

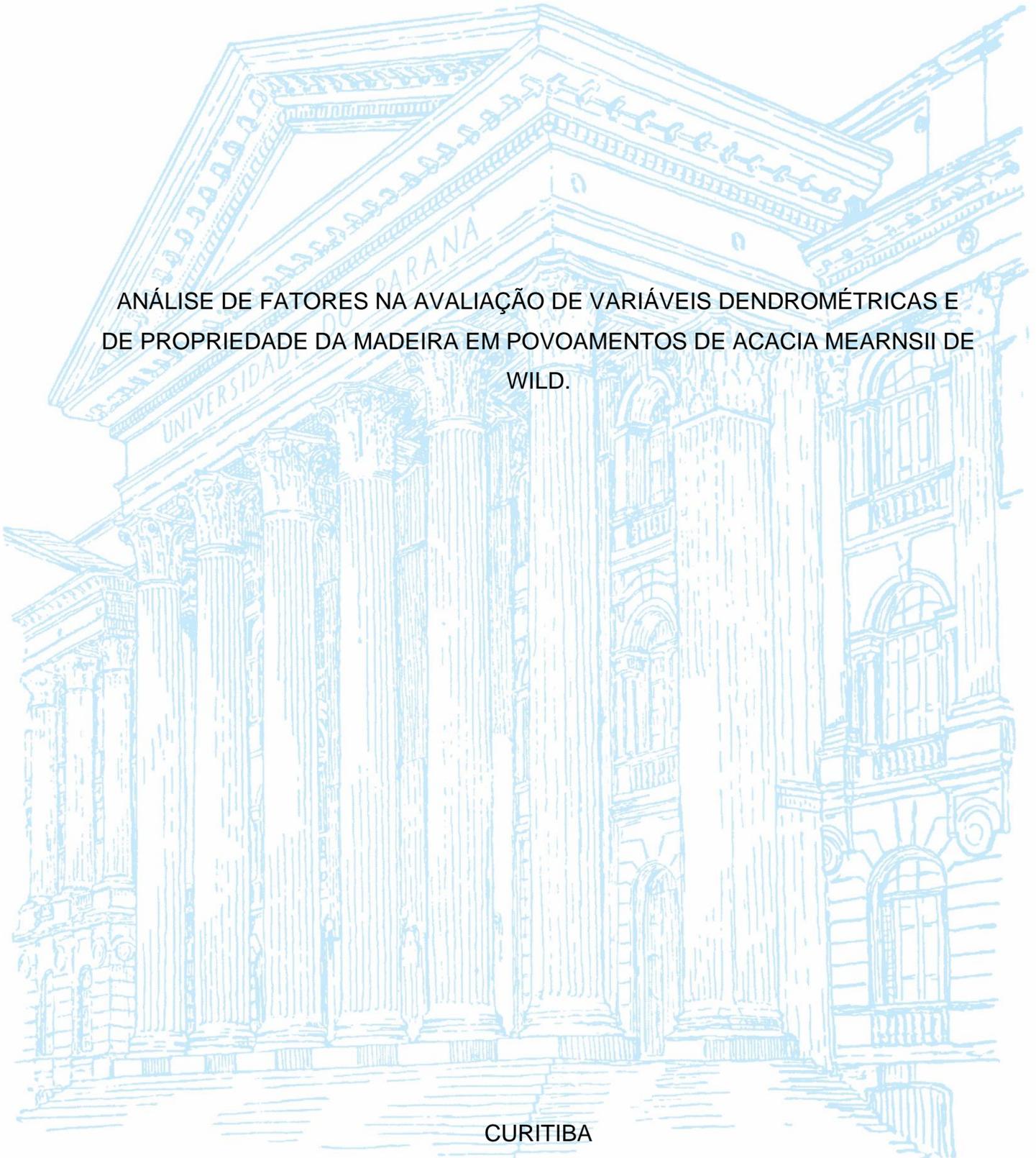
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINICIUS COSTA MARTINS

ANÁLISE DE FATORES NA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E
DE PROPRIEDADE DA MADEIRA EM POVOAMENTOS DE ACACIA MEARNsii DE
WILD.

CURITIBA

2021



VINICIUS COSTA MARTINS

ANÁLISE DE FATORES NA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E
DE PROPRIEDADE DA MADEIRA EM POVOAMENTOS DE *Acacia mearnsii* DE
WILD

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina AS1002 e requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Richardson Ribeiro.
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Behling

CURITIBA
2021

AGRADECIMENTOS

A minha família, minha mãe Neide, por sempre me apoiar a continuar com meus projetos. A todas as pessoas que estiveram comigo nesta longa jornada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Richardson Ribeiro e ao meu coorientador Prof. Dr. Alexandre Behling, por terem se dispostos a me orientar no desenvolvimento deste trabalho e na obtenção dos dados. Agradeço a mestrandas Amanda Pereira Santos por me auxiliar na construção deste trabalho.

À empresa TANAGRO S.A e TANAC S.A, pela disponibilidade dos dados necessários para a concretização deste estudo.

A toda a comunidade da UFPR: amigos, técnico administrativos, professores e funcionários terceirizados em todos esses anos.

Aqueles com quem convivi no laboratório BIOFIX, que me inspiraram e com os quais pude aprender e me desenvolver de como profissional e pessoa.

Aos funcionários da PRAE que com a aplicação das políticas afirmativas pode permanecer na universidade.

A Fundação Casa do Estudante do Paraná que me acolheu em Curitiba e me apresentou exemplos de vida e incentivo a continuar na universidade.

A todos que de alguma forma cooperaram para a concretização desse trabalho.

RESUMO

Qual é o agrupamento existente entre as variáveis dendrométricas e de propriedade da madeira? Esta questão foi estudada em povoamentos de acácia-negra, com o objetivo de analisar o relacionamento das variáveis dendrométricas e de propriedade da madeira utilizando a técnica multivariada de Análise de Fatores. Dessa forma, foram considerados dados de plantios da espécie classificados em quatro grupos quanto a idade da floresta: jovem (até 2 anos); média inicial (entre 2 e 4 anos), média avançada (entre 4 e 6 anos) e madura (acima de 6 anos). Foram utilizadas 14 variáveis, sendo classificadas como dendrométricas: diâmetro à altura do peito (dap), altura (h), comprimento da copa (c), volume (v), biomassa do fuste (Bf), biomassa da copa (Bc), diâmetros de copa em quatro alturas relativas em relação a c ($Dc\ 25\%$, $Dc\ 50\%$, $Dc\ 75\%$ e $Dc\ 95\%$), e classificadas como de propriedades da madeira: densidade básica da copa (DBc), densidade básica do fuste (DBf), percentual de carbono da copa (CC) e percentual de carbono do fuste (CF). Foram obtidos os valores de adequação KMO entre 0,871 e 0,908, classificados como apropriados. As variáveis foram agrupadas em 3 e 4 fatores. O primeiro fator revelou um percentual de autovalor superior a 50% em todas as idades, sendo composto por variáveis dendrométricas, variando ao longo das idades. As variáveis de propriedades da madeira DBf , DBc , CC e CF se comportaram de forma isolada em relação as outras variáveis, compondo o segundo e terceiro fatores.

Palavras-chave: *Acacia mearnsii*; Agrupamento de Variáveis; Análise de Fatores.

ABSTRACT

What is the grouping of dendrometric and wood property variables? This question was studied in stands of black wattle, with the objective of analyzing the relationship of dendrometric and wood ownership variables using the Factor Analysis technique. Thus, data from stands of the species classified into four groups were considered regarding the age of the forest: young (up to 2 years); early average (between 2 and 4 years), advanced average (between 4 and 6 years), and mature (above 6 years). We used 14 variables, classified as dendrometric: diameter at breast height (DBH), height (h), crown length (c), volume (v), stem biomass (BF), crown biomass (Bc), crown diameters in four relative heights in relation to c (Dc 25%, Dc 50%, Dc 75% and Dc 95%). The wood properties were classified as: canopy basic density (DBc), basic density of the stem (DBf), percentage of carbon in the canopy (CC) and percentage of carbon in the stem (CF). KMO adequacy values were obtained between 0.871 and 0.908, classified as appropriate. The first factor revealed an eigenvalue percentage higher than 50% at all ages, being by dendrometric variables. The variables were grouped into 3 and 4 factors, varying across ages. The wood properties variables DBf, DBc, CC and CF behaved in isolation from the other variables, composing the second and third factors.

Keywords: *Acacia mearnsii*; Clustering Variables; Factor Analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1– DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA DE ACÁCIA-NEGRA POR MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL	13
FIGURA 2 – PROCESSO DE ANÁLISE FATORIAL	26
FIGURA 3 – CAIXA DE ANÁLISE FATORIAL.....	27
FIGURA 4 – CAIXA DE ANÁLISE FATORIAL.....	27
FIGURA 5 – DESCRITIVOS.....	28
FIGURA 6 – MÉTODO DE ANÁLISE FATORIAL.....	29
FIGURA 7 – Método de Rotação.....	30
FIGURA 8 – OPÇÕES	30
FIGURA 9 – RODAR A ANÁLISE	31
FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES DA VARIÂNCIA PARA OS DADOS GERAIS.....	47
FIGURA 11 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES VARIÂNCIA PARA A FLORESTA JOVEM.....	51
FIGURA 12 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES VARIÂNCIA DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA INICAL	55
FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES VARIÂNCIA PARA A FLORESTA COM IDADE MÉDIA AVANÇADA	59
FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES VARIÂNCIA PARA A FLORESTA MADURA.....	62

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ESTATÍSTICAS DA ANÁLISE DE FATORES	20
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TAMANHO DA AMOSTRA PARA CADA GRUPO DE IDADE NAS TRÊS REGIÕES	22
TABELA 2 – CATEGORIZAÇÃO PARA OS VALORES DE CORRELAÇÃO	25
TABELA 3 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA	33
TABELA 4 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DOS POVOAMENTOS JOVENS.....	34
TABELA 5 – CORRELAÇÃO MUITO FORTE DOS POVOAMENTOS JOVENS	35
TABELA 6 – CORRELAÇÃO FORTE DOS POVOAMENTOS JOVENS	35
TABELA 7 – CORRELAÇÃO REGULAR DOS POVOAMENTOS JOVENS	35
TABELA 8 – CORRELAÇÃO FRACA DOS POVOAMENTOS JOVENS	36
TABELA 9 – CORRELAÇÃO FRACA NEGATIVA DOS POVOAMENTOS JOVENS	36
TABELA 10 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL	37
TABELA 11 – CORRELAÇÃO MUITO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL	37
TABELA 12 – CORRELAÇÃO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL	38
TABELA 13 – CORRELAÇÃO REGULAR DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL	38
TABELA 14 – CORRELAÇÃO FRACA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL	38
TABELA 15 – CORRELAÇÃO FRACA NEGATIVA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL	39
TABELA 16 – CORRELAÇÃO REGULAR NEGATIVA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL	39
TABELA 17 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA	40
TABELA 18 – CORRELAÇÃO MUITO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA	40
TABELA 19 – CORRELAÇÃO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA	41

TABELA 20 – CORRELAÇÃO REGULAR DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA	41
TABELA 21 – CORRELAÇÃO FRACA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA	41
TABELA 22 – CORRELAÇÃO FRACA NEGATIVA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA	42
TABELA 23 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA.....	42
TABELA 24 – CORRELAÇÃO MUITO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA.....	43
TABELA 25 – CORRELAÇÃO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA	43
TABELA 26 – CORRELAÇÃO REGULAR DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA.....	43
TABELA 27 – CORRELAÇÃO FRACA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA	44
TABELA 28 – CORRELAÇÃO FRACA NEGATIVA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA.....	44
TABELA 29 – TESTE DE KMO E BARTLETT PARA OS DADOS.....	45
TABELA 30 – COMUNALIDADE DOS DADOS GERAIS.....	45
TABELA 31 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA COMPLETA DOS DADOS GERAIS	46
TABELA 32 – LOADINGS DADOS GERAIS	47
TABELA 33 – LOADINGS ROTACIONADOS	48
TABELA 34 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES DOS DADOS GERAIS	48
TABELA 35 – TESTE DE KMO E BARTLETT DOS DADOS DE FLORESTAS.....	49
TABELA 36 – COMUNALIDADE PARA OS DADOS DA FLORESTA JOVEM.....	49
TABELA 37 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA.....	50
TABELA 38 – MATRIZ DE LOADINGS PARA OS DADOS DA FLORESTA JOVEM.....	51
TABELA 39 – MATRIZ LOADINGS ROTACIONADOS PARA OS DADOS DA FLORESTA JOVEM.....	52
TABELA 40 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES	52

TABELA 41 – TESTE DE KMO E BARTLETT PARA OS DADOS DA FLORESTA MÉDIA INICIAL	53
TABELA 42 – COMUNALIDADE DOS DADOS DA POPULAÇÃO MÉDIA INICIAL	53
TABELA 43 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA PARA OS DADOS DA FLORESTA MÉDIA.....	54
TABELA 44 – MATRIZ DE LOADINGS.....	55
TABELA 45 – MATRIZ DE COMPONENTES ROTACIONADOS DOS DADOS DA POPULAÇÃO MÉDIO INICAL.....	56
TABELA 46 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES PARA OS DADOS DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA INICAL	56
TABELA 47 – TESTE DE KMO E BARTLETT PARA OS DADOS DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA AVANÇADA.....	57
TABELA 48 – COMUNALIDADE PARA OS DADOS DA FLORESTA MÉDIA AVANÇADA	57
TABELA 49 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA PARA DOS DADOS DA FLORESTA MÉDIA AVANÇADA	58
TABELA 50 – MATRIZ DE LOADINGS.....	59
TABELA 51 – MATRIZ DE COMPONENTES ROTACIONADOS PARA OS DADOS DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA AVANÇADA.....	60
TABELA 52 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES PARA OS DADOS DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA AVANÇADA	60
TABELA 53 – TESTE DE KMO E BARTLETT PARA OS DADOS DA FLORESTA MADURA.....	61
TABELA 54 – COMUNALIDADE DOS DADOS DA POPULAÇÃO MADURA.....	61
TABELA 55 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA PARA OS DADOS DA FLORESTA MADURA.....	62
TABELA 56 – MATRIZ LOADINGS.....	63
TABELA 57 – MATRIZ DE COMPONENTES ROTACIONADOS PARA OS DADOS DA FLORESTA MADURA.....	63
TABELA 58 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES DOS DADOS DA POPULAÇÃO MADURA	64

