



FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

LICENCIATURA EM ENGENHARIA FLORESTAL

PROJECTO FINAL

**Variação Entre Espécies e Procedências na Forma de Tronco e Bifurcação de Pinheiros
Tropicais e Subtropicais em Machipanda, Manica.**

Autor

Albertino Patrício Manuel

Supervisor

Prof. Dr. Adolfo Dinis Bila

Co-supervisora

Doutora Nocy Bila

Maputo, Maio de 2026

***Variação Entre Espécies e Procedências na Forma de Tronco e Bifurcação de Pinheiros
Tropicais em Machipanda, Manica.***

Albertino Patrício Manuel

Projecto Final apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal, da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, da Universidade Eduardo Mondlane como parte das exigências para obtenção do título de Licenciado em Engenharia Florestal.

Supervisor: Prof. Dr. Adolfo Denis Bila

Co-supervisora: Doutora Nocy Bila

Maputo, Maio de 2026

RESUMO

Diante das crescentes projeções de escassez de recursos florestais provenientes de formações nativas, torna-se premente a intensificação de estudos que avaliem o potencial silvicultural de povoamentos constituídos por espécies exóticas, particularmente no que concerne à sua adaptação, produtividade e qualidade tecnológica. Neste contexto, o presente estudo teve como objectivo avaliar características silviculturais qualitativas, com enfoque na forma do fuste e no grau de bifurcação, em povoamentos de pinheiros tropicais e subtropicais com 38 anos de idade, estabelecidos na região de Machipanda, em Penhalonga (Manica). O ensaio foi conduzido sob um delineamento experimental de blocos completos casualizados, composto por três blocos, cada um contendo nove parcelas experimentais. Cada parcela foi constituída por 25 árvores da área úteis. O espaçamento adotado foi de 2,5 m $\times$ 2,5 m, compatível com práticas silviculturais convencionais para o género. As variáveis qualitativas avaliadas incluíram a forma do fuste e o grau de bifurcação, mensuradas subjectivamente por meio de escala de classificação previamente estabelecidas. Os resultados evidenciaram valores médios relativamente elevados para ambas as características, com média geral de 4,39 para a forma do fuste e 4,24 para a bifurcação, indicando predominância de indivíduos com fustes retilíneos e baixa incidência de bifurcação. A análise de variância (ANOVA) não revelou diferenças estatisticamente significativas entre as espécies e/ou procedências avaliadas, tanto para a variável forma do fuste quanto para o grau de bifurcação. Tal resultado sugere comportamento fenotípico homogéneo entre os materiais genéticos testados, evidenciando estabilidade de desempenho sob as condições edafoclimáticas da área experimental. De modo geral, as espécies e/ou procedências avaliadas demonstraram elevada capacidade adaptativa no que se refere às características qualitativas analisadas, o que reforça o seu potencial para utilização em plantações comerciais e em programas de melhoramento genético florestal. Os coeficientes de variação estimados foram de 10% para a forma do fuste e 8% para a bifurcação, sendo classificados como de magnitude média e baixa, respectivamente. Esses valores indicam reduzida variabilidade experimental e elevada precisão dos dados obtidos, conferindo robustez às inferências realizadas.

Palavras-chave: Pinheiros tropicais e subtropicais; espécies/procedências; forma do tronco; bifurcação.

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho, com profundo amor e gratidão, à minha mãe, Aída da Pureza Leonardo, e à minha avó, Febrónia Tomás, pelo inestimável apoio, carinho e dedicação ao longo de toda a minha trajectória. De forma especial, presto esta homenagem à memória do meu avô, Leonardo Luciano, cujos sábios ensinamentos de vida, paciência e valores continuam a orientar-me e a inspirar-me diariamente. À minha família, em geral, expresso o meu sincero reconhecimento pelo apoio incondicional, pela confiança depositada em mim, pelo carinho, amizade e, sobretudo, pelas constantes palavras de incentivo que tornaram possível a concretização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, pelo dom da vida, pela inspiração e pelas inúmeras bênçãos concedidas ao longo de cada dia.

Aos meus irmãos, Paulino e Armando Patrício, aos meus tios e, de forma especial, ao tio Armindo da Ascensão Leonardo, Gilberto Tomás Luciano e à tia Alcina Isidoro Domingos, bem como aos meus primos e primas, pelo apoio moral e financeiro prestado ao longo da minha formação escolar e académica.

Aos meus supervisores, Prof. Dr. Adolfo Denis Bila e Doutora Nocy Bila, pela orientação dedicada, paciência e profissionalismo demonstrados durante todas as etapas deste trabalho, desde a colecta de dados até à elaboração do relatório final. Ao Departamento de Engenharia Florestal, pelo apoio institucional.

Ao Centro Florestal de Manica (CEFLOMA), em particular ao Sr. Director Nhagumbo, ao Eng. Cuaranhua e aos Srs. Alfredo e Estevão, pelo apoio prestado durante o trabalho de campo.

Aos meus amigos de longa data, Odala, Abraão, Mousinho e Martinho, pelos momentos partilhados ao longo desta jornada.

Aos amigos e colegas da academia — Feliciano Tsaninga, Amade Assane, Abílio Miambo, Ronaldo Cuambe, Vanessa Tembe, Orquídia Bila, Edgar Macume, Gaspar Cuinica, Mussá Júnior, Virgílio Bahule, Alberto Chambela, Raima Conselho, Odete Manguete, Admiro Macuácuá, Joana Govenne, Hercílio Macamo, Belda Mutambe e Chime Assane — pela amizade, apoio e convivência durante a formação académica.

Aos colegas Manuel dos Santos e Gizela Mocumba, pela colaboração e coordenação durante o processo de colecta de dados, bem como a First e Páscoa, pela companhia durante a estadia no CEFLOMA, tornando esta experiência mais leve e memorável.

A todos aqueles que, directa ou indirectamente, contribuíram para a concretização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

ÍNDICE

RESUMO	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problema de estudo e justificativa.....	3
1.2 Objectivos.....	5
1.2.1 Objectivo geral.....	5
1.2.2 Objectivos específicos	5
1.3 Hipóteses do estudo.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Descrição das espécies estudadas.....	6
2.2 Ensaio de espécies e procedências.....	12
2.3 Características silviculturais e qualidade do fuste.....	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3.1 Descrição da área de estudo	16
3.2 Espécies e procedências estudadas.....	17
3.3 Características avaliadas e colecta de dados	18
3.4 Delineamento experimental e análise de dados.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Avaliação das características, forma do tronco e o grau de bifurcação de diferentes espécies e/ou procedências.....	23

4.2	Análise de variância para a identificação de espécies e procedências de melhor desempenho em relação à forma do tronco e à bifurcação	27
4.3	Recomendação de espécies e/ou procedências que melhor se adaptaram em Penhalonga	29
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	31
5.1	Conclusões	31
5.2	Recomendações	32
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
7	ANEXOS	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de espécies estudadas e as respectivas procedências, em Penhalonga, aos 38 anos de idade.	18
Tabela 3: Quadro da análise de variância para cada carácter em análise.	22
Tabela 4: Resultados da qualidade de fuste quanto à forma do tronco e bifurcação e análise de variância das espécies e/ou procedências de pinheiros tropicais em Penhalonga.	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização geográfica da área de estudo	16
Figura 2: Comportamento médio de espécies e/ou procedências quanto às características forma do tronco e bifurcação.....	25

LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

Bif.	Bifurcação
CEFLOMA	Centro Agroflorestral de Machipanda
cm	Centímetros
CV	Coeficiente de variação
DAP	Diâmetro à altura do peito
DEF	Departamento de Engenharia Florestal
DNAL	Direcção Nacional da Administração Local
EC	Espessura da casca
ES	Estado sanitário
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FT	Forma do tronco
ha	Hectare
m	Metro
MAE	Ministério da Administração Local
MINAG	Ministério da Agricultura
mm	Milímetros
°C	Centígrados
UEM	Universidade Eduardo Mondlane

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos florestais tem despertado interesse no estabelecimento de plantações com espécies exóticas como fontes alternativas de matéria-prima para diversos fins, em função do seu rápido crescimento, elevada adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e qualidade da madeira produzida (SHIMIZU *et al.*, 2015; DONALD & MORRIS, 2017).

Paralelamente, a intensificação da procura por produtos provenientes de florestas nativas, associada ao aumento das taxas de desmatamento no país, tem sido amplamente documentada na literatura recente (CHANDAMELA, 2021), contribuindo para a redução progressiva da disponibilidade de recursos florestais naturais e aumentando a pressão sobre os ecossistemas. Neste contexto, a utilização de espécies florestais de rápido crescimento emerge como uma estratégia fundamental para suprir a crescente demanda por madeira e outros produtos florestais, sendo o estabelecimento de plantações com essas espécies apontado como uma das principais alternativas para atender à procura por recursos lenhosos e, simultaneamente, reduzir a pressão sobre as florestas naturais (BREDEMEIER *et al.*, 2015).

O sucesso de plantações de espécies exóticas depende da correcta selecção da espécie e procedência, associada à aplicação de adequados tratamentos silviculturais e de práticas apropriadas de viveiro, preparação do terreno, plantação e manutenção, uma vez que estes factores determinam o desempenho produtivo e a adaptação das espécies em diferentes condições ambientais (SOUZA *et al.*, 2016). A selecção de material reprodutivo superior é realizada através de ensaios de espécies e/ou procedências, que permitem avaliar a variabilidade genética e o comportamento fenotípico sob diferentes ambientes (KOSKELA *et al.*, 2014). Estas avaliações constituem uma base essencial para programas de melhoramento florestal, fornecendo informações cruciais sobre o crescimento, a adaptação e a qualidade da madeira de diferentes materiais genéticos (SOUZA *et al.*, 2016; KAGEYAMA *et al.*, 1977).

O estabelecimento de povoamentos florestais com espécies exóticas em Moçambique remonta ao período colonial, no final do século XIX, com a introdução de espécies do género *Eucalyptus* na cidade de Maputo, então Lourenço Marques, no âmbito de políticas de arborização urbana e intervenções de saneamento ambiental, tendo estas espécies sido amplamente utilizadas na

drenagem de áreas pantanosas da zona baixa da cidade como forma de melhoria das condições sanitárias e expansão urbana colonial (MTADR, 2016; FAO, 2020).

Nos anos 1940 foram estabelecidas as primeiras plantações florestais sistemáticas em diferentes regiões do país, nomeadamente em Namaacha, Marracuene, Matola, Mocuba e Ribáuè, no âmbito de programas de introdução e avaliação de espécies florestais exóticas. Neste contexto, foram introduzidas mais de duas centenas de espécies com o duplo objectivo de suprir as necessidades crescentes do mercado interno de produtos e serviços florestais e de proceder à avaliação do desempenho de espécies e procedências sob diferentes condições edafoclimáticas do país, visando identificar materiais genéticos mais adaptados e produtivos. Os ensaios foram conduzidos predominantemente com espécies dos géneros *Eucalyptus* e *Pinus*, devido ao seu elevado potencial de crescimento, alta produtividade volumétrica, qualidade tecnológica da madeira e ampla versatilidade de utilização, factores que justificam a sua utilização em programas de plantação florestal orientados para fins comerciais e industriais (BILA, 2018).

