



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**WILIAN CANCELIER ZANELA**

**PLANTIO DE MADEIRA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL ENFOQUE NA CULTURA  
DO PINUS**

Tubarão

2021

WILIAN CANCELIER ZANELA

**PLANTIO DE MADEIRA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL ENFOQUE NA CULTURA  
DO PINUS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Agronomia da  
Universidade do Sul de Santa Catarina  
como requisito parcial à obtenção do título  
de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Eng. Agr., Dr., Jasper José Zanco

Tubarão  
2021

WILIAN CANCELIER ZANELA

**PLANTIO DE MADEIRA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL ENFOQUE NA CULTURA  
DO PINUS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo e aprovado em sua forma final pelo Curso de Agronomia da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão (SC), 15 de Dezembro de 2021.

---

Professor e orientador, Eng. Agr., Dr. Jasper José Zanco  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Julio César de Oliveira Nunes  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Daniel Bittencourt  
Universidade do Sul de Santa Catarina

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela força para chegar até aqui, aos meus familiares, meus colegas de curso, que assim como eu, encerram uma difícil etapa da vida acadêmica. Também para aqueles que acreditaram que um dia eu conseguiria alcançar esse sonho de me formar na universidade, e também para aqueles que não acreditavam, pois por causa deles ganhei mais força e determinação conseguindo mostrar para eles e para mim mesmo que eu sou capaz de alcançar todos os meus sonhos e objetivos. **Não foi fácil, mas chegamos até aqui!**

## RESUMO

As características da madeira a tornou utilizável por vários povos para construir abrigos e casas ao longo da história da humanidade. Porém, seu uso nem sempre passou por um processo linear de evolução tecnológica. A madeira de Pinus é utilizada exclusivamente na indústria moveleira e em menor volume na construção civil. Recentemente, a madeira serrada de Pinus destinada à exportação tem aumentado, principalmente em relação a madeira de melhor qualidade. A madeira serrada usada para embalagens e placas de madeira é produzida a partir de matérias-primas de qualidade inferior ou processos com menos investimento em tecnologia. O objetivo central desse trabalho foi realizar uma revisão de literatura acerca do uso e plantio de madeira de Pinus para construção civil. O método adotado para o desenvolvimento deste estudo foi uma pesquisa bibliográfica. O procedimento para a coleta de dados se baseou na busca de bancos digitais, os quais disponibilizam estudo empíricos e de revisão de literatura sobre o tema abordado. Do ponto de vista do cultivo, para as mesmas espécies, a escolha do espaçamento de plantio inicial afetará o número de tratamentos para o cultivo, taxa de crescimento, quantidade de madeira produzida, espécies, taxa de mortalidade e vantagens, tratamento e colheita, e produção custos.

**Palavras-chaves:** Plantio florestal. Construção. Indústria madeireira.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Plantio florestal de <i>Pinus taeda</i> com manejo silvicultural.....	18
Figura 2 – Colheita florestal de madeira de <i>Eucalyptus saligna</i> .....	21

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>5</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
2.1 GERAL .....	10
2.2 ESPECÍFICOS.....	10
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
4.1 A UTILIZAÇÃO DA MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO.....	12
4.2 A MADEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS E SEU USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	14
4.3 PLANTIO FLORESTAL (MANEJO SILVICULTURAL) .....	17
<b>4.3.1 Colheita e transporte.....</b>	<b>20</b>
<b>4.3.2 Plantio de Pinus.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3.2.1 Avaliações de plantio.....</b>	<b>28</b>
<b>4.3.2.2 Densidade de Plantio .....</b>	<b>29</b>
4.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA MADEIRA DE PINUS PARA ESTRATÉGIAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	33
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As características da madeira a tornou utilizável por vários povos para construir abrigos e casas ao longo da história da humanidade. Porém, seu uso nem sempre passou por um processo linear de evolução tecnológica. Com o avanço da tecnologia de uso da madeira, ela se tornou uma matéria-prima multifuncional que pode ser utilizada como base para um grande número de produtos, tais como: celulose, papel, energia, tanino, resina, açúcar, madeira, partículas e flocos (ARAUJO et al., 2017).

Paralelamente a este processo de evolução, principalmente na construção civil, ao longo do tempo, a falta de compreensão das características da madeira e a persistência de métodos construtivos desatualizados têm feito com que o desempenho desta seja insatisfatório em relação a outros materiais que a possam substituir. Porém, nenhum desses materiais utilizados na construção civil apresenta um impacto tão baixo ao meio ambiente quanto a madeira (HIGA; MORA; HIGA, 2020).

Embora muitas pessoas valorizem a madeira apenas por ser um material de baixo custo e dar-lhe características de uso temporário, ela é utilizada na construção civil para receber outros materiais desde a instalação dos canteiros de obras até a construção de andaimes, suportes e fôrmas. Até mesmo usos finais, como estruturas de telhado, tetos, pisos, caixilhos de janelas, divisórias e revestimentos decorativos para o ambiente (PINHEIRO; LAHR, 2018).

Com o aumento massivo da população, o consumo de madeira aumentou acentuadamente, o que tem um forte impacto sobre os estoques locais de madeira, principalmente de florestas tropicais. Hoje, esses recursos tornaram-se escassos e incapazes de atender à demanda. Diante dessa demanda, a grande característica da madeira se fortaleceu: é um material renovável. Posteriormente, as pessoas começaram a se interessar em usar espécies de árvores de rápido crescimento como fonte de matéria-prima para a obtenção de produtos sólidos de madeira. As plantações florestais foram originalmente usadas para atender a certas demandas de madeira e agora estão se tornando cada vez mais a principal fonte de suprimento de madeira para diversos fins (STUMPP et al., 2016).

Como um setor produtivo com um impacto significativo sobre o meio ambiente, a construção civil não deve apenas estar atenta ao consumo de recursos do próprio edifício, mas também à sua contribuição para as emissões de poluentes, consumo de

energia, poluição global, aquecimento, chuva ácida e gases tóxicos, além do consumo de água e geração de resíduos (KRAMBECK et al., 2016).

Em todos esses aspectos, as florestas que fornecem madeira como material de construção não só ajudam a isolar o dióxido de carbono da atmosfera, como também apresentam um balanço ambiental altamente positivo. O desenvolvimento da tecnologia de produção de madeira para plantio ainda requer os esforços de vários departamentos de pesquisa, com foco em questões que vão desde a seleção das espécies mais adequadas até técnicas de melhoramento genético, exploração e técnicas de processamento adequadas e secagem adequada (GANDINI, 2016).