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

- dap* - Diâmetro à altura do peito
- h* - Altura total da árvore
- c* - Distância do primeiro galho vivo até o ápice da copa
- v* - Volume do fuste (com casca) da árvore
- Bf - Biomassa do fuste
- Bc - Biomassa da copa
- DBf - Densidade básica de todo o fuste da árvore
- DBc - Densidade básica de todos os componentes da copa da árvore
- Dc25 - Diâmetro a 25% da altura total da copa
- Dc50 - Diâmetro a 50% da altura total da copa
- Dc75 - Diâmetro a 75% da altura total da copa
- Dc95 - Diâmetro a 95% da altura total da copa
- CC - Percentual de carbono presente na copa
- CF - Percentual de carbono presente no fuste
- ha - Hectare
- M - Milhões

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	16
1.2.1 A ESPÉCIE <i>Acacia mearnsii</i> (ACÁCIA-NEGRA).....	16
1.3 TÉCNICA MULTIVARIADAS.....	17
2 MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.1 DESCRIÇÃO GERAL.....	21
2.2 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS	23
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	24
2.3.1 Acessar análise fatorial	26
2.3.1.1 Caixa de análise fatorial	27
2.3.2 Descritivos.....	27
2.3.3 Método de análise fatorial – PCA.....	28
2.3.4 Método de rotação (VARIMAX)	29
2.3.5 Opções.....	30
2.3.6 Executar a análise.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	31
3.2 CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS.....	34
3.2.1 Povoamento jovem – até 2 anos	34
3.2.2 Povoamento de idade média inicial – entre 2 e 4 anos	36
3.2.3 Povoamento de idade média avançada – entre 4 e 6 anos.....	39
3.2.4 Povoamento de idade madura – acima de 6 anos	42
3.3 ANÁLISE DE FATORES	44
3.3.1 Análise de fatores para os dados gerais	44
3.3.1.1 Teste de KMO e Bartlett para os dados gerais	44
3.3.1.2 Comunalidades para os dados gerais	45
3.3.1.3 Variância total explicada para os dados gerais	46
3.3.2 Análise de fatores com dados da floresta jovem	49
3.3.2.1 Teste de KMO e BARTLETT da floresta jovem	49

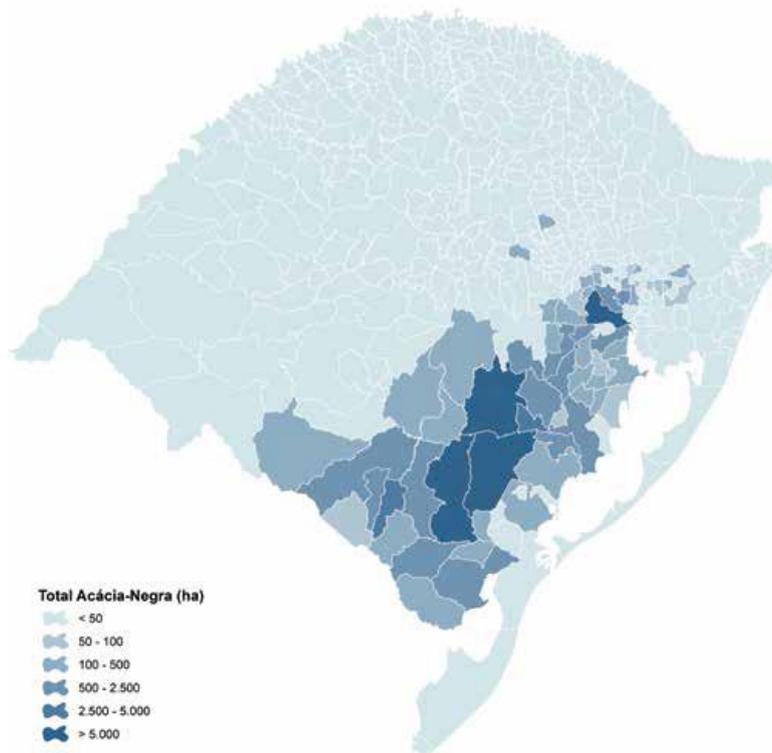
3.3.2.2	Comunalidades para os dados da floresta jovem	49
3.3.2.3	Variância total explicada para os dados da floresta jovem	50
3.3.3	Análise de fatores para os dados da floresta média inicial.....	53
3.3.3.1	Teste de KMO e BARTLETT para a floresta média inicial.....	53
3.3.3.2	Comunalidades para os dados da floresta média inicial.....	53
3.3.3.3	Variância total explicada dos dados da floresta média inicial	54
3.3.4	Análise de fatores com dados da floresta média avançada	57
3.3.4.1	Teste de KMO e BARTLETT da floresta média avançada	57
3.3.4.2	Comunalidades para os dados da floresta média avançada	57
3.3.4.3	Variância total explicada para os dados da floresta com idade média avançada.....	58
3.3.5	Análise de fatores para os dados da floresta madura	60
3.3.5.1	Teste de KMO e BARTLETT para os dados da floresta madura	61
3.3.5.2	Comunalidades para os dados da floresta madura	61
3.3.5.3	Variância total explicada para os dados da floresta madura	62
3.4	QUESTÕES E HIPÓTESES DA PESQUISA	64
4	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

De acordo como o relatório anual do Ibá (2020), em 2019 houve o registro de 9 milhões de hectares plantados em território brasileiro. Está segmentado em 6,97 M ha de plantio de Eucalipto, 1,64 M ha de cultivo de Pinus e 0,39 M ha representando outras espécies florestais, dentre estas os plantios de acácia-negra. Segundo a AGEFLOR (2020), o estado do Rio Grande do Sul possui quase a totalidade dos plantios de acácia-negra no país.

Conforme afirma a associação gaúcha, o estado do Rio Grande do Sul apresenta 1,03 M ha de florestas plantadas e 7,3% são cultivos de acácia-negra, sendo um cultivo com distribuição espacial praticamente restrita no estado (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Dessa forma, a maior quantidade de área plantada de acácia-negra está nos municípios de Encruzilhada do Sul (14.107 ha), Piratini (10.490 ha), Triunfo (9.328 ha) e Canguçu (6.435).

FIGURA 1– DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA DE ACÁCIA-NEGRA POR MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL



FONTE: Fepam, codex, Base de Dados RDK (2020)

Os produtos oriundos da floresta de Acácia-negra podem ser utilizados para diversos fins e são originários da copa e do fuste das árvores. Experimentos são conduzidos com objetivos de determinar usos maximizados dos produtos da floresta e, geralmente, diversas variáveis são mensuradas. Algumas são mensuradas visando caracterização da propriedade da madeira e outras da dendrometria. Assim, surge a seguinte questão: *qual é o agrupamento das variáveis dendrométricas e de propriedade da madeira? Qual são as variáveis mais importantes para caracterizar o espaço multivariado e correlacionado?*

Estas questões motivaram a elaboração do presente trabalho, o qual teve o objetivo de analisar o relacionamento das variáveis dendrométricas e de propriedade da madeira, utilizando a técnica de Análise de Fatores, ao longo do ciclo de cultivo da acácia- negra. Para este estudo foram propostas as seguintes hipóteses:

- As variáveis dendrométricas diâmetro à atura do peito, altura, comprimento de copa, volume, biomassa do fuste, biomassa da copa, diâmetros de copa possuem diferentes graus de relacionamentos ao longo do ciclo de cultivo dos povoamentos?

- As variáveis das propriedades da madeira, densidade básica do fuste, densidade básica da copa, percentual de carbono na copa e percentual de carbono no fuste possuem relacionamento com as variáveis dendrométricas, e baixo grau de relacionamento entre si?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o relacionamento das variáveis dendrométricas e de propriedades da madeira, utilizando a técnica de Análise de Fatores, ao longo do ciclo de cultivo da acácia- negra.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Obter a matriz de correlação entre as variáveis dendrométricas e de propriedade de madeira, em grupos de idades de povoamentos;
- Por meio da análise de fatores, reduzir a dimensão das variáveis originais em fatores;
- Avaliar o agrupamento das variáveis dendrométricas e de propriedade da madeira e seu relacionamento ao longo do ciclo de cultivo da acácia-negra.
- Identificar as variáveis mais importantes para caracterizar o espaço multivariado e correlacionado.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 A ESPÉCIE *Acacia mearnsii* (ACÁCIA-NEGRA)

A espécie é originária do sudeste australiano e da África do Sul, a qual pertence à família Fabaceae e a subfamília Mimosoideae. Para Boland *et al.* (1984) a *Acacia mearnsii* possui o nome popular de acácia-negra devido a sua folhagem de cor escura quando adulta. A espécie é de pequeno porte, quando jovem possui casca fina de coloração mais clara e lisa, e após a maturidade esta árvore é de cor cinza a preto-amarronzada, dura e fissurada (MORA, 2002).

A acácia-negra é uma fonte de matéria-prima para a indústria, principalmente devido a qualidade de sua casca, de onde são obtidos os extratos vegetais, ricos em taninos e fenóis, sendo os taninos da acácia-negra utilizados no curtimento de couro. É possível obter também flocculantes utilizados em processos de tratamento de água, além de dispersantes, usados como aditivos nos processos em que é necessária a aspersão de líquidos, os adesivos e resinas, à base fenólica, destinados, principalmente, às indústrias que utilizam madeiras, bem como componentes destinados à produção de agentes anticorrosivos (HIGA *et al.*, 2006, p. 313). Ainda, conforme Foelkel (2008), um benefício que o cultivo da acácia-negra pode oferecer é a simbiose entre bactérias rizóbios, que contribui com o enriquecimento de nitrogênio no solo.

O cultivo de *Acacia mearnsii* De Wild tem contribuição econômica e cultural no estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, na indústria de celulose como madeira, e lenha na secagem de grãos, fumo, padarias e olarias, além do uso doméstico (TONIETTO; STEIN, 1997). A acácia-negra também pode ser consorciada com outras atividades rurais no decorrer do seu desenvolvimento.

O cultivo da acácia-negra é uma atividade econômica que proporciona benefícios e prosperidade para aproximadamente 40 mil famílias. A atividade é interessante devido a maior parte dos plantios ocorrerem em minifúndios, ou seja, por pequenos e médios produtores, que detêm aproximadamente 60% das plantações (SIMON, 1999, HIGA *et al.*, 2006).

É importante ressaltar a relevância econômica da acácia-negra, principalmente pelo alto impacto nas pequenas e médias propriedades das regiões, conforme os autores anteriormente citados. Nesse sentido, cabe reafirmar a importância de pesquisas relacionadas ao cultivo de acácia-negra no estado do Rio Grande do Sul.

Conforme explicado, o que importa, portanto, é que a *Acacia mearnsii* possui incontáveis usos, seja no setor madeireiro, seja na indústria de peles, assim como também pode ser usado como alternativa mais ecológica no tratamento de água. É preciso ressaltar o impacto econômico que este cultivo proporciona, tendo em vista, que a maior parte do cultivo está distribuída entre pequenos e médios agricultores.

Experimentos são conduzidos com objetivos de determinar usos dos produtos da floresta de acácia-negra e, geralmente, diversas variáveis são mensuradas. Algumas são mensuradas visando caracterização da propriedade da madeira e outras a dendrometria, com monitoramento contínuo ao longo de um ciclo de cultivo, devido a influência da idade.

A idade de uma árvore tem importância notável sobre as características das árvores de acácia-negra. Para Costa (2018), há uma tendência à medida que a idade aumenta em povoamentos de acácia-negra, de aumento nos valores de densidade básica dos galhos e fuste. Também foi apurado por Costa Junior (2018), que nos povoamentos jovens estão as maiores médias de teor de carbono orgânico nas copas da espécie. E os menores valores de teores de cinzas, foram encontrados nas árvores de idade média avançada e madura.

1.3 TÉCNICA MULTIVARIADAS

As técnicas multivariadas são utilizadas quando há a necessidade de analisar variáveis concomitantemente. Conforme Souza (2011), no setor florestal é comum a mensuração de diferentes características em uma mesma unidade, seja, experimental ou uma única árvore. Dessa forma, as análises estatísticas devem ser conduzidas utilizando a existência de uma possível estrutura de covariância entre as variáveis.

A Análise Fatorial, uma das técnicas da estatística multivariada, pode ser aplicada quando o objetivo é reduzir a dimensão do conjunto de variáveis originais e agrupá-las em fatores (BAKKE *et al.*, 2008). Isto é feito visando uma sumarização com

eliminar o efeito das unidades de medidas das variáveis que são medidas em diferentes escalas.

A análise fatorial também necessita que seja estimada a matriz de correlação populacional $P_{p \times p}$, por meio de uma matriz de correlação amostral $R_{p \times p}$. Dessa forma, a aferição de m , necessita obter os autovalores da matriz $R_{p \times p}$ e organizá-los na ordem decrescente.

Uma vez obtida a matriz de correlação, os conjuntos de autovalores e autovetores, e autovetores são ponderados pelo desvio padrão dos fatores (*loadings*).

Uma importante etapa é a escolha do número de fatores. Para Mingoti (2005) a seleção do número de fatores pode ser feita utilizando-se os critérios :

- I. Análise da proposta da variância total: conservar-se os fatores que representam maiores proporções da variância total e, portanto, m será igual ao número de autovalores retidos. Sendo que o valor mínimo seja de 60% da variância (MALHOTRA, 2019), por exemplo.
- I. Autovalores: o valor de m que iguala ao valor numérico de autovalores maiores ou iguais a 1.
- II. Scree-plot: gráfico onde observa-se um “ponto de salto”, que represente um decréscimo de importância em relação à variância total. Neste caso, o valor de m se iguala ao número de autovalores anteriores ao “ponto de salto”.

Hair *et al.* (2009), pondera que o pesquisador precisa minimizar o número de fatores, porém deve conservar um número razoável de variáveis por fator. Isto deve-se ao fato de que a análise de fatores consiste na definição de padrões entre grupos de variáveis, tornando-se de pouca utilidade na identificação de fatores compostos por uma única variável.

No QUADRO 1 estão sumarizadas as principais estatísticas vinculadas à análise fatorial.