Os ensaios de espécies e/ou procedências constituem uma etapa fundamental nos programas de melhoramento genético florestal, uma vez que permitem avaliar a variabilidade genética intra e interespecífica e compreender o comportamento diferencial dos materiais genéticos quando expostos a diferentes condições ambientais. Estes ensaios possibilitam a análise da interacção genótipo × ambiente, fornecendo informação essencial sobre a adaptabilidade das populações quando transferidas para novos ambientes, bem como sobre a sua plasticidade fenotípica. Estas características são determinantes para a selecção de materiais genéticos mais resilientes, produtivos e adaptados a condições ecológicas específicas (WHITE, ADAMS, & NEALE, 2007; ZOBEL & TALBERT, 1984). Entre as características comumente mensuradas nestes ensaios destacam-se a sobrevivência, o crescimento em altura, diâmetro e volume, e a qualidade do fuste, sendo esses os parâmetros fundamentais para a selecção de materiais genéticos superiores (ZHANG, 2024).

Os pinheiros tropicais e subtropicais, constituem um dos grupos mais amplamente utilizados em plantações florestais, sendo amplamente explorados para produção de madeira serrada, bem como para a indústria de celulose e papel. A sua introdução e expansão no países esteve fortemente associada ao sucesso silvicultural observado em países vizinhos, particularmente a África do Sul

e o Zimbabwe, onde estas espécies apresentaram elevado desempenho produtivo sob condições de plantação. Em fases iniciais de estabelecimento, a selecção de materiais genéticos foi frequentemente baseada em experiências regionais e não em ensaios locais sistemáticos, tendo posteriormente evoluído para programas estruturados (TADESSE & FONSECA, 2022).

Segundo a FAO (2001), até 1975, no país haviam sido estabelecidos cerca de 20,000 ha de plantações florestais com espécies exóticas, destacando-se *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis*, *Pinus patula* e *Casuarina equisetifolia*, distribuídas principalmente nas regiões de Penhalonga, Rotanda e Sussundenga (Manica), Lichinga (Niassa), Alto-Molócue e Gurué (Zambézia), Angónia (Tete), Namaacha, Salamanga, Marracuene e Matola (Maputo), Barra do Limpopo e Bilene (Gaza) e Nhalue (Inhambane), tendo estas plantações sido estabelecidas com o objectivo de produção de madeira.

1.1 Problema de estudo e justificativa

As florestas nativas em Moçambique estão sujeitas a elevadas taxas de desmatamento e degradação florestal, impulsionadas pela crescente procura por bens e serviços florestais e pela conversão de áreas florestais em zonas agrícolas, tendo o país registado uma perda superior a 2.97 milhões de hectares entre 2001 e 2016 (CHANDAMELA, 2021; FAO, 2020). Paralelamente, o país apresenta um elevado potencial biofísico para o estabelecimento de plantações florestais com espécies exóticas de rápido crescimento (LICUMBA, 2016).

O estabelecimento de povoamentos florestais com espécies exóticas ganhou grande relevância, constituindo estas uma alternativa estratégica para a redução da pressão sobre as florestas naturais e para o aumento da produção sustentável de madeira e outros produtos e serviços florestais como, sendo o género *Pinus* um dos mais amplamente distribuídos nas regiões tropicais. Entretanto, é necessário realizar estudos sobre as características silviculturais dessas espécies, com o objectivo de gerar conhecimento e possibilitar o desenvolvimento de tecnologias de cultivo que assegurem melhor crescimento e produtividade desses povoamentos (MENDONÇA *et al.*, 2017). Vale ressaltar, contudo, que a produtividade florestal não depende apenas do volume de madeira, mas também da qualidade do fuste, a qual pode ser influenciada pela rectidão do tronco, grau de ramificação e ocorrência de bifurcações (CARVALHO *et al.*, 2020).

Apesar da relevância do tema, observa-se escassez de estudos locais comparando espécies e procedências quanto à qualidade do fuste. Tal lacuna dificulta a definição de estratégias de melhoramento genético e de manejo florestal que garantam maior rendimento e valor econômico da madeira (SHIMIZU *et al.*, 2019; KANZLER *et al.*, 2022).

O estudo da forma do tronco e da ocorrência de bifurcações em espécies de *Pinus* é essencial para a determinação do potencial econômico e da sustentabilidade das plantações. Árvores com troncos mais retilíneos e menor incidência de bifurcações resultam em maior proporção de madeira de qualidade para serraria, reduzindo perdas no processamento (AKAY, SERIN, & PAK, 2015). Dessa forma, compreender como diferentes espécies e procedências se comportam nas condições edafoclimáticas de Machipanda fornece subsídios técnicos para o planejamento de programas de silvicultura.

Além disso, estudos dessa natureza podem apoiar políticas públicas e privadas voltadas ao sector florestal no país, contribuindo para a tomada de decisão na selecção de materiais genéticos mais adequados às condições locais. A variabilidade observada entre espécies e procedências pode servir de base para futuros programas de melhoramento genético, garantindo maior eficiência produtiva e competitividade do sector florestal regional (KANZLER *et al.*, 2022; WRIGHT *et al.*, 2020).

Portanto, este trabalho justifica-se pela necessidade de gerar informações científicas que orientem a escolha de espécies e procedências mais adaptadas e com melhores características de fuste em Machipanda, aumentando o valor econômico da madeira produzida e promovendo o desenvolvimento sustentável da silvicultura no país.

1.2 Objectivos

1.2.1 Objectivo geral

- ✓ Analisar a variação entre espécies e procedências na forma de tronco e bifurcação de pinheiros tropicais e subtropicais em Machipanda, Manica, aos 38 anos de idade.

1.2.2 Objectivos específicos

- 1) Avaliar a forma do tronco e o grau de bifurcação em diferentes espécies e/ou procedências de pinheiros tropicais e subtropicais;
- 2) Aplicar a análise de variância para identificar quais espécies e/ou procedências apresentam melhor desempenho quanto à forma do tronco e à bifurcação;
- 3) Recomendar espécies e/ou procedências que melhor se adaptaram às condições de Machipanda, Penhalonga.

1.3 Hipóteses do estudo

Hipótese nula (H_0)

1. Não existem diferenças estatisticamente significativas entre as espécies e/ou procedências em relação às médias da forma do tronco e da bifurcação.

Hipótese alternativa (H_a)

2. Pelo menos uma das espécies e/ou procedências apresenta diferenças estatisticamente significativas em relação às demais, no que se refere às médias da forma do tronco e da bifurcação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Descrição das espécies estudadas

Pinus patula subsp. *tecunumanni*

Pinus patula Cham. et Schlecht é uma espécie de origem mexicana, de grande importância como produtora de madeira, para processamento mecânico e de alto rendimento em celulose. Uma das características marcantes e facilmente identificáveis é o formato das acículas que são finas e tenras, dispostas de forma pendente. Em árvores maduras, a casca é espessa, com fissuras verticais profundas na parte baixa do tronco. Os cones são sésseis, extremamente persistentes, serôdios, cônicos, ligeiramente curvos, com 7 cm a 10 cm de comprimento, de cor castanha ou castanha-amarelada e lustrosos (AGUIAR, *et al.*, 2014).

Pinus patula ocorre em regiões de altitude elevada, apresentando melhor desenvolvimento em áreas situadas entre 1500 m e 3100 m de altitude, sendo a sua distribuição ecológica favorecida por condições de elevada humidade, solos profundos, húmidos e bem drenados, bem como por precipitação média anual entre 1000 mm e 2200 mm, factores que contribuem significativamente para o seu desempenho silvicultural em plantações florestais (LOUPPE, OTENG-AMOAKO, & BRINK, 2008). Em ambientes de baixa altitude e com temperaturas mais elevadas, *P. patula* tende a produzir árvores de baixa qualidade, com grande número de ramos grossos e persistentes, além de baixo crescimento em altura. Além disso, nesses ambientes desfavoráveis, ela se torna altamente vulnerável ao ataque de insectos desfolhadores e de fungos, principalmente na madeira exposta por danos mecânicos ou após operações de desrama efectuadas em períodos húmidos com alta temperatura. *P. patula* é cultivada com sucesso em alguns países andinos inclusive na África (SHIMIZU, 2008).

Segundo o mesmo autor, através do melhoramento genético, já se tem conseguido desenvolver árvores de boa forma de fuste e ramos mais finos do que da geração anterior. Ainda assim, observam-se amplas variações nas características de interesse comercial, mesmo em povoamentos que sofreram uma geração de selecção. Em condições favoráveis ao seu desenvolvimento, *P. patula* apresenta crescimento em altura maior do que *P. elliottii* ou *P. taeda*.

Pinus patula é uma espécie de crescimento rápido que pode atingir alturas médias entre 20 m e 40 m em condições de plantação, podendo ultrapassar estes valores em sítios altamente produtivos, apresentando diâmetros à altura do peito (DAP) que podem atingir cerca de 100 cm ou mais em árvores maduras. A espécie caracteriza-se por possuir um sistema radicular pivotante profundo e bem desenvolvido, o que contribui para uma elevada estabilidade mecânica e eficiência na absorção de água e nutrientes em diferentes condições edafoclimáticas. Em condições favoráveis de plantação, a espécie pode iniciar a sua fase reprodutiva precocemente, com produção de sementes viáveis a partir dos 4 a 6 anos de idade, dependendo das condições ambientais e do manejo silvicultural (TADESSE & FONSECA, 2022).

***Pinus oocarpa* Oshied**

Pinus oocarpa Schiede está entre as espécies de pinheiros tropicais mais difundidas pelos trópicos. É uma espécie produtora de madeira com tonalidade amarelada e cerne castanho-pálido, de dureza média e alta resistência física. Para além de produzir madeira, ela é usada, também, para extração de resina (AGUIAR, *et al.*, 2014). Ela é originária do México e da América Central, com ampla dispersão no sentido norte-sul, estendendo-se desde o deserto de Sonora, no noroeste do México e ao sul pelas encostas da Sierra Madre Ocidental, e as montanhas da Guatemala, Belize, El Salvador e Honduras até o noroeste da Nicarágua. O clima nestas regiões é caracterizado por estações secas, com períodos de até seis meses com precipitações pluviométricas menores que 50 mm e temperatura média mensal de 26 °C a 36 °C (LACERDA, 2012).

Nos países de origem, *P. oocarpa* é encontrado em altitudes variando entre 600 m a 2500, mas ocorre frequentemente, em solos bem drenados ao longo das encostas das montanhas entre 700 m e 1500 m de altitude. Porém, na parte norte de sua área de distribuição, ela pode ser encontrada a 2500 m de altitude (SHIMIZU, 2008).

De acordo com o mesmo autor, as condições ecológicas no habitat natural do *P. oocarpa* variam desde clima temperado-seco, com precipitação pluviométrica entre 500 mm e 1000 mm até subtropical húmido, com precipitação pluviométrica em torno de 3000 mm anuais. Sua madeira é moderadamente dura e resistente, de alta qualidade para produção de peças serradas para construções e fabricação de chapas. Além de madeira, produz, também, resina em quantidade viável para extração comercial.

A forma do tronco de *Pinus oocarpa* pode apresentar variação em função das condições ambientais e do material genético, sendo geralmente descrita como recta e cilíndrica, embora possa tornar-se irregular sob determinadas condições de crescimento. A casca é espessa, rugosa e escamosa, apresentando fissuras longitudinais organizadas em placas ao longo do tronco, características que contribuem para a protecção da árvore contra factores ambientais e para a sua adaptação a diferentes ecossistemas (FARJON, 2010).

Os cones de *P. oocarpa* são serôdios. Suas formas variam desde globosas a ovóides, com 6 cm a 10 cm de comprimento, de cor castanha-amarelada pálida a ocre e pedúnculos persistentes de 3 cm a 4 cm. Esta espécie produz muitas sementes, facilitando a ampliação de suas áreas de reflorestamento. Ela não se adapta às regiões de baixa altitude ou planícies costeiras (AGUIAR, *et al.*, 2014).