Dessa forma, o potencial do pinus pode ser plenamente aproveitado para reduzir perdas ou resíduos no processo produtivo, atendendo à demanda do mercado por madeira de alta qualidade e reduzindo a pressão sobre as florestas nativas, principalmente as amazônicas. Baixo nível de conhecimento técnico utilizado, equipamentos desatualizados ou inadequados para a produção de madeira serrada e pouco conhecimento de novos produtos de madeira podem levar a um declínio na competitividade da madeira de plantio em comparação com outros materiais para a construção civil, e ao mesmo tempo é possível inferir que este material é de baixa sustentabilidade e caracterizá-lo como um impacto negativo ao meio ambiente (STUMPP et al., 2016).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Realizar uma revisão de literatura acerca do uso e plantio de madeira para construção civil.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Levantar os principais pontos a ser levados em consideração na hora do uso e plantio de madeira para construção civil;
- Caracterizar as principais espécies de Pinus cultivadas para madeira usada na construção civil;
- Apresentar os principais impasses na hora do uso e plantio de madeira para uso na construção civil.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado para o desenvolvimento deste estudo foi uma pesquisa bibliográfica. O procedimento para a coleta de dados foi a busca em banco de dados digitais, os quais disponibilizam estudo empíricos e de revisão de literatura sobre o tema abordado no presente estudo.

Os procedimentos adotados foram a seleção e leitura de artigos, monografias, teses, dissertações e livros que discutem a relação entre ensino e literatura do tema. Nesta seleção foram incluídos estudo que se apresentam de forma integral em domínio público.

Para o desenvolvimento deste estudo foi adotado o método descritivo, com abordagem qualitativa. Para Segundo Gil (1999) a pesquisa descritiva tem por objetivo descrever características de um fenômeno e adotam uma técnica padronizada para coletar dados.

Triviños (2017) afirma que a descrição qualitativa busca captar a aparência do fenômeno e sua essência. Busca também explicar a origem, relações e mudanças e tenta intuir suas consequências.

Para Lakatos e Marconi (2007) este tipo de pesquisa é definido como o levantamento, seleção e documentação da bibliografia que já foi publicada sobre o tema e possibilita que o pesquisador entre em contato com estes materiais e aprofunde os conhecimentos sobre o assunto.

A busca foi realizada em bases de dados como Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e Google Acadêmico em que foram encontrados: monografias, dissertações, artigos científicos. Os critérios de inclusão dos estudos para o levantamento bibliográfico serão textos completos, na língua portuguesa e inglesa, com acesso livre e gratuito nas bases de dados acima citadas. Os critérios de exclusão foram estudos que não atendam os objetivos do estudo.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 A UTILIZAÇÃO DA MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

O Brasil é um país onde as construções feitas de alvenaria são predominantes. Entre outros fatores, isso se deve à colonização de Portugal, que trouxe para o país a tecnologia da construção com tijolos (CÉSAR et al., 2018). Embora a maioria dos estados tenha sido colonizado por Portugal e Espanha, também houve contribuições de imigrantes alemães e italianos que utilizaram extensivamente a madeira como material de construção. Em áreas marcadas por esses imigrantes, ainda é comum encontrar edifícios de madeira que eram amplamente utilizados na época porque outros materiais como tijolos e cimento eram difíceis de obter e caros, mesmo nos estágios iniciais de "desenvolvimento" (SOUZA; DEMENIGHI, 2017).

No entanto, escolher os materiais de construção certos é fundamental para a sustentabilidade de todo o sistema, de acordo com Yuba et al. (2018), estima-se que os edifícios consomem cerca de 40% da energia total, causam 30% das emissões de dióxido de carbono e geram cerca de 40% de todos os resíduos humanos. A este respeito, a madeira apresenta muitas vantagens em termos relativos.

Outro aspecto que distingue a madeira de outros materiais é a sua renovabilidade, que se reflete na crescente possibilidade de viabilidade técnica e econômica da produção contínua de florestas primárias (manejo florestal), e a moderna arborização utilizada nos plantios florestais tecnologia que podem alterar a qualidade de madeira. As matérias-primas são selecionadas de acordo com o uso final desejado (SOUZA et al., 2015).

Do ponto de vista do consumo de energia, a madeira apresenta um saldo positivo em relação a outros materiais de construção (ZENID, 2019). Por ser um material renovável de baixo consumo energético, a madeira não se restringe a outros materiais, sua disponibilidade depende de sua extração ou produção, e seu signo é a limitação de reservas ou a existência de energia para sua obtenção. Do ponto de vista da utilização como material de construção, tem a vantagem de ser mais fácil de produzir do que o concreto ou o aço.

Portanto, os requisitos para investimento industrial e controle de poluentes são menores, e os requisitos de qualificação para a mão de obra empregada são inferiores. Como material de construção, o peso da madeira é de apenas 1/3 do

concreto e 1/8 do aço em termos de uso estrutural. Portanto, para certas estruturas de grande vão, a madeira é inevitavelmente considerada uma solução natural, e a maior parte do esforço se deve ao seu próprio peso. Da mesma forma, devido à redução do peso específico da madeira, estruturas pré-fabricadas podem ser utilizadas substituindo concreto e aço (FUSCO, 2019).

A madeira é um material amplamente utilizado na construção. Em comparação com outros materiais, como plástico, cimento e metal, apresenta uma série de vantagens. Essas vantagens se devem ao fato de que a madeira geralmente tem maior resistência mecânica em relação ao seu peso, fácil processamento, bom isolamento térmico e versatilidade de uso, podendo ser serrada, laminada, cortada em partículas, quebrada em fibras e ativos renováveis (FREITAS et al., 2018).

O uso da madeira para construção pode economizar energia em duas etapas: uma é a formação da matéria-prima pela absorção da energia solar (fotossíntese), e a outra é o consumo de energia relacionado ao consumo de energia para o processamento e montagem de edifícios, devido ao uso de seus resíduos como possibilidades de energia térmica (BARBOSA; INO, 2016).

