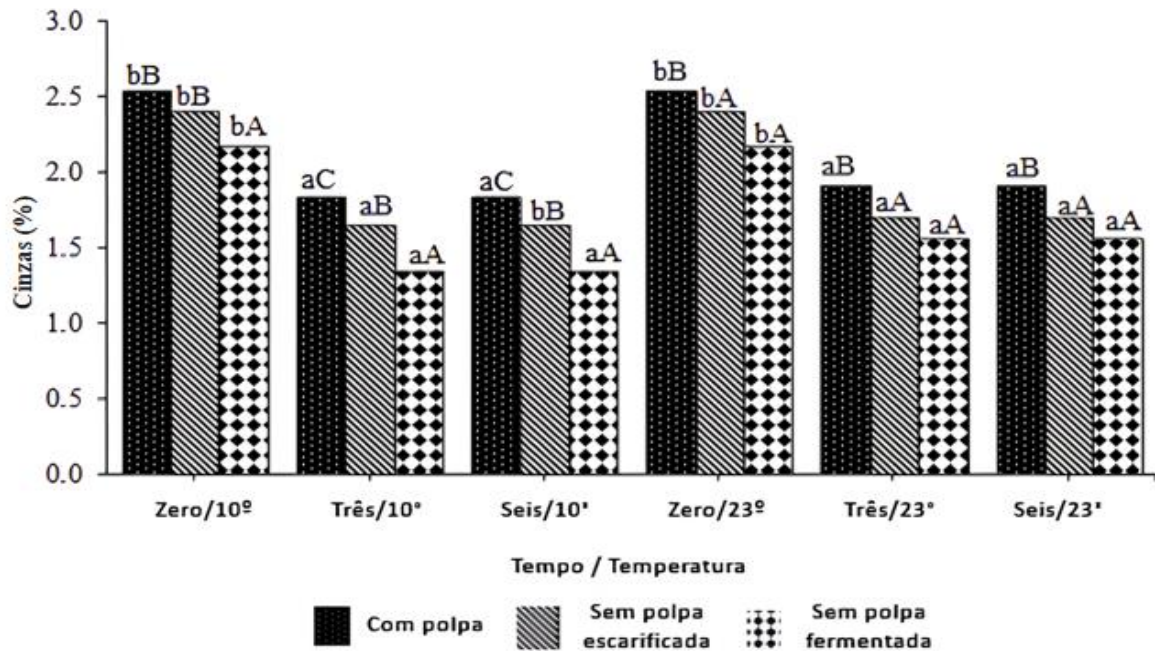
As alterações físicas influenciaram sobre a qualidade das sementes Nadarajan et al. (2023). Foram observadas alterações significativas ( $P < 0,05$ ) na qualidade química das sementes de jatobá-do-cerrado submetidas a diferentes condições de processamento e armazenamento, e não significativas em função do tipo de embalagem de armazenamento. Os melhores resultados de proteína bruta foram verificados nas condições de armazenamento a 10 °C para as sementes despulpadas com fermentação (11,41%) no terceiro mês de armazenamento, enquanto, os menores percentuais de proteína bruta foram encontrados nas sementes com polpa (9,32%) a partir do terceiro mês de armazenamento. Além disto, observou-se redução do percentual de cinzas (Figura 6) com o aumento do tempo de armazenamento. As sementes despulpadas por fermentação apresentaram os menores percentuais de cinzas (1,34%), enquanto, os maiores percentuais foram verificados nas sementes com polpa (2,53%). Os índices de acidez nas sementes aumentaram a partir do terceiro mês de armazenamento (Figura 14). O maior índice de acidez foi observado nas sementes com polpa (9,73 mL de NaOH 1N) e o menor nas sementes sem polpa, após fermentação (4,71 mL de NaOH 1N). Matuda e Maria Neto (2005) estudaram a composição química de sementes de jatobá-do-cerrado e obtiveram os seguintes resultados para umidade,

cinzas, proteínas e lipídios (10,18%, 1,80%, 9,05% e 5,3%, respectivamente). A porcentagem de proteína bruta das sementes armazenadas a 10 °C diminuiu após o terceiro mês de armazenamento em embalagem tetra packs e recipientes de vidro, e aumentou após armazenamento em sacos de papel kraft, sacos de plásticos de polietileno e recipientes PET. Na temperatura de armazenamento de 23 °C observou-se que o maior percentual de proteína bruta foi obtido nas sementes armazenadas em recipientes de vidro, tetra packs ou papel, enquanto, as sementes armazenadas em recipientes PET e sacos de plásticos de polietileno obtiveram menor percentual de proteína bruta. Em contrapartida, ao longo do período de armazenamento, o percentual de cinzas diminuiu para todos os tipos de embalagens testadas, e os maiores efeitos foram observados para as embalagens de papel de kraft, independentemente das condições de armazenamento.

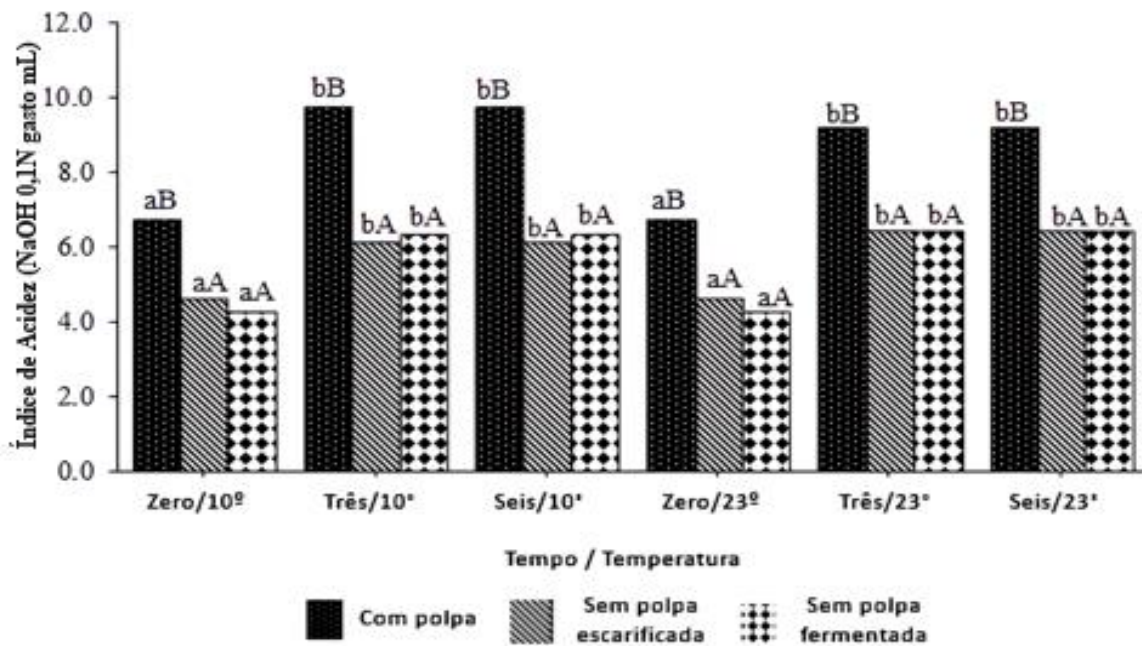
**Figura 15.** Avaliação da qualidade físico-química: proteína bruta de sementes de Jatobá-docerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



**Figura 16.** Avaliação da qualidade físico-química: cinzas de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



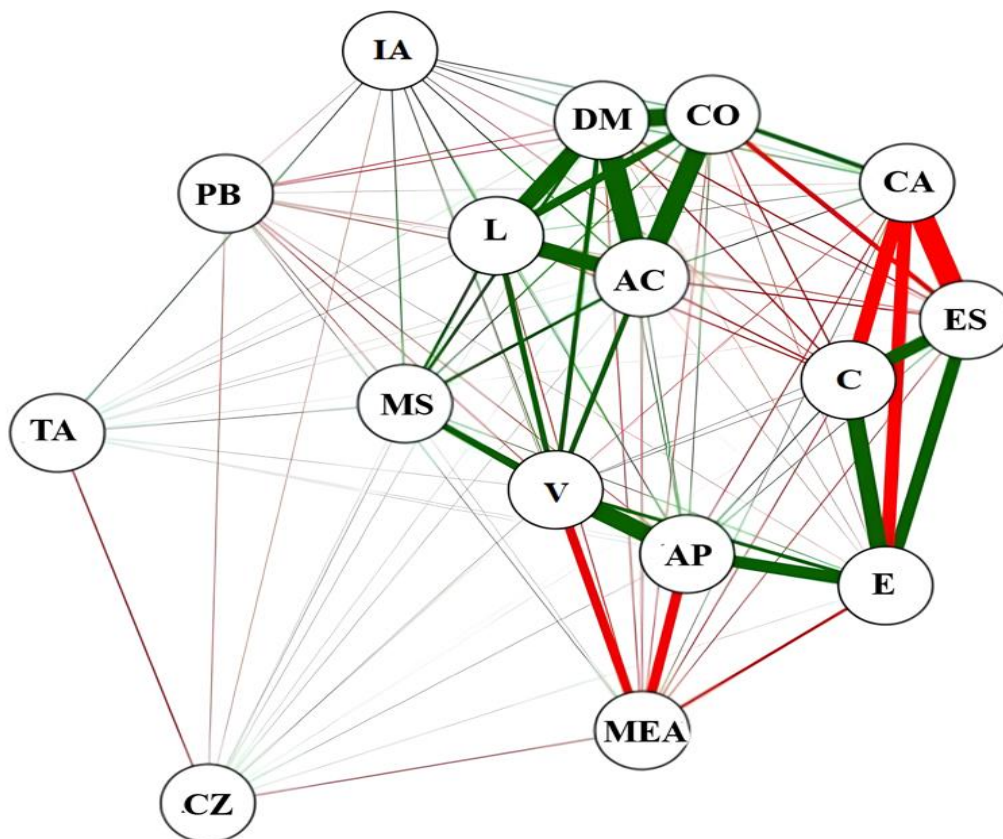
**Figura 17.** Avaliação da qualidade físico-química: índice de acidez de sementes de Jatobá-do-cerrado encontradas no município de Chapadão do Sul. Letras minúsculas comparam entre os tempos e condições de armazenamento e letras maiúsculas comparam os diferentes tipos de processamentos. Sendo que letras iguais não diferem estatisticamente entre si.