***Pinus caribaea* Morelet**

Pinus caribaea Morelet é uma espécie mais difundida nas regiões tropicais e abrange três variedades naturais: *hondurensis*, *bahamensis* e *caribaea*. Sendo apenas as variedades *hondurensis* e *bahamensis* descritas neste presente trabalho.

Pinus caribaea* var. *hondurensis

A variedade *hondurensis* é uma variedade nativa da América Central, ocorrendo naturalmente em países como Belize, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicarágua e México. A espécie apresenta rápido crescimento e elevado potencial produtivo, atingindo geralmente cerca de 30 m de altura e diâmetros à altura do peito (DAP) em torno de 80 cm, podendo, em condições favoráveis, alcançar até 45 m de altura e 135 cm de DAP (DVORAK *et al.*, 2000). Geralmente, o tronco é recto e bem formado, não apresentando excesso de ramificação. Uma das características marcantes desta variedade é a alta frequência de árvores com crescimento anormal conhecido como fox-tail. Esta anomalia é caracterizada pelo crescimento somente do eixo principal da árvore, coberto de acículas, sem a formação de ramos. Com este tipo de crescimento, a madeira torna-se quebradiça e de baixa qualidade física e mecânica por causa da grande proporção de madeira de compressão e de fibras anormais (SHIMIZU, 2008).

Pinus caribaea var. *hondurensis* ocorre em locais livres de geada, em altitudes desde o nível do mar até 700 m e, ocasionalmente, até 1000 m, onde ocorrem precipitações pluviométricas médias

anuais de 2000 mm a 3000 mm (AGUIAR, *et al.*, 2014). Ocorre em temperaturas médias anuais elevadas, apresentando ampla adaptação a diferentes condições ecológicas. Em áreas de introdução, a variedade demonstra elevada capacidade adaptativa, desenvolvendo-se satisfatoriamente em solos tropicais de baixa fertilidade e em ambientes de rendimento marginal (FAO, 1985). Contudo, a espécie raramente apresenta regeneração natural significativa fora da sua área de ocorrência natural. As sementes frescas apresentam elevada viabilidade, com taxas de germinação geralmente entre 70% e 80%, podendo manter a sua capacidade germinativa por um período aproximado de um ano sob condições adequadas de armazenamento (LOUPPE, OTENG-AMOAKO, & BRINK, 2008)

Dentre as espécies de *Pinus* tropicais, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* está entre os *Pinus* mais plantados no mundo. Ela é recomendada em toda a região tropical, devido às suas características morfológicas e silviculturais, não só, mas também, pode ter relação com a grande amplitude de condições ambientais nas suas origens, o que favorece a ocorrência de variabilidade genética ligada à adaptação a variadas condições ecológicas. Entre as variantes geográficas mais importantes estão as procedências litorâneas e as das montanhas, no interior do continente. As litorâneas localizam-se em áreas frequentemente afectadas por furacões e tempestades tropicais. Sua madeira é de densidade moderada a baixa, mas de grande utilidade geral, para além produz resina em quantidade viável (SHIMIZU, 2008).

Pinus caribaea* var. *bahamensis

Pinus caribaea var. *bahamensis* é uma variedade nativa das Ilhas Bahamas e das Ilhas Caicos, ocorrendo em áreas geograficamente separadas que incluem ilhas como Grand Bahama, Abaco, Andros e New Providence, situadas aproximadamente entre 23° e 27° de latitude norte, bem como as Ilhas Caicos entre 21° e 22° N. A espécie desenvolve-se predominantemente em altitudes próximas ao nível do mar, geralmente até cerca de 30 m. O clima das áreas de ocorrência é tropical, com temperaturas médias anuais em torno de 25 °C e precipitação variando entre 750 mm e 1300 mm, caracterizado por um período seco prolongado. Os solos são tipicamente calcários, bem drenados e de natureza alcalina, com valores de pH geralmente entre 7,5 e 8,5, condições às quais a espécie se encontra bem adaptada (FARJON, 2010). O crescimento desta variedade é intermediário entre o de *Pinus caribaea* var. *caribaea* e o de *Pinus elliottii*. Ela é recomendada para plantio na mesma faixa de ambientes indicada para a variedade *hondurensis*. No entanto,

plantios exploratórios em regiões tropicais e subtropicais têm mostrado que a variedade *bahamensis* cresce bem mesmo em altitudes maiores que 700 m e resistem bem a geadas (SHIMIZU, 2008).

Esta variedade apresenta, de modo geral, um tronco rectilíneo e relativamente limpo de ramos ao longo do fuste, característica desejável para a produção de madeira de qualidade. As acículas encontram-se organizadas em fascículos de duas a três unidades, e os cones apresentam comprimento variável entre aproximadamente 4 cm e 12 cm Segundo (DVORAK *et al.*, 2000). De acordo com AGUIAR, *et al.*, (2014), em condições ambientais favoráveis, as árvores podem atingir alturas de até cerca de 30–45 m e diâmetros à altura do peito superiores a 100 cm. Apesar do seu potencial produtivo, a variedade apresenta limitações para utilização em plantações comerciais, destacando-se a baixa produção de sementes, o que condiciona a disponibilidade de material reprodutivo.

Pinus caribaea var. *bahamensis* apresenta potencial para produção de resina e madeira, sendo uma das variedades tropicais do género *Pinus* utilizadas em plantações florestais. A espécie produz madeira de qualidade relativamente elevada, com propriedades físicas e mecânicas adequadas para diversos usos industriais, incluindo serraria, produção de laminados, aglomerados, mobiliário, caixotaria e celulose. Adicionalmente, trata-se de uma variedade com interesse económico em sistemas de produção florestal em regiões tropicais, devido ao seu desempenho produtivo e adaptabilidade (LOUPPE, OTENG-AMOAKO, & BRINK, 2008)

***Pinus kesiya* Royle**

Pinus kesiya é de origem asiática. É uma espécie de maior adaptabilidade ao clima tropical. Ela engloba o grupo anteriormente chamado *Pinus insularis*, que ocorre na Ilha Mindoro, nas Filipinas, e os grupos chamados *Pinus khasya* e *Pinus yunnanensis* de países do Sudeste Asiático, parte da China e Índia. Em inglês, é comumente chamado de “*Khasi Pine*”, devido ao nome do local de sua origem. As árvores desta espécie atingem em torno de 45 m de altura e 100 cm de DAP. O *Pinus kesiya* ocorre em ambientes de altitudes que variam de 300 m a 2700 m, com precipitação pluviométrica média anual entre 700 mm e 1800 mm. A temperatura média anual, em sua região de ocorrência natural, é de 17 °C a 22 °C (AGUIAR, *et al.*, 2014).

SHIMIZU (2008), afirma que esta espécie constitui uma alternativa viável para produção de madeira em ambientes tropicais sujeitos à deficiência hídrica. Porém, seu manejo requer muito cuidado especial nos regimes de desrama, uma vez que ela produz uma grande quantidade de ramos persistentes desde a base do tronco.

Pinus kesiya apresenta um tronco com casca espessa e profundamente fissurada ao longo do fuste. Em fase juvenil, os ramos tendem a desenvolver-se de forma mais horizontal e tornam-se progressivamente mais robustos com o aumento da idade. As acículas são finas, flexíveis e dispostas em fascículos de três unidades, com comprimento geralmente entre 15 cm e 20 cm. Os cones são relativamente pequenos, de forma cônico-ovóide, com dimensões variando entre 5 cm e 8 cm de comprimento e 4 cm a 5 cm de largura, permanecendo frequentemente na árvore por mais de um ano (FARJON, 2010).

Apesar de ramificação precoce, *Pinus kesiya* tem potencial para produção de madeira e resina. A sua madeira é utilizada na fabricação de chapas de partículas aglomeradas (MDP), celulose e papel. A densidade básica da madeira é de $0,560 \text{ g/cm}^{-3}$, o que a madeira leve, fácil de processar mecanicamente ou até mesmo de forma manual (AGUIAR, *et al.*, 2014).

Pinus kesiya é uma espécie de rápido crescimento amplamente utilizada em plantações florestais tropicais, destacando-se pelo seu elevado potencial de produção volumétrica. Contudo, a qualidade da forma do fuste pode ser variável, sendo frequentemente observados problemas como conicidade acentuada, tortuosidade e maior ramificação ao longo do tronco, factores que podem reduzir o rendimento em madeira serrada de alta qualidade. Apesar destas limitações, a espécie apresenta elevado potencial para produção em ciclos curtos, sendo frequentemente utilizada na produção de madeira para celulose, painéis e chapas aglomeradas em sistemas de plantação comercial (FAO, 1987).

***Pinus elliottii* Engelm**

Pinus elliottii var. *elliottii* L., é de grande importância na produção de resina rica em pineno, para além de produzir madeira densa e dura do que a das demais espécies de *Pinus*. Ocorre naturalmente no Sul e Sudeste dos Estados Unidos, desde a Planície Costeira do sul da Carolina do Sul (33° N) até o centro da Flórida e sudoeste do estado da Louisiana (30° N). Na área de ocorrência natural, o clima é quente e húmido, com precipitações pluviométricas maiores no verão e primavera, sendo

o outono mais seco. A precipitação pluviométrica média anual da região é de 1270 mm, temperatura média anual de 17 °C e com valores extremos de 41 °C (SHIMIZU, 2008).

De acordo com o mesmo autor, *Pinus elliottii* é tolerante aos solos húmidos, podendo ser plantada em áreas mesmo que tenha lençol freático próximo à superfície. Também tolera geadas e um grau moderado de deficiência hídrica. Por ser de ambiente com características mais próximas à tropical, ele cresce menos que *P. taeda* nas partes mais frias do planalto sulino.

Esta espécie tem crescimento moderadamente rápido que, em condições ambientais favoráveis, pode atingir alturas entre 20 m e 30 m, podendo alcançar cerca de 40 m em situações excepcionais, com diâmetros à altura do peito entre 60 cm e 90 cm. O tronco apresenta-se geralmente recto e cilíndrico. Em indivíduos jovens, a casca é acinzentada e profundamente sulcada, evoluindo com a idade para uma estrutura mais espessa e laminar, de coloração castanho-avermelhada. As acículas são rígidas, de coloração verde-escura e brilhante, com comprimento entre 17 cm e 25 cm, dispostas em fascículos de duas, ocasionalmente três unidades (FARJON, 2010).

SHIMIZU (2008), afirma que os ensaios de campo têm indicado baixa ou nenhuma variação em produtividade ligada à procedência das sementes. Tendo em conta que a maior parte da variação nessa característica se verifica entre indivíduos (de árvore para árvore) dentro de populações, os trabalhos de melhoramento genético ficam facilitados, uma vez que se pode contar com uma extensa população, independentemente da origem geográfica, para a selecção individual.

Geralmente, o incremento volumétrico de *P. elliottii* costuma ser menor, em comparação com *P. taeda*. Porém, ele inicia a produção de madeira adulta a partir dos sete a oito anos de idade, em contraste com 12 a 15 anos, em *P. taeda*. Este pode ser um diferencial importante na escolha da espécie para produção de madeira destinada ao processamento mecânico. Isto significa que, em toras da mesma idade, a de *P. elliottii* contém menor proporção de madeira juvenil e, portanto, será de melhor qualidade física e mecânica do que a de *Pinus taeda* (FOELKEL, 2009).

2.2 Ensaios de espécies e procedências

Os ensaios de espécies e procedências constituem uma ferramenta essencial no melhoramento florestal, permitindo a avaliação da variabilidade genética e das suas interacções com o ambiente, particularmente através da análise da interacção genótipo × ambiente. Estes estudos fornecem informação fundamental sobre a adaptabilidade e a plasticidade fenotípica das populações,

contribuindo para a selecção de materiais genéticos mais resilientes e produtivos, adequados a diferentes condições ecológicas e objectivos de produção florestal (WHITE, ADAMS, & NEALE, 2007; ZOBEL & TALBERT, 1984).