Existem muitas formas de utilizar a madeira na construção civil. Em um sentido mais amplo, eles podem ser classificados como de grande escala ou industrializados. Em uma classificação mais precisa, podem ser classificados em: toras, tabuas, serragem, laminação, colagem e reestruturação. Pfeil (2016) classificou a madeira utilizada na construção civil como:

- Grosso ou cheio, usado na forma de troncos de árvores, usado como estacas, suportes, pilares, pilares, etc.;
- Falquejada, cujo lado é aparado com machado para formar bloco, seção quadrada ou retangular, utilizado para estacas, cortinas de pregos, pontes, etc.;
- Madeira serrada, como o produto de madeira estrutural mais comum. Os troncos das árvores são cortados em tamanhos padrão comerciais na serraria e, em seguida, passam por um período de secagem;
- Laminado e colado, é o produto de madeira estrutural mais importante nos países industrializados. A madeira selecionada é colada por pressão para formar uma viga, geralmente uma seção transversal retangular;

- O compensado, que é feito por colagem de chapas finas, tem direções alternadas e ortogonais das fibras e é amplamente utilizado para painéis fechados.

Quanto à viabilidade econômico-financeira, quanto mais madeira industrializada for utilizada para a produção de bens de consumo, maior será o valor que ela agrega à empresa e ao país. Quanto à viabilidade social, observa-se que a cadeia de processamento da madeira para a produção de produtos específicos (floresta-serraria-componentes-móveis) pode gerar 25 empregos por 1.000 metros cúbicos, enquanto apenas 5 empregos são criados na floresta (CÉSAR et al., 2018).

Ainda há muito a ser desenvolvido na construção civil brasileira em termos de padronização de componentes para se obter uma construção mais rápida, execução mais barata e menor desperdício de materiais e tempo. Ainda hoje, mesmo em edifícios estruturados em madeira, esse desempenho de construção pobre é comum em canteiros de obras. A padronização pode até promover outras melhorias no uso de materiais e melhorar a interação com a mão de obra e toda a cadeia produtiva (CÉSAR et al., 2018).

Segundo Cantareli (2019), considerando uma unidade de alvenaria de 50 m<sup>2</sup>, a quantidade média de madeira utilizada permanentemente na construção civil é de 3,8 m<sup>3</sup>, sendo 3,4 m<sup>3</sup> madeira serrada e 0,4 m<sup>3</sup> para uso indeterminado. Isso equivale a aproximadamente 10 árvores por unidade de 50 m<sup>2</sup>. A construção civil também utiliza madeira para fins não permanentes, como escoras, andaimes, cofragens, revestimentos, etc. A demanda potencial pela construção civil pode ser muito maior do que a da indústria moveleira.

#### 4.2 A MADEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS E SEU USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Como as madeiras de lei (nobres, próprias para construção civil, com propriedades de durabilidade e resistência) na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica podem ser escassas, devido à expansão dos limites agrícolas, desenvolvimento predatório e falta de planos de manejo sustentável, foram madeiras reflorestadas. O uso da madeira abriu um amplo mercado, como a madeira proveniente de plantações de pinus e eucalipto (MENDES et al., 2018).

Mendes e Albuquerque (2020) confirmam essa afirmação, apontando que a situação atual do setor florestal brasileiro indica uma resposta ao desenvolvimento predatório das florestas naturais, principalmente devido à expansão das fronteiras agrícolas, atividades de mineração e produção de carvão vegetal do Cerrado, principalmente no Centro-Oeste. A falta de uma política de monitoramento da exploração por meio de manejo sustentável também exacerbou essa situação.

Para atender a demanda do mercado de madeira serrada para construção civil, tendo em vista que as florestas primárias dessas regiões se esgotaram, a principal fonte de abastecimento são os remanescentes naturais localizados nas regiões Centro-Oeste e Norte. No entanto, considerando os altos custos de transporte e as recomendações de exploração do manejo florestal, é cada vez mais difícil obter matéria-prima dessas áreas. Uma importante fonte alternativa é a madeira proveniente de plantações nas regiões Sul e Sudeste (CALIL JÚNIOR, 2019).

Em 2020, apenas os estados do Sudeste e do Sul consumiam 70% da madeira colhida na Amazônia, o que nos leva a crer que mesmo em um país com pouca tradição na construção em madeira, o Brasil consome muita madeira. Por outro lado, César et al. (2018) apontam que as regiões Sudeste e Sul do Brasil são as áreas com as tecnologias mais avançadas para o uso de madeira na construção civil, especialmente o Sudeste. Seus parques industriais madeireiros são bastante importantes, e o foco é o uso de madeira para reflorestamento.

A utilização de madeira de plantações, especialmente espécies de eucalipto e pinus, está se tornando cada vez mais importante, embora ainda existam os problemas associados à aceitação dessas espécies no mercado consumidor nacional. A falta de compreensão das características dessas espécies, principalmente propriedades físicas e mecânicas ou conhecimentos relacionados ao comportamento de secagem, é um obstáculo que ainda precisa ser superado para que a madeira de plantio seja comercializada e exportada no mercado interno. Os aspectos negligenciados, como os relacionados ao processamento mecânico, podem causar problemas para a expansão e o aproveitamento ótimo da madeira (FAGUNDES, 2017).

Segundo Mota-Silva (2019), a utilização de espécies oriundas de plantações (ex. Pinus) limita-se aos usos mais nobres na construção civil, tais como: estruturas óbvias, tetos, pisos, recintos e esquadrias, e até mesmo em móveis e decoração indústria. Essa visão é o resultado de experimentos conduzidos em condições

adversas, seleção inadequada de espécies, falta de tratamentos especiais de florestamento, uso precoce de madeira e condições instáveis de corte, secagem e usinagem. Ao contrário, se você prestar um pouco de atenção, pode chegar a uma ampla gama de aplicações, das mais ásperas às mais brandas, o que tem vantagens sobre muitas madeiras obtidas em florestas virgens, e historicamente tem sido considerado suficiente (ARAÚJO et al., 2017).

Um fator que leva à baixa qualidade da madeira à disposição da grande maioria da população é que o mercado consumidor ainda apresenta baixa demanda dos produtos fornecidos pela indústria nacional da construção civil. Mesmo com muitos novos produtos concorrentes (como aço, alumínio e PVC), a madeira economiza espaço. Nos países industrializados, esse uso é mais popular devido às suas características, como estética, alta resistência mecânica relacionada ao peso, facilidade de uso, baixa condutividade térmica, conforto visual e tátil e outras características que o distinguem como um único material (HIGA; MORA; HIGA, 2020).

Considerando a economia do custo de plantio, prospecção e manejo sustentável dessas florestas, a utilização de madeira serrada de pinus e eucalipto na construção estrutural, uma vez comprovada sua viabilidade técnica e econômica, deve se tornar uma alternativa importante para manter o equilíbrio, juntamente com a proximidade de grandes centros consumidores, torna o custo final mais fácil de obter. O aproveitamento integral desses tipos de madeira também pode ajudar a reduzir a pressão sobre as florestas nativas do Brasil (PINHEIRO; LAHR, 2018).