QUADRO 1 – ESTATÍSTICAS DA ANÁLISE DE FATORES

Teste de Esfericidade de Bartlett	Teste estatístico usado para examinar a hipótese de que as variáveis não sejam correlacionadas na população, ou seja, a matriz de correlação da população é uma matriz identidade, onde cada variável se correlaciona perfeitamente com ela própria ($r=1$), mas não apresenta correlação com as outras variáveis ($r=0$). A significância para o teste não deve ultrapassar 0,05.
Matriz de Correlação	O triângulo inferior da matriz que exibe as correlações simples entre todos os pares possíveis de variáveis incluídos na análise. Os elementos da diagonal, que são todos igual a 1.
Comunalidade	Porção da variância que uma variável compartilha com todas as outras variáveis consideradas. É também a proporção de variância explicada pelos fatores comuns.
Autovalor (<i>Eigenvalue</i>)	Representa a variância total explicada por cada fator.
Loadings	Cargas (pesos) de cada variável no fator. Para variáveis originais padronizadas, representa a correlação entre a variável original e o fator.
Gráfico de cargas dos fatores	Gráfico das variáveis originais, utilizando as cargas dos fatores como coordenadas.
Matriz de Fatores	Cargas dos fatores de todas as variáveis em todos os fatores extraídos.
Escores fatoriais	Escores compostos estimados para cada elemento da amostra em função dos fatores derivados.
Medida de Adequação de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	Índice usado para avaliar a adequação da análise fatorial. Os valores obtidos por meio deste teste variam entre 0 e 1. Valores acima de 0,50 indicam que a análise de fatores é apropriada.
Porcentagem de variância	Porcentagem da variância total atribuída a cada fator.
Resíduos	Diferenças entre as correlações observadas na matriz de correlação de entrada e as correlações reproduzidas, conforme estimadas na matriz de fatores.
Scree plot	Gráfico dos autovalores <i>versus</i> o número de fatores, por ordem de extração.

FONTE: Malhotra (2019, apud Bakke et al. (2008)

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO GERAL

As informações de cada variável dendrométrica utilizada são originárias de uma pesquisa conduzida por Costa *et al.* (2018). A base de dados foi composta usando-se de amostragens em povoamentos comerciais de acácia-negra em três regiões do estado do Rio Grande do Sul, sendo elas: Cristal, Encruzilhada do Sul e Piratini. Os plantios foram submetidos as mesmas condições de manejo, e o espaçamento era de 3 x 1,75 metros.

As amostras foram coletadas nos povoamentos no ano de 2014. Para obtenção dos dados foram amostrados 12 povoamentos. Em cada povoamento foram implantadas quatro unidades amostrais de 78,54 m², totalizando 48 parcelas temporárias. Todas as árvores nas unidades amostrais foram derrubadas para a mensuração das variáveis, e foram utilizadas 662 árvores para a presente análise.

Os povoamentos foram classificados em relação a sua idade por Costa *et al.* (2018), como: até 2 anos em jovem, entre 2 e 4 anos em idade média inicial, entre 4 e 6 anos em idade média avançada e madura para aqueles com idade superior a 6 anos. Para o presente estudo foram adotados os mesmos critérios de denominação nas análises. Na TABELA 1 está apresentado o tamanho da amostra para cada grupo de idade.

TABELA 1 – TAMANHO DA AMOSTRA PARA CADA GRUPO DE IDADE NAS TRÊS REGIÕES

Local	Idade	Nº árvores
Cristal	JOVENS	59
	MÉDIA INICIAL	46
	MÉDIA AVANÇADA	43
	MADURA	57
Encruzilhada do Sul	JOVENS	56
	MÉDIA INICIAL	67
	MÉDIA AVANÇADA	48
	MADURA	59
Piratini	JOVENS	70
	MÉDIA INICIAL	48
	MÉDIA AVANÇADA	59
	MADURA	50

FONTE: O autor (2021)

Foram mensuradas, no presente, 14 variáveis que foram classificadas em dendrométricas e de propriedade da madeira. As dendrométricas foram:

dap = corresponde ao diâmetro do fuste da árvore à altura do peito, a 1,30 m de altura em relação ao solo, em cm.

h = corresponde à altura total da árvore, desde o solo até o final da sua copa, em m.

c = corresponde a distância do primeiro galho vivo até o ápice da copa, em m.

v = corresponde ao volume do fuste (com casca) da árvore, em m³.

Bf = é a massa de toda a matéria orgânica presente na madeira e casca do fuste, em kg.

Bc = é a massa de toda a matéria orgânica encontrada na copa da árvore, considerando galhos, folhas, frutos, em kg.

Dc25 = é o diâmetro medido a 25% da altura total da copa, em m.

Dc50 = é o diâmetro medido a 50% da altura total da copa, em m.

Dc75 = é o diâmetro medido a 50% da altura total da copa, em m.

Dc95 = é o diâmetro medido a 95% da altura total da copa, em m.

As variáveis referentes às propriedades da madeira foram:

DBf = corresponde à densidade básica de todo o fuste da árvore, em g cm⁻³.

DBc = corresponde à densidade básica dos galhos da copa da árvore, em g cm⁻³.

CC = é o percentual de carbono presente na copa da árvore, em%.

CF = é o percentual de carbono presente no fuste da árvore, em %.

2.2 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Os valores da variável *dap* foi obtido com a fita dendrométrica, enquanto, que os valores de *h* e *c* foram obtidos com uma trena depois da derrubada de todas as árvores. Com o uso de uma balança digital de precisão, obteve-se os valores da biomassa úmida do componente fuste e copa de todas as árvores derrubadas.

Para a obtenção da biomassa seca, foram coletadas amostras na copa e no fuste das árvores. Essas amostras foram secas em estufa e a biomassa foi calculada conforme a equação:

$$B_{ij} = \frac{MFT_{ij} * MS_{ij}}{MF_{ij}} \quad (2.1)$$

Em que:

B_{ij} = biomassa seca do *i*-ésimo componente, para a *j*-ésima árvore (kg).

MFT_{ij} = massa fresca total do *i*-ésimo componente para a *j*-ésima árvore (kg).

MS_{ij} = massa seca da amostra do *i*-ésimo componente, para a *j*-ésima árvore (kg).

MF_{ij} = massa fresca da amostra do *i*-ésimo componente, para a *j*-ésima árvore (kg).

Os diâmetros ao longo da copa (D_{c25} , D_{c50} , D_{c75} e D_{c95}) foram medidos com trena, em duas posições opostas, após a derrubada das árvores.

Para obtenção dos valores do volume foi usado o método de Huber, no qual as medidas foram realizadas ao longo do fuste conforme a altura total em 5%, 15%, 25%, 35%, 45%, 55%, 65%, 75%, 85% e 95%. O volume foi calculado com a seguinte expressão:

$$v = \sum_{i=1}^n \frac{\pi}{4} d_i^2 l_i \quad (2.2)$$

Em que:

v = volume do fuste (m^3).

d_i = diâmetro mensurado na na seção (m).

l_i = comprimento da seção (m).

A obtenção dos valores das densidades básica da copa e fuste seguiram a norma técnica Techstreet ASTM D2395 (2014). Os corpos de prova foram retirados das mesmas posições do fuste para a determinação da biomassa. Depois, foram submersos em água até atingirem massa constante para a medição do volume saturado. Posteriormente, com uso de estufa a 103°C, os corpos de prova permaneceram até atingir massa constante com propósito de determinar a massa seca. O cálculo da densidade básica seguiu conforme a equação:

$$pb_{ij} = \frac{m_{oij}}{v_{maxij}} \quad (2.1)$$

Em que:

pb_{ij} = densidade básica do i-ésimo componente, para a j-ésima árvore (g cm⁻³).

m_{oij} = massa da amostra do i-ésimo componente, para a j-ésima árvore (g).

v_{maxij} = volume da amostra saturada em água, do i-ésimo componente para a j-ésima árvores (cm³).

A determinação dos valores das variáveis teor de carbono na copa e fuste (CC e CF) foram analisadas no equipamento C-144 LECO. As amostras foram incineradas a 1.000°C e os teores de carbono foram quantificados pelo próprio equipamento.

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Foram calculadas estatísticas descritivas com intuito de apresentar um resumo inicial dos valores das variáveis mensuradas. Dessa forma, são apresentados os valores mínimos e máximos, média, desvio padrão e coeficiente de variação para as 14 variáveis observadas.

A matriz de correlação tem como intuito revelar o grau de relacionamento das variáveis. As correlações foram efetuadas para cada grupo de idade e seus resultados

foram classificados conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, com as intensidades postostas por Callegari-Jacques (2003).

TABELA 2 – CATEGORIZAÇÃO PARA OS VALORES DE CORRELAÇÃO

Intensidade	Classificação
$r = 0$	Nula
$0 < r \leq 0,3 $	Fraca
$ 0,3 < r \leq 0,6 $	Regular
$ 0,6 < r \leq 0,9 $	Forte
$ 0,9 < r < 1 $	Muito forte
$r = 1$	Plena

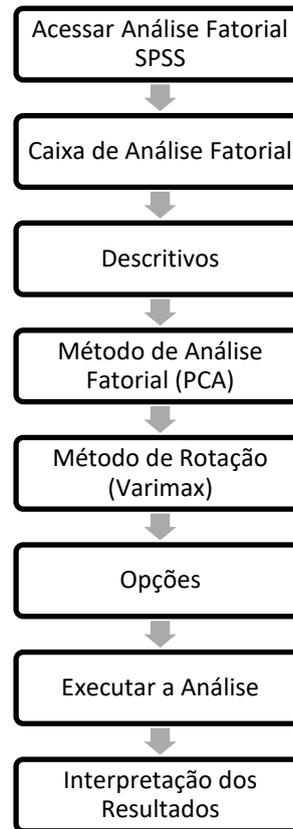
FONTE: Adaptado de Callegari-Jacques (2003).

Na sequência foi processada a análise de fatores, sendo realizada para os dados gerais e para cada grupo de idade. Os fatores foram extraídos utilizando a matriz de correlação, uma vez que as variáveis originais são compostas por diferentes unidades de medidas. Os fatores foram obtidos a partir de componentes principais e os loadings a partir da rotação *varimax*. O critério para a extração do número de fatores foi o de autovalor maior do que 1. Loadings menores que 0,5 não foram apresentados. O teste de KMO e de esfericidade de Bartlett também foram avaliados.

Todos os processamentos das análises estatísticas foram efetuados utilizando o *software IBM® SPSS Statistics*¹(versão para avaliação) (FIGURA 2).

¹ <https://www.ibm.com/br-pt/analytics/spss-trials>

FIGURA 2 – PROCESSO DE ANÁLISE FATORIAL

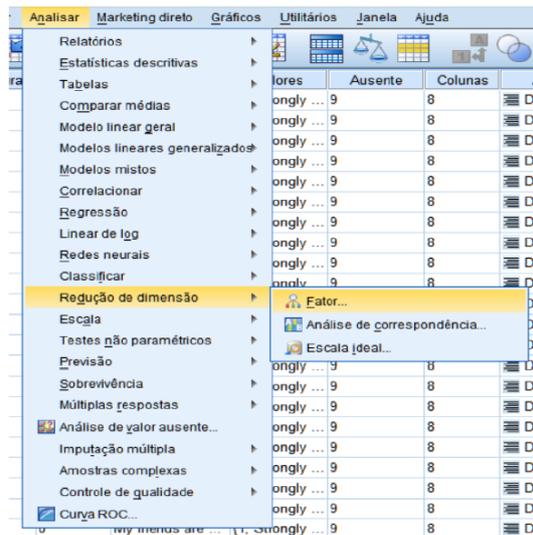


FONTE: O autor (2021)

2.3.1 Acessar análise fatorial

Na seção analisar, escolha redução de dimensão e depois fator.

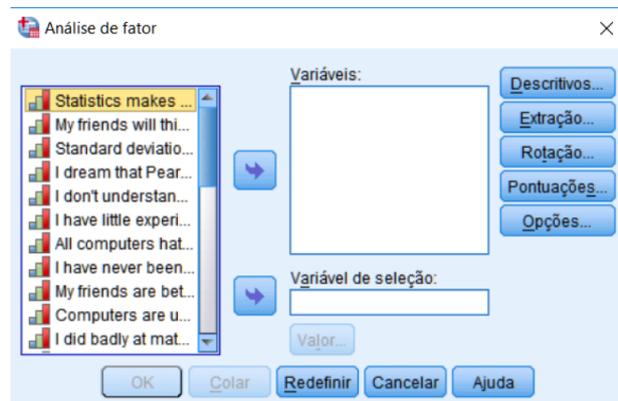
FIGURA 3 – CAIXA DE ANÁLISE FATORIAL



FONTE: SPSS (2021)

2.3.1.1 Caixa de análise fatorial

FIGURA 4 – CAIXA DE ANÁLISE FATORIAL

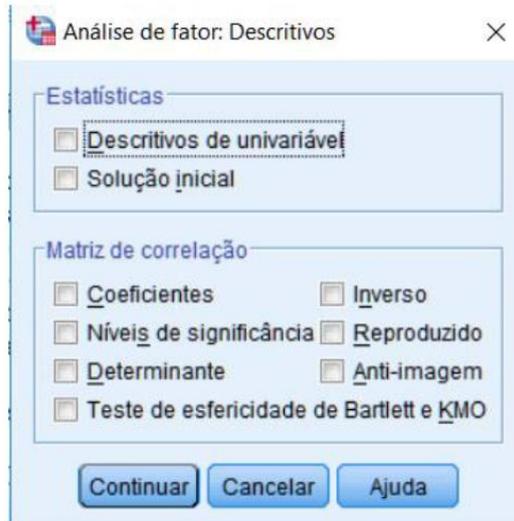


FONTE: SPSS (2021)

“As variáveis são listadas à esquerda, sendo que as flechas permitem selecionar as que se quer analisar. Os menus a direita são detalhados e explicados antes de se prosseguir com a análise” (Pereira *et al.*, 2019, p. 25).

2.3.2 Descritivos

FIGURA 5 – DESCRITIVOS



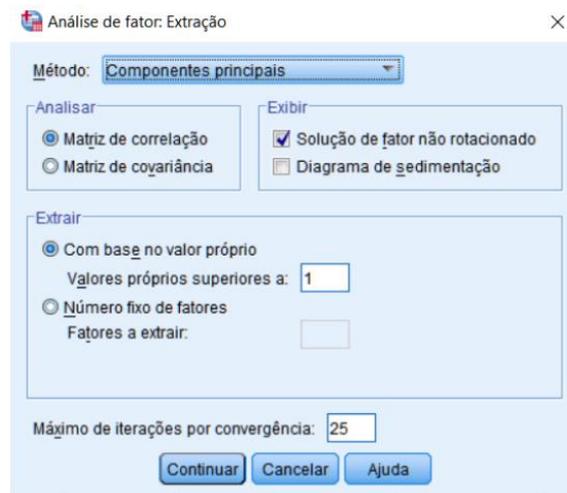
FONTE: SPSS (2021)

Para Field (2009) Determinante é usado para checar Multicolinearidade, devendo ser maior que 0.00001, caso não seja, o ideal é ir eliminando variáveis que tenham uma correlação elevada, maior que 0.8. Finalmente, o teste de esfericidade mensura a adequação da amostra, devendo ser maior que 0.5. (Field, 2009). Escolhemos, deste modo, coeficientes, níveis de significância, determinante e teste de esfericidade.