### 3.3 Análises de correlação Pearson das variáveis de qualidade das sementes

A Figura 18 apresenta a rede de correlação de Pearson para as propriedades físicas e de qualidade físico-química das sementes de jatobá-do-cerrado. Na fração central desta figura está o grupo de variáveis positivamente e altamente correlacionadas entre si, ligadas por linhas verdes grossas, DM x C, DM x W, DM x AC, AC x C, W x AC, V x AP, AP x E, E x C, C x SP). As variáveis W x MS, W x V, MS x V, AC x V, MS x AC (localizadas no lado esquerdo do gráfico) apresentaram correlação positiva e com média magnitude. Da mesma forma, foi observada correlação negativa entre as variáveis CA x C, CA x ES, DC x E (localizadas no lado superior direito), enquanto que, as variáveis inferiores do lado direito V x MEA e ES x MEA apresentaram correlação negativa de alta magnitude (linhas vermelhas grossas).

Figura 18. Correlação de Pearson entre as variáveis previstas, teor de água (TA), Massa de Sementes (MS), comprimento (CO), espessura (E), largura (L), volume (V), massa específica aparente (MEA), área projetada (AP), esfericidade (ES), diâmetro médio (DM), área circular (AC), circularidade (C), coeficiente de arrasto (CA), proteína bruta (PB), cinzas (CZ) e índice de acidez (IA).



### 3.4 Aprendizado de Máquina

Nos últimos anos, os métodos de Aprendizado de Máquina têm sido usados para prever o rendimento de diferentes culturas agrícolas Ramos et al. (2020); Teodoro et al. (2021), a taxa de aplicação de nitrogênio nos solos Osco et al. (2016) e a concentração de nitrogênio nas folhas Osco et al. (2020), classificação de sementes Hussain e Ajaz (2015) e porcentagem de proteína bruta em grãos armazenados Kumar e Deswal (2020). O algoritmo Floresta Aleatória, por exemplo, foi uma técnica de Aprendizado de Máquina usada com sucesso na previsão de colheitas Radhika e Rao, (2014). Em comparação com modelos de Regressão Linear Múltipla, esta técnica é eficaz e mais fácil de usar em análises de previsão de rendimento para milho, soja e batata Pazoki e Pazoki, (2011); Jeong et al., (2016). Outro exemplo são as Redes Neurais Artificiais (RNAs) que são algoritmos que podem ser treinados para analisar e interpretar dados complexos de segurança alimentar Hai et al. (2021), previsões físicas e químicas Goyal, (2014); Zhang et al. (2020). Assim, pode-se afirmar que em comparação com outros tipos de sementes, as RNA e RF foram os modelos mais indicados para prever as variáveis físicas e físico-químicas de sementes de jatobá. A (RNA) podem prever os resultados de novos dados de entrada independentes, tornando-os melhores para a modelagem dos dados não lineares Lutz e Coradi, (2022). Essa característica torna os modelos computacionais mais atrativos em função da compreensão incompleta do problema ser resolvido, com dados de treinamento suficientes e prontamente acessíveis Rodrigues et al. (2024).

Tabela 1. Desdobramento da interação significativa entre os modelos x entradas para coeficiente de correlação (r), erro absoluto médio (MAE), coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) entre os valores observados e estimados das propriedades físicas de sementes de jatobá submetidas a diferentes processamentos e condições de armazenamento, para os diferentes modelos de Aprendizado de Máquina

Modelos	R	MAE	R <sup>2</sup>	R	MAE	R <sup>2</sup>	R	MAE	R <sup>2</sup>	R	MAE	R <sup>2</sup>
	Comprimento			Largura			Espessura			Volume		
RLM	0.71865 a	0.14132 a	0.5165	0.72046 a	0.10426 a	0.5191	0.27719 a	0.18842 a	0.0770	0.71508 a	0.75221 a	0.5113
RNAs	0.72682 a	0.14246 a	0.5283	0.72063 a	0.10392 a	0.5193	0.23624 a	0.21643 a	0.0558	0.84187 a	0.51436 b	0.7087
M5P	0.70860 a	0.14355 a	0.5021	0.73726 a	0.10306 a	0.5435	0.27719 a	0.18842 a	0.0768	0.85318 a	0.47889 b	0.7279
FA	0.73589 a	0.13744 a	0.5415	0.72528 a	0.10157 a	0.5260	0.25976 a	0.19015 a	0.0675	0.84479 a	0.51502 b	0.7136
RadTree	0.73104 a	0.14027 a	0.5344	0.70457 a	0.10581 a	0.4964	0.23114 a	0.19236 a	0.0534	0.76601 a	0.53979 b	0.5867
RepTree	0.74449 a	0.13850 a	0.5543	0.72625 a	0.10198 a	0.5275	0.19910 a	0.19523 a	0.0396	0.83585 a	0.49769 b	0.6986
Modelos	Diâmetro médio			Área projetada			Área circular			Coeficiente de arrasto		
RLM	0.76750 a	0.10790 a	0.5890	0.39775 a	0.40665 a	0.1582	0.40580 a	0.40991 a	0.1646	0.41706 a	0.21455 a	0.1739
RNAs	0.74629 a	0.11184 a	0.5569	0.38641 a	0.44375 a	0.1493	0.77161 a	0.42213 a	0.5954	0.36423 a	0.10375 b	0.1326
M5P	0.77807 a	0.10529 a	0.6053	0.39775 a	0.40665 a	0.1582	0.78028 a	0.39813 a	0.6088	0.42073 a	0.09517 b	0.1770
FA	0.77422 a	0.10438 a	0.5994	0.41443 a	0.40010 a	0.1717	0.77799 a	0.40000 a	0.6053	0.41837 a	0.09438 b	0.1750
RadTree	0.57671 b	0.12873 a	0.3326	0.39777 a	0.41120 a	0.1582	0.61881 a	0.45171 a	0.3829	0.42138 a	0.09415 b	0.1776
RepTree	0.75862 a	0.10912 a	0.7586	0.40186 a	0.40580 a	0.1614	0.75929 a	0.41685 a	0.5765	0.39788 a	0.09669 b	0.1583
Modelos	Esfericidade			Circularidade			Teor de água			Massa		
RLM	0.41728 a	0.04392 a	0.1741	0.42520 a	0.09475 a	0.1808	0.71508 a	0.75221 a	0.5113	0.49906 a	0.58396 c	0.2491
RNAs	0.41297 a	0.04468 a	0.1705	0.36423 a	0.10375 a	0.1326	0.84187 a	0.51436 b	0.7087	0.29293 c	0.68581 a	0.0858
M5P	0.42244 a	0.04440 a	0.1784	0.42073 a	0.09517 a	0.1770	0.85318 a	0.47889 b	0.7279	0.37817 b	0.65963 b	0.1430
AM	0.45614 a	0.04310 a	0.2080	0.41837 a	0.09438 a	0.1750	0.84479 a	0.51502 b	0.7136	0.40349 b	0.63748 b	0.1628
RadTree	0.39853 a	0.04462 a	0.1588	0.42138 a	0.09415 a	0.1776	0.76601 a	0.53979 b	0.5867	0.35913 b	0.64870 b	0.1289
RepTree	0.47224 a	0.04207 a	0.2230	0.39788 a	0.09669 a	0.1583	0.83585 a	0.49769 b	0.6986	0.34495 b	0.66981 a	0.1189
Modelos	Massa específica aparente			Proteína bruta			Cinzas			Índices de acidez		
RLM	0.50852 a	0.11855 a	0.2585	0.41221 c	0.88167 a	0.1699	0.77036 b	0.20437 a	0.5935	0.80992 a	0.89413 b	0.6559
RNAs	0.50714 a	0.12286 a	0.2571	0.85592 a	0.49572 c	0.7326	0.86422 a	0.14934 b	0.7469	0.86115 a	0.76010 c	0.7415
M5P	0.50953 a	0.11891 a	0.2596	0.72529 b	0.67239 b	0.5260	0.88002 a	0.13200 b	0.7744	0.88153 a	0.69179 c	0.7771
AM	0.50789 a	0.11691 a	0.2579	0.87091 a	0.35733 d	0.7584	0.88521 a	0.13420 b	0.7836	0.83453 a	0.83000 b	0.6964
RadTree	0.50000 a	0.11972 a	0.2500	0.38888 c	0.86674 a	0.1512	0.63559 c	0.23633 a	0.4039	0.60157 b	1.28642 a	0.3619
RepTree	0.48486 a	0.12016 a	0.2350	0.39456 c	0.85052 a	0.1556	0.78213 b	0.18698 a	0.6117	0.66507 b	1.24280 a	0.4423

Letras iguais na coluna não diferem a  $p < 0,05$  pelo teste Scott knott. Regressão Linear Múltipla (RLM), Redes Neurais Artificiais (RNAs), Algoritmo M5 de Quinlan (M5P) e Floresta Aleatória (FA), Árvore de Decisão (RepT) e Árvore Aleatória (RadT).

Para as propriedades físicas, largura, espessura, diâmetro médio, área projetada, área circular, esfericidade, circularidade e massa específica aparente das sementes, não houve diferença entre os modelos testados (Tabela 1, Figuras 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25). Entretanto, para o volume, o coeficiente de determinação ( $r$ ) e teor de água das sementes, os modelos RNAs, RepTree, M5P, RadTree e FA tiveram valores de MAE mais baixos em comparação ao RLM. Para essas variáveis, os valores de  $r$  não apresentaram diferenças significativas entre os modelos. Já, para a análise de massa das sementes (Tabela 1, Figura 25) verificou-se que os valores de  $r$  foram abaixo de 0,5, sendo maior para o modelo RLM e menor para RNAs, enquanto, os valores da MAE foram maiores para RNAs e menor para RLM. Os modelos RNAs e FA destacaram-se na análise de proteína bruta, com maior  $r$  e menor MAE, enquanto, os modelos RNAs, M5P e FA destacaram-se cinzas e o índice de acidez (Tabela 1, Figuras 27).