Em comparação com a madeira virgem, outra vantagem do uso de madeira reflorestada é que o plantio auxilia no controle do efeito estufa causado pela queima de combustíveis fósseis. Considerando a composição química média da madeira (50% celulose, 25% lignina e 25% hemicelulose), cada tonelada de madeira representa a remoção (por absorção) de 1,8 tonelada de dióxido de carbono e substitua 1,3 toneladas de oxigênio (consumo de dióxido de carbono e liberação de oxigênio) (STUMPP et al., 2016).

Essa vantagem da madeira de plantio atende ao atual aumento do consumo de energia, principalmente o consumo de energia proveniente de recursos não renováveis e impactos ambientais negativos, bem como a possibilidade de colapso do abastecimento. Isso significa que ao decidir como produzir edifícios civis, a energia embutida e seu impacto sobre o meio ambiente devem ser considerados. Nesse sentido, Barbosa e Ino (2016) apontam que o Código Alemão enfatiza a importância

dos arquitetos e engenheiros considerando diversos fatores que afetam o consumo de energia das edificações e classifica a madeira como um dos materiais construtivos que servem ativamente à edificação.

#### 4.3 PLANTIO FLORESTAL (MANEJO SILVICULTURAL)

Segundo Silva (2018), em geral, o tratamento de arborização pode ser utilizado para melhorar, modificar, controlar e minimizar os fatores que afetam a qualidade da madeira por meio do melhoramento genético. Vale ressaltar que, por exemplo, os métodos de tratamento da arborização mais utilizados para as lavouras de eucalipto brasileiras visam alterar a qualidade da madeira: espaçamento, fertilização, controle de pragas e plantas invasoras, desbaste e poda ou poda.

O plantio florestal envolve a localização da plantação, e a qualidade do solo afeta o nível de produtividade das árvores, afetando a produção de madeira. Também está relacionado a sementes (material genético utilizado e mudas), espaçamento de árvores, proteção contra formigas e fogo, sistema de desbaste (quanto, quando e quais árvores são cortadas para obter as melhores toras), poda (retirada de galhos) (KRAMBECK et al., 2016).

Todas essas etapas relacionadas ao plantio podem ser chamadas de manejo do florestamento. Segundo Ahrens (2016), o manejo florestal é o processo de tomada de decisões sobre a composição, estrutura e localização dos recursos florestais, enquanto o manejo florestal envolve a teoria e a prática do estabelecimento, composição e crescimento das florestas, com o objetivo de atingir o manejo predefinido metas. Essa etapa completa o ciclo do processo de produção da madeira, que por fim é cortada e transportada corretamente para a serraria (Figura 1).

Figura 1 – Plantio florestal de *Pinus taeda* com manejo silvicultural



Fonte: Gandini, (2016).

Segundo Ortolan (2019), tanto o pinus quanto o eucalipto respondem bem ao manejo intensivo. Esse manejo vai além dos requisitos que as relações genéticas (determinantes da forma, conteúdo da casca, densidade, cor, crescimento etc.) passam para outros fatores que determinam a qualidade dos produtos florestais. Para o processo de industrialização da madeira, é necessário definir previamente as características da árvore e as principais características físicas e mecânicas da madeira da árvore. As principais características das árvores que afetam diretamente a produtividade das unidades industriais são determinadas como:

- Diâmetro;
- Retidão;
- Circularidade;
- Ausência de nós;
- Tensões internas de crescimento.

As principais propriedades físicas e mecânicas da madeira que afetam a qualidade do produto final a ser produzido são determinadas como:

- Resistência mecânica;
- Massa específica aparente;

- Estabilidade dimensional.

Uma vez que as propriedades e características exigidas da madeira são determinadas, o melhor processo de corte e processamento, secagem e processamento deve ser considerado (GANDINI, 2016).

A maior parte das florestas é dedicada à produção de madeira para os chamados "usos tradicionais" (celulose, papel, carvão, lenha e papel cartão). O aproveitamento da maior parte dessas florestas para outras aplicações de madeira, principalmente para a construção civil, pode estimular a formação de plantios florestais com múltiplos usos (PAIVA et al., 2018)

Segundo Silva (2018), para atender a essas necessidades, a primeira etapa envolve a seleção de espécies com planos de melhoramento para atender às características da arborização como crescimento, formato do tronco, regeneração e resistência a pragas e doenças. Na segunda fase, esses planos são consolidados e complementados para desenvolver algumas propriedades da madeira como densidade, tamanho da fibra, teor de casca e composição química.

Ao considerar o uso da madeira para uma finalidade mais nobre, é necessário incorporar os procedimentos de ordem de florestamento que têm sido usados na formação de florestas tradicionais em outros planos de manejo e manejo florestal complementares, como desbaste e poda de galhos (poda), além da avaliação e outros aspectos da madeira, como nível de estresse de crescimento (principalmente eucalipto), estabilidade dimensional, cor, presença de mudas, relação cerne e alburno, resistência mecânica, trabalhabilidade e seu comportamento em todas as etapas do processamento primário (desdobramento) (DALTON; COLODETTE, 2013).

Nos tempos modernos, as florestas têm um valor muito importante. Dessa forma, entender a silvicultura vai além do simples plantio de mudas. Cuida da floresta e a administra para garantir produtos (madeira, água pura, habitats silvestres ou paisagens agradáveis) e interferir em sua dinâmica natural sem comprometer as leis que regem esse bioma (SEITZ, 2020).

O manejo da arborização não se refere apenas ao estabelecimento de fazendas florestais de grande porte com características extensas e uso intensivo de recursos naturais, mas também se refere ao estabelecimento de florestas artificiais em pequenos terrenos rurais, sendo uma excelente possibilidade de uso do solo e de grande variedade. benefícios diretos e indiretos. Estes incluem a produção de madeira

para a terra, criando "economias verdes", melhor uso da terra, proteção do solo, nascentes e cursos de água, proteção de colheitas e gado contra o vento e uso de madeira para produção de madeira, aumentando o fornecimento regional de madeira (MEDEIROS; JURADO, 2013).