2.3.3 Método de análise fatorial – PCA

Clicando em extração abrirá a caixa (FIGURA 6).

FIGURA 6 – MÉTODO DE ANÁLISE FATORIAL



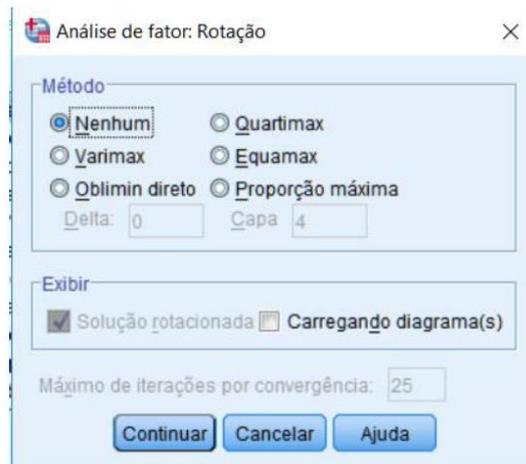
FONTE: SPSS (2021)

“Quanto à opção de extrair, o ideal é manter a opção ‘com base de valor próprio’ em 1, segundo recomendações estatísticas, que é o padrão que se apresenta ao abrir a caixa”. (Pereira et al.,2019, pag. 27). Segundo Field (2009) sugere para rodar a análise com diagrama de sedimentação, com base no valor próprio de 1.

2.3.4 Método de rotação (VARIMAX)

Para Field (2009) o método de rotação mais recomendado é o Varimax, sendo que cada análise dependerá do tipo de pesquisa (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

FIGURA 7 – Método de Rotação

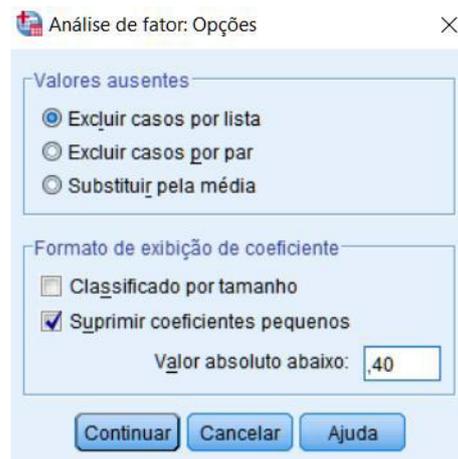


FONTE: SPSS (2021)

2.3.5 Opções

Segundo Field (2009), a caixa de opções permite algumas escolhas que ajudam na interpretação, para este caso houve a supressão de coeficiente abaixo de 0,4.

FIGURA 8 – OPÇÕES

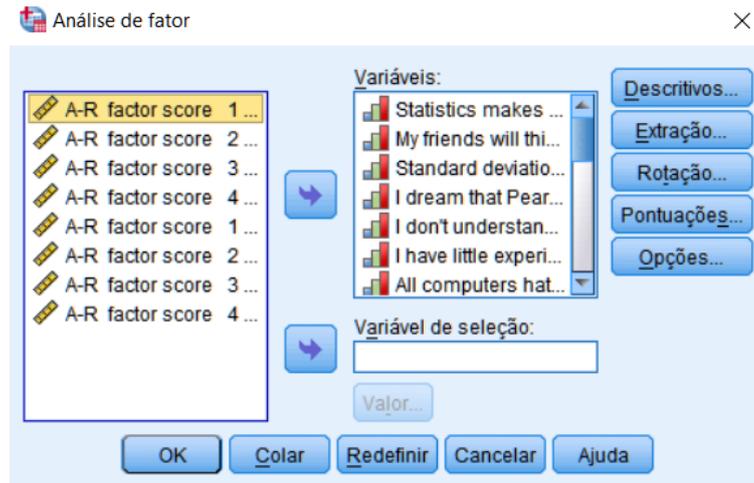


FONTE: SPSS (2021)

2.3.6 Executar a análise

Após selecionar as variáveis, clique em OK para o SPSS executar a análise.

FIGURA 9 – RODAR A ANÁLISE



FONTE: SPSS (2021)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Na TABELA 3 estão apresentados os valores mínimos (mín), máximos (máx), a média (méd), o desvio padrão (s) e os coeficientes de variação (CV) para todas as variáveis e por grupo de idade.

A variável *dap* apresentou valor médio variando de 5,12 cm nos plantios de idade inferior a 2 anos até 12,85 cm nas idades superiores aos 6 anos. Mora (2002), observou valores médios da variável *dap* de 12,33 cm em testes de progênie de *Acacia mearnsii* com 6 anos, revelando resultados compatíveis aos obtidos no presente estudo. Observa-se um expressivo valor de CV entre os grupos, tal que nos povoamentos se tem a menor homogeneidade nesta variável.

Os valores médios de *h* estão entre 5,98 e 16,33 m. Schumacher *et al.* (2013), em plantios de *Acacia mearnsii* com 6 anos e com diferentes dosagens de N-P-K, encontrou valores médios entre 14,5 e 18,2m. A variável *h* revela um alto valor de CV nos povoamentos jovens (42,33%), apresentando valores inferiores a 20 % nas demais idades.

O comprimento de copa (*c*) apresenta valores médios entre 4,24 e 7,44 m ao longo das idades. Sanquetta *et al.* (2014) observaram que ocorre diferenças nos tamanhos de copa de acácia-negra em diferentes regiões, destacando que o tamanho das copas depende do local e do sítio. Os valores de coeficiente de variação (CV)

foram relevantes, sendo valores entre 30,67 e 38,12 % ao decorrer das idades, entretanto, a variação entre as idades não foi alta.

As variáveis volume, biomassa do fuste e biomassa da copa apresentaram valores expressivos de CV, revelando a alta dispersão dos dados, em torno da média, em todas das idades examinadas. Para Sanquetta *et al.* (2014), tais variações ocorrem devido à influências de fatores externos, que podem ser concorrências entre árvores vizinhas e as condições ambientais. Assim como nas variáveis diâmetro de copa mensuradas, em alturas percentuais (Dc25, Dc50, Dc75 e Dc95), apresentou valores do CV que variaram entre 31,42 e 64,11%. Os valores indicam o Dc25 na idade média avançada e o Dc95 na idade jovem como aos valores de CV mais extremos.

TABELA 3 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA

		Variável													
		<i>dap</i> (cm)	<i>h</i> (m)	<i>c</i> (m)	<i>v</i> (m ³)	<i>Bf</i> (kg)	<i>Bc</i> (kg)	<i>DBf</i> (g/cm ³)	<i>DBc</i> (g/cm ³)	<i>Dc25</i> (m)	<i>Dc50</i> (m)	<i>Dc75</i> (m)	<i>Dc95</i> (m)	<i>CC</i> (%)	<i>CF</i> (%)
Até 2 anos	mín	0,64	1,60	1,50	0,00018	0,10	0,19	0,31	0,34	0,40	0,30	0,30	0,10	44,94	43,43
	máx	10,66	10,20	8,00	0,04128	20,09	11,54	0,68	0,77	3,10	3,30	2,80	3,00	52,39	49,16
	méd	5,12	5,98	4,24	0,01142	5,24	3,18	0,43	0,49	1,44	1,28	1,05	0,75	48,51	44,56
	s	2,70	2,53	1,49	0,01045	4,59	2,71	0,05	0,07	0,60	0,60	0,56	0,48	1,10	0,74
	CV (%)	52,73	42,33	35,11	91,53	87,69	85,42	11,78	14,77	41,91	47,23	52,89	64,11	2,27	1,67
Entre 2 e 4 anos	mín	2,86	5,40	1,40	0,00220	1,15	0,16	0,32	0,33	0,50	0,40	0,20	0,10	43,48	37,22
	máx	16,55	15,40	13,40	0,13685	71,12	26,33	0,76	0,71	3,90	3,90	8,00	2,70	52,27	49,41
	méd	9,13	11,72	5,80	0,04554	21,69	6,75	0,48	0,48	1,76	1,65	1,40	0,89	46,51	44,40
	s	2,62	1,96	2,07	0,02864	13,51	5,33	0,05	0,05	0,64	0,67	0,79	0,43	2,05	1,10
	CV (%)	28,73	16,69	35,68	62,89	62,29	78,99	10,50	11,10	36,45	40,73	56,32	48,39	4,40	2,47
Entre 4 e 6 anos	mín	2,55	4,70	2,05	0,00139	0,70	0,22	0,40	0,34	0,40	0,50	0,30	0,20	43,81	43,87
	máx	18,46	20,60	11,60	0,24915	140,43	32,82	0,75	0,65	3,80	3,60	3,60	3,40	50,57	48,54
	méd	11,28	15,24	5,95	0,08770	47,80	11,37	0,54	0,52	1,92	1,83	1,61	1,10	46,45	44,52
	s	3,49	3,02	1,83	0,05289	29,56	7,82	0,05	0,05	0,60	0,63	0,59	0,49	1,88	0,66
	CV (%)	30,96	19,80	30,67	60,31	61,84	68,79	9,78	10,13	31,42	34,74	36,90	44,56	4,05	1,48

FONTE: O autor (2021)

A *DBf*, *DBc*, *CC* e *CF* foram as variáveis que apresentaram maior homogeneidade em todas as categorias de idades analisadas, pois seus CV foram inferiores a 15%. Para a média, destacam-se as variáveis *CC* e *CF*, que variaram entre 45,78 e 48,51g/m³ em valor médio de *C*, e 44,40 a 44,57 g/m³. Dessa forma, em ambos os casos os valores de CV foram inferiores a 5% em todas as idades verificadas. Logo, nota-se a baixa variabilidade dessas variáveis ao longo do ciclo de cultivo.

3.2 CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS

Nesta etapa são apresentados os resultados obtidos para a correlação entre as variáveis nos quatro grupos segmentados por idade.

3.2.1 Povoamento jovem – até 2 anos

Na TABELA 4 estão apresentadas as correlações entre as variáveis das 185 árvores observadas nos povoamentos com idade até 2 anos, denominado como povoamento jovem.

TABELA 4 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DOS POVOAMENTOS JOVENS

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>	<i>CC</i>	<i>CF</i>
<i>dap</i>	1													
<i>h</i>	0,9527	1												
<i>c</i>	0,8291	0,8454	1											
<i>v</i>	0,9526	0,8932	0,8020	1										
<i>Bf</i>	0,9510	0,8974	0,8095	0,9770	1									
<i>Bc</i>	0,8869	0,7985	0,7873	0,9006	0,9067	1								
<i>Df</i>	0,0204	-0,0065	-0,0274	0,0091	0,0283	0,0851	1							
<i>DBc</i>	-0,1471	-0,1553	0,0192	-0,1327	-0,1348	-0,0705	0,0540	1						
<i>Dc25</i>	0,8290	0,7449	0,6874	0,7913	0,7973	0,8204	0,1144	-0,1028	1					
<i>Dc50</i>	0,8650	0,7878	0,6732	0,8362	0,8316	0,8170	0,1062	-0,1514	0,8837	1				
<i>Dc75</i>	0,8520	0,7846	0,6482	0,8138	0,8100	0,7914	0,0998	-0,1759	0,8073	0,9091	1			
<i>Dc95</i>	0,7002	0,6276	0,4614	0,6489	0,6475	0,6226	0,0796	-0,2419	0,6884	0,7674	0,8663	1		
<i>CC</i>	0,1167	0,1169	0,1505	0,1356	0,1243	0,0658	-0,0736	0,0162	0,0495	0,0644	0,0511	0,0574	1	
<i>CF</i>	0,1718	0,1767	0,0854	0,1414	0,1737	0,1331	0,0224	-0,0659	0,1815	0,1921	0,2201	0,2097	0,1420	1

FONTE: O autor (2021)

Conforme TABELA 5 as variáveis que se correlacionam de forma muito forte entre si foram:

TABELA 5 – CORRELAÇÃO MUITO FORTE DOS POVOAMENTOS JOVENS

	<i>dap</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Dc50</i>
<i>h</i>	0,9527			
<i>v</i>	0,9526			
<i>Bf</i>	0,9510	0,9770		
<i>Bc</i>		0,9006	0,9067	
<i>Dc75</i>				0,9091

FONTE: O autor (2021)

As que apresentaram correlação forte entre variáveis são apresentadas na TABELA 6 foram:

TABELA 6 – CORRELAÇÃO FORTE DOS POVOAMENTOS JOVENS

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>
<i>c</i>	0,8291	0,8454							
<i>v</i>		0,8932	0,8020						
<i>Bf</i>		0,8974	0,8095						
<i>Bc</i>	0,8869	0,7985	0,7873						
<i>Dc25</i>	0,8290	0,7449	0,6874	0,7913	0,7973	0,8204			
<i>Dc50</i>	0,8650	0,7878	0,6732	0,8362	0,8316	0,8170	0,8837		
<i>Dc75</i>	0,8520	0,7846	0,6482	0,8138	0,8100	0,7914	0,8073		
<i>Dc95</i>	0,7002	0,6276		0,6489	0,6475	0,6226	0,6884	0,7674	0,8663

FONTE: O autor (2021)

O *dap* é a variável que apresenta a correlação mais forte com a maior parte das demais variáveis dendrométricas em idade inferior a 2 anos. Para Loetsch *et al.* (1973) o diâmetro pode ser medido com maior acurácia do que outras variáveis, significando uma variável importante que afeta o volume quadraticamente. Sendo um dado de mais fácil obtenção, é satisfatório a sua associação com as demais variáveis.

Conforme a TABELA 7, a correlação entre *c* e *Dc95* foi a única que apresentou correlação regular em povoamentos jovens.