Para prever as propriedades e a qualidades físico-químicas de sementes jatobá-do-cerrado, foram treinados os modelos de algoritmo de Aprendizado de Máquina AM, M5P, Rdtree, Reptree, RNA e modelo tradicional de regressão linear múltipla RL nas variáveis comprimento da semente, espessura da semente, largura, volume, diâmetro médio, área projetada, área circular, coeficiente de arrasto, esfericidade, circularidade, teores de água, massa, massa específica aparente, proteína bruta, cinzas e índice de acidez. Estes dados foram ajustados pelo coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre os valores observados e preditos por cada modelo e o erro médio absoluto (MAE) dos valores previstos.

Para as variáveis comprimento, espessura, largura, área projetada, área circular, esfericidade, circularidade e massa específica aparente da semente de jatobá não teve diferença estatística significativa para valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) em todos os modelos testados FA, M5P, Rdtree, Reptree, RL, RNA.

O Erro Médio Absoluto (MAE) é uma métrica de avaliação de modelos de regressão. O erro absoluto médio de um modelo em relação a um conjunto de teste é a média dos valores absolutos dos erros de previsão individuais em todas as instâncias do conjunto de teste. Cada erro de previsão é a diferença entre o valor verdadeiro e o valor previsto para a instância. Sammut e Webb (2011).

$$mae = \frac{\sum_{i=1}^n abs(y_i - \lambda(x_i))}{n}$$

Onde  $y_{eu}$  é o verdadeiro valor de destino para a instância *de teste*  $x_{eu}$ ,  $\lambda(x_{eu})$  é o valor de destino previsto para a instância *de teste*  $x_{eu}$  e  $n$  é o número de instâncias de teste.

Para as variáveis comprimento, espessura, largura, área projetada, área circular, esfericidade, circularidade e massa específica aparente da semente de jatobá não teve diferença estatística significativa para valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) em todos os modelos testados FA, M5P, Rdtree, Reptree, RL, RNA.

Para a variável diâmetro médio não houve diferença estatística significativa para valores médios do erro médio absoluto (MAE), que significa uma métrica utilizada para avaliar desempenho de modelos de regressão em Aprendizado de Máquina. A variável índice de acidez, proteína bruta, massa específica aparente, houve diferença estatística significativa para valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) em todos os modelos testados FA, M5P, Rdtree, Reptree, RL, RNA. Neste caso, todos os modelos de Aprendizado de Máquina podem ser indicados para predizer estas variáveis químicas.

Para os teores de água no jatobá-semente, os modelos de Aprendizado de Máquina, FA, M5P, Rdtree, Reptree e RNA, assim como a regressão linear múltipla (RL), não diferiram estatisticamente entre si. Logo, podem ser aplicadas para descrever esta variável da semente de jatobá. Alguns estudos na literatura mostram que os modelos RNA e FA, predizem satisfatoriamente a qualidade de semente de soja ao longo do armazenamento Coradi et al (2020).



Figura 19. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados de comprimento (L) e espessura (T) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.

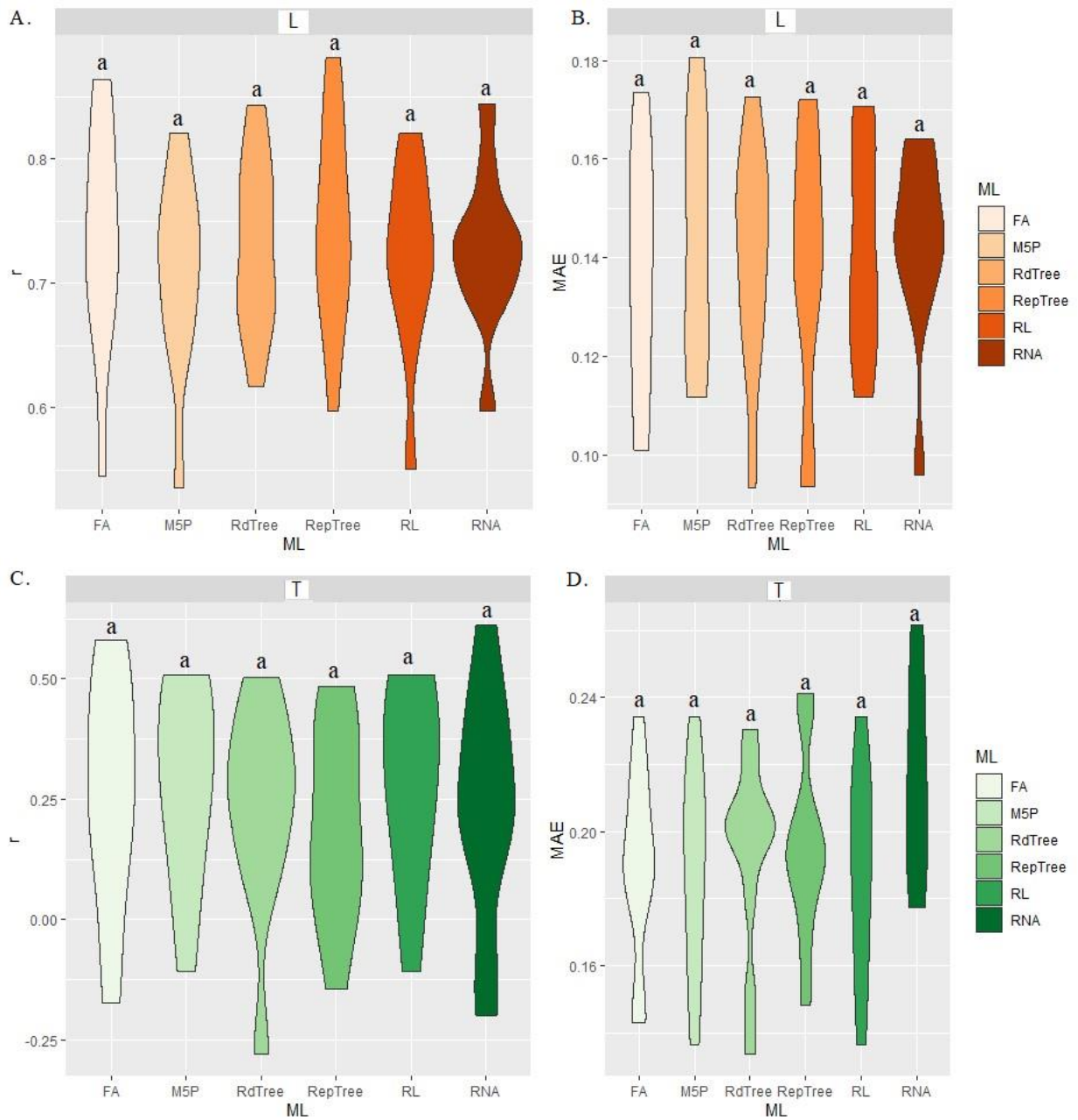


Figura 20. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados de largura (W) e volume (V) de semente de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.

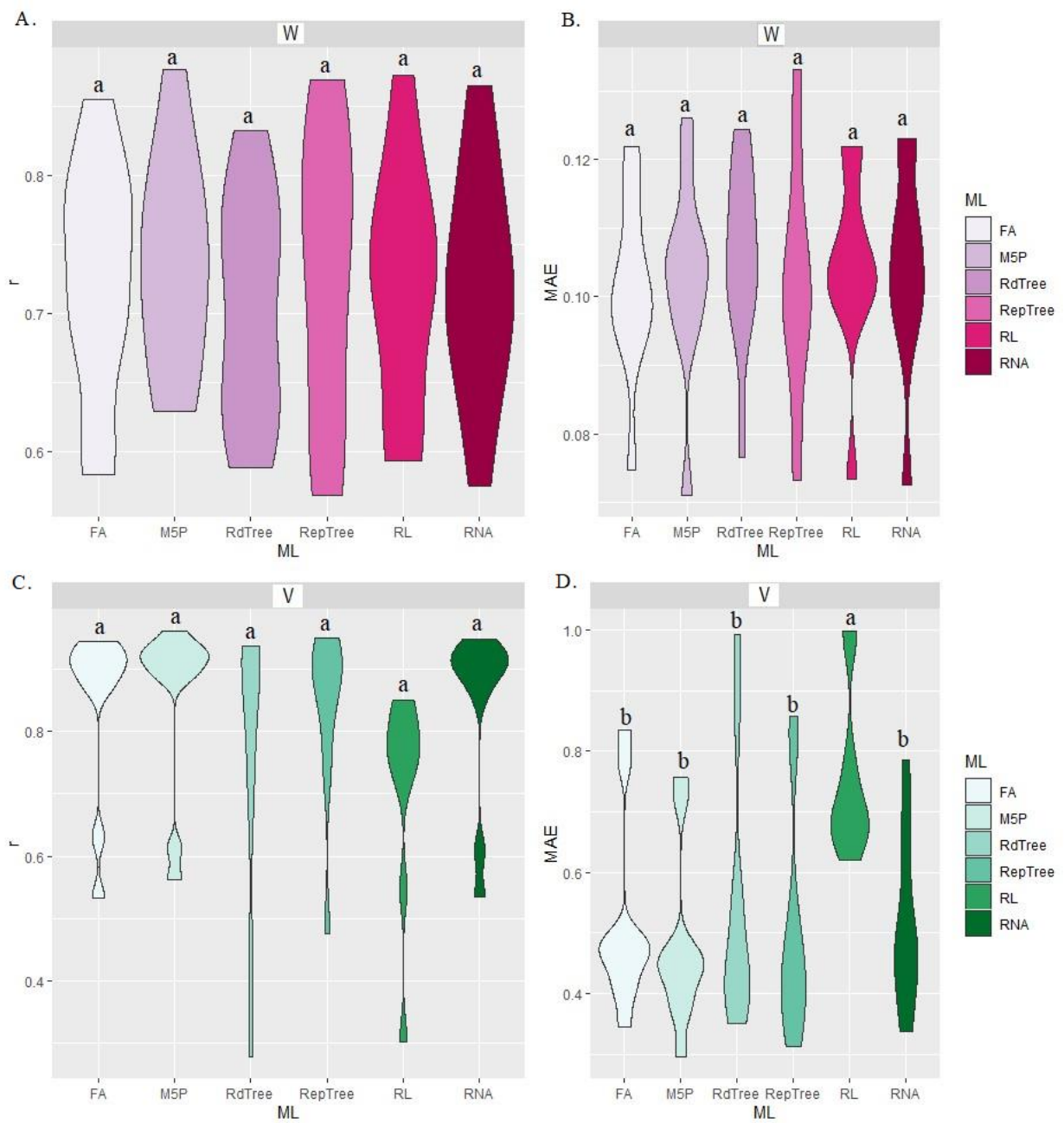


Figura 21. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados do diâmetro médio (AD) e área projetada (PA) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.