O termo procedência indica a localização geográfica e ambiental das árvores ou povoamentos fornecedores de material reprodutivo tais como sementes, pólen ou propágulos, sendo que para essências nativas o termo confunde-se com origem. De acordo com essa conceituação, o termo restringe-se a população de árvores vegetando em determinado local; portanto, seleccionar a procedência adequada significa também seleccionar a localidade onde as árvores vegetam. Em muitos casos, uma procedência pode representar uma ampla região ecológica, e esta região pode ser formada por um conjunto de procedências distintas. Nestes casos, uma procedências poderá ser parte de uma raça, ecotipo, sub-espécie ou variedade (FERREIRA & ARAÚJO, 1981). Portanto, para a escolha de espécies e procedências componentes de florestas de produção, é imprescindível a realização de ensaios de espécies e procedências para avaliação da sua capacidade de adaptação em local de introdução (SOUZA *et al.*, 2016; EMBRAPA, 2008).

Os autores acima citados, afirmam que processo de escolha de espécies e procedências, potencialmente aptas para plantação, baseia-se, primeiramente, em critérios climáticos. Os factores como as variações do solo, a ocorrência de estiagem prolongada e de pragas e doenças, podem afectar a adaptabilidade das espécies em um novo local de plantio. Assim, a reacção de cada espécie a todos esses factores precisa ser avaliada para que as plantações florestais tenham êxito.

Os ensaios de espécies e procedências visam definir os componentes genéticos e ambientais da variabilidade fenotípica entre povoamentos ou árvores de diferentes origens geográficos. Tais estudos objectivam detectar a variabilidade genética dentro da espécies; as relações entre esta variabilidade e os factores ambientais; e as reacções das diferentes populações quando transferidas para um outro ambiente (FERREIRA & ARAÚJO, 1981).

As variações genéticas existentes entre espécies e procedências dentro de uma mesma espécie, surgem como resultado da adaptação das espécies às condições edafo-climáticas dos habitats. Assim, o comportamento de diferentes procedências, quando submetidas a factores ambientais diversos, também deve ser avaliado, certificando-se de que as plantações obterão êxito (FRIGOTTO *et al*, 2020).

2.3 Características silviculturais e qualidade do fuste

As características silviculturais de uma espécie de *Pinus* abrangem seu crescimento, forma do tronco, ramificação e adaptação ao ambiente, sendo a rectidão do fuste e o grau de bifurcação dois dos parâmetros mais relevantes para a qualidade comercial da madeira (GOMES & SILVA, 2015). Esses atributos definem o valor da árvore para usos como serraria, laminação e produção de postes, uma vez que fustes rectos e com baixa bifurcação geram maior rendimento de produtos sólidos (CARVALHO, 2018).

A forma do fuste de coníferas pode ser avaliada por meio de uma escala qualitativa. Um fuste classificado como óptimo é caracterizado por ser retilíneo, com crescimento monopodial, ou seja, um eixo principal bem definido, sem ramificações que competem com a gema apical (EMBRAPA, 2012). Fustes classificados como irregulares, por sua vez, apresentam tortuosidade crescente, bifurcação do eixo principal e crescimento simpodial, o que compromete o aproveitamento industrial da madeira, diminuindo seu valor para fins comerciais (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A forma e grau de bifurcação do fuste em *Pinus* é fortemente influenciado pela genética, e programas de melhoramento florestal têm seleccionado materiais com a forma do fuste óptimo e bifurcação reduzida, pois essas características apresentam herdabilidade moderada a alta (MORI & KAGEYAMA, 2014). Estudos com *Pinus maximinoi* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis* detectaram variabilidade genética significativa para rectidão e bifurcação, permitindo a identificação de indivíduos superiores já na fase de viveiro (RIBEIRO, 2019). Além disso, observou-se que, em algumas variedades, a bifurcação tende a se manifestar a partir do sexto ano de crescimento, reforçando a necessidade de avaliação fenotípica ao longo do tempo (ALVES & PINHEIRO, 2017).

Práticas silviculturais como a poda de formação e o desbaste selectivo são fundamentais para reduzir a bifurcação e promover a rectidão do fuste. A poda precoce remove ramos concorrentes, direccionando o crescimento para o eixo principal, enquanto o desbaste elimina árvores com fuste defeituoso, melhorando a qualidade média do povoamento remanescente (SANTOS, 2021). Quando associadas ao uso de mudas provenientes de melhoramento genético, essas intervenções

potencializam a produção de madeira de alto valor agregado, com nós reduzidos e fuste cilíndrico e recto (FERREIRA & MELO, 2016).

A avaliação da forma do tronco e da bifurcação em ensaios de espécies e procedências é, portanto, essencial para a selecção de materiais genéticos superiores. Estes ensaios permitem identificar genótipos que combinam bom crescimento com características morfológicas desejáveis, contribuindo para o aumento da eficiência produtiva dos povoamentos florestais. Em programas de melhoramento florestal, a integração destas características com parâmetros de crescimento e sobrevivência permite uma selecção mais equilibrada entre produtividade e qualidade da madeira (WHITE *et al.*, 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O Estudo foi realizado na província de Manica, distrito do mesmo nome, na região centro do país, na unidade de produção de Penhalonga, em Machipanda. A sua localização é estratégica por fazer fronteira a oeste com a República do Zimbabué, estendendo-se por uma área de 4.391 km² (RPDLGDM, 2025). O distrito é limitado a norte pelo distrito de Bárue, a sul pelo distrito de Sussundenga e a leste pelo distrito de Vanduzi (INE, 2024). Em termos topográficos, distrito de Manica encontra-se em uma zona planáltica, com altitudes que variam entre 400 e 1000 metros (FAO, 2001), embora outras fontes indiquem cotas mais elevadas, como 1364 metros, para a mesma região.

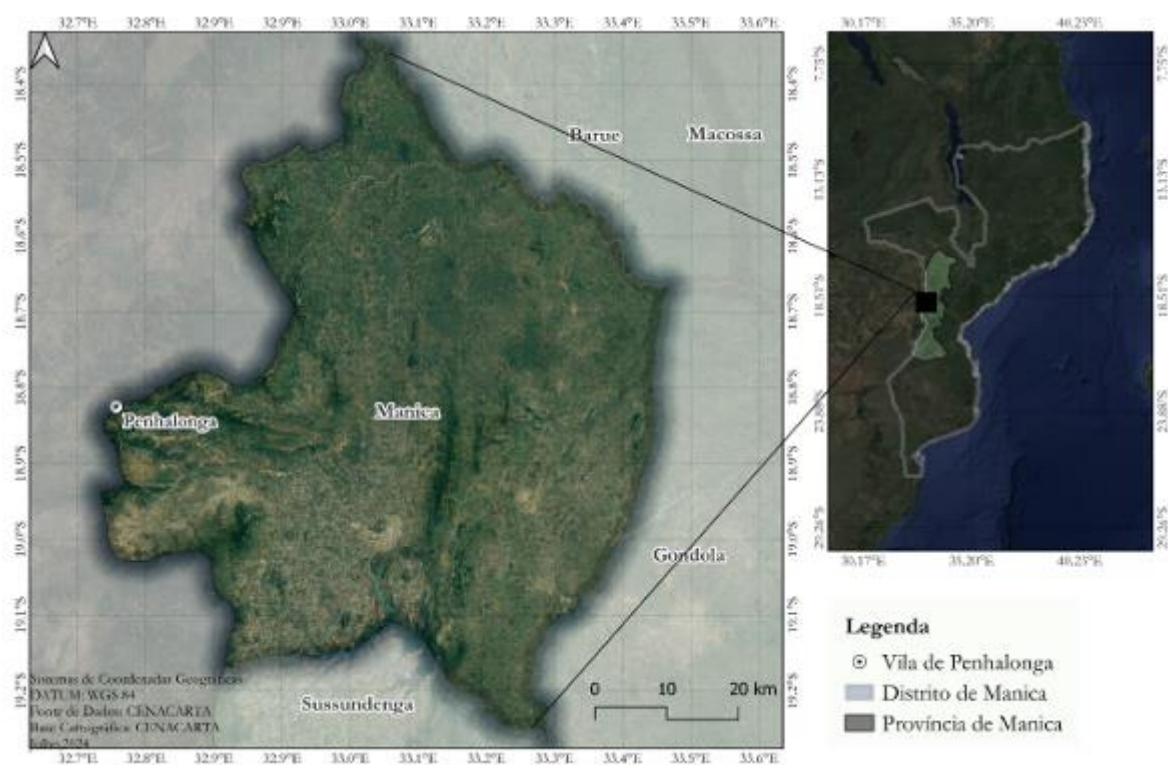


Figura 1: Localização geográfica da área de estudo

Fonte: Gizela Adriana Paulino Mocumba (2024)

O clima do distrito de Manica é classificado como do tipo húmido. A região montanhosa regista valores médios anuais na ordem de 1000 e 1020 mm de chuva. Sendo que, a repartição das chuvas

é desigual ao longo do ano, em que se observa claramente a existência de duas estações bem distintas, a estação chuvosa e a seca (MAE, 2005).

Segundo a mesma entidade, a estação chuvosa dura aproximadamente 6 meses, de Novembro a Abril. Por sua vez, a evapotranspiração média anual está em torno de 1220 – 1290 mm e é superior ao valor de precipitação média anual. A temperatura média anual ronda os 21.2° C com extremos em torno de 30.9° C e de 24.4° C nos meses de Outubro e Julho respectivamente.

No distrito de Manica, os solos são predominantemente de coloração vermelha a castanha, com variação textural entre arenosa, franco-arenosa e argilo-arenosa, reflectindo a influência do material de origem geológico e das condições climáticas locais. Estes solos apresentam, de forma geral, baixa retenção de água e reduzida fertilidade natural, sendo em várias áreas susceptíveis à erosão, especialmente quando desprovidos de cobertura vegetal. Estas características limitam a sua aptidão para agricultura intensiva, mas favorecem o estabelecimento de plantações florestais, uma vez que espécies florestais de rápido crescimento apresentam maior tolerância a condições de baixa fertilidade e menor disponibilidade hídrica (FAO, 2015).

3.2 Espécies e procedências estudadas

O ensaio inclui cinco espécies do género *Pinus* (*P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. elliottii* e *P. kesiya*), provenientes de cinco países (Belize, Brasil, Honduras, Nicarágua e Zimbábue). Esta diversidade de procedências permite avaliar a variabilidade genética e o desempenho silvicultural dos materiais em condições locais, contribuindo para a selecção de espécies mais adaptadas e produtivas.

Tabela 1: Lista de espécies estudadas e as respectivas procedências, em Penhalonga, aos 38 anos de idade.

Ordem	Espécies	Origem/procedência
1	<i>Pinus patula</i> subsp. <i>tecunumanni</i>	MT. Pine Ridge/Belize
2	<i>Pinus oocarpa</i>	Zimbabwe
4	<i>Pinus oocarpa</i>	San Juan, Honduras
6	<i>Pinus caribae</i> var. <i>hondurensis</i>	Alamicamba, Nicarágua
8	<i>Pinus caribae</i> var. <i>hondurensis</i>	Guanaja, Honduras
9	<i>Pinus patula</i> subsp. <i>tecunumanni</i>	Yacul, Nicarágua
19	<i>Pinus kesiya</i>	Anhembi, Brasil
20	<i>Pinus caribae</i> var. <i>bahamensis</i>	Zimbabwe (Nº 8732)
23	<i>Pinus elliotti</i> var. <i>elliotti</i>	Zimbabwe (Nº 12602)

3.3 Características avaliadas e colecta de dados

O ensaio de espécies e procedências foi avaliado durante a segunda quinzena do mês de janeiro de 2024. Foram inicialmente consideradas diversas características quantitativas e qualitativas associadas ao crescimento e à qualidade dos indivíduos. No entanto, para efeitos deste trabalho, foram seleccionadas apenas as características qualitativas forma do tronco (FT) e bifurcação (B), por serem parâmetros directamente relacionados com a qualidade silvicultural e o potencial de aproveitamento industrial da madeira.