A tomada de decisões técnicas envolvendo o plantio é a base para que os fatores de produtividade da plantação respondam ativamente às dificuldades de implementação. Segundo Malinovski e Camargo (2020), solos de boa qualidade próximos a grandes centros de consumo de madeira não podem ser aproveitados para reflorestamento, há solos marginais com missões de florestamento e reflorestamento. Custos de plantio, manejo, manutenção da madeira, extração e transporte, aliados às operações e necessidade de mecanização deve melhorar os métodos de colheita e transporte, uso intensivo de produtos florestais e implantação de florestas mais produtivas para aumentar o rendimento de madeira por unidade de área, a partir de sementes ou propágulos melhorados geneticamente, relacionados à agricultura e fertilização, e suplementados por doenças e insetos-praga (GANDINI; BARATA, 2017).

A madeira de melhor qualidade é a madeira com menos defeitos. Estes defeitos incluem os defeitos inerentes à madeira e os defeitos produzidos durante a produção e processamento da madeira. A escolha do material genético correto e a adoção das técnicas florestais e de manejo corretas são a base para a obtenção de matéria-prima de madeira de alta qualidade (SILVA, 2018).

Além disso, são utilizados os procedimentos corretos de corte, transporte, desdobramento, secagem e processamento da madeira, o que a torna muito próxima da matéria-prima ideal para a produção de madeira serrada, seja na indústria moveleira, marcenaria ou construção. Como disse Tomaselli (2020), apenas plantar árvores da maneira mais eficaz e de crescimento mais rápido não é suficiente. Deve ser lembrado que o aumento da utilização de recursos terá um impacto mais rápido e significativo no fornecimento de madeira e na sustentabilidade dos recursos.

#### **4.3.1 Colheita e transporte**

A extração e o transporte da madeira nas plantações são considerados as principais atividades para determinar o custo das matérias-primas para as fábricas de processamento de produtos, representando em média 60% a 70% do custo da

madeira do pátio de armazenamento da empresa (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 2020).

A colheita inclui as etapas de corte de árvores, remoção de galhos, copa, viragem ou rastreio e descasque quando necessário. A próxima etapa é o transporte, que envolve a retirada das árvores da área de corte e o carregamento das toras no caminhão de transporte principal e daí para a indústria de processamento (AMPARADO, 2018).

Quanto mais manejo de florestamento, melhores serão as condições para o desmatamento (BUAINAIN et al., 2017). Portanto, aquelas árvores que não foram podadas têm muitos galhos e não foram desbastadas, resultando em mais árvores com curvatura, bifurcação do tronco e outros defeitos, o que não só reduz a qualidade das toras, mas também faz o corte e posterior remoção, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Colheita florestal de madeira de *Eucalyptus saligna*



Fonte: Buainain et al., (2017).

Segundo Malinovski e Malinovski (2020), o sistema de colheita florestal no Brasil é baseado nas condições locais, e cada sistema de colheita de madeira combina atividades manuais e mecânicas. Essas condições são baseadas principalmente no comprimento das toras a serem removidas da floresta. Portanto, pode-se dizer que o Brasil possui três sistemas de exploração madeireira em termos de matéria-prima florestal, a saber:

- Sistema Shortwood - todo o trabalho que complementa o corte é feito onde as árvores são derrubadas. O comprimento das toras produzidas varia de 1 metro a 6 metros, dependendo do índice de mecanização utilizado. O sistema tem como vantagens promover movimento na floresta e baixo ataque ao solo. A desvantagem é que galhos, folhas e tocos ficam espalhados pelo terreno (escolha áreas de corte de madeira ou espaços abertos), dificultando o carregamento posterior;
- Sistema de toras longas ou postes - a desramificação e a derrubada das árvores são feitas no local de corte. Operações complementares de extração (classificação das toras) e descasque final são realizadas ao longo das estradas ao redor dos campos. O sistema apresenta vantagens em relação aos terrenos acidentados, mas conta com equipamentos mecânicos para transportar as toras de acordo com o peso e o tamanho da madeira. Por outro lado, isso aumentará a eficiência mecânica dos equipamentos e reduzirá o custo por tonelada de madeira no pátio da empresa;
- Todo o sistema de árvore - usando este método alternativo significa remover a árvore do suporte como uma operação de corte posterior. O processamento completo é feito no local previamente selecionado, o que traz a vantagem de concentrar os restos das árvores em um único local para fácil coleta para uso futuro. Este sistema implica um alto grau de mecanização, o que pode causar compactação do solo e outros problemas ambientais.

A escolha do melhor sistema depende da análise de custo / benefício. As principais fontes de análise ponderadas de acordo com os objetivos e necessidades da empresa são:

- Condições climáticas;
- Produtividade;
- Eficiência;
- Disponibilidade mecânica;
- Custo por unidade volumétrica de madeira em atividades equivalentes;
- Assistência técnica;
- Disponibilidade de peças e manutenção;

- Impacto ambiental;
- Danos à floresta remanescente;
- Treinamento e segurança, etc.

Por outro lado, a extração de florestas de eucalipto merece destaque especial, principalmente aquelas que carecem de um manejo florestal mais preciso, pois podem ser mais bem aproveitadas para a madeira serrada. Embora não seja exclusivo do gênero *Eucalyptus*, existem algumas características que o diferenciam das demais madeiras. Essas características são de alto encolhimento, fácil de colapsar durante a secagem, principalmente devido ao estresse de crescimento (CARVALHO; CARVALHO, 2020).

Silva (2018) propôs algumas alternativas para minimizar o impacto da liberação repentina da tensão de crescimento equilibrada na árvore em pé por corte. Existem muitos tipos dessas técnicas de redução de estresse, mas nenhuma delas é completamente satisfatória.

#### **4.3.2 Plantio de Pinus**

O gênero *Pinus* é uma espécie arbórea de aproximadamente 90 espécies de Pinaceae, originada quase inteiramente no hemisfério norte e nativa da Europa, Ásia e América do Norte e Central. Apenas um (*Pinus merkusii*) estende sua distribuição ao sul do equador. A maior diversidade desse gênero ocorre no México e na Califórnia, e é claro que está passando por um intenso processo de especiação. Muitas espécies de árvores são plantadas e manejadas intensivamente para a produção comercial de madeira, especialmente em países como Nova Zelândia, Brasil, Colômbia, Chile, Argentina, Uruguai, África do Sul e Austrália no hemisfério sul (VALLE, 2018).

O *Pinus* é plantado no Brasil há mais de um século. Muitos deles foram trazidos por imigrantes europeus para fins decorativos e produção de madeira. Em 1880, foram plantados *Pinus* (*P. canariensis*) no Rio Grande do Sul e, em 1906, várias espécies no Estado de São Paulo passaram a fazer parte dos ensaios de campo (OLIVEIRA; VALE; MELO, 2016).