TABELA 7 – CORRELAÇÃO REGULAR DOS POVOAMENTOS JOVENS

	<i>c</i>
<i>Dc95</i>	0,4614

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 8 são apresentadas outras 33 correlações classificadas como fracas. As variáveis DBf, CC e CF apresentaram fraca associação com as demais variáveis.

TABELA 8 – CORRELAÇÃO FRACA DOS POVOAMENTOS JOVENS

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>	<i>CC</i>
<i>DBf</i>	0,0204			0,0091	0,0283	0,0851							
<i>DBc</i>			0,0192				0,0540						
<i>Dc25</i>							0,1144						
<i>Dc50</i>							0,1062						
<i>Dc75</i>							0,0998						
<i>Dc95</i>							0,0796						
<i>CC</i>	0,1167	0,1169	0,1505	0,1356	0,1243	0,0658		0,0162	0,0495	0,0644	0,0511	0,0574	
<i>CF</i>	0,1718	0,1767	0,0854	0,1414	0,1737	0,1331	0,0224		0,1815	0,1921	0,2201	0,2097	0,1420

FONTE: O autor (2021)

Verifica-se que correlações altas foram reveladas pelas variáveis *h*, *c*, *v*, *Bf*, *Bc* e *Dc* (25,50,75 e 95). As variáveis *DBf*, *DBc*, *CC* e *CF* apresentaram uma correlação fraca com as demais variáveis, em destaque a associação entre *DBc* com as demais variáveis exibiram uma correlação inversamente proporcional (TABELA 9), ainda que muito fraca no povoamento jovem. Verifica-se que as variáveis caracterizadas como dendrométricas não estão associadas com as variáveis caracterizadas como propriedade da madeira.

TABELA 9 – CORRELAÇÃO FRACA NEGATIVA DOS POVOAMENTOS JOVENS

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>
<i>DBf</i>		-0,0065	-0,0274					
<i>DBc</i>	-0,1471	-0,1553		-0,1327	-0,1348	-0,0705		
<i>Dc25</i>							-0,1028	
<i>Dc50</i>							-0,1514	
<i>Dc75</i>							-0,1759	
<i>Dc95</i>							-0,2419	
<i>CC</i>							-0,0736	
<i>CF</i>								-0,0659

FONTE: O autor (2021)

3.2.2 Povoamento de idade média inicial – entre 2 e 4 anos

Na TABELA 10 estão apresentadas as correlações entre as variáveis das 161 árvores observadas nos povoamentos denominados como povoamentos de idade média inicial, entre 2 e 4 anos.

TABELA 10 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>	<i>CC</i>	<i>CF</i>
<i>dap</i>	1													
<i>h</i>	0,8282	1												
<i>c</i>	0,7932	0,7368	1											
<i>v</i>	0,9710	0,8135	0,7861	1										
<i>Bf</i>	0,9639	0,7904	0,7820	0,9759	1									
<i>Bc</i>	0,9195	0,7140	0,8126	0,9315	0,9387	1								
<i>DBf</i>	0,1592	0,0887	0,1549	0,1349	0,2017	0,2179	1							
<i>DBc</i>	0,3133	0,2502	0,2501	0,2771	0,3049	0,3423	0,4335	1						
<i>Dc25</i>	0,8402	0,6730	0,7718	0,8164	0,8164	0,8153	0,1909	0,2565	1					
<i>Dc50</i>	0,8239	0,6465	0,7760	0,8099	0,8147	0,8598	0,1924	0,2235	0,8689	1				
<i>Dc75</i>	0,6046	0,4719	0,5467	0,5868	0,5966	0,6276	0,1705	0,2115	0,6144	0,6638	1			
<i>Dc95</i>	0,6719	0,5519	0,6302	0,6553	0,6426	0,6653	0,1661	0,2035	0,5895	0,7542	0,5773	1		
<i>CC</i>	-0,3211	-0,3615	-0,4487	-0,3546	-0,3568	-0,3295	-0,1085	0,0582	-0,3553	-0,3495	-0,2603	-0,3455	1	
<i>CF</i>	0,0644	-0,0186	0,0953	0,0611	0,0834	0,0811	0,0315	0,0292	0,0671	0,0218	0,0118	-0,0787	0,0267	1

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 11 estão listadas as variáveis que se correlacionam de forma muito forte entre si.

TABELA 11 – CORRELAÇÃO MUITO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL

	<i>dap</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>
<i>v</i>	0,9710		
<i>Bf</i>	0,9639	0,9759	
<i>Bc</i>	0,9195	0,9315	0,9387

FONTE: O autor (2021)

As variáveis que apresentaram correlação forte entre variáveis estão apresentadas na TABELA 12.

TABELA 12 – CORRELAÇÃO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>
<i>h</i>	0,8282							
<i>c</i>	0,7932	0,7368						
<i>v</i>		0,8135	0,7861					
<i>Bf</i>		0,7904	0,782					
<i>Bc</i>		0,714	0,8126					
<i>Dc25</i>	0,8402	0,673	0,7718	0,8164	0,8164	0,8153		
<i>Dc50</i>	0,8239	0,6465	0,776	0,8099	0,8147	0,8598	0,8689	
<i>Dc75</i>	0,6046					0,6276	0,6144	0,664
<i>Dc95</i>	0,6719		0,6302	0,6553	0,6426	0,6653		0,754

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 13 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão listadas as variáveis que apresentaram correlação regular.

TABELA 13 – CORRELAÇÃO REGULAR DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc75</i>
<i>DBc</i>	0,3133				0,3049	0,3423	0,4335		
<i>Dc75</i>		0,4719	0,5467	0,5868	0,5966				
<i>Dc95</i>		0,5519						0,589	0,5773

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 14 estão listadas as variáveis que se correlacionam de forma fraca entre si.

TABELA 14 – CORRELAÇÃO FRACA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>CC</i>
<i>DBf</i>	0,1592	0,0887	0,1549	0,1349	0,2017	0,2179						
<i>DBc</i>		0,2502	0,2501	0,2771								
<i>Dc25</i>							0,1909	0,257				
<i>Dc50</i>							0,1924	0,224				
<i>Dc75</i>							0,1705	0,211				
<i>Dc95</i>							0,1661	0,203				
<i>CF</i>	0,0644		0,0953	0,0611	0,0834	0,0811	0,0315	0,029	0,0671	0,0218	0,0118	0,0267

FONTE: O autor (2021)

Nas TABELA 15 e TABELA 16 estão listadas as variáveis que apresentaram correlações negativas de forma fraca e regulares.

TABELA 15 – CORRELAÇÃO FRACA NEGATIVA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL

	<i>h</i>	<i>Df</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>
<i>CC</i>		-0,108	-0,26	
<i>CF</i>	-0,0186			-0,079

FONTE: O autor (2021)

TABELA 16 – CORRELAÇÃO REGULAR NEGATIVA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA INICIAL

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc95</i>
<i>CC</i>	-0,3211	-0,362	-0,449	-0,355	-0,357	-0,33	-0,355	-0,349	-0,346

FONTE: O autor (2021)

Na comparação entre os resultados dos povoamentos em idade média inicial com povoamentos jovens, é verificado que a associação entre as variáveis, de maneira geral, se mantém semelhante. Também é possível observar que houve a ampliação do número de correlações negativas entre as variáveis das florestas com idade entre 2 e 4 anos.

3.2.3 Povoamento de idade média avançada – entre 4 e 6 anos

Na TABELA 17 estão apresentadas as correlações entre as variáveis das 150 árvores observadas nos povoamentos com idade entre 4 e 6 anos, denominados de povoamentos de idade média avançada.

TABELA 17 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>	<i>CC</i>	<i>CF</i>
<i>dap</i>	1													
<i>h</i>	0,8553	1												
<i>c</i>	0,6492	0,5274	1											
<i>v</i>	0,9583	0,8358	0,5669	1										
<i>Bf</i>	0,9481	0,7997	0,5433	0,9690	1									
<i>Bc</i>	0,8892	0,7306	0,5566	0,9111	0,9062	1								
<i>DBf</i>	0,3028	0,2600	0,2224	0,2380	0,3603	0,2572	1							
<i>DBc</i>	0,3130	0,2985	0,2205	0,3097	0,3227	0,3767	0,3008	1						
<i>Dc25</i>	0,7654	0,5545	0,5620	0,6987	0,7170	0,6869	0,2883	0,3130	1					
<i>Dc50</i>	0,7889	0,5484	0,5499	0,7480	0,7719	0,7599	0,2615	0,3039	0,8281	1				
<i>Dc75</i>	0,7626	0,5349	0,6120	0,7054	0,7255	0,7424	0,2953	0,3244	0,6921	0,8685	1			
<i>Dc95</i>	0,5731	0,3609	0,5271	0,5363	0,5609	0,5480	0,2176	0,1605	0,4002	0,6006	0,7319	1		
<i>CC</i>	0,0187	0,1048	-0,1793	0,0488	0,0961	0,0303	0,3213	-0,0186	-0,0923	-0,0606	-0,0854	-0,0524	1	
<i>CF</i>	0,0810	0,0077	0,0972	0,0255	0,0641	-0,0340	0,2459	-0,0946	0,0319	0,1207	0,1679	0,1537	0,1071	1

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 18 estão sumarizadas as variáveis que se correlacionam de forma muito forte entre si foram.

TABELA 18 – CORRELAÇÃO MUITO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA.

	<i>dap</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>
<i>v</i>	0,9583		
<i>Bf</i>	0,9481	0,9690	
<i>Bc</i>		0,9111	0,9062

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 19 estão listadas as variáveis que apresentaram correlação regular.

TABELA 19 – CORRELAÇÃO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>
<i>h</i>	0,8553								
<i>c</i>	0,6492								
<i>v</i>		0,8358							
<i>Bf</i>		0,7997							
<i>Bc</i>	0,8892	0,7306							
<i>Dc25</i>	0,7654			0,6987	0,7170	0,6869			
<i>Dc50</i>	0,7889			0,7480	0,7719	0,7599	0,8281		
<i>Dc75</i>	0,7626		0,6120	0,7054	0,7255	0,7424	0,6921	0,8685	
<i>Dc95</i>								0,6006	0,7319

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 20 estão apresentadas as variáveis que apresentaram correlação regular e na TABELA 21 estão apresentadas as variáveis que se correlacionam de forma fraca entre si.

TABELA 20 – CORRELAÇÃO REGULAR DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>
<i>c</i>		0,5274							
<i>v</i>			0,5669						
<i>Bf</i>			0,5433						
<i>Bc</i>			0,5566						
<i>DBf</i>	0,3028				0,3603				
<i>DBc</i>	0,3130			0,3097	0,3227	0,3767	0,3008		
<i>Dc25</i>		0,5545	0,5620					0,3130	
<i>Dc50</i>		0,5484	0,5499					0,3039	
<i>Dc75</i>		0,5349						0,3244	
<i>Dc95</i>	0,5731	0,3609	0,5271	0,5363	0,5609	0,5480			0,4002
<i>CC</i>							0,3213		

FONTE: O autor (2021)

TABELA 21 – CORRELAÇÃO FRACA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>	<i>CC</i>
<i>DBf</i>		0,2600	0,2224	0,2380		0,2572							
<i>DBc</i>		0,2985	0,2205										
<i>Dc25</i>							0,2883						
<i>Dc50</i>							0,2615						
<i>Dc75</i>							0,2953						
<i>Dc95</i>							0,2176	0,1605					
<i>CC</i>	0,0187	0,1048		0,0488	0,0961	0,0303							
<i>CF</i>	0,0810	0,0077	0,0972	0,0255	0,0641		0,2459		0,0319	0,1207	0,1679	0,1537	0,1071

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 22 estão listadas as variáveis que se correlacionam de forma fraca negativa entre si.

TABELA 22 – CORRELAÇÃO FRACA NEGATIVA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MÉDIA AVANÇADA

	<i>c</i>	<i>Bc</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>
<i>CC</i>	-0,1793		-0,0186	-0,0923	-0,0606	-0,0854	-0,0524
<i>CF</i>		-0,0340	-0,0946				

FONTE: O autor (2021)

Observa-se que nos plantios com idade entre 4 e 6 anos, a variável *dap* apresenta correlações com a maioria das demais variáveis classificadas como muito forte. Também, observa-se um leve aumento no número de correlação da variável *DBf* com as demais variáveis em relação ao povoamento de idade média inicial.

3.2.4 Povoamento de idade madura – acima de 6 anos

Na TABELA 23 estão apresentadas as correlações entre as variáveis das 166 árvores observadas nos povoamentos com idade acima de 6 anos, denominados de povoamento com idade madura.

TABELA 23 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>	<i>CC</i>	<i>CF</i>
<i>dap</i>	1													
<i>h</i>	0,8330	1												
<i>c</i>	0,2623	0,3171	1											
<i>v</i>	0,9621	0,8028	0,2305	1										
<i>Bf</i>	0,9579	0,7889	0,2361	0,9816	1									
<i>Bc</i>	0,8374	0,6316	0,2887	0,8878	0,8967	1								
<i>DBf</i>	0,2761	0,3597	0,1085	0,2265	0,2844	0,2314	1							
<i>DBc</i>	0,3392	0,3312	0,1609	0,2537	0,2849	0,2720	0,3859	1						
<i>Dc25</i>	0,6636	0,5262	0,1398	0,6653	0,6678	0,7079	0,1090	0,2350	1					
<i>Dc50</i>	0,7475	0,5866	0,1902	0,7518	0,7618	0,7801	0,1658	0,2528	0,7814	1				
<i>Dc75</i>	0,7636	0,6000	0,2947	0,7534	0,7888	0,7416	0,2109	0,3015	0,6592	0,8186	1			
<i>Dc95</i>	0,6978	0,5910	0,3295	0,6931	0,7131	0,6566	0,2464	0,2341	0,5277	0,7672	0,7618	1		
<i>CC</i>	-0,0736	-0,0928	-0,2115	-0,0392	-0,0590	-0,1320	0,0615	-0,0350	-0,3169	-0,1914	-0,1166	-0,0204	1	
<i>CF</i>	0,1116	0,1026	0,0696	0,1032	0,1498	0,1828	0,0255	0,1583	0,1233	0,1568	0,1293	0,0758	-0,0774	1

FONTE: O autor (2021)

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão listadas as variáveis que apresentaram correlação muito forte.

TABELA 24 – CORRELAÇÃO MUITO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA

	<i>dap</i>	<i>v</i>
<i>v</i>	0,9621	
<i>Bf</i>	0,9579	0,9816

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 25 estão listadas as variáveis que se correlacionam de forma forte entre.