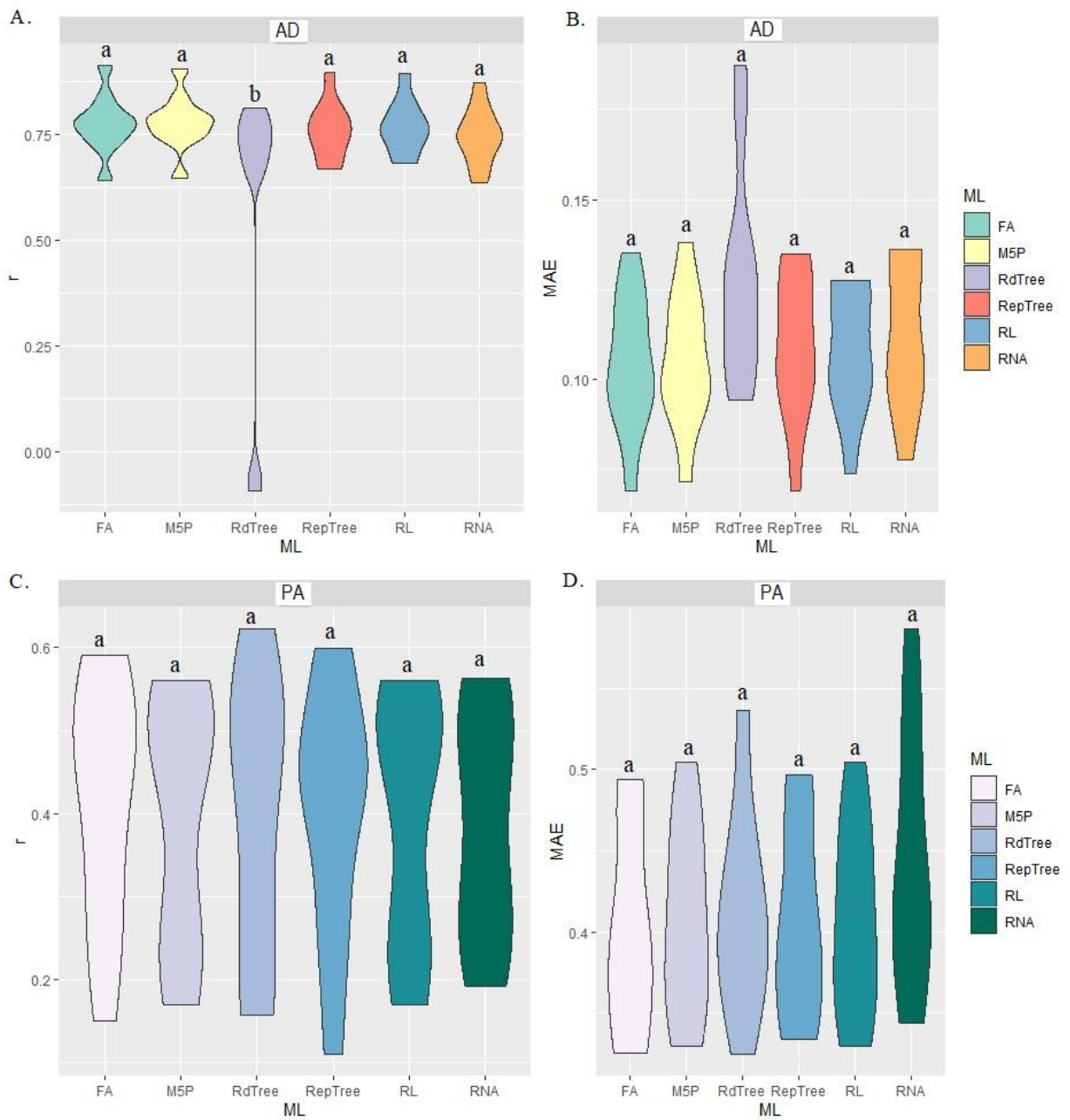


Figura 22. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados da área circular (CA) e coeficiente de arrasto (DC) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.

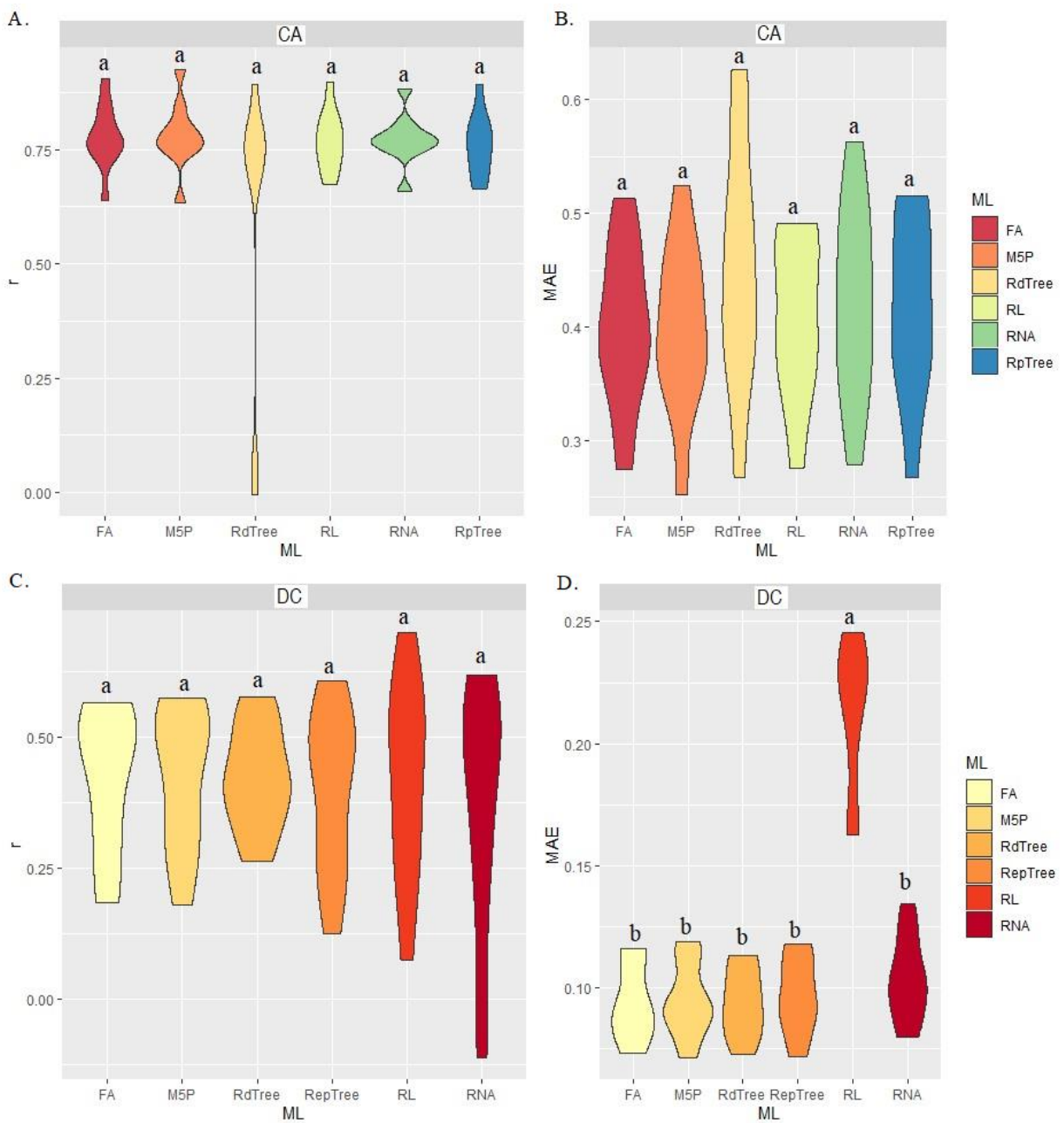


Figura 23. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados da esfericidade (SP) e circularidade (C) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.