Em 1948, por meio do Departamento Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas espécies de árvores americanas denominadas "*Pinus ponderosa*", incluindo pinheiro-bravo, *P. elliotii* e *P. taeda*. Dentre eles, os dois últimos se

destacam no sul e sudeste do Brasil pela facilidade de manejo cultural, rápido crescimento e reprodução intensiva. Desde então, outros foram introduzidos, não só dos Estados Unidos, mas também do México, América Central, Ilhas do Caribe e Ásia (MIRANDA; VALMIR; GOUVEIA, 2015).

O potencial das espécies de pinus como produtores de madeira para processamento industrial é a principal motivação para agências governamentais e empresas privadas para posteriormente introduzirem um grande número de espécies de diferentes fontes para experimentação. A partir da década de 1960, a sociedade brasileira passou a conviver mais intensamente entre as espécies desse gênero, quando *P. elliotii* e *P. taeda* foram plantadas em grandes áreas nas regiões sul e sudeste (HOMMA et al., 2018).

Portanto, para o grande público, a impressão é que os atributos do gênero se resumem nas qualidades e defeitos inerentes a essas duas espécies. Por exemplo, ambos são relativamente resistentes à geada e proporcionam alto rendimento de madeira nas seguintes áreas:

- 1) Para *P. taeda*, da região sul ao planalto do norte do Paraná;
- 2) Para *P. elliotii*, toda a região sul e parte da região sudeste, nas montanhas do sul dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

O gênero Pinus inclui espécies madeireiras com características diferenciadas e grande valor comercial. No subgênero Haploxyylon, existem algumas espécies que produzem madeira de baixa densidade, que é considerada "fibra longa" para acabamento, marcenaria e artesanato (como *P. chiapensis*); no subgênero Diploxyylon, existem produtores de "madeira dura". têm alto valor de aplicação em estrutura, móveis, papelão, embalagens, celulose e papel. Este grupo inclui outras espécies que foram cultivadas com sucesso para fins comerciais no Brasil. Além disso, alguns deles, como *P. elliotii* var. A quantidade de resina produzida e outras plantas pode ser utilizada para desenvolvimento comercial (REIS et al., 2017).

Considerando que existem grandes diferenças no seu desenvolvimento, hábitos de crescimento, qualidade da madeira, resistência ou tolerância a climas extremos, condições de chuva e muitos outros aspectos dos requisitos ecológicos, todos os quais requerem uma análise cuidadosa na seleção de espécies para plantações comerciais (ALMEIDA et al., 2013).

Por exemplo, no manejo de povoamentos de *P. greggii* ou *P. patula*, algumas atividades (como poda) são essenciais para produzir o maior valor possível de madeira (sem nós) para o mercado. É importante que essa operação seja programada para os períodos mais frios e secos do ano para evitar o ataque de fungos (como os fungos do gênero *Chlorella*), que podem danificar a madeira e causar a morte (SOUZA; DEMENIGHI, 2017).

Em espécies de coníferas como, a estrutura que forma as sementes é chamada de cones. Eles são equivalentes aos frutos em angiospermas e são características altamente variáveis que são comumente usadas para identificar espécies. Alguns como *P. kesiya* e *P. oocarpa* têm pequenos cones com comprimento de 3 cm a 5 cm, enquanto outros como *P. lambertiana* produzem cones com mais de 30 cm (SOUZA et al., 2015).

Quando amadurecem, as escamas de cones de várias espécies logo se dividem e liberam sementes. No entanto, na espécie denominada pinha fechada, as pinhas permanecem fechadas durante vários anos, mesmo depois de amadurecerem. Isso faz parte da estratégia de sobrevivência, geralmente em áreas semiáridas, após um longo período de seca, ocorrerão tempestades elétricas que costumam causar incêndios florestais antes da estação das chuvas. Portanto, o cone exposto ao fogo se abre imediatamente, liberando um grande número de sementes, que irão germinar e garantir a regeneração natural (FAGUNDES, 2017).

Antes de introduzi-los no uso comercial, é importante observar as chuvas na origem das espécies. Essa é uma das razões pelas quais os plantios comerciais na maior parte do Brasil não são viáveis, embora cresçam rapidamente em locais com condições ecológicas adequadas. Em seu local de origem (Califórnia, EUA) e em todos os locais onde a espécie é cultivada comercialmente (Nova Zelândia, Austrália do Sul, África do Sul, Chile), as chuvas ocorrem no período mais frio do ano (ARAUJO et al., 2017).

No plantio no Brasil, a estação chuvosa coincide com a estação quente. A combinação de alta umidade e temperatura pode causar estresse fisiológico, além de favorecer o crescimento de fungos patogênicos, levando à morte em poucos anos (HIGA; MORA; HIGA, 2020).

Introduzindo espécies florestais em um ambiente diferente de sua origem, dentro da mesma faixa de latitude ou dentro da faixa de latitude correspondente do outro hemisfério, quanto mais semelhante a altitude da área de plantio à altitude de

sua origem, maior a chance de adaptação. Por exemplo, *P. patula* aparece na latitude 24° norte no México, próximo à cidade de Victoria em Tamaulipas, à latitude 17° norte, nas montanhas de Papalos em Oaxaca, a uma altitude entre 1.500 m e 3.100 m (STUMPP et al., 2016).

O plantio dessa espécie em baixas altitudes no hemisfério sul geralmente resulta em árvores baixas e um grande número de galhos grossos. Além disso, distúrbios ambientais podem causar estresse, tornando-o extremamente vulnerável a vários patógenos e insetos foliares. Somente quando são estabelecidas a uma altitude de 1.000 m ou mais, podem desenvolver hastes retas de galhos e ter grande potencial para a produção de madeira de alta qualidade (KRAMBECK et al., 2016).

Para cada espécie, existe uma faixa ótima de temperatura, bem como as faixas de temperatura mínima e máxima que podem limitar seu crescimento. A temperatura ótima para espécies de clima temperado é 25 °C, e as temperaturas mínima e máxima são 4 °C e 41 °C, respectivamente; a faixa de temperatura ótima para espécies tropicais é de 30 °C a 35 °C, e os valores mínimo e máximo são 10 °C e 50 °C, respectivamente (GANDINI, 2016).