A avaliação destas características foi realizada de forma subjectiva, com base em observação visual directa em campo, utilizando uma escala de classificação adaptada da metodologia proposta por KEIDING *et al.* (1986), conforme citado por MARIANO (2005). Este método é amplamente utilizado em ensaios florestais por permitir a padronização da avaliação qualitativa de atributos morfológicos, como rectidão do fuste e presença de bifurcação, reduzindo a variabilidade entre avaliadores.

A forma do tronco foi classificada com base no grau de rectidão e uniformidade do fuste, considerando-se a presença de curvaturas, inclinações ou irregularidades ao longo do eixo principal da árvore. Já a bifurcação foi avaliada considerando a ocorrência de divisão do fuste

principal em dois ou mais eixos dominantes, bem como a altura em que esta ramificação ocorre, sendo um indicador directo da qualidade do fuste para fins industriais (Anexos 1).

Delineamento experimental e análise de dados

O ensaio de espécies e procedências foi estabelecido no ano de 1986, na localidade de Penhalonga, província de Manica, no âmbito do Projeto CEF–IFLOMA–UEM, com o objectivo de avaliar o desempenho de diferentes materiais genéticos sob condições edafoclimáticas locais. A instalação deste ensaio seguiu princípios experimentais do melhoramento florestal, visando reduzir o efeito da variabilidade ambiental e permitir comparações estatisticamente válidas entre espécies e/ou procedências. Para o controlo da variabilidade espacial do solo e de outros factores ambientais associados ao sítio experimental, o ensaio foi delineado em um esquema de blocos completos casualizados (DBCC), conforme recomendado para experimentos florestais em campo (JAYARAMAM, 2000). Este delineamento experimental permite que cada bloco represente uma unidade relativamente homogénea do ponto de vista ambiental, reduzindo assim o erro experimental e aumentando a precisão das comparações entre tratamentos.

O ensaio é constituído por três blocos, sendo que cada bloco contém nove parcelas experimentais, totalizando vinte e sete parcelas em toda a área de estudo. Cada parcela representa uma unidade experimental composta por uma determinada espécie e/ou procedências, permitindo a avaliação comparativa do desempenho silvicultural dos materiais genéticos testados.

Foram instaladas no ensaio cinco espécies do género *Pinus*, provenientes de cinco país ecológicas distintas, nomeadamente Belize, Brasil, Honduras, Nicarágua e Zimbabwe (Tabela 1), ao todo, o ensaio compreende nove grupos de tratamentos. Esta diversidade de origens visa permitir a avaliação comparativa do desempenho silvicultural dos materiais genéticos sob condições ambientais uniformes, minimizando o efeito de variação externa.

O ensaio é constituído por parcelas quadrangulares com dimensões de 5 m × 5 m, contendo 25 plantas na área útil de cada parcela. O espaçamento adotado foi de 2,5 m × 2,5 m, de forma a assegurar condições adequadas de crescimento individual e reduzir a competição intraespecífica durante as fases iniciais de desenvolvimento.

Adicionalmente, cada parcela encontra-se delimitada por uma linha de bordadura composta por indivíduos da proveniência *Pinus patula* subsp. *tecuanumanii* (Mt. Pine Ridge – Belize), cuja função é minimizar os efeitos de bordadura e reduzir interferências externas sobre as plantas da área útil, garantindo maior precisão experimental e uniformidade das condições de avaliação.

Os dados obtidos em campo foram posteriormente organizados e introduzidos em folhas de cálculo do Microsoft Office Excel, onde foram realizadas análises estatísticas descritivas. Foram determinados os parâmetros de tendência central, nomeadamente a média aritmética, bem como os parâmetros de dispersão, com destaque para a variância, aplicados às características forma do tronco (FT) e bifurcação (B). Estas medidas permitiram caracterizar o comportamento médio dos tratamentos e a variabilidade existente entre os materiais genéticos avaliados, conforme descrito pelas fórmulas seguintes:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

Em que:

$\bar{x}$ – Média aritmética

$\sum x_i$ – Somatório de todos elementos da amostra

n – Tamanho da população

$$\delta^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (2)$$

Em que:

δ^2 – Variância populacional; x_i – cada elemento do conjunto de dados (amostra); $\bar{x}$ – Média aritmética e n – Tamanho da amostra

Como no delineamento adotado, todos os tratamentos devem ter o mesmo número de repetições, ou seja, o quadro auxiliar da análise da variância deve estar completo para poder efectuar a análise de variância, de acordo com FERREIRA (2011), o valor da parcela perdida, pode ser estimado através da seguinte fórmula:

$$Y = \frac{(r * B) + (t * T) - G}{(r - 1)(t - 1)} \quad (3)$$

Onde: Y- valor estimado da parcela perdida; r – número de repetições do experimento; t – número de tratamentos avaliados; T – total do tratamento onde ocorreu a parcela perdida; B – total do bloco onde ocorreu a parcela perdida; G – total geral das parcelas existentes no experimento.

Ainda o autor citado, o valor obtido de Y dificilmente será igual àquele perdido (que se obteria no experimento). Por outro lado, é um valor que permitirá a execução da análise da variância pelo processo comum e que dará como resultado, para essa análise, o mesmo que se obteria por processos mais complicados.

A análise de variância foi feita para cada uma das características avaliadas, adotando o modelo estatístico abaixo, conforme CRUZ & REGAZZI (1994):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad (4)$$

Em que:

- Y_{ij} – valor observado no bloco j – *ésimo* que recebeu o tratamento i – *ésimo* espécies/procedências;
- μ – média geral da variável em análise;
- T_i – efeito do i – *ésima* espécies/procedências ($i = 1, 2, \dots, 9$);
- β_j – efeito do j -*ésimo* bloco ($j = 1, 2 \text{ e } 3$);
- ϵ_{ij} – erro experimental – $(0, \sigma^2)$.

Todos os efeitos do modelo, exceto a média, foram assumidos como aleatórios na análise envolvendo espécies, sendo que j é o número de blocos e i é o número de espécies. O esquema da análise de variância encontra-se na tabela abaixo de acordo com o modelo adotado.

Tabela 2: Quadro da análise de variância para cada caráter em análise.

FV	GL	SQ	QM	F cal.	F crít.
Blocos	r – 1	SQB	$\frac{QMB}{(r * 1)}$	$\frac{QMB}{QMR}$	
Procedência	t – 1	SQP	$\frac{QME}{(t * 1)}$	$\frac{QME}{QMR}$	
Resíduo	[(r – 1) (t – 1)] – 1	SQR	$\frac{SQR}{[(r – 1) (t – 1)] – 1}$		
Total	(r * t) – 1	SQT			

Onde FV – fonte de variação; GL – número de graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; QM – quadrado médio, r – número de repetições; e t – número de tratamentos (espécies/proveniências).

A análise de variância foi realizada usando os valores médios de cada umas das parcelas.

Sendo os dados de natureza qualitativa, procedeu-se inicialmente à verificação do pressuposto de homogeneidade das variâncias, etapa fundamental em análises estatísticas paramétricas, uma vez que a validade dos testes subsequentes depende da igualdade aproximada das variâncias entre os grupos avaliados. Esta verificação permitiu avaliar se a variabilidade observada nas características em estudo era estatisticamente semelhante entre os diferentes tratamentos, garantindo assim a robustez das inferências estatísticas. O teste foi aplicado considerando um nível de significância de 5%, tendo revelado evidências suficientes para aceitar a hipótese de homogeneidade das variâncias, o que indica que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as variabilidades dos grupos analisados. O procedimento estatístico foi realizado com base na seguinte expressão matemática:

$$F_{\max} = \frac{\sigma_{\max}^2}{\sigma_{\min}^2} \quad (5)$$

Onde:

Fmax – Valor de F calculado; $\delta_{\max}^2$ – Variância máxima; e $\delta_{\min}^2$ – Variância mínima.

$$F_{\text{crít}}(gl, t, \alpha) \quad (6)$$

Fcrit – valor de F crítico; gl – graus de liberdade; t – representa o número de tratamentos; e α – é o nível de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados da análise de variância (ANOVA) aplicada às características qualitativas forma do tronco (FT) e bifurcação (B), avaliadas em cinco espécies provenientes de nove procedências distintas, com 38 anos de idade. A análise estatística teve como objectivo verificar a existência de diferenças significativas entre os materiais genéticos em estudo, permitindo inferir sobre o desempenho silvicultural relativo de cada espécie e/ou procedência. A utilização da ANOVA possibilitou a decomposição da variabilidade total observada em componentes atribuíveis aos tratamentos e ao erro experimental, fornecendo uma base estatística robusta para a comparação entre médias e para a interpretação da variação fenotípica das características avaliadas no ensaio.

4.1 Avaliação das características, forma do tronco e o grau de bifurcação de diferentes espécies e/ou procedências

A avaliação das características forma do tronco e bifurcação em diferentes espécies e procedências do género *Pinus* evidenciou valores médios relativamente elevados (Tabela 4), indicando um desempenho silvicultural satisfatório dos materiais genéticos testados. Estes resultados sugerem a predominância de indivíduos com fustes mais rectilíneos e baixa incidência de bifurcação, características desejáveis do ponto de vista produtivo e industrial, por estarem associadas a maior aproveitamento volumétrico e melhor qualidade da madeira. Adicionalmente, os valores médios observados reflectem a adaptação dos materiais às condições edafoclimáticas do local de ensaio, bem como o potencial genético das espécies e/ou procedências avaliadas, constituindo um indicativo positivo para a sua utilização em programas de plantação e melhoramento florestal.

Tabela 3: Resultados da qualidade de fuste quanto à forma do tronco e bifurcação e análise de variância das espécies e/ou procedências de pinheiros tropicais em Penhalonga.

Espécie/Procedência	Código	Forma do tronco	Bifurcação
<i>Pinus patula</i> /Belize	<i>Pp</i> /Be	4.47	4.37
<i>Pinus oocarpa</i> /Zimbabwe	<i>Po</i> /ZW	4.14	4.09
<i>Pinus oocarpa</i> /Honduras	<i>Po</i> /Ho	4.19	3.99
<i>Pinus caribae</i> var. <i>hondurensis</i> /Nicaragua	<i>Pc.vh</i> /Ni	3.97	4.03
<i>Pinus caribae</i> var. <i>hondurensis</i> /Honduras	<i>Pc.vh</i> /Ho	3.75	3.99
<i>Pinus patula</i> /Nicaragua	<i>Pp</i> /Ni	4.78	4.51
<i>Pinus kesiya</i> /Brasil	<i>Pk</i> /BR	4.71	4.48
<i>Pinus caribae</i> var. <i>bahamensis</i> /Zimbabwe	<i>Pc.vb</i> /ZW	4.64	4.31
<i>Pinus elliotti</i> var. <i>elliotti</i> /Zimbabwe	<i>Pe.ve</i> /ZW	4.82	4.42
Media Geral		4.39	4.24
Coeficiente de variação (CV %)		10	8
F – tratamentos		2.22 ^{ns}	1.16 ^{ns}
F – blocos		2.00 ^{ns}	1.72 ^{ns}
DSM		-	-

Em que F-tratamento é o valor do teste de Fisher para espécies/procedências, a 5% de nível de significância; e DMS é a diferença mínima significativa entre as médias de espécies e/ou procedências.