TABELA 25 – CORRELAÇÃO FORTE DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>
<i>h</i>	0,8330							
<i>v</i>		0,8028						
<i>Bf</i>		0,7889						
<i>Bc</i>	0,8374	0,6316	0,8878	0,8967				
<i>Dc25</i>	0,6636		0,6653	0,6678	0,7079			
<i>Dc50</i>	0,7475		0,7518	0,7618	0,7801	0,7814		
<i>Dc75</i>	0,7636	0,6000	0,7534	0,7888	0,7416	0,6592	0,8186	
<i>Dc95</i>	0,6978		0,6931	0,7131	0,6566		0,7672	0,7618

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 26 estão listadas as variáveis que apresentaram correlação regular.

TABELA 26 – CORRELAÇÃO REGULAR DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>
<i>c</i>		0,3171				
<i>DBf</i>		0,3597				
<i>DBc</i>	0,3392	0,3312		0,3859		
<i>Dc25</i>		0,5262				
<i>Dc50</i>		0,5866				
<i>Dc75</i>					0,3015	
<i>Dc95</i>		0,5910	0,3295			0,5277

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 27 estão listadas as variáveis que se correlacionam de forma fraca entre si.

TABELA 27 – CORRELAÇÃO FRACA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBf</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc25</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>
<i>dap</i>												
<i>h</i>												
<i>c</i>	0,2623											
<i>v</i>			0,2305									
<i>Bf</i>			0,2361									
<i>Bc</i>			0,2887									
<i>DBf</i>	0,2761		0,1085	0,2265	0,2844	0,2314						
<i>DBc</i>			0,1609	0,2537	0,2849	0,2720						
<i>Dc25</i>			0,1398				0,1090	0,2350				
<i>Dc50</i>			0,1902				0,1658	0,2528				
<i>Dc75</i>			0,2947				0,2109					
<i>Dc95</i>							0,2464	0,2341				
<i>CC</i>							0,0615					
<i>CF</i>	0,1116	0,1026	0,0696	0,1032	0,1498	0,1828	0,0255	0,1583	0,1233	0,1568	0,1293	0,0758

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 28 estão listadas as variáveis que se correlacionam de forma fraca negativa entre si.

TABELA 28 – CORRELAÇÃO FRACA NEGATIVA DOS POVOAMENTOS DE IDADE MADURA

	<i>dap</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>v</i>	<i>Bf</i>	<i>Bc</i>	<i>DBc</i>	<i>Dc50</i>	<i>Dc75</i>	<i>Dc95</i>	<i>CC</i>
<i>CC</i>	-0,0736	-0,0928	-0,2115	-0,0392	-0,0590	-0,1320	-0,0350	-0,1914	-0,1166	-0,0204	
<i>CF</i>											-0,0774

FONTE: O autor (2021)

Observa-se que a variável *dap* apresentou uma correlação forte com a maior parte das variáveis, enquanto a variável *h* exibe uma correlação regular com a maior parte das variáveis e a variável *c* apresentou uma correlação fraca com a maior parte das variáveis. A variável *CC* foi a única que apresentou uma correlação fraca negativa com todas as demais variáveis.

3.3 ANÁLISE DE FATORES

3.3.1 Análise de fatores para os dados gerais

3.3.1.1 Teste de KMO e Bartlett para os dados gerais

Esta etapa da análise de fatores foi realizada com as 662 árvores e com as 14 variáveis. Na TABELA 29 estão apresentados os valores de medida de adequação

de amostragens de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que de acordo com Bakke et al. (2008) o KMO é o índice usado para avaliar a adequação da análise fatorial. E conforme a classificação do autor, o valor de 0,9 é considerado *admirável*.

O valor para o teste de esfericidade de Bartlett (TABELA 29), revela que a matriz de correlação não é uma identidade, o que é apropriado para a aplicação da análise fatorial.

TABELA 29 – TESTE DE KMO E BARTLETT PARA OS DADOS

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		0,9
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	10576,38
	gl	91
	Sig.	0,00

FONTE: O autor (2021)

3.3.1.2 Comunalidades para os dados gerais

Na amostra da variância que uma variável compartilha com todas as outras variáveis consideradas e a proporção de variância explicada pelos fatores comuns. Observa-se que a variável *dap* possui o maior valor de variância entre as variáveis.

Na TABELA 30 estão apresentados os valores das comunalidades. De acordo com Bakke *et al.* (2008), a comunalidade representa a porção da variância que uma variável compartilha com todas as outras variáveis consideradas e também a proporção de variância explicada pelos fatores comuns. Observa-se que a variável *dap* possui o maior valor de variância entre as variáveis.

TABELA 30 – COMUNALIDADE DOS DADOS GERAIS

	Inicial	Extração
<i>d</i>	1	0,918
<i>h</i>	1	0,809
<i>copa</i>	1	0,517
<i>vf</i>	1	0,874
<i>bf</i>	1	0,872
<i>bc</i>	1	0,807
<i>denfust</i>	1	0,711
<i>denscopa</i>	1	0,586
<i>dc25</i>	1	0,738

<i>dc50</i>	1	0,876
<i>dc75</i>	1	0,785
<i>dc95</i>	1	0,684
<i>cc</i>	1	0,425
<i>cf</i>	1	0,755

FONTE: O autor (2021)

3.3.1.3 Variância total explicada para os dados gerais

Na TABELA 31 estão apresentadas as variâncias totais explicadas por cada fator, sendo atribuído o percentual da variância total a cada fator, ordenados por ordem de importância.

TABELA 31 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA COMPLETA DOS DADOS GERAIS

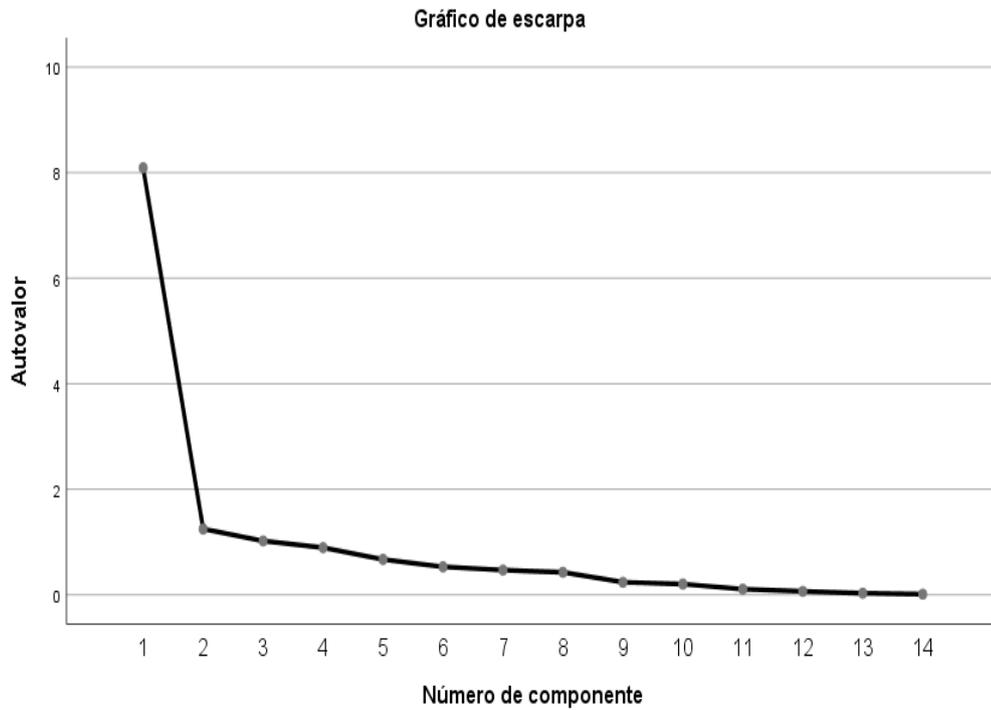
Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado	
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância
1	8,091	57,79	57,79	8,09	57,79
2	1,247	8,906	66,696	1,25	8,906
3	1,02	7,287	73,982	1,02	7,287
4	0,894	6,385	80,367		
5	0,67	4,785	85,153		
6	0,53	3,787	88,94		
7	0,468	3,341	92,281		
8	0,426	3,042	95,323		
9	0,237	1,696	97,019		
10	0,203	1,453	98,472		
11	0,107	0,765	99,237		
12	0,066	0,468	99,705		
13	0,03	0,217	99,923		
14	0,011	0,077	100		

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 31 estão apresentadas a segmentação dos dados gerais em 3 fatores, uma vez que estes foram suficientes para explicar 73,98% da variação encontrada nos dados gerais.

Na FIGURA 10 está apresentado graficamente os autovalores em relação ao número de fatores por ordem de extração, revelando a discrepância entre o primeiro fator e os demais.

FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES DA VARIÂNCIA PARA OS DADOS GERAIS



FONTE: O autor (2021)

A TABELA 32 é referente a matriz de carregamento (*loadings*).

TABELA 32 – LOADINGS DADOS GERAIS

	Fatores		
	1	2	3
<i>dap</i>	0,957		
<i>v</i>	0,929		
<i>Bf</i>	0,922		
<i>Bc</i>	0,893		
<i>h</i>	0,861		
<i>Dc50</i>	0,851		
<i>Dc75</i>	0,839		
<i>Dc95</i>	0,796		
<i>Dc25</i>	0,754		
<i>c</i>	0,708		
<i>DBf</i>	0,633	-0,54	
<i>CC</i>			

<i>DBc</i>	-0,557
<i>CF</i>	0,83

FONTE: O autor (2021)

A TABELA 33 é referente aos *loadings* rotacionados. Para Malhotra (2019) o processo de rotação transforma a matriz de fatores em uma matriz mais simples e de fácil interpretação. O efeito final de rotacionar a matriz é redistribuir a variância dos primeiros fatores para os últimos com o objetivo de atingir um padrão fatorial simplificado e mais significativo (HAIR *et al.*, 2009). **Na** **Erro! Fonte de referência não encontrada.** TABELA 34 está apresentada a matriz de rotação utilizada.

TABELA 33 – LOADINGS ROTACIONADOS

	Fatores		
	1	2	3
<i>Dc50</i>	0,93		
<i>Dc75</i>	0,865		
<i>Dc25</i>	0,857		
<i>dap</i>	0,807	0,505	
<i>Bc</i>	0,803		
<i>dc95</i>	0,796		
<i>v</i>	0,746	0,559	
<i>Bf</i>	0,721	0,592	
<i>c</i>	0,6		
<i>DBf</i>		0,799	
<i>DBc</i>		0,76	
<i>h</i>	0,613	0,623	
<i>CF</i>			0,85
<i>CC</i>			0,51

FONTE: O autor (2021)

TABELA 34 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES DOS DADOS GERAIS

Componente	1	2	3
1	0,857	0,508	-0,088
2	0,509	-0,803	0,309
3	-0,087	0,31	0,947

FONTE: O autor (2021)

Observa-se que o primeiro fator é composto por variáveis dendrométricas, sendo as de propriedade de madeira distribuídas nos demais: o segundo fator por variáveis de densidade da madeira e o terceiro de carbono. Nota-se as variáveis que

caracterizam o diâmetro de copa como as mais importantes para descrever a estrutura das árvores nesta idade.

3.3.2 Análise de fatores com dados da floresta jovem

3.3.2.1 Teste de KMO e BARTLETT da floresta jovem

Esta etapa da análise de fatores foi realizada com 185 árvores. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão apresentados os valores de medida de adequação de amostragens de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), o valor de 0,908 é considerado *admirável*. Os valores do teste de esfericidade de Bartlett revelam que a matriz de correlação não é identidade, sendo, então, apropriada a aplicação da análise fatorial.

TABELA 35 – TESTE DE KMO E BARTLETT DOS DADOS DE FLORESTAS

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		0,908
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	3223,91
	gl	91
	Sig.	0

FONTE: O autor (2021)

3.3.2.2 Comunalidades para os dados da floresta jovem

Na TABELA 36 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão apresentados os valores das comunalidades. Assim como nas comunalidades para o conjunto de dados gerais, a variável *dap* possui o maior valor de variância entre as variáveis.

TABELA 36 – COMUNALIDADE PARA OS DADOS DA FLORESTA JOVEM

	Comunalidades	
	Inicial	Extração
<i>dap</i>	1	0,958
<i>h</i>	1	0,869

<i>c</i>	1	0,811
<i>v</i>	1	0,925
<i>Bf</i>	1	0,923
<i>Bc</i>	1	0,867
<i>DBf</i>	1	0,802
<i>DBc</i>	1	0,808
<i>Dc25</i>	1	0,803
<i>Dc50</i>	1	0,873
<i>Dc75</i>	1	0,874
<i>Dc95</i>	1	0,72
<i>CC</i>	1	0,704
<i>CF</i>	1	0,702

FONTE: O autor (2021)

3.3.2.3 Variância total explicada para os dados da floresta jovem

Na TABELA 37 são sumarizadas as variâncias explicadas por cada fator.

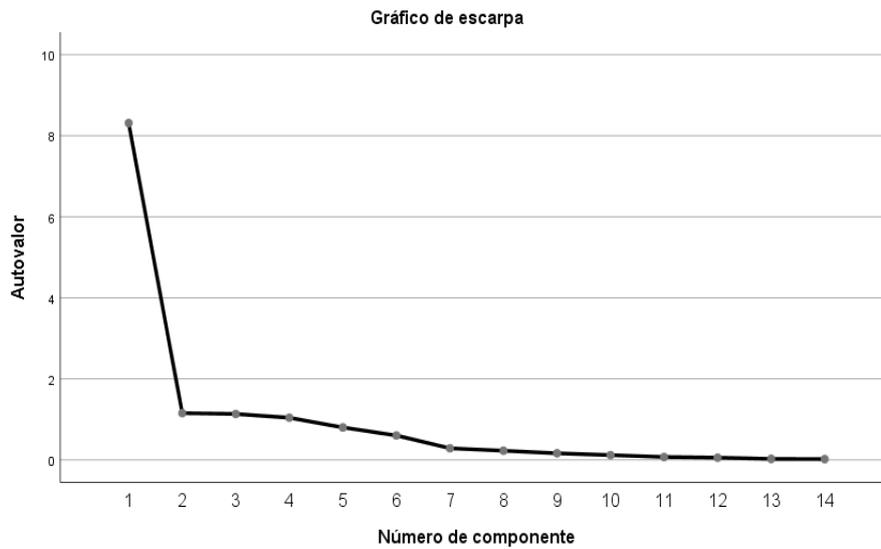
TABELA 37 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA

Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado	
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância
1	8,313	59,378	59,378	8,31	59,378
2	1,153	8,233	67,611	1,15	8,233
3	1,133	8,091	75,702	1,13	8,091
4	1,04	7,43	83,131	1,04	7,43
5	0,8	5,717	88,848		
6	0,601	4,294	93,143		
7	0,286	2,044	95,187		
8	0,225	1,608	96,795		
9	0,163	1,165	97,96		
10	0,118	0,842	98,801		
11	0,071	0,505	99,306		
12	0,054	0,389	99,695		
13	0,023	0,168	99,863		
14	0,019	0,137	100		

FONTE: O autor (2021)

A obtenção de 4 fatores foi suficiente para explicar 83,1% do total da variância. Na FIGURA 11 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** observa-se a discrepância entre o primeiro fator e os demais.