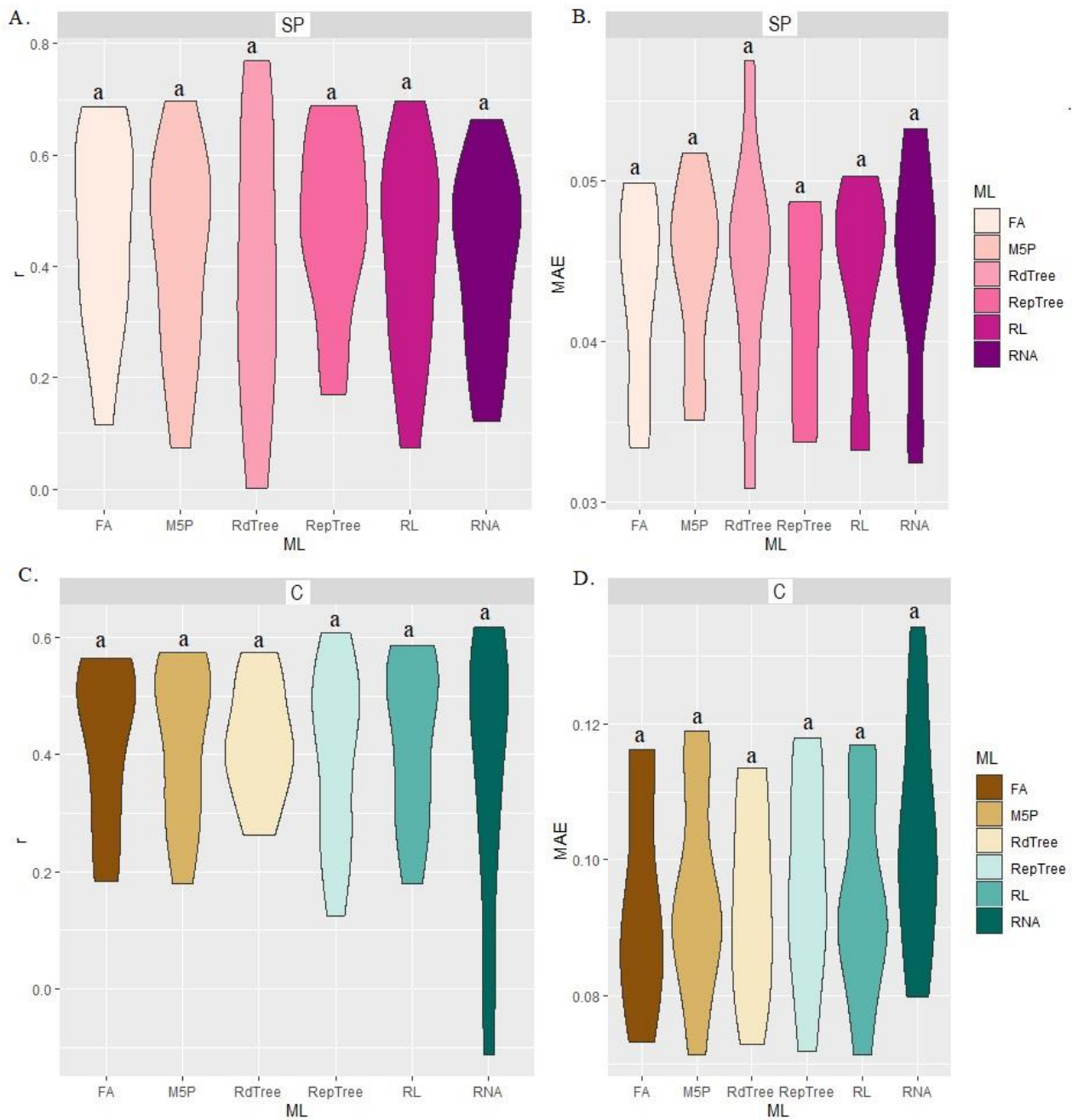


Figura 24. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados dos teores de água (MC) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.

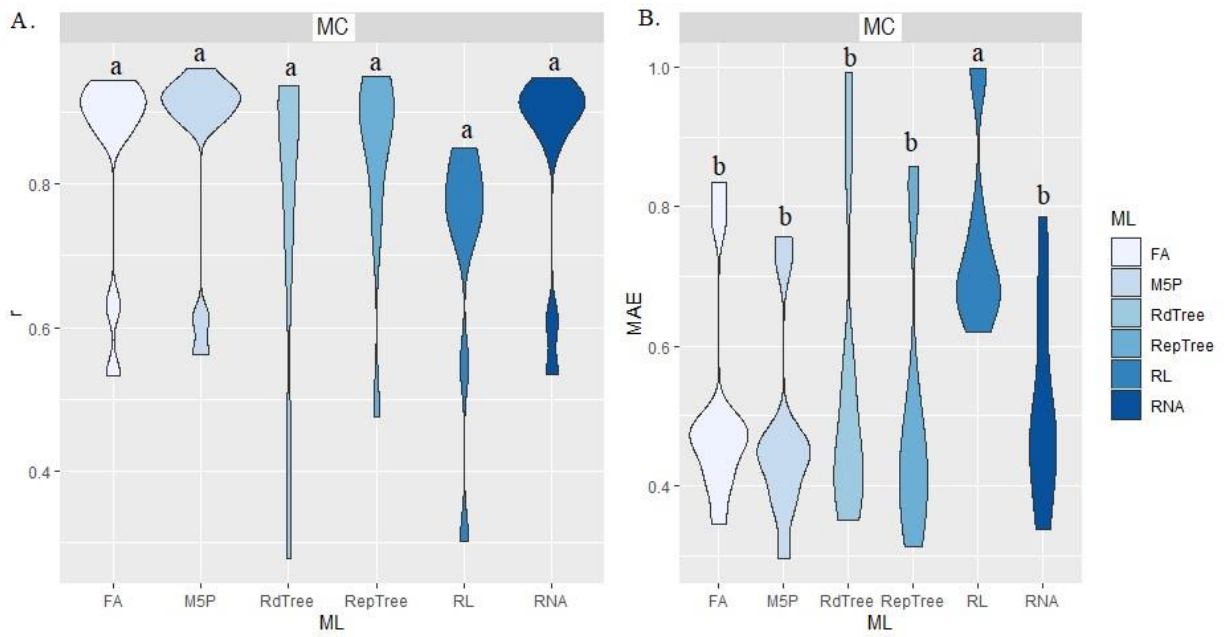


Figura 25. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados da massa (Ma) e da massa específica aparente (ASM) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.

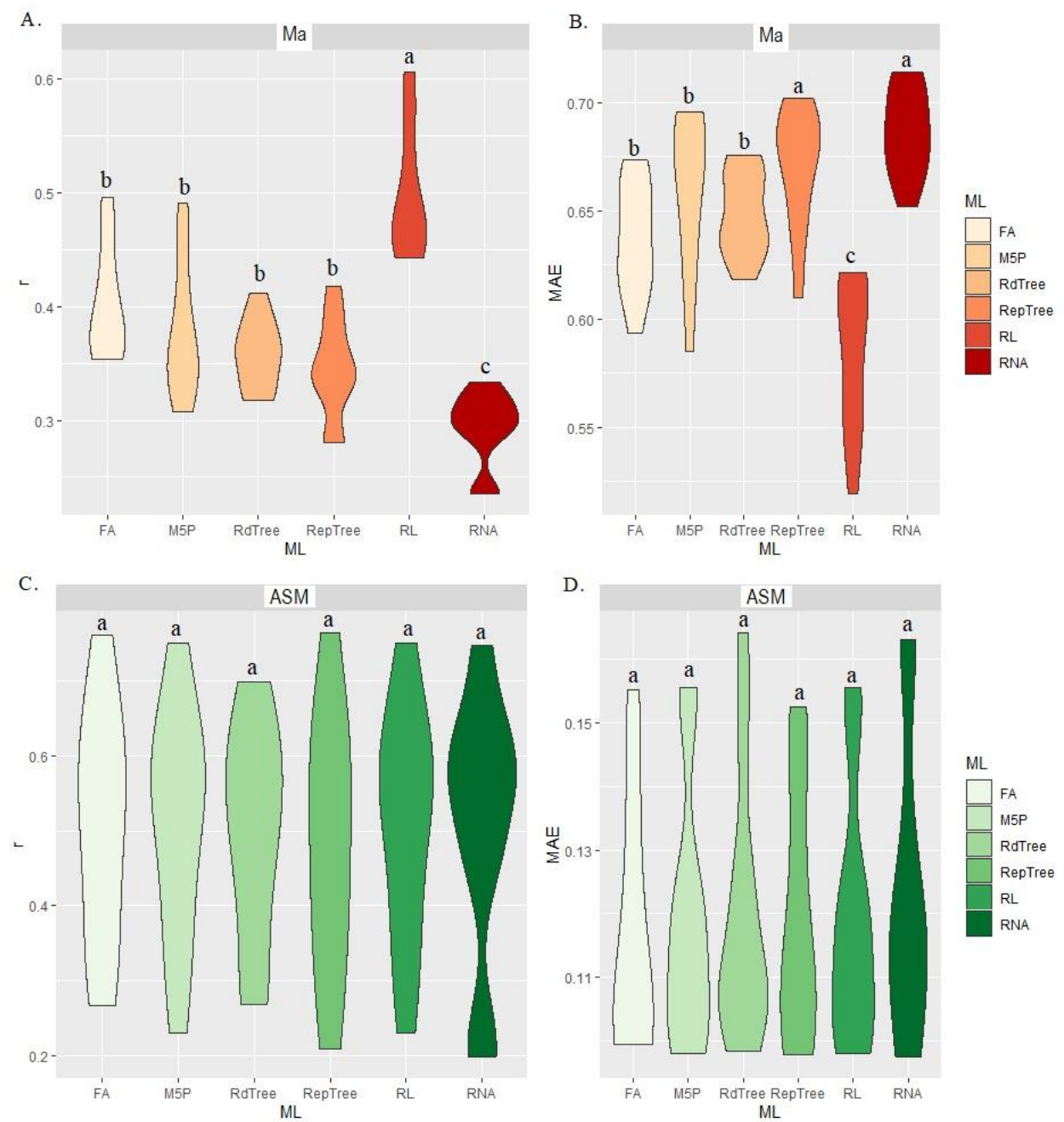


Figura 26. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados de proteína bruta (CP) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.