Relativamente à característica forma do tronco, verificou-se variabilidade entre as espécies e/ou procedências avaliadas, destacando-se *Pinus elliottii* var. *elliottii*/Zimbabwe (4.82), *Pinus patula*/Nicarágua (4.78), *Pinus kesiya*/Brasil (4.71) e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*/Zimbabwe (4.64), que apresentaram as médias mais elevadas, evidenciando maior aptidão para a formação de fustes rectilíneos e de melhor qualidade silvicultural. Estes resultados sugerem um desempenho superior destas procedências no que se refere à arquitetura do fuste, característica directamente associada ao rendimento industrial e ao valor comercial da madeira. Em contrapartida, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*/Honduras (3.75) e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*/Nicarágua (3.97) apresentaram valores médios inferiores à média geral (4.39), indicando maior propensão à formação de fustes menos rectilíneos e, consequentemente, menor qualidade potencial para fins

industriais. Esta variação pode estar associada a diferenças genéticas entre procedências, bem como à interação com as condições ambientais do local de ensaio, conforme ilustrado na Figura 1.

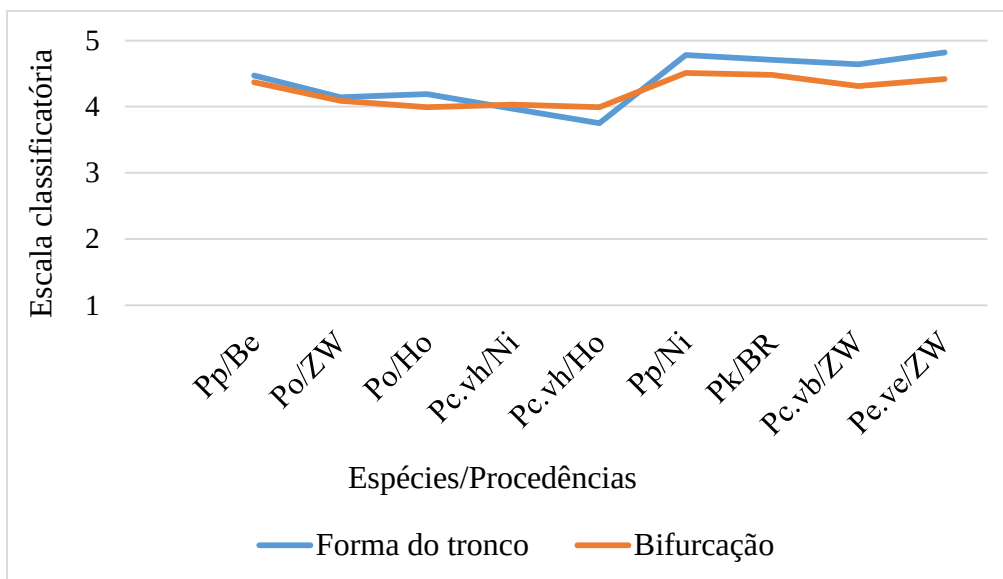


Figura 2: Comportamento médio de espécies e/ou procedências quanto às características forma do tronco e bifurcação.

De acordo com o gráfico apresentado, as características forma do tronco e bifurcação evidenciam reduzida variabilidade entre as espécies e/ou procedências avaliadas, sugerindo um comportamento relativamente homogêneo dos materiais genéticos sob as condições edafoclimáticas do local de ensaio. Estes resultados estão em concordância com os achados de MALIMBWI *et al.* (2000), que reportaram a existência de variações fenotípicas entre procedências de *Pinus* tropicais, porém sem diferenças estatisticamente significativas em condições de campo. De igual modo, BARNES e MULLIN (1978) e GWAZE *et al.* (2010) destacam que *Pinus patula* tende a apresentar melhor forma do tronco, embora com maior sensibilidade a factores de estresse ambiental, enquanto *Pinus caribaea* demonstra maior tolerância a condições adversas, porém com fustes geralmente menos rectilíneos. Adicionalmente, os resultados obtidos por VAZ (2013), ao estabelecer área de produção de sementes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* na mesma região, indicaram valores médios elevados para forma do tronco (4,73), corroborando o bom desempenho desta variedade em termos de qualidade silvicultural. Estes resultados estão em consonância com os princípios do melhoramento florestal descritos por EVANS e TURNBULL (2004), que

salientam a influência das condições ambientais no desempenho das espécies, bem como com WHITE, ADAMS e NEALE (2007) e ZOBEL e TALBERT (1984), que enfatizam a importância da variabilidade genética e da interação genótipo $\times$ ambiente na expressão de características morfológicas como a forma do tronco. Assim, a reduzida variabilidade observada pode reflectir tanto a adaptação das espécies às condições locais quanto a relativa uniformidade ambiental do sítio experimental, reforçando a relevância destes materiais genéticos para programas de plantação e melhoramento florestal.

Relativamente à característica bifurcação, a média geral estimada foi de 4,24, evidenciando, de forma geral, uma baixa incidência de formação de fustes múltiplos e uma predominância de dominância apical nos materiais genéticos avaliados. Observou-se que as maiores médias foram registadas em *Pinus patula*/Nicarágua (4,51), *Pinus kesiya*/Brasil (4,48), *Pinus elliottii* var. *elliottii*/Zimbabwe (4,42) e *Pinus patula*/Belize (4,37), o que indica maior estabilidade estrutural do fuste e reduzida tendência à bifurcação, características desejáveis do ponto de vista silvicultural e industrial, por estarem associadas à maior qualidade da madeira e maior rendimento em produtos sólidos. Em contrapartida, procedências como *Pinus oocarpa*/Honduras (3,99) e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*/Honduras (3,99) apresentaram valores inferiores à média geral, sugerindo maior propensão à bifurcação, o que pode comprometer o comprimento útil do fuste e reduzir o valor comercial da madeira.

Estes resultados estão em consonância com NHANTUMBO *et al.* (2016), que destacam a superioridade de *P. patula* e *P. elliottii* em termos de qualidade do fuste e menor incidência de bifurcação, enquanto *P. caribaea* var. *hondurensis* apresenta maior variabilidade estrutural e menor uniformidade de fuste. De forma semelhante, estudos realizados na África do Sul por MALAN (1995) e DONALD e MORRIS (2017) indicam que *P. elliottii* e *P. patula* são amplamente utilizados em programas de reflorestamento devido à combinação de boa forma do fuste, crescimento satisfatório e estabilidade fenotípica, enquanto *P. kesiya* tem sido reconhecido como uma alternativa promissora, especialmente em ambientes tropicais e subtropicais.

No contexto sul-americano (Brasil), SHIMIZU *et al.* (2015) e RESENDE *et al.* (2018) também observaram desempenho superior de *P. kesiya* e *P. patula* em relação à rectidão do fuste e menor incidência de bifurcação, resultados que corroboram os padrões verificados no presente estudo.

Adicionalmente, ALMEIDA *et al.* (2003), ao avaliarem clones de *Pinus* spp. aos sete anos de idade, reportaram baixa incidência de bifurcação (aproximadamente 4%), com destaque para *P. elliottii*, que apresentou os menores índices, reforçando o seu elevado potencial para produção de madeira de qualidade. De forma complementar, os mesmos autores observaram que, em termos de forma do tronco, a maioria dos indivíduos apresentou conformação satisfatória, com elevada proporção de árvores pouco tortuosas ou rectilíneas, indicando que mesmo em fases iniciais de desenvolvimento existe tendência para boa conformação estrutural em espécies de *Pinus* quando estabelecidas em condições adequadas de sítio. Estes padrões são consistentes com os resultados obtidos no presente estudo, sugerindo que a qualidade do fuste observada pode estar associada tanto ao potencial genético das espécies avaliadas quanto à adaptação às condições ambientais locais, reforçando a importância da selecção de procedências em programas de melhoramento florestal.

4.2 Análise de variância para a identificação de espécies e procedências de melhor desempenho em relação à forma do tronco e à bifurcação

O teste de análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% de significância, não evidenciou diferenças estatisticamente significativas entre as espécies e/ou procedências avaliadas, tanto para a forma do tronco (FT) quanto para a bifurcação (B), indicando um comportamento fenotípico relativamente homogêneo para ambas as características. De forma geral, todas as espécies e/ou procedências apresentaram fustes ligeiramente rectilíneos e baixa tendência à bifurcação. Estes resultados corroboram os achados de WETELA (2005), que, ao avaliar o mesmo povoamento aos 18 anos de idade, também não observou diferenças significativas entre materiais genéticos, reportando coeficientes de variação de 7,90% para forma do tronco e 10,93% para bifurcação, bem como os de FREITAS *et al.* (2005), que, em estudo com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 32 anos, não identificaram diferenças estatísticas na forma do fuste. Tais evidências sugerem que a homogeneidade entre procedências tende a persistir ao longo do tempo, indicando que características qualitativas como forma do tronco e bifurcação podem apresentar menor sensibilidade à variação genética quando comparadas a características de crescimento, sendo fortemente influenciadas pelas condições ambientais.

A ausência de significância estatística pode ainda ser explicada pela elevada uniformidade das condições edafoclimáticas do local de ensaio, incluindo regime hídrico e características do solo, que tendem a reduzir a expressão de diferenças fenotípicas entre materiais genéticos, conforme discutido por MALENDE *et al.* (2018). Adicionalmente, o facto de o efeito dos blocos não ter sido estatisticamente significativo sugere que a variabilidade espacial do sítio foi reduzida, limitando a capacidade do delineamento experimental em captar diferenças ambientais, o que contribui para a homogeneização dos resultados. Em consonância com estudos de melhoramento florestal, como os de EVANS e TURNBULL (2004) e LI *et al.* (2017), estes resultados reforçam que a expressão de características morfológicas resulta da interacção entre o genótipo e o ambiente, sendo que, em condições ambientais relativamente homogéneas, a variabilidade genética tende a ser menos expressiva. Nestas circunstâncias, factores edafoclimáticos uniformes podem atenuar as diferenças entre espécies e/ou procedências, resultando em padrões fenotípicos semelhantes no campo.

No que se refere à variabilidade experimental, os coeficientes de variação obtidos (10% para forma do tronco e 8% para bifurcação) encontram-se dentro dos intervalos considerados baixos a moderados para ensaios florestais com espécies do género *Pinus*, estando em concordância com valores reportados na literatura científica para características silviculturais. Estudos indicam que variáveis relacionadas à qualidade da madeira e características morfológicas tendem a apresentar menores coeficientes de variação quando comparadas às variáveis de crescimento, reflectindo maior estabilidade fenotípica (MORA & ARRIAGADA, 2016). Adicionalmente, análises de variabilidade em espécies florestais demonstram que coeficientes de variação situados entre aproximadamente 9% e 20% são comuns para características funcionais e estruturais, sendo considerados indicadores de precisão experimental adequada em ensaios de campo (STURION, 2003). Assim, os valores observados no presente estudo confirmam a consistência dos dados obtidos e a boa qualidade experimental do ensaio.

Em ensaios com espécies florestais, coeficientes de variação na faixa de 9% a 20% são comumente aceites como indicadores de precisão experimental adequada, sendo valores superiores a 20% considerados elevados e valores inferiores a 10% indicativos de excelente precisão (STURION, 2003).

4.3 Recomendação de espécies e/ou procedências que melhor se adaptaram em Penhalonga

Como evidenciado no objectivo dois (ii), a análise de variância não detectou diferenças significativas entre espécies e/ou procedências para as características forma do tronco e bifurcação, evidenciando que todas apresentaram bom desempenho quanto à rectidão do fuste e tendência à bifurcação. Esse resultado indica que todos os materiais genéticos avaliados apresentaram comportamento semelhante, evidenciando bom desempenho quanto à rectidão do fuste e baixa tendência à bifurcação.