FIGURA 11 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES VARIÂNCIA PARA A FLORESTA JOVEM



FONTE: O autor (2021)

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão apresentados os *loadings*.

TABELA 38 – MATRIZ DE LOADINGS PARA OS DADOS DA FLORESTA JOVEM

	Fator			
	1	2	3	4
<i>dap</i>	0,975			
<i>bf</i>	0,955			
<i>vf</i>	0,953			
<i>Dc50</i>	0,924			
<i>h</i>	0,922			
<i>Bc</i>	0,919			
<i>Dc75</i>	0,914			
<i>Dc25</i>	0,887			
<i>c</i>	0,829			
<i>Dc95</i>	0,774			
<i>CC</i>		0,624		
<i>DBc</i>			0,634	
<i>CF</i>			-0,606	0,54
<i>DBf</i>		-0,587		0,61

FONTE: O autor (2021)

A TABELA 39 apresenta a matriz de componentes rotacionados dos dados da população jovem. Rotação convergida em 7 iterações, utilizando a transformação apresentada na TABELA 40.

TABELA 39 – MATRIZ LOADINGS ROTACIONADOS PARA OS DADOS DA FLORESTA JOVEM

	Fator			
	1	2	3	4
<i>dap</i>	0,973			
<i>v</i>	0,957			
<i>Bf</i>	0,957			
<i>Bc</i>	0,929			
<i>h</i>	0,923			
<i>Dc50</i>	0,903			
<i>Dc75</i>	0,882			
<i>Dc25</i>	0,876			
<i>c</i>	0,862			
<i>Dc95</i>	0,722			
<i>DBc</i>		0,884		
<i>CF</i>			0,755	
<i>CC</i>			0,743	
<i>DBf</i>				0,885

FONTE: O autor (2021)

TABELA 40 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES

Componente	1	2	3	4
1	0,988	-0,1	0,105	0,043
2	0,053	0,564	0,354	-0,74
3	0,134	0,693	-0,68	0,213
4	-0,05	0,437	0,638	0,632

FONTE: O autor (2021)

Observa-se que o primeiro fator é composto por variáveis dendrométricas, sendo as propriedades de madeira distribuídas em outros 3 fatores. Observa-se que somente as variáveis de carbono foram alocadas em um mesmo fator, as de densidade de fuste e copa em fatores diferentes. Nota-se que o diâmetro à altura do peito é suficiente para descrever a estrutura das árvores nesta idade, enquanto a caracterização do domínio de propriedades da madeira deveria envolver mais variáveis.

3.3.3 Análise de fatores para os dados da floresta média inicial

3.3.3.1 Teste de KMO e BARTLETT para a floresta média inicial

Esta etapa da análise de fatores foi realizada para 161 árvores. Na TABELA 41 estão apresentados os valores de medida de adequação de amostragens de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), o valor de 0,907 é considerado *admirável*. Os valores do teste de esfericidade de Bartlett revelaram que a matriz de correlação não é identidade, evidenciando que a análise de fatores é apropriada.

TABELA 41 – TESTE DE KMO E BARTLETT PARA OS DADOS DA FLORESTA MÉDIA INICIAL

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		0,907
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	2512,183
	gl	91
	Sig.	0

FONTE: O autor (2021)

3.3.3.2 Comunalidades para os dados da floresta média inicial

Na TABELA 42 estão apresentados os valores das comunalidades. Assim como nas comunalidades dos dados gerais e do povoamento jovem, a variável *dap* possui o maior valor de variância entre as variáveis.

TABELA 42 – COMUNALIDADE DOS DADOS DA POPULAÇÃO MÉDIA INICIAL

	Comunalidades	
	Inicial	Extração
<i>dap</i>	1	0,923
<i>h</i>	1	0,692
<i>c</i>	1	0,771
<i>v</i>	1	0,913
<i>Bf</i>	1	0,911
<i>Bc</i>	1	0,902
<i>DBf</i>	1	0,685
<i>DBc</i>	1	0,721

<i>Dc25</i>	1	0,793
<i>Dc50</i>	1	0,826
<i>Dc75</i>	1	0,499
<i>Dc95</i>	1	0,625
<i>CC</i>	1	0,319
<i>CF</i>	1	0,914

FONTE: O autor (2021)

3.3.3.3 Variância total explicada dos dados da floresta média inicial

Na TABELA 43 é apresentada uma sumarização da variância explicada por cada componente.

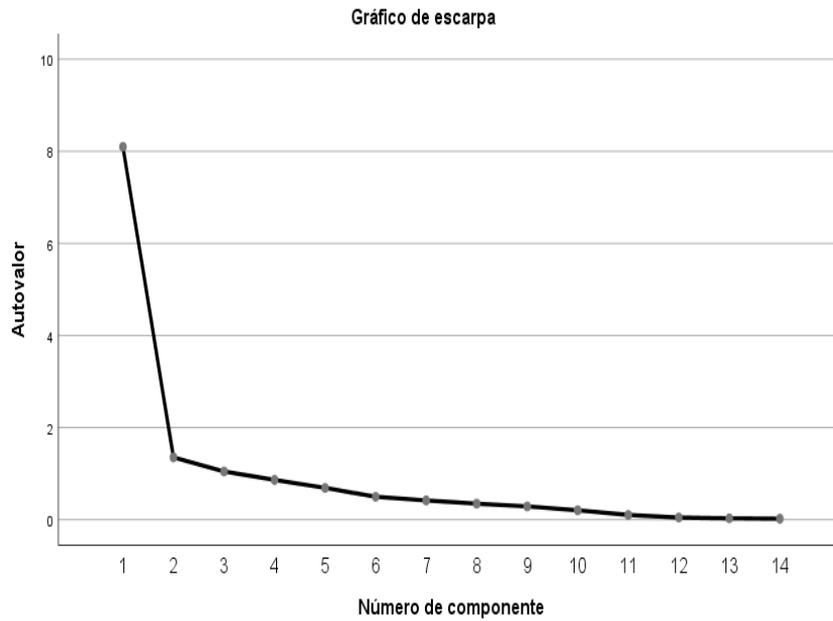
TABELA 43 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA PARA OS DADOS DA FLORESTA MÉDIA

Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado	
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância
1	8,1	57,841	57,841	8,1	57,841
2	1,35	9,653	67,494	1,35	9,653
3	1,05	7,472	74,966	1,05	7,472
4	0,86	6,169	81,135		
5	0,69	4,934	86,069		
6	0,5	3,553	89,622		
7	0,42	2,979	92,601		
8	0,35	2,481	95,082		
9	0,29	2,057	97,139		
10	0,2	1,451	98,591		
11	0,1	0,732	99,322		
12	0,05	0,332	99,654		
13	0,03	0,202	99,856		
14	0,02	0,144	100		

FONTE: O autor (2021)

A obtenção de 3 fatores foi suficiente para explicar 74,9% do total da variância. Na FIGURA 12 nota-se a discrepância entre o primeiro fator e os demais, assim como foi observado nas FIGURA 10 e FIGURA 11.

FIGURA 12 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES VARIÂNCIA DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA INICAL



FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 44 é apresentada a matriz de *loadings*.

TABELA 44 – MATRIZ DE LOADINGS

	Fator		
	1	2	3
<i>dap</i>	0,958		
<i>Bf</i>	0,951		
<i>v</i>	0,95		
<i>Bc</i>	0,946		
<i>Dc50</i>	0,907		
<i>Dc25</i>	0,889		
<i>c</i>	0,873		
<i>h</i>	0,821		
<i>Dc95</i>	0,758		
<i>Dc75</i>	0,701		
<i>CC</i>			
<i>DBc</i>		0,78	
<i>DBf</i>		0,78	
<i>CF</i>			0,945

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 45 estão apresentados os *loadings* rotacionados. A rotação foi convergida em 3 iterações, utilizando a matriz da TABELA 46.

TABELA 45 – MATRIZ DE COMPONENTES ROTACIONADOS DOS DADOS DA POPULAÇÃO MÉDIO INICAL

	1	2	3
<i>dap</i>	0,948		
<i>v</i>	0,948		
<i>Bf</i>	0,938		
<i>Bc</i>	0,924		
<i>Dc50</i>	0,898		
<i>Dc25</i>	0,877		
<i>c</i>	0,872		
<i>h</i>	0,831		
<i>Dc95</i>	0,751		
<i>Dc75</i>	0,682		
<i>CC</i>			
<i>DBc</i>		0,828	
<i>DBf</i>		0,822	
<i>CF</i>			0,955

FONTE: O autor (2021)

TABELA 46 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES PARA OS DADOS DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA INICAL

Componente	1	2	3
1	0,983	0,184	0,014
2	-0,184	0,97	0,156
3	0,015	-0,156	0,988

FONTE: O autor (2021)

Observa-se que o primeiro fator é composto por variáveis dendrométricas, sendo as de propriedade de madeira distribuídas em outros 3 fatores. Observa-se que, para esta idade, as variáveis de densidade de fuste e copa estão alocadas em um mesmo fator, o que não ocorreu para o caso anterior. Nota-se ainda que o carbono para copa possui carregamento baixo, perdendo importância nos fatores. Importante observar que o diâmetro à altura do peito é suficiente para descrever a estrutura das árvores nesta idade, enquanto a caracterização do domínio das propriedades da

madeira poderia envolver a densidade e o carbono, apenas para o componente fuste da árvore.

3.3.4 Análise de fatores com dados da floresta média avançada

3.3.4.1 Teste de KMO e BARTLETT da floresta média avançada

Na TABELA 47 estão apresentados os valores de medida de adequação de amostragens de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), o valor de 0,878 é considerado *admirável*. O valor do teste de esfericidade de Bartlett foi significativo. Estas estatísticas revelam que a aplicação da análise fatorial é apropriada.

TABELA 47 – TESTE DE KMO E BARTLETT PARA OS DADOS DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA AVANÇADA

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.	0,878	
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	2204,252
	gl	91
	Sig.	0

FONTE: O autor (2021)

3.3.4.2 Comunalidades para os dados da floresta média avançada

Na TABELA 48 são apresentados os valores das comunalidades. Assim como nas comunalidades dos dados gerais, a variável *dap* possui o maior valor de variância entre as variáveis.

TABELA 48 – COMUNALIDADE PARA OS DADOS DA FLORESTA MÉDIA AVANÇADA

	Inicial	Extração
<i>dap</i>	1	0,933
<i>h</i>	1	0,745
<i>c</i>	1	0,575
<i>v</i>	1	0,905
<i>Bf</i>	1	0,918
<i>Bc</i>	1	0,873
<i>DBf</i>	1	0,611

<i>DBc</i>	1	0,3
<i>Dc25</i>	1	0,666
<i>Dc50</i>	1	0,801
<i>Dc75</i>	1	0,834
<i>Ddc95</i>	1	0,623
<i>CC</i>	1	0,673
<i>CF</i>	1	0,712

FONTE: O autor (2021)

3.3.4.3 Variância total explicada para os dados da floresta com idade média avançada

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão sumarizadas as variâncias explicadas por cada fator.

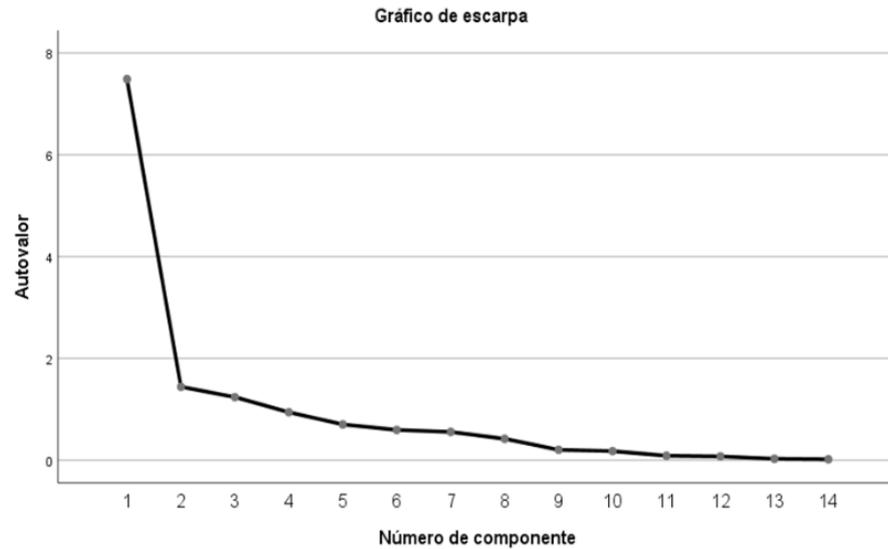
TABELA 49 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA PARA DOS DADOS DA FLORESTA MÉDIA AVANÇADA

Componente	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância
1	7,486	53,472	53,472	7,49	53,472
2	1,443	10,307	63,779	1,44	10,307
3	1,241	8,862	72,641	1,24	8,862
4	0,945	6,748	79,389		
5	0,705	5,037	84,426		
6	0,597	4,263	88,689		
7	0,558	3,984	92,673		
8	0,423	3,021	95,694		
9	0,206	1,47	97,164		
10	0,181	1,294	98,458		
11	0,089	0,638	99,096		
12	0,077	0,547	99,643		
13	0,03	0,215	99,858		
14	0,02	0,142	100		

FONTE: O autor (2021)

Por meio de 3 fatores foi possível explicar 72,6% do total da variância. Na FIGURA 13 observa-se a discrepância na explicação da variância pelos fatores.

FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES VARIÂNCIA PARA A FLORESTA COM IDADE MÉDIA AVANÇADA



FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 50 são apresentados os *loadings*.