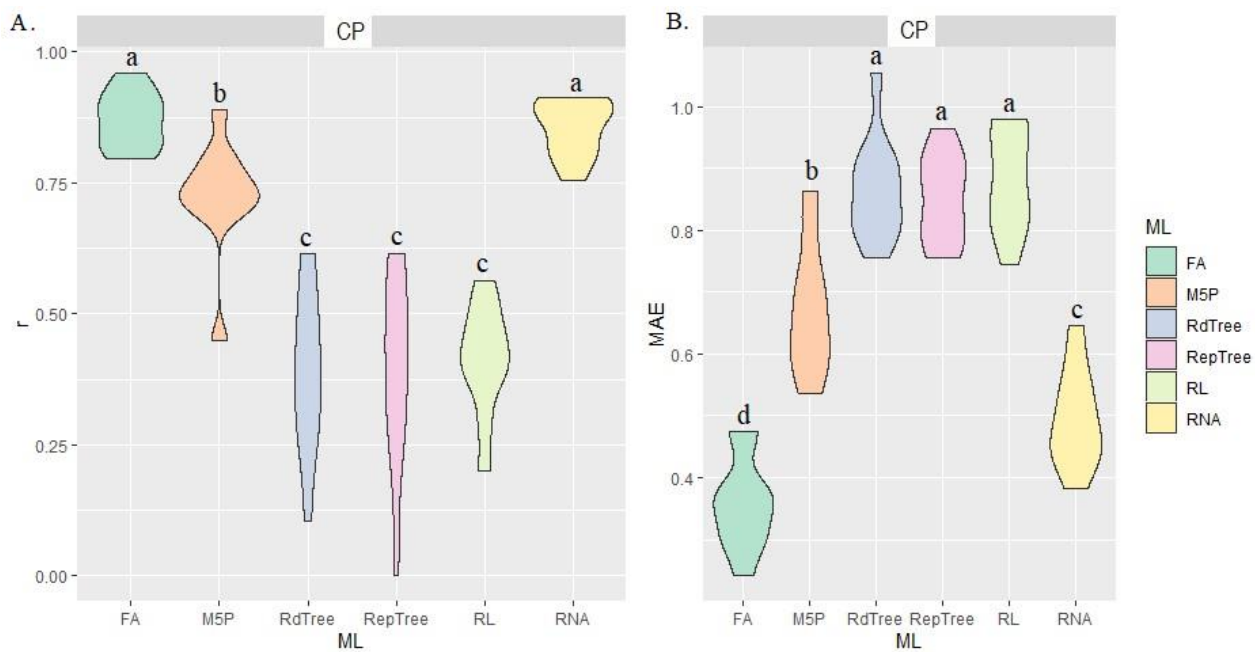
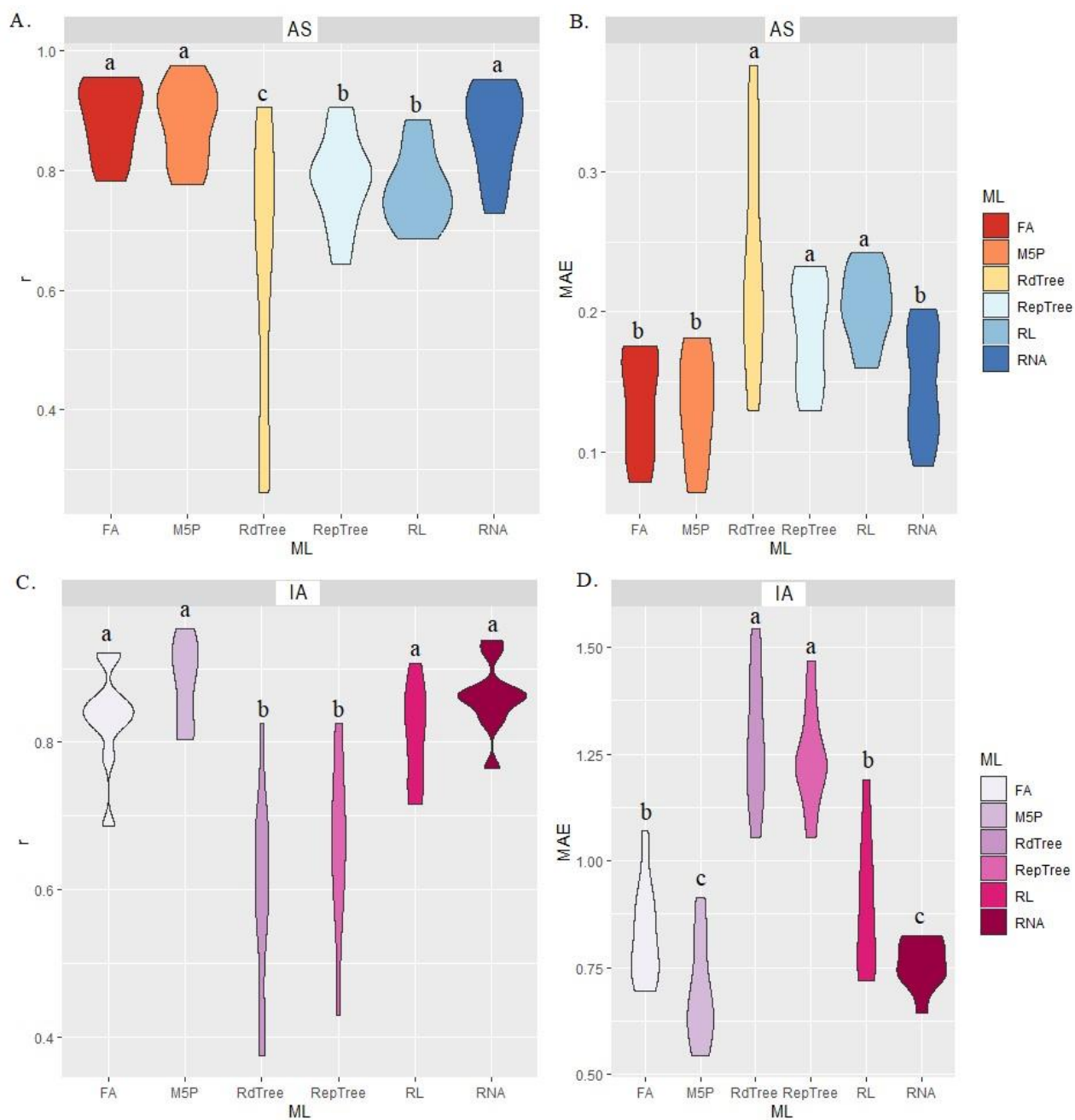




Figura 27. Valores médios do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e erro médio absoluto (MAE) entre os valores observados e estimados de cinzas (AS) e índice de acidez (IA) de sementes de jatobá por diferentes modelos de aprendizado de máquina.



É de fundamental importância que se conheça o comportamento fisiológico das sementes para então se definir de como estas poderão ser armazenadas. Medeiros e Eira (2006). No setor florestal, há uma necessidade de práticas florestais para contribuir com o desenvolvimento sustentável, e, as tecnologias associadas têm um potencial significativo para permitir maior agilidade no processamento de dados, sendo tendência para pesquisas que tradicionalmente eram realizadas por humanos. Com isso nos permite prever soluções e análises complexas em escalas cada vez mais ágeis, acelerando a experimentação e a pesquisa, mas necessárias maiores aplicações no setor florestal, adotando a tecnologia de inteligência artificial. Felix et al. (2004). Shivaprakash et al (2022).

Percebe-se ainda pouca literatura relacionada ao armazenamento de sementes florestais utilizando aprendizado de máquina. Encontram-se relacionados a ecologia florestal e biodiversidade com relação à produção de sementes Qiu et al. (2022), classificação de sementes de melancia utilizando imagens Ahmed et al. (2020), considerando um dos principais incentivos para os esforços globais em busca da atual revolução digital em praticamente todos os aspectos de nosso cotidiano decorre dos notáveis triunfos da automação inteligente. Holzinger et al. (2022).

As RNA podem prever o resultado de novos dados de entrada independentes, tornando-os ideais para a modelagem de dados agrícolas complexos e, muitas vezes, não lineares. Essa característica pode tornar os modelos computacionais mais atrativos para uso em situações em que há uma compreensão incompleta do problema que deve ser resolvido, mas há dados de treinamento suficientes e prontamente acessíveis Lutz e Coradi (2022).

O modelo de rede neural RNA apresentou médias maiores de MAE em comparação com os outros modelos. Os parâmetros como comprimento, largura, volume, diâmetro médio, área circular, teor de água, proteína bruta e índice de acidez apresentaram valores aparentes, indicando uma superestimação por parte do modelo RNA. Este modelo consiste em uma única camada oculta formada por um número de neurônios igual à soma do número de atributos com o número de classes, dividido por 2. Silva et al. (2022).

Os valores de (r) foram muito baixos para espessura, área projetada e coeficiente de arrasto com valores, indicando uma baixa precisão (Figuras 21 e 22). Em comparação com a semente de soja, as redes neurais artificiais e floresta aleatória foram os mais indicados para prever os teores de água, no entanto, o modelo de árvore de decisão foi aquele que melhor predisseram os resultados de massa específica aparente, condutividade elétrica e amido, já para sementes de jatobá o floresta aleatória para coeficiente de correlação predisseram um

resultado satisfatório, sendo a RNA mais indicada o M5P, porém no erro absoluto médio indicou como resultado não significativo para teor de água. Rodrigues (2023).

Para prever de proteína bruta da semente de jatobá têm sido usadas em vários estudos, e muito útil para métodos alternativos de padrões de conservação de sementes para a mesma espécie, portanto, o aprendizado de máquina se torna eficiente neste aspecto. Radhika e Rao (2015).

A variável proteína bruta para semente de jatobá teve diferença significativa conforme (Tabela 1 e Figura 26). Este trabalho foi motivado pela verificação do desempenho de diferentes técnicas de aprendizado de máquina para avaliar a predição de variáveis que representam a qualidade químico-física das sementes de jatobá. As técnicas de aprendizado de máquina superaram os resultados do modelo de controle proposto. Entre os algoritmos utilizados, árvore de decisão e a floresta aleatória resultaram em melhores predições. A técnica de redes neurais artificiais apresentou maiores erros quando comparado com floresta aleatória e o algoritmo M5 de Quinlan (M5P).

#### **4 CONCLUSÕES**

O processamento das sementes de jatobá-do-cerrado por fermentação e o armazenamento à 10 °C minimizou as alterações físicas e conservou a qualidade físico-química das sementes, independente do tipo de embalagem. Os modelos de Rede Neurais Artificiais e Random Forest foram os que melhor predizem os efeitos dos tratamentos sobre as alterações das propriedades físicas e a qualidade físico-química das sementes-de-jatobá.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar e prever as propriedades físicas e qualitativas de sementes de jatobá-do-cerrado processadas por diferentes métodos e armazenadas em diferentes condições de temperatura e embalagem, durante um período de seis meses.