Os resultados obtidos encontram suporte na literatura. Estudos conduzidos por MALAN (1995) e DONALD & MORRIS (2017) confirmam o bom desempenho de *Pinus elliottii* e *Pinus patula* no que se refere à forma do tronco e à conformação do fuste, sendo estas espécies frequentemente recomendadas em programas de reflorestamento. De forma semelhante, investigações realizadas por SHIMIZU *et al.* (2015) e RESENDE *et al.* (2018) destacam a elevada capacidade de adaptação de *Pinus kesiya* e *Pinus patula*, corroborando os resultados observados no presente estudo.

Adicionalmente, diversos estudos salientam que a recomendação de espécies e procedências do género *Pinus* deve considerar não apenas características morfológicas, mas também a interacção entre factores genéticos e ambientais, incluindo variáveis como altitude, precipitação e tipo de solo. A importância dessa avaliação conjunta é evidenciada por estudos da interacção genótipo x ambiente, que demonstram seu impacto na forma do fuste e na sobrevivência (MORAIS *et al.*, 2010). Em geral, os pinheiros tropicais e subtropicais são reconhecidos pela sua ampla adaptabilidade e bom desempenho em diferentes condições edafo-climáticas, conforme salientado por AGUILAR *et al.* (2011) e pela CAMCORE (2012), e é essa plasticidade ecológica que torna essas espécies altamente recomendáveis para programas de reflorestamento e produção de madeira em regiões tropicais e subtropicais.

Dessa forma, considerando o desempenho semelhante observado neste estudo, todas as espécies e/ou procedências avaliadas podem ser recomendadas para plantações comerciais e programas de melhoramento genético. No entanto, a escolha final do material genético deve considerar critérios complementares, tais como crescimento volumétrico, resistência a pragas e doenças e qualidade tecnológica da madeira (SANTOS *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2011). Estudos evidenciam que características de crescimento, como diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e volume, são

parâmetros essenciais para a identificação de matrizes com potencial produtivo (SANTOS *et al.*, 2018).

Por outro lado, é importante destacar que a introdução de espécies do género *Pinus* deve ser realizada com base em planeamento criterioso, considerando possíveis impactos ecológicos e a necessidade de manejo sustentável. Estudos demonstram que a disseminação não controlada de *Pinus* spp. pode levar à contaminação biológica de ecossistemas nativos, exigindo estratégias de manejo para minimizar a invasão da vegetação original (ZANCHETTA & DINIZ, 2006). Nesse contexto, a elaboração e implementação de planos de prevenção, aliadas a um manejo sustentável, são fundamentais para reduzir os impactos ambientais e assegurar a viabilidade da actividade silvicultural (SEMA, 2017).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, relativo à avaliação de pinheiros tropicais e subtropicais estabelecidos em Machipanda (Penhalonga), aos 38 anos de idade, conclui-se o seguinte:

- ✓ Todas as espécies e/ou procedências avaliadas apresentaram médias relativamente elevadas para forma do tronco e bifurcação, reflectindo boa qualidade do material testado.
- ✓ O teste de análise de variâncias não detectou diferenças significativas entre espécies e/ou procedências de pinheiros tropicais, em termos médios, sugerindo um comportamento homogêneo na forma do tronco e na bifurcação.
- ✓ Todas as espécies e/ou procedências são igualmente recomendáveis para plantações comerciais e melhoramento genético florestal.
- ✓ O coeficiente de variação para as espécies e/ou procedências foi de 10% para a característica forma do tronco e 8% para a bifurcação, considerados médio e baixo respectivamente.

5.2 Recomendações

- ✓ Recomenda-se o estabelecimento de novos povoamentos florestais com espécies e/ou procedências de pinheiros tropicais e subtropicais avaliadas no presente estudo, tendo em consideração o desempenho satisfatório observado nas características silviculturais analisadas, as quais indicam elevado potencial para a produção de madeira de boa qualidade.
- ✓ No âmbito do melhoramento genético florestal, sugere-se a continuidade e expansão dos ensaios de espécies e procedências, bem como a selecção de árvores superiores (matriz) com base nas características avaliadas, visando o estabelecimento de pomares de sementes e programas de melhoramento que permitam ganhos genéticos sustentáveis em produtividade e qualidade da madeira.
- ✓ Recomenda-se a realização de estudos complementares focados na avaliação das propriedades físico-mecânicas da madeira, de forma a determinar o seu potencial tecnológico e adequação para diferentes usos industriais, contribuindo para a valorização económica dos povoamentos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. V., SOUSA, V. A., SHIMIZU, J. Y., (2014). Cultivo de Pínus. Versão Eletrônica, 2ª ed. Colombo: Embrapa Florestas, (Embrapa Florestas. Sistema de Produção), pp 2 – 10.

AKAY, A. E., SERIN, H., & PAK, M. (2015). How stem defects affect the capability of optimum bucking method? Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 65:38-45.

ALMEIDA, A. E. A., FIER, I. S. N., PUCCI, J. A. de L. (2003) Potencial de crescimento de clones de *Pinus spp.*, na região de Telêmaco Borba. Klabin S. A. PR.

ALVES, L. C., & PINHEIRO, R. A. (2017). Avaliação da bifurcação em progênies de *Pinus caribaea var. bahamensis* aos seis anos de idade. In Anais do Simpósio de Melhoramento Florestal. Piracicaba: IPEF, pp. 112-118.

BARNES, R. D., & MULLIN, L. J. (1978). *Pinus patula* in Zimbabwe. Commonwealth Forestry Review 57:191–200.

BILA, A. D. (2018). Cadeia de valor da madeira derivada de plantações florestais. CEAGRE /UEM, Maputo – Moçambique.

BREDEMEIER, M., BUSCOT, F., FLECK, S., GRAMS, T. E. E., SCHULZE, E.-D., & RAMMIG, A. (2015). Fast growing plantations for wood production: Integration of ecological effects and economic perspectives. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 3:72.

CAMCORE. (2012). Annual Report. North Carolina State University, Raleigh.

CARVALHO, A. M., FREITAS, M. L. M., & SOUZA, V. (2020). Qualidade do fuste em espécies florestais: importância e critérios de avaliação. Revista Árvore, 44(2).

CARVALHO, P. E. R. (2018). Espécies de *pinus*: Silvicultura e manejo, (3a ed.), Brasília: Embrapa.

CHANDAMELA, M. (2021). Cobertura florestal em Moçambique. Observador Rural N° 117, Maputo – Moçambique.

CRUZ, C. D. e REGAZZI, A. J. (1994). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV.

DONALD, D. G. M., & MORRIS, A. R. (2017). Silviculture of pines in South Africa: Management of plantations for sawtimber. Southern Forests: A Journal of Forest Science 79:169–180.

DVORAK, W. S., HODGE, G. R., GUTIÉRREZ, E. A., OSORIO, L. F., MALAN, F. S., & STANGER, T. K. (2000). Conservation and testing of tropical and subtropical forest tree species by CAMCORE. North Carolina State University.

EMBRAPA. (2008). Os ensaios de espécies e procedências representam uma fase experimental inicial imprescindível à pesquisa florestal. In J. E. Pinto Júnior & C. A. Ferreira (Eds.), *A Pesquisa Florestal na Embrapa 1978-1993* (Doc. 171, p. 17). Embrapa Florestas.

EMBRAPA. (2012). Critérios para avaliação da forma do fuste em espécies florestais. Comunicado Técnico, 345:1-6.

EVANS, J., & TURNBULL, J. W. (2004). Plantation forestry in the tropics. (3rd ed.). Oxford University Press.

FARJON, A. (2010). A handbook of the world's conifers. Brill.

FERREIRA, M., & MELO, M. S. (2016). Manejo de *pinus* para madeira serrada de qualidade. Curitiba: UFPR – Departamento de Ciências Florestais.

FERREIRA, M., ARAUJO, A. J. (1981). Procedimentos e recomendações para testes de procedência. Curitiba, EMBRAPA/URPF, Documentos 06.

FERREIRA, P. V. (2011). Delineamento em blocos casualizados. CECA-UFAL.

FOELKEL, C. (2009). *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*: crescimento, madeira e utilização. *Eucalyptus* Online Book & Newsletter. Recuperado de <http://www.eucalyptus.com.br>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1985). Seed leaflet: *Pinus caribaea*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1987). Fast-growing plantations for industrial wood production. FAO Forestry Paper.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). Global forest resources assessment 2000. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). Global forest resources assessment 2020. FAO.

FREITAS, M. L. M., ZANATTO, A. C. S., MORAIS, E., LEMOS, S. V., FERNANDES, A. C., SEBBENN, A. M. (2005). Teste de procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 32 anos de idade em Bebedouro – SP. Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 17, pp 17-23.

FRIGOTTO, T., NAVROSKI, M. C., AGUIAR, N. S., FELIPPE, D., BORSOI, G. A., PEREIRA, M. O., & LOVATEL, Q. C. (2020). Desempenho de espécies e procedências de *Eucalyptus* no Planalto Norte Catarinense, Brasil. Scientia Forestalis 48:3273.

GOMES, J. M., & SILVA, E. A. (2015). Características silviculturais e qualidade da madeira de *Pinus taeda* em diferentes regiões do Sul do Brasil. Revista Árvore, 39:727-736.

GWAZE, D. P., *et al.* (2010). Performance of *Pinus patula* provenances in Zimbabwe. Southern Forests 72:151–157.

Instituto Nacional de Estatística. (2024). Estatísticas do Distrito de Manica, 2019-2023. INE. https://www.ine.gov.mz/documents/20119/270713/Manica_Junho2024.pdf.

KAGEYAMA, P. Y., VENCovsky, R., FERREIRA, M., & NICOLIELO, N. (1977). Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de Agudos - SP. IPEF, 14:77-120.

KANZLER, A., MALIMBWI, R. E., & MUGASHA, W. A. (2022). Genetic variation and growth performance of tropical pines in Southern Africa. Southern Forests: A Journal of Forest Science 84:1–12.

- KOSKELA, J., VINCETI, B., DVORAK, W., BUSH, D., DAWSON, I. K., LOO, J., KJAER, E. D., NAVARRO, C., PADOLINA, C., BORDACS, S., JAMNADASS, R., GRAUDAL, L., & LACERDA, L. C. (2012). Efeito da idade na estimativa da relação hipsométrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *pinus oocarpa*. Monografia, Jerônimo Monteiro: Espírito Santo, pp 16.
- LI, Y., SUONTAMA, M., BURDON, R. D., & DUNGEY, H. S. (2017). Genotype by environment interactions in forest tree breeding: Review of methodology and perspectives on research and application. Tree Genetics & Genomes, 13:60.
- LICUMBA, S. C. (2016). Comportamento de *Pinus patula* aos 11 anos de idade em diferentes gradientes altitudinais na província de Manica. Instituto Superior Politécnico de Manica (ISPM). Matsinho.
- LOUPPE, D., OTENG-AMOAKO, A. A., & BRINK, M. (Eds.). (2008). Plant resources of tropical Africa: Vol. 7. Timbers 1. PROTA Foundation.
- MAE. (2005). Perfil do Distrito de Manica. MAE/DNAL. Disponível em: <http://www.govnet.gov.mz/>.
- MALAN, F. S. (1995). Wood properties of South African grown pines: A review. South African Forestry Journal 173:1–16.
- MALENDE, Y. H., NHANTUMBO, N., & SITOE, A. (2018). Growth performance of exotic pines in Mozambique. Journal of Forestry Research, 29:1569–1580.
- MALIMBWI, R. E., ARNHOLD, M., MWANGU, I. (2000). Provenance variation in tropical pines in eastern Africa. Forest Ecology and Management, v 129, pp 39–47.
- MANDLATE, R. J.P. (2006). Crescimento de *Pinus caribaea* e *Pinus patula* Scheild & Deeppe aos 3 anos em Inhamacari. Tese de licenciatura. UEM/FAEF/UEM. Maputo.
- MENDONÇA, G. C., CHICHORRO, J. F., MENDONÇA, A. R. (2017). Avaliação silvicultural de dez espécies nativas da Mata Atlântica. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 27, n. 1, pp 278.

Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural (MTADR). (2016). Estratégia nacional de reflorestamento e florestas plantadas em Moçambique. Maputo, Moçambique.

MORA, F., & ARRIAGADA, O. (2016). A classification proposal for coefficients of variation in *Eucalyptus* experiments involving survival, growth and wood quality variables. *Bragantia*, 75:263–267.

MORAIS, E., ZANATTO, A. C. S., FREITAS, M. L. M., MORAES, M. L. T., & SEBBENN, A. M. (2010). Variação genética, interacção genótipo solo e ganhos na selecção em teste de progênes de *Corymbia citriodora* Hook em Luiz Antonio, São Paulo. *Scientia Forestalis*, 38:11-18.

MORI, E. S., & KAGEYAMA, P. Y. (2014). Herdabilidade da bifurcação e retidão do fuste em populações de *Pinus elliottii*. *Scientia Forestalis*, 42:221-229.

NHANTUMBO, N., *et al.* (2016). Adaptability and performance of *Pinus* species in Mozambique. *African Journal of Ecology* 54:321–330.

OLIVEIRA, A. C., SOUZA, R. M., & LIMA, J. T. (2020). Efeito da bifurcação na resistência mecânica da madeira de *Pinus oocarpa*. *Ciência Florestal*, 30:489-502.

ORTIZ, D. C. (2015). Efeito do plantio de *Pinus elliotti* para a fauna edáfica e para a germinação de sementes: estudos na floresta nacional de três barras. Curitiba: SC, pp 15.

Repartição de Planificação e Desenvolvimento Local do Governo do Distrito de Manica. (2025). Desafios, Oportunidades e Lições Aprendidas na Preparação das RLVs no Distrito e Município de Manica (Documento de apresentação). Nações Unidas, RPDLGDM <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2025-02/Session%204%20-%208%20Distrito%20e%20Município%20de%20Manica.pdf>.

RESENDE, M. D. V., *et al.* (2018). Genetic evaluation of tropical pines in Brazil. *Tree Genetics & Genomes*, 14:42.

RIBEIRO, F. A. (2019). Melhoramento genético para rectidão de fuste em *Pinus maximinoi*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba.

SANTOS, W. DOS, SILVA, M. S. C. DA, DENIZ, L. D., KIERAS, W. S., SHIMIZU, J. Y., SOUSA, V. A. DE, & AGUIAR, A. V. DE. (2018). Identificação de procedências e progênes de *Pinus maximinoi* com potencial produtivo para madeira. Embrapa.

SANTOS, W. L. (2021). Poda e desbaste como ferramentas de qualidade no cultivo de *Pinus*: uma revisão. Floresta e Ambiente, 28 e 20190012.

Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. (2017). Plano de prevenção e controle da invasão biológica do *Pinus spp.* no Litoral Médio. SEMA.

SHIMIZU, J. Y. (2008). *Pinus* na silvicultura brasileira. Colombo: Embrapa Floresta. 256 pp.

SHIMIZU, J. Y., *et al.* (2015). Growth and adaptability of *Pinus kesiya* and *Pinus patula* in Brazil. Pesquisa Florestal Brasileira 35:379–388.

SHIMIZU, J. Y., HIGA, A. R., & RESENDE, M. D. V. (2019). Melhoramento genético de *Pinus* no Brasil: avanços e perspectivas. Pesquisa Florestal Brasileira.

SHIMIZU, J. Y., RESENDE, M. D. V., & HIGA, A. R. (2015). Genetic evaluation of tropical *Pinus* species for growth and stem form. Scientia Forestalis 43:387–396.

SILVA, J. M. da, AGUIAR, A. V., MORI, E. S., & MORAES, M. L. T. de. (2011). Variação genética e ganho esperado na selecção de progênes de *Pinus caribaea* var. *caribaea* em Selvíria, MS. Scientia Forestalis, 39:241-252.

SITOE, A., GUEDES, B. (2018). Diagnóstico da componente de investigação florestal. Agenda estratégica 2018-2035/Programa nacional de florestes – Moçambique.

SOUZA, F. B., FREITAS, M. L. M., MORAES, M. L. T., VILAS BOAS, O., & SEBBENN, A. M. (2016). Seleção de espécies e procedências de *Pinus* para região de Assis, Estado de São Paulo. Scientia Forestalis, 44:675-682.

SOUZA, F. B., FREITAS, M. L. M., MORAES, M. L. T., VILAS BOAS, O., & SEBBENN, A. M. (2016). Seleção de espécies e procedências de *Pinus* para região de Assis, Estado de São Paulo. Scientia Forestalis, 44:675-682.

STURION, J. A. (2003). Coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com espécies florestais. Pesquisa Florestal Brasileira, 46:83-92.

TADESSE, W., & FONSECA, T. F. (2022). *Pinus patula* plantations in Africa: An overview of its silvicultural traits and use under sustainable development goals. In A. C. Gonçalves & T. F. Fonseca (Eds.), Conifers – Recent Advances. IntechOpen.

VAZ, C. L. T. A. (2013). Estabelecimento de área de produção de sementes de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* na região de Bandula província de Manica. Tese de Licenciatura. UEM/FAEF/DEF. Maputo.

WETELA, A. E. (2005). Comportamento de pinheiros tropicais e subtropicais em Penhalonga, aos 18 anos de idade. Tese de Licenciatura. UEM/FAEF/DEF. Maputo.

WHITE, T. L., ADAMS, W. T., & NEALE, D. B. (2007). Forest genetics. CABI Publishing.

WRIGHT, J. A., OSORIO, L. F., & SILVA, P. H. M. (2020). Tropical pine species and their potential for sustainable forestry. Forest Ecology and Management.

ZANCHETTA, D., & DINIZ, F. V. (2006). Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). Revista do Instituto Florestal, 18:1-14.

ZOBEL, B. J., & TALBERT, J. (1984). Applied forest tree improvement. Wiley.

7 ANEXOS

Anexo 1. Pontuação dos parâmetros qualitativos segundo KEIDING *ET al* (1986) citado por MARIANO (2005).

Classes de forma de tronco (FT)

1. Tronco curvo com mais de três curvas sérias. Refere-se a um fuste que apresenta múltiplas curvaturas acentuadas, mais de três inflexões significativas que afetam a rectidão da árvore. Esse tipo de tronco tem maior dificuldade para uso industrial.
2. Tronco curvo com uma a duas curvas sérias. Refere-se a um fuste que apresenta uma a duas curvaturas acentuadas ao longo do fuste, indicando moderada deformação e redução parcial da qualidade silvicultural.
3. Tronco ligeiramente curvo com muitas curvas suaves. Refere-se a um tronco ligeiramente curvo ao longo do fuste, com múltiplas curvaturas suaves que indicam leve irregularidade estrutural.
4. Tronco com poucas curvas suaves. Refere-se a um fuste que apresenta poucas curvaturas suaves ao longo do fuste, mantendo, em geral, boa continuidade estrutural. A deformação é ligeira e pouco frequente, não comprometendo significativamente a forma geral da árvore. Apresenta elevado potencial de aproveitamento industrial.
5. Tronco perfeitamente recto. Refere-se a um fuste com alinhamento longitudinal contínuo, sem presença de curvaturas ou deformações ao longo do fuste. Apresenta elevada uniformidade estrutural, associada ao máximo aproveitamento industrial da madeira.

Bifurcação e/ou Ramificação (B/R)

1. Tronco ramificado desde a base da árvore
2. Tronco ramificado a partir da metade da altura total da árvore
3. Tronco ramificado no terceiro quarto da altura total da árvore
4. Tronco ramificado no último quarto da altura total da árvore
5. Tronco com ramificação regular, perfeito

Anexos 2: Tabelas de resultados

Tratamentos	Forma do tronco			Total	Média
	I	II	III		
1	4.65	4.60	4.17	13.41	4.47
2	4.57	3.85	4.00	12.42	4.14
4	4.50	3.60	4.47	12.57	4.19
6	4.20	3.81	3.94	11.96	3.99
8	4.88	3.79	2.57	11.24	3.75
9	4.88	4.86	4.61	14.34	4.78
19	4.50	4.77	4.86	14.13	4.71
20	4.50	4.79	4.64	13.93	4.64
23	5.00	4.80	4.67	14.47	4.82
Total	41.67	38.86	37.93	118.46	4.39

Tratamentos	Bifurcação			Total	Média
	I	II	III		
1	4.60	4.40	4.11	13.11	4.37
2	4.43	4.08	3.75	12.26	4.09
4	3.92	3.73	4.33	11.98	3.99
6	4.13	4.25	3.76	12.15	4.05
8	4.69	4.00	3.29	11.97	3.99
9	4.40	4.43	4.22	13.05	4.35
19	4.25	4.54	4.64	13.43	4.48
20	4.29	4.36	4.29	12.93	4.31
23	4.53	4.00	4.67	13.20	4.40
Total	39.23	37.78	37.06	114.08	4.23

Anexos 3: Fórmulas usadas para o cálculo de análise de variância

Factor de correcção (FC)

$$FC = \frac{(\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij})^2}{N}$$

Soma dos quadrados totais (SQT)

$$SQT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - FC$$

Soma dos quadrados dos tratamentos (SQTrat)

$$SQTrat = \sum_{i=1}^t \left(\frac{t_i^2}{r_i} \right) - FC$$

Soma dos quadrados dos blocos (SQB)

$$SQB = \sum_{j=1}^r \left(\frac{r_j^2}{t} \right) - FC$$

Soma dos quadrados do erro (SQE)

$$SQE = SQT - SQTrat - SQB$$

Coeficiente de variação (CV)

$$CV = \frac{\sqrt{QME}}{\bar{Y}} * 100\%$$

Anexos 4: Tabelas de análise de variância (ANOVA)

ANOVA (Forma do tronco)					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	F. Calculado	F crítico
Blocos	2	0.815	0.408	2.00	3.68
Procedências	8	3.630	0.454	2.22	2.64
Erro	15	3.059	0.204		
Total	25	7.504			

ANOVA (Bifurcação)					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	F. Calculado	F. Tabelado
Blocos	2	0.414	0.207	1.72	3.68
Procedências	8	1.118	0.140	1.16	2.64
Erro	15	1.804	0.120		
Total	25	3.336			

Anexos 5: Ficha de campo

Ficha de Campo

Ficha nº _____

Bloco nº

Local de estudo _____

Parcela nº

Data ____ / ____ / 2024

Espécie

Registado por _____

Procedência

Árvores	Altura (m)	DAP (cm)	EC (cm)	Bif.	FT	ES	Floração	Frutificação	Observação
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

Legenda:

- ✓ Altura total: A distância que vai da base do fuste ao topo do ramo mais alto em metros.
- ✓ DAP – Diâmetro à altura do peito em centímetros.
- ✓ FT – Forma do tronco.
- ✓ EC – espessura da casca em centímetros.
- ✓ Bif. – Espessura da casca.
- ✓ ES – Estado Sanitário.

Observações incluem: Queimadas, actividade de exploração, entre outras situações adversas.