A ocorrência de geadas severas restringe espécies tropicais como o *P. caribenho* e *P. tekunumani*. Por outro lado, a ausência de altas e baixas temperaturas durante o dia e a noite limitará o desenvolvimento de espécies endêmicas nas regiões temperadas. Em *P. taeda*, o maior aumento foi observado em áreas onde a temperatura diurna atingiu 27 °C e a noturna atingiu 17 °C (PAIVA et al., 2018)

Mesmo a precipitação ao longo do ano ou a precipitação no verão com tendência a chover favorecem o crescimento de pinheiros no sul e sudeste dos Estados Unidos e de pinheiros tropicais na América Central e no Caribe. Por outro lado, espécies de clima mediterrâneo, como pinhas, pinhas, pinheiro amarelo, pinheiro silvestre, pinheiro radiata não encontram condições de crescimento saudáveis na maior parte do Brasil, pois precisam de um sistema onde o verão é seco e inverno é a estação das chuvas. Além da perda de crescimento causada pelo desequilíbrio climático, a alta umidade durante o período mais quente do ano é propícia à forte proliferação de patógenos (DALTON; COLODETTE, 2013).

Para entender a quantidade de água necessária para o crescimento satisfatório das espécies florestais, os primeiros sinais podem ser vistos na precipitação e nos principais tipos de solo em sua origem. A disponibilidade hídrica das plantas no solo não se dá apenas na forma de chuva e névoa de condensação pingando nas folhas,

mas também pela capacidade de retenção de água do solo. A capacidade de retenção de água em solos porosos ou de grãos grossos é menor do que em solos argilosos e argilosos (MEDEIROS; JURADO, 2013).

Por outro lado, muita umidade também é prejudicial. A maioria das espécies não tolera solo mal drenado. Portanto, ao selecionar as espécies de plantio, é necessário analisar todas as variáveis relacionadas à capacidade da água de entrar, reter e sair da rizosfera. Mesmo assim, os testes de campo são essenciais para garantir que as espécies introduzidas tenham maior probabilidade de sucesso (GANDINI; BARATA, 2017).

No conhecimento popular, as pessoas tendem a considerar o pinheiro uma espécie de árvore resistente, não importa onde seja plantado, pode crescer até mesmo em solo raso. Até certo ponto, isso é verdade, dentro dos limites de cada espécie. Além disso, deve-se ressaltar que, no estabelecimento de plantios em escala comercial, é necessário buscar a maior rentabilidade possível. É nesta área que se faz a diferença, pois não basta que as árvores sobrevivam e se construam. Para produzir o máximo de madeira por área plantada em um determinado período de tempo, a profundidade do solo é fundamental (AMPARADO, 2018).

Em solos com profundidade inferior a 1 m, geralmente ocorre uma perda de alto crescimento, o que leva a uma redução na quantidade de madeira produzida, prejudicando a rentabilidade da empresa. As espécies mais bem-sucedidas no Brasil são aquelas que se adaptam a solos levemente ácidos e a relação simbiótica entre suas raízes e os fungos micorrizos aumenta sua capacidade de utilizar fósforo e outros nutrientes, promovendo seu rápido crescimento (BUAINAIN et al., 2017).

Quando as informações técnicas sobre o desempenho das espécies florestais no ambiente exótico não estão disponíveis, o melhor guia a seguir na seleção de espécies e fontes é a analogia das características climáticas e do solo entre o local de origem e a área a ser plantada.

Porém, ao se buscar um maior grau de melhoria para maximizar a produtividade, é necessário estudar detalhadamente as principais variáveis ambientais introduzidas na origem das espécies e no local de plantio, principalmente fatores como temperatura mínima, falta ou excesso de água e a profundidade e as características químicas do solo. Essas informações são complementadas por dados experimentais que comprovam ou refutam o desempenho esperado das espécies em

diferentes locais de plantio, e ajudarão na definição segura das espécies e origens mais promissoras em cada situação ecológica (CARVALHO; CARVALHO, 2020).

A destinação de material genético adequado a cada ambiente é fundamental para o sucesso dos projetos florestais. Este desafio também se aplica à seleção de genótipos para cada tipo de locus, porque na maioria das espécies, ocorre um grande número de interações genótipo-ambiente. Se este aspecto não for considerado, corre-se o risco de desperdício de investimento, que será utilizado para desenvolver ou obter material genético melhorado (VALLE, 2018).

A produção de bons genótipos e a determinação da melhor forma de utilizá-los são problemas a serem resolvidos na implantação de programas de melhoramento genético, principalmente das espécies envolvidas, da área de cultivo e dos tipos de matérias-primas requeridas (OLIVEIRA; VALE; MELO, 2016).

Na maioria das plantações de pinus no Brasil, o material genético utilizado geralmente não é o mais adequado para seu uso, pois as sementes ou mudas são, na melhor das hipóteses, de pomares formados com genótipos selecionados em áreas remotas para atender às necessidades dos setores da indústria com uma divisão clara de trabalho. Pode-se dizer que nas operações florestais com plantios regulares de pelo menos 200 hectares / ano, os programas de melhoramento genético são fundamentais para o alcance de seus objetivos específicos (MIRANDA; VALMIR; GOUVEIA, 2015).

#### **4.3.2.1 Avaliações de plantio**

Gomes (2019) relatou que a definição das técnicas de manejo utilizadas na plantação de pinus é uma das principais questões no manejo florestal para grandes e médias empresas, e é resultado de metas finais de produção.

Além disso, quando houver múltiplos alvos de produção na mesma propriedade florestal, recomenda-se analisar a possibilidade de desenvolver e implementar sistemas de manejo para cada povoamento florestal ou grupo florestal de forma igualmente diferenciada, considerando a produtividade (no local) como sua distribuição espacial ou localização (AHRENS, 2016).

Tonini (2019) apontou que os fatores do local não são apenas interdependentes, mas também parcialmente dependentes das florestas, e as florestas são os principais fatores do local da frente. Por causa dessas interações, as

técnicas para estimar a qualidade do local avaliando alguns dos fatores mais importantes podem fornecer apenas valores aproximados, porque apenas tratando florestas e locais como um ecossistema complexo e interconectado é possível entender completamente essa dinâmica natural.

Schneider e Finger (2017) apontam que a classificação dos sites pode ser ampla ou específica, dependendo do grau de especificidade, e geralmente depende do número de fatores influenciadores no site analisado.

Tonini (2019) apontou dois métodos para classificar o local, um se refere ao crescimento das árvores sem considerar as características do local, e o outro se refere às características de clima, solo e vegetação do local. Schneider (2019) apontou que, para fazer uma determinação aceitável da qualidade do local com base nos fatores do solo, as pessoas devem ter um conhecimento completo das espécies em estudo e ter tantos parâmetros relevantes quanto possível.

Para Van Goor (2016), o solo mais recomendado para o pinheiro bravo é o podzol e o ácido argiloso. O autor constatou que existe uma correlação positiva entre a qualidade do local e a quantidade total de álcalis trocáveis do solo e o teor de fósforo. No conceito de Gonçalves (2018), os sistemas de classificação e os solos eram desenvolvidos para fins agrícolas, o que impedia seu uso para fins florestais.

Tonini (2019) apontou outros problemas, como a falta de informações sobre a relação entre as características do solo e o crescimento das espécies florestais; as atividades florestais são realizadas principalmente em solos de baixa fertilidade, espécies de rápido crescimento e baixo consumo uso e posterior esgotamento da fertilidade do solo dificulta a interpretação dos levantamentos de solo, pois as mudanças na fertilidade tornam-se muito dinâmicas, afetando a previsão da produtividade duradoura.

De acordo com Ahrens (2016) ao se tratar das práticas florestais de pinus, pode-se entender que a razão básica de qualquer negócio é a criação de riqueza e benefícios econômico-financeiros. Portanto, quando as metas de produção não são as mesmas, a forma adequada de tratar o assunto é analisar a possibilidade de conceber e implementar sistemas de manejo específicos para diferentes propriedades florestais.

#### **4.3.2.2 Densidade de Plantio**

Do ponto de vista da arborização, para as mesmas espécies e mesmo local, a escolha do espaçamento de plantio inicial afetará o número de tratamentos de arborização, taxa de crescimento, quantidade de madeira produzida, espécies, taxa de mortalidade e vantagens, tratamento e colheita, e produção custos (SANQUETTA et al., 2016).

Se o objetivo é produzir madeira apenas para processamento (papel e celulose) ou para energia, em termos de maximização da produção física (volume total), espaçamentos mais densos são adequados. Por outro lado, a produção de madeira serrada ou laminada torna-se viável em talhões com espaçamento inicial suficiente (GOMES et al., 2019).

Recentemente, a indústria madeireira passou a optar por espaçamentos mais amplos, o que permitirá que um maior volume de madeira para serrarias laminadas seja obtido em menor tempo e com menor custo (devido à redução no número de desbastes). Seguindo a tendência de outros países que administram pinheiros, plantações de cerca de 1.000 a 1.500 árvores por hectare são amplamente observadas no sul do Brasil hoje (HOMMA et al., 2018).

Na produção de madeira em serrarias, para se obter madeira maior, utiliza-se espaçamentos mais amplos, mas isso favorece a formação de ramos maiores e mais números, o que representa cada vez mais nós na madeira. Portanto, a densidade de plantio dependerá da destinação da madeira para obter um maior volume total ou para obter madeira valiosa com valor diferenciado na comercialização. No entanto, o sistema de poda e / ou refinamento deve ser considerado na definição da densidade (REIS et al., 2017).

A altura de inserção do primeiro ramo está relacionada ao espaçamento utilizado, quanto maior o espaçamento, menor será a inserção do primeiro ramo, porém o diâmetro do caule aumentará mais. Como esses fatores são opostos, se o objetivo é obter madeira sem nós, como no caso da madeira laminada (e em alguns casos serrarias), então deve haver um equilíbrio na escolha dos espaçamentos e a poda manual significa um alto custo. A melhor opção é usar espaçamento intermediário. Isso pode levar à afirmação de que um espaçamento de 2,5 x 2,8 m atende melhor aos requisitos de inserção balanceada do primeiro ramo e crescimento satisfatório do diâmetro do tronco (SANQUETTA et al., 2016).

As dimensões variam de acordo com os requisitos específicos de cada indústria. Eles geralmente são definidos pelo diâmetro da extremidade mais fina. O tamanho de cada produto é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Dimensões e comprimentos das toras por produtos a serem obtidos

Produtos	Diâmetro <sup>1</sup> (cm)	Comprimento (m)
Resíduo	< 8	-
Processo	08-18	1,2
Serraria	18-25	3,1
Laminação	> 25	2,7

Fonte: Sanquetta et al., (2016).

De acordo com Schneider et al. (2019), a alta densidade de árvores no povoamento florestal auxilia na poda, mas leva à redução do crescimento do diâmetro das árvores, o que pode não favorecer a transmissão do povoamento florestal de acordo com o objetivo do manejo. Segundo o autor, devido à poda natural, a escolha de um *stent* com espaçamento reduzido entre os implantes é benéfica ao sistema, pois pode proporcionar madeira de melhor qualidade sem nódulos, mas esse processo é muito lento.

Sanquetta et al. (2016) acreditam que o espaçamento inicial irá interferir na altura de inserção do primeiro ramo, o que determinará que o volume da madeira sem nós seja menor e, portanto, terá um impacto relevante no seu uso final.

O estabelecimento de uma plantação de pinheiros com grande número de árvores por hectare para controlar o crescimento do diâmetro do galho só é razoável quando o objetivo é produzir biomassa para processamento de fibra e madeira para celulose, aglomerado e fibra. Quando o objetivo é produzir madeira para processamento mecânico em serrarias e laminadoras, a prática da poda torna-se mais adequada (AHRENS, 2016).

O espaçamento afeta fortemente o crescimento do diâmetro dos troncos das árvores, pois está relacionado à densidade populacional, além de afetar a intensidade do uso dos recursos hídricos e nutrientes do solo, bem como a luminosidade disponível na área. Geralmente, o espaçamento utilizado varia entre 3,0 m x 2,0 m e 3,0 m x 3,0 m, permitindo o cultivo mecanizado (EMBRAPA, 2015).

Ahrens (2016) apontou que o espaçamento permitido para obter uma densidade de cerca de 1000 árvores ha<sup>-1</sup> (3,0 x 3,0 m; 3,0 x 4,0 m; 2,5 x 4,0 m, etc.) deve ser priorizado, caso haja homogeneidade, será apropriado no futuro Parcelas, preparação do local, cultivo e tratamentos adequados no momento apropriado nas condições de solo apropriadas e o uso de materiais genéticos (espécies, origens e descendentes) de locais específicos.

Nessas condições, um ou dois desbastes comerciais em grande escala são necessários para liberar as árvores do corte final, livrar-se da competição com outras árvores e permitir que cresçam até o tamanho necessário com a rotação mais baixa possível.

A Embrapa (2015) destacou que para produzir o máximo de madeira com