## REFERÊNCIAS

AHMED M.R., et al. Classification of watermelon seeds using morphological patterns of x-ray imaging: a comparison of conventional machine learning and deep learning. **Sensors Basel**, v.23, n.20, p. 6753, 2020.

ANDRADE, L. A. et al. Biometric aspects of fruits and seeds, degree of humidity and breaking dormancy of Jatobá. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, n. 32, v. 2, p. 293-299, 2010.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17. ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, , 2000.

BAUDET, L. M. L. **Armazenamento de sementes**. In: PESKE, S.T.; ROSENTAL, M.D.; ROTA, G.R. (ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**, Pelotas, RS: Ed. Universitária – UFPel, p.370-418, 2003.

BELGIU, M., DRĂGĂŢU T. L. Random forest in remote sensing: a review of applications and future directions. **SPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, n. 114, p. 24–31, 2016.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, n. 17, p. 187-190, 2017.

BLAIFI, S. A. M5P model tree based fast fuzzy maximum power point tracker. **Solar Energy**, n. 163, p. 405-424, 2018.

BOUCKAERT, R. et al. *WEKA manual for version, 3-7-1*. 2010.

CIRQUEIRA, L. R. et al. 2023. Machine learning models for predicting mechanical damage, vigor and viability of soybean seeds during storage. **Engenharia Agrícola**, n. 43, 2023.

CORADI, P. C. et al. Qualidade de sementes de jatobá-do-cerrado processadas e armazenadas em diferentes formas. **Semina Ciências Agrárias**, v. 37, n.2, 2016.

CORADI, P. C. et al. Technological and sustainable strategies for reducing losses and maintaining the quality of soybean grains in real production scale storage units. **Journal of Stored Products Research**, v.87, n.101624, 2020.

CRUZ, E. D. et al. Biometrics of fruits and seeds and germination of Jatobá Curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, *leguminosae-Caesalpinioideae*). **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p. 161-165, 2001.

EGMONT-PETERSEN, M. et al. Image processing with neural networks a review. **Pattern Recognit**, n. 35, p. 2279–2301, 2002.

FELIX, F. C. et al. Machine learning in the identification of native species from seed image analysis. **Journal of Seed Science**, v. 46, p. 2024.

GOYAL, S. Artificial Neural Networks in fruits: A comprehensive review. **International Journal of Image, Graphics and Signal Processing**, v.5, n.6, 2014.

GOILDFARB M.; QUEIROGA, V. de P. Considerações sobre armazenamento de sementes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, n.3, p. 71-74, set. 2013.

HAI, A., et al. Valorization of groundnut shell via pyrolysis: Product distribution, thermodynamic analysis, kinetic estimation, and artificial neural network modeling. **Chemosphere**, 283, 2021.

HOLZINGER A, et al. Digital transformation in smart farm and forest operations needs human-centered AI: challenges and future directions. **Sensores Basileia**, v.22, n.8, p. 3043, 2022.

HUSSAIN, L., AJAZ, R. Seed classification using Machine Learning techniques. **Journal of Multi Engineering Science Technology**, 2, p. n.2, 1098–1102, 2015.

JEONG, J. H. et al. Random forests for global and regional crop yield predictions. **PloS One**, v. 11, n. 6, 2016.

KUMAR, S.; DESWAL, S. Estimation of phosphorus reduction from wastewater by artificial neural network, random forest and M5P model tree approaches. **Pollution**, v.2, n.6, p. 427–438, 2020.

LU, Y., et al. Prediction of freeze damage and minimum winter temperature of the seed source of loblolly pine seedlings using hyperspectral imaging. **Forest Science**, v.67, n.3, p. 321-334, 2021.

LUTZ, E; CORADI, P. C. Applications of new technologies for monitoring and predicting grains quality stored: Sensors, Internet of Things, and Artificial Intelligence. **Measurement**, v. 188, jan. 2022.

MATUDA, T. G., MARIA NETTO, F. Caracterização química parcial da semente de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, 2005.

MEDEIROS, A. C. de S. EIRA, M. T. S da. Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas. **Circular Técnica**, Colombo, PR, dez. 2006.

MOSHENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: USA, 1986. 841p.

NADARAJAN, J. et al. Seed longevity—the evolution of knowledge and a conceptual framework. **Plants**, v. 12, n. 3, p. 471, 2023.

NYABAKO, T. et al. Predicting *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) populations and associated grain damage in smallholder farmers' maize stores: a machine learning approach. **Journal of Stored Products Research**, v.87, n.101592, 2020.

ORESTES, L. F. Morfometria e efeito de temperaturas e substratos sobre a qualidade fisiológica de sementes armazenadas de *Plathymenia reticulada* Benth/Morphometric descriptors and effect of temperature and substrates on the physiological quality os stored seeds of *plathymenia reticulada* Benth. **Brazilian Journal of Development**, V.6, n.12, 2020.

OSCO, L. P. et al. Predicting canopy nitrogen content in citrus-trees using random forest algorithm associated to spectral vegetation indices from UAV-imagery. **Remote Sensing**, v.24, n.11, 2019.

OSCO, L. P.et al. Leaf nitrogen concentration and plant height prediction for maize using UAV-based multispectral imagery and machine learning techniques. **Remote Sensing**, v.19, n.12, 2020.

PADIA, C. L., et al. Packaging of soybean seeds stored in different environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, 2023.

PAIXÃO, M. V. S. et al. Germination and dormity in jatobá seeds. **International Journal Of Advanced Engineering Research And Science**, v.6, n.6, 2019.

PAZOKI, A.; PAZOKI, Z. Classification system for rain fed wheat grain cultivars using artificial neural network. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.41, p. 8031-8038, 2011.

QIU T, et al. Limits to reproduction and seed size-number trade-offs that shape forest dominance and future recovery. **Nat Commun**, v.13, n.1, may, 2022.

RADHIKA, V.; RAO, V. S. H. Computational approaches for the classification of seed storage proteins. **Journal of Food Science and Technology**, n. 52, 2014.

RAMALHO, C. I. et al. Avaliação de diferentes tratamentos pré-germinativos para sementes de Jatobá do Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* L.). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.7, n.2, 2019.

RAMOS, A. P. M. et al. A random forest ranking approach to predict yield in maize with UAV-based vegetation spectral indices. **Computers and Electronics in Agriculture**, n.178, 2020.

RODRIGUES, D. M. **Avaliação da predição da qualidade de grãos de milho utilizando modelos de aprendizado de máquina nas etapas de transporte, secagem e armazenagem a partir do monitoramento de variáveis mensuráveis**. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2023.

RODRIGUES, D. M., et al. The use of remote sensing, sensors, and computational techniques applied to agriculture sustainable: from grain production to post-harvest. **Agriculture**, 2024.

Sammut, C., Webb, G. I. Ed. **Enciclopédia de Machine Learning**. Boston, MA: Springer, 2011.

SENA, C. M. de. **Sementes florestais: colheita, beneficiamento e armazenamento**. Natal: MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste, 2008.

SHIVAPRAKASH, K.N. et al. Potential for Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) Applications in Biodiversity Conservation, Managing Forests, and Related Services in India. **Sustainability**, v.14, n.12, p. 7174, 2022.

SILVA, A. G. de. Et al. Predicting the quality of soybean seeds stored in different environments and packaging using machine learning. **Scientific Reports**, v. 12, n. 8793, 2022.

SILVA, E. F., et al. Caracterização física, físico-química e centesimal do fruto de jatobá-do-cerrado, *Hymenaea stigonocarpa* Mart. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.15, n.2, p.139-145. 2020.



SILVA, M. R. et al. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.2, p. 176-182, 2001.

SNOUSY, M. B. A. et al. Suite of decision tree-based classification algorithms on cancer gene expression data. **Egyptian Informatics Journal**, n. 12, p. 73–82, 2011.

SOMMERVILLE, K.D., et al. Assessing the storage potential of Australian rainforest seeds: a decision-making key to aid rapid conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 30, 2021.

TEODORO, P. E. et al. Predicting days to maturity, plant height, and grain yield in soybean: A machine and deep learning approach using multispectral data. **Remote Sensing**, v. 22, n.13, 2021.

VIEIRA, A. H. et al. Técnicas de produção de sementes florestais. **Comunicado técnico**, Porto Velho, Embrapa, n.205, 2001.

VOĆA, N. et al. Estimation of the storage properties of rapeseeds using an artificial neural network. **Industrial Crops and Products**, v. 187, 2022.

ZHANG, Y. et al. Preparation and characterization of curdlan/polyvinyl alcohol/thyme essential oil blending film and its application to chilled meat preservation. **Carbohydrate Polymers**, n. 247, 2020.

## **ANEXO**

## NORMAS DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



## NORMAS GERAIS DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul, será composta por: capa, elementos pré-textuais, elementos textuais (capítulo) e elementos pós-textuais (opcional). Cada capítulo será redigido na forma de artigo científico, podendo a dissertação conter um (Figura 1) ou mais capítulos (Figura 2). A dissertação deverá estar, obrigatoriamente, nas normas do Programa, como consta neste documento.

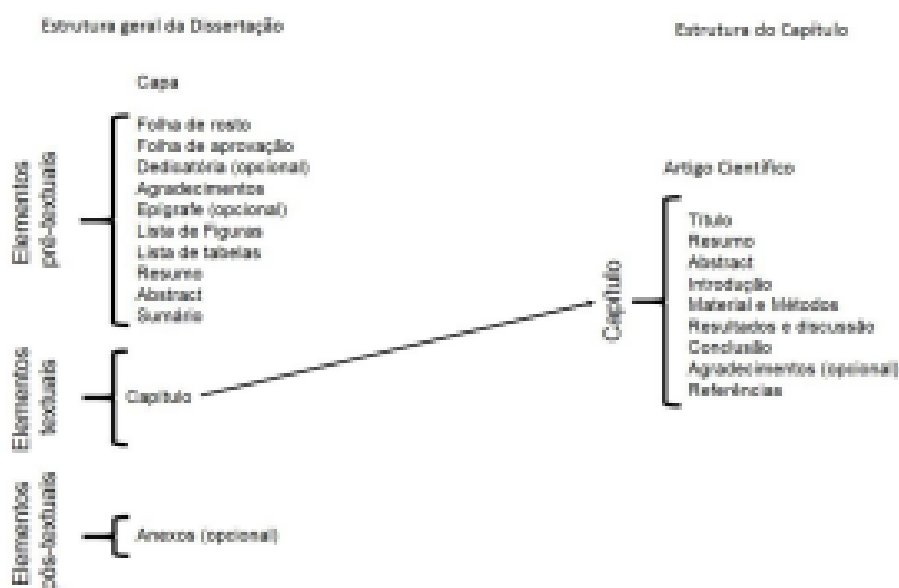


Figura 1. Estrutura geral da Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia com um Capítulo.



Figura 2. Estrutura geral da Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, com dois ou mais capítulos.

A versão da dissertação que será encaminhada à banca examinadora, deverá conter ao final da dissertação as normas do Programa. Essa versão deverá estar encadernada em espiral e fundo preto, com a frente transparente. O discente deverá entregar 3,0 (três) cópias impressas desta versão na secretaria do Programa de Pós-Graduação, no prazo máximo de 15 (quinze) dias antes da data de defesa. As cópias impressas serão encaminhadas aos membros da banca examinadora pela secretaria do Programa de Pós-Graduação.

A versão final da dissertação deverá ser entregue ao Programa de Pós-Graduação no prazo máximo de até 30 (trinta) dias após a data de defesa e aprovação. A versão final impressa deverá estar encadernada em capa dura na cor azul, com as letras impressas na cor dourada. A lombada deverá conter na parte superior: o nível do curso (Mestrado) e o ano de defesa; na parte central: o nome do autor; e na parte inferior: UFMS/CPCS. A versão final, não deverá conter as normas do Programa anexadas ao final. O discente deverá entregar na secretaria do Programa de Pós-Graduação 1,0 (uma) cópia da versão final da sua dissertação impressa e 1,0 (uma) cópia da versão em meio eletrônico, no formato .pdf gravado em CD. O CD e a capa do CD deverão seguir o modelo disponibilizado no site do Programa (<https://ppgagronomiacpcs.ufms.br>). A editoração deve ser realizada com impressoras jato de tinta ou laser. A dissertação deve ser impressa em apenas uma face do papel. Todas as dissertações estarão disponíveis na biblioteca do Câmpus e a versão online estará no site do Programa de Pós-Graduação.

## ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação deverá ser impressa com caracteres de alta definição e de cor preta, podendo conter Figuras coloridas. Deverá ser utilizado papel em tamanho A4 (210 x 297 mm), digitado com espaçamento 1,5, fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12 e parágrafo recuado por 1,0 cm. Todas as margens deverão ter 2,5 cm. A partir da folha de rosto, todas as folhas do trabalho deverão ser contadas sequencialmente, mas não numeradas.

A numeração será colocada a partir da parte textual (introdução), em algarismos arábicos, na margem inferior, à direita. A formatação do texto deverá ser justificada.

### 1. Capa

A capa deverá conter o nome da instituição (fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 14), autoria (fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12), título da dissertação (fonte Times New Roman, negrito, tamanho 14), local e ano da sua aprovação (fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12) (consultar modelo no site do Programa).

### 2. Páginas pré-textuais

**2.1. Folha de rosto:** primeira folha interna após a capa contendo: nome da instituição (fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 14), autoria (fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12), título da dissertação (fonte Times New Roman, negrito, tamanho 14), nome do orientador e co-orientador (se houver) (fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12), nota explicativa de que se trata de trabalho de conclusão, mencionando o Programa de Pós-graduação, a Universidade e o grau pretendido (Mestrado) e local e ano de aprovação do trabalho (fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12) (consultar modelo no site do Programa). Na versão final, o verso da folha de rosto deverá conter a ficha catalográfica (elaborada pela biblioteca). A versão encaminhada a banca examinadora, não deverá conter a ficha catalográfica.

**2.2. Folha de aprovação:** Segunda folha interna referente ao certificado de aprovação contendo nome do discente, orientador, título da dissertação e os nomes e assinaturas dos participantes da banca examinadora (consultar modelo no site do Programa). A folha de aprovação será obrigatória na versão final e deverá estar com a assinatura de todos os membros da banca examinadora.

**2.3. Dedicatória, agradecimento(s) e epígrafe (opcionais):** Cada um desses itens deverá ser iniciado em páginas diferentes. As expressões “**DEDICATÓRIA**”, “**AGRADECIMENTOS**” e “**EPÍGRAFE**” deverão estar centralizadas no início da página, maiúscula e negrito (fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12).

**2.4. Lista de Figuras e Lista de Tabelas:** Serão numeradas em ordem consecutiva em cada capítulo. Deverá conter o título da tabela ou figura seguida da numeração da página (fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12). A expressão “**LISTA DE FIGURAS**” e “**LISTA DE TABELAS**” deverá estar centralizada no início da página, maiúscula e negrito.

**2.5. Resumo e Abstract:** O resumo consiste no resumo geral da dissertação. Deverá ser estruturado, redigido em um único parágrafo, porém ressaltando uma breve introdução do assunto, objetivo, delineamento, resultados principais e conclusões. A palavra “**RESUMO**” deverá estar centralizada, maiúscula e negrito. As “**Palavras-chave**” deverão vir logo abaixo do resumo, justificada a esquerda, com apenas a primeira letra em maiúsculo, negrito, seguida de dois pontos. Os itens das palavras-chave deverão estar separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto, devendo estar em ordem alfabética. Deverão ter, no mínimo, 3,0 (três) e, no máximo, 5,0 (cinco) palavras, não constantes no título. Evitar o uso de símbolos, contrações, fórmulas, equações, diagramas, etc.

O resumo deverá conter de 150 (cento e no máximo, 5,0 (cinco) palavras, não constantes no título. Evitar o uso de símbolos, contrações, fórmulas, equações, diagramas, etc.

**Abstract e keywords:** deverão ser redigidos em inglês, acompanhando o mesmo formato do resumo em português.

**Introdução:** A expressão “**INTRODUÇÃO**” deverá estar justificada a esquerda, em letras maiúsculas, negrito. Deverá conter citações atuais que apresentem relação com o assunto abordado na pesquisa. **Conclusão:** deverá ser em texto corrido, sem tópicos.

**Tabelas e figuras:** “**Tabelas**” designam dados numéricos obtidos no trabalho e/ou de outros autores. “**Figuras**” designam materiais não verbais como gráficos, desenhos, fotografias ou outras ilustrações. As chamadas das tabelas e figuras no texto deverão estar apenas com a primeira letra em maiúscula (Ex: Tabela 1; Figura 1). Figuras e Tabelas serão numeradas consecutivamente, em cada capítulo, com algarismo arábico. As tabelas serão numeradas na parte superior. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais deverão ser usadas para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma no final da tabela. Cada dado deverá ocupar uma célula distinta. Não usar negrito ou letra maiúscula no cabeçalho. Recomenda-se que as tabelas apresentem 8,2 cm de largura, não ultrapassando 17 cm. O conteúdo das tabelas deverão ser digitados em espaçamento simples, fonte Times New Roman, tamanho 10. Gráficos, fotografias ou desenhos levarão a denominação geral de “**Figura**”, sucedida de numeração arábica crescente e legenda na parte inferior. Para a preparação dos gráficos deverão ser utilizados “softwares” compatíveis. A resolução deverá ter qualidade máxima com pelo menos 300 dpi. As figuras deverão apresentar 8,5 cm de largura, não ultrapassando 17 cm. A fonte empregada deverá ser a Times New Roman, corpo 12 e não usar negrito na identificação dos eixos. Tabelas e Figuras deverão ser inseridas logo após a sua primeira citação.

**Referências:** Para os capítulos (artigos científicos), um percentual de 60% do total das referências deverá ser oriundo de periódicos científicos indexados com data de publicação inferior a 10 (dez) anos. Evitar citar livros, resumos, trabalhos apresentados e publicados em congressos e similares, dissertações e teses. Deverá conter as referências de todas as citações nos itens anteriores. A expressão “**REFERÊNCIAS**” deverá estar centralizada, em letras maiúsculas, negrito, fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12. Deverão ser digitadas em espaço 1,5 cm e separadas entre si pelo mesmo espaço (1,5 cm), sendo apresentadas em ordem alfabética de autores. O título do periódico não deverá ser abreviado.

Até 2 (dois) autores mencionam-se todos os nomes, na ordem em que aparecem na publicação, separados por ponto e vírgula. Acima de 2 (dois) autores menciona-se apenas o primeiro nome, acrescentando-se a expressão et al.

#### **Artigo em periódico:**

AUTOR(es). Título do artigo. Título do Periódico, Local de publicação (cidade), v., p., ano.

Exemplo:

GOMES, S. M. S.; BRUNO, R. L. Influência da temperatura e substratos na germinação de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.14, n. 1, p. 47-50, 1992.

HOFS, A. et al. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. Revista Brasileira de Sementes, Londrina, n. 26, v. 2, p. 54-62, 2004.

Livro:

AUTOR(es). Título: subtítulo. edição (abreviada). Local: Editora, ano. p. Exemplo: CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5. ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2012. 590 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

Capítulo de livro:

AUTOR(es). Título do capítulo. In: AUTOR(es) do livro. Título: subtítulo. Edição (abreviada). Local: Editora, Páginas do capítulo, ano.

Exemplo:

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PINÃ RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: ABRATES, Cap.3, p.83-135, 1993.

#### **Citações**

Com 1 (um) autor, usar Silva (2008) ou (SILVA, 2008); com 2 (dois) autores, usar Torres e Marcos Filho (2002) ou (TORRES; MARCOS FILHO, 2002); com mais de dois autores, usar Silva et al. (2002) ou (SILVA et al., 2002).

**Obs: para unidades e símbolos utilizar o Sistema Internacional de Unidades.**

**4. Elementos pós-textuais (opcional)** Páginas contendo os anexos, devem ser colocados logo após o último capítulo.

**Obs: As normas da dissertação deverão ser incluídas após os anexos na versão que será encaminhada à banca examinadora.**