TABELA 50 – MATRIZ DE LOADINGS

	Fator		
	1	2	3
<i>dap</i>	0,959		
<i>Bf</i>	0,942		
<i>v</i>	0,93		
<i>Bc</i>	0,914		
<i>Dc50</i>	0,863		
<i>Dc75</i>	0,852		
<i>Dc25</i>	0,802		
<i>h</i>	0,786		
<i>c</i>	0,689		
<i>Dc95</i>	0,658		
<i>DBc</i>			
<i>CC</i>		0,815	
<i>DBf</i>		0,656	
<i>CF</i>			0,755

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 51 são apresentados os *loadings* rotacionados, obtidos a partir da TABELA 52.

TABELA 51 – MATRIZ DE COMPONENTES ROTACIONADOS PARA OS DADOS DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA AVANÇADA

	Fator		
	1	2	3
<i>dap</i>	0,95		
<i>v</i>	0,928		
<i>Bf</i>	0,924		
<i>Bc</i>	0,918		
<i>Dc50</i>	0,861		
<i>Dc75</i>	0,841		
<i>Dc25</i>	0,811		
<i>h</i>	0,774		
<i>c</i>	0,698		
<i>Dc95</i>	0,641		
<i>DBc</i>			
<i>CC</i>		0,813	
<i>DBf</i>		0,673	
<i>CF</i>			0,8

FONTE: O autor (2021)

TABELA 52 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES PARA OS DADOS DA FLORESTA COM IDADE MÉDIA AVANÇADA

Componente	1	2	3
1	0,987	0,133	0,095
2	-0,144	0,982	0,122
3	-0,077	-0,134	0,988

FONTE: O autor (2021)

Observa-se que o primeiro fator é composto por variáveis dendrométricas, sendo as de propriedade de madeira distribuídas em outros 3 fatores. Observa-se que, para esta idade, a densidade de copa perdeu importância nos fatores. Nota-se que o diâmetro à altura do peito é suficiente para descrever a estrutura das árvores nesta idade, enquanto a caracterização do domínio de propriedades da madeira deveria envolver variáveis medidas nos componentes fuste e copa, resultados contrários daqueles obtidos para a última idade avaliada. Isto evidencia que não há um padrão no grau de relacionamento entre as variáveis de propriedades da madeira ao longo das idades para os componentes copa e fuste.

3.3.5 Análise de fatores para os dados da floresta madura

3.3.5.1 Teste de KMO e BARTLETT para os dados da floresta madura

Na TABELA 53 estão apresentados os valores de medida de adequação de amostragens de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), o valor de 0,871 é considerado *admirável*. O teste de esfericidade de Bartlett foi significativo. Estas estatísticas indicam que a análise de fatores é apropriada.

TABELA 53 – TESTE DE KMO E BARTLETT PARA OS DADOS DA FLORESTA MADURA

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.	0,878	
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	2204,252
	gl	91
	Sig.	0

FONTE: O autor (2021)

3.3.5.2 Comunalidades para os dados da floresta madura

Na TABELA 54 são apresentados os valores das comunalidades. Assim como nas comunalidades dos dados gerais, a variável *d* possui o maior valor de variância entre as variáveis.

TABELA 54 – COMUNALIDADE DOS DADOS DA POPULAÇÃO MADURA

	Inicial	Extração
dap	1	0,933
<i>h</i>	1	0,745
<i>c</i>	1	0,575
<i>v</i>	1	0,905
<i>Bf</i>	1	0,918
<i>Bc</i>	1	0,873
<i>DBf</i>	1	0,611
<i>DBc</i>	1	0,3
<i>Dc25</i>	1	0,666
<i>Dc50</i>	1	0,801
<i>Dc75</i>	1	0,834
<i>Dc95</i>	1	0,623
<i>CC</i>	1	0,673
<i>CF</i>	1	0,712

FONTE: O autor (2021)

3.3.5.3 Variância total explicada para os dados da floresta madura

Na TABELA 55 é sumarizada a variância explicada por cada fator.

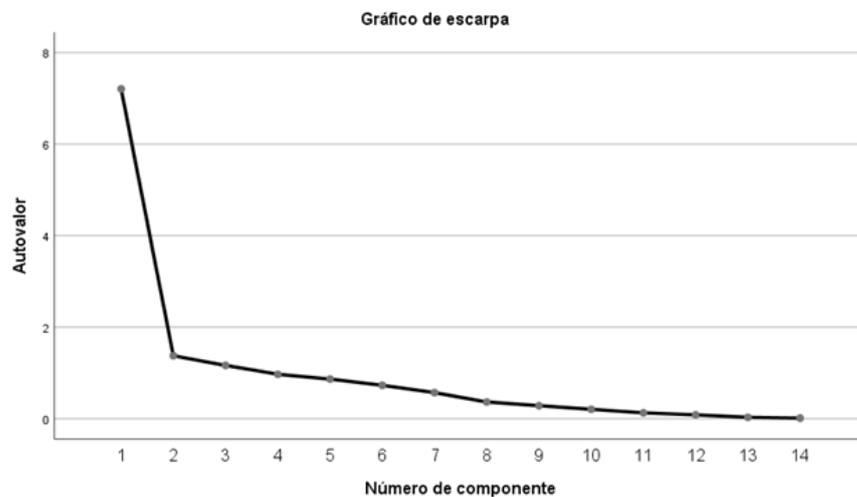
TABELA 55 – VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA PARA OS DADOS DA FLORESTA MADURA

Componente	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância
1	7,486	53,472	53,472	7,486	53,472
2	1,443	10,307	63,779	1,443	10,307
3	1,241	8,862	72,641	1,241	8,862
4	0,945	6,748	79,389		
5	0,705	5,037	84,426		
6	0,597	4,263	88,689		
7	0,558	3,984	92,673		
8	0,423	3,021	95,694		
9	0,206	1,47	97,164		
10	0,181	1,294	98,458		
11	0,089	0,638	99,096		
12	0,077	0,547	99,643		
13	0,03	0,215	99,858		
14	0,02	0,142	100		

FONTE: O autor (2021)

Nota-se que 3 fatores foram suficientes para explicar 69,6% do total da variância. Na FIGURA 14 observa-se a discrepância entre as variâncias explicadas pelos fatores.

FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS COMPONENTES VARIÂNCIA PARA A FLORESTA MADURA



FONTE: O autor (2021)

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentados os *loadings*.

TABELA 56 – MATRIZ LOADINGS

	Fator		
	1	2	3
<i>dap</i>	0,951		
<i>Bf</i>	0,937		
<i>v</i>	0,936		
<i>Bc</i>	0,905		
<i>Dc50</i>	0,856		
<i>Dc75</i>	0,851		
<i>Dc25</i>	0,806		
<i>h</i>	0,789		
<i>c</i>	0,755		
<i>Dc95</i>		0,711	
<i>DBc</i>		0,555	
<i>CC</i>		0,513	-0,648
<i>DBf</i>			
<i>CF</i>			

FONTE: O autor (2021)

Na TABELA 57 são apresentados os fatores rotacionados. A convergência da rotação foi obtida após 5 iterações e a matriz de rotação utilizada é apresentada na TABELA 58.

TABELA 57 – MATRIZ DE COMPONENTES ROTACIONADOS PARA OS DADOS DA FLORESTA MADURA

	Fator		
	1	2	3
<i>v</i>	0,93		
<i>Bf</i>	0,929		
<i>dap</i>	0,898		
<i>Bc</i>	0,881		
<i>Dc50</i>	0,872		
<i>Dc75</i>	0,844		
<i>Dc95</i>	0,789		
<i>Dc25</i>	0,765		
<i>h</i>	0,714		

<i>DBf</i>	0,792
<i>DBc</i>	0,73
<i>CC</i>	-0,8
<i>c</i>	0,522
<i>CF</i>	

FONTE: O autor (2021)

TABELA 58 – MATRIZ DE TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES DOS DADOS DA POPULAÇÃO MADURA

Componente	1	2	3
1	0,987	0,133	0,095
2	-0,144	0,982	0,122
3	-0,077	-0,134	0,988

FONTE: O autor (2021)

Observa-se que o primeiro fator é composto por variáveis dendrométricas, com exceção da variável comprimento de copa. As de densidade da madeira foram distribuídas no segundo fator. Observa-se que, para esta idade, a variável carbono do fuste perdeu importância nos fatores. Carbono da copa e comprimento da copa constituíram o terceiro fator, mas observa-se maiores correlações destas em outros fatores que não foram selecionados, adicionalmente, que estariam alocadas em diferentes fatores.

Nota-se que o diâmetro à altura do peito é suficiente para descrever a estrutura das árvores nesta idade, enquanto a caracterização do domínio de propriedades da madeira deveria envolver variáveis medidas nos componentes fuste e copa.

3.4 QUESTÕES E HIPÓTESES DA PESQUISA

Qual é o agrupamento das variáveis dendrométricas e de propriedade da madeira?

A análise de fatores revelou que as variáveis devem ser agrupadas em variáveis dendrométricas (que caracterizam a dimensão das árvores), variáveis de densidade (da madeira e galhos, caracterizando a dureza) e variáveis de carbono (caracterizando a propriedade química da madeira).

Qual são as variáveis mais importante para caracterizar o espaço multivariado e correlacionado?

Para o conjunto de variáveis dendrométricas destaca-se o diâmetro da copa na idade muito jovem e o diâmetro à altura do peito para as demais idades.

Para as variáveis de propriedade da madeira, que constituiu o conjunto de variáveis de densidade e variáveis de carbono, todas devem ser medidas. O motivo para isto é a variação da importância dentro dos fatores ao longo do ciclo de cultivo.

Observa-se que a maior variabilidade está alocada nas variáveis dendrométricas, tal que representam o primeiro fator. As variáveis de propriedade da madeira são mais estáveis ao longo do ciclo de cultivo, motivo pelo qual foram alocados nos fatores que explicam menos variância.

As hipóteses delineadas foram confirmadas neste estudo, sendo elas:

1) *As variáveis dendrométricas diâmetro à altura do peito, altura, comprimento de copa, volume, biomassa do fuste, biomassa da copa, diâmetros de copa possuem diferentes graus de relacionamentos ao longo do ciclo de cultivo dos povoamentos.*

Foi observado diferentes graus de importância destas variáveis dentro de cada fator. Nas florestas muito jovens os diâmetros de copa são as mais importantes, uma vez que a área de folhas está associada com esta dimensão na estrutura da árvore. Nas demais idades o diâmetro é preponderante com a variável mais importante, expressando o porte das árvores. Destaca-se que o comprimento da copa na floresta madura não foi alocada no primeiro fator, evidenciando condição de competição e auto sombreamento dos galhos.

2) *As variáveis das propriedades da madeira, densidade básica do fuste, densidade básica da copa, percentual de carbono na copa e percentual de carbono no fuste não possuem relacionamento com as variáveis dendrométricas, e baixo grau de relacionamento entre si.*

Não foram observados fatores compostos por variáveis dendrométricas e de propriedade da madeira com *loadings* altos. Ainda, para as análises efetuadas ao longo do ciclo de cultivo, não foi obtido um padrão de *loadings* nos fatores para as variáveis de propriedade da madeira.

4 CONCLUSÃO

As variáveis dendrométricas *dap*, *v*, *h*, *c*, *Bf*, *Bc*, *Dc25*, *Dc50*, *Dc75* e *Dc95* possuem no geral uma alta correlação entre si, e em todas as idades fizeram parte na composição do primeiro fator. A variável *c* não compõem o primeiro fator na floresta madura (superior a 6 anos), devido aos efeitos da floresta de acácia-negra.

Foram extraídos de 3 a 4 fatores para explicar a maior parte da variação dos dados.

As variáveis de propriedades da madeira *DBf*, *DBc*, *CC* e *CF* não atingiram percentuais elevados de variância, compondo o segundo e terceiro fatores.

REFERÊNCIAS

- AGEFLOR. O setor de base florestal no Rio Grande do Sul 2020 ano base 2019. **Associação Gaúcha de Empresas Florestais**, p. 84, 2020. Disponível em: <<http://www.ageflor.com.br/noticias/wp-content/uploads/2020/12/O-Setor-de-Base-Florestal-no-Rio-Grande-do-Sul-2020-ano-base-2019.pdf>>. .
- BAKKE, H. A.; LEITE, A. S. DE M.; SILVA, L. B. DA. Estatística multivariada: aplicação da análise fatorial na engenharia de produção. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 4, 2008. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR).
- BOLAND, D.; BROOKER, M.; CHIPPENDALE, G.; et al. **Forest Trees of Australia**. 5º ed. 1984.
- COSTA, S. **Estoque e propriedade energética da biomassa de copa e fuste de Acacia mearnsii De Wild**. Curitiba, 2018.
- FIELD, A. **Descobrimos a estatística usando SPSS (Discovering statistics with SPSS)**. 2º ed. 2009.
- HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman editora, 2009.
- HIGA, R. C. V. W. M. S. W.; MOCHIUTTI, S.; MORA, A. L.; HIGA, A. R.; SIMON, A. A. **Acácia-negra**. 2006.
- IBÁ. RELATÓRIO ANUAL Annual Report. , 2020. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>>. Acesso em: 25/10/2021.
- LOETSCH, P. .; HALLER, K. E. .; ZÖHRER, P. Forest inventory. , 1973. Munich.
- MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada**. 7º ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2019.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- MORA, A. L. **Aumento da produção de sementes geneticamente melhoradas de acacia mearnsii de wild. (acácia-negra) no Rio Grande do Sul**. Curitiba, 2002.
- PEREIRA, A. DA S.; PALUDO, B.; VIEIRA, M.; CERBARO, R. H. **Apostila análise fatorial**. UPF ed. Passo Fundo - RS, 2019.
- SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; DALLA CORTE, A. P.; et al. Equações para estimativa do diâmetro de copa para acácia-negra. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 192–205, 2014. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).
- SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; LONDERO, E. K.; et al. Crescimento da acácia-negra em resposta a aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Cerne**, v. 19, n. 1, p. 51–58, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cerne/a/cCSQgghgGfLzWngjyx4Vvjx/?lang=pt>>. .
- SOUZA, A. L. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas**. Viçosa – MG, 2011.

TECHSTREET. ASTM D2395-17. Disponível em:
<https://www.techstreet.com/standards/astm-d2395-17?product_id=1998559>.
Acesso em: 27/11/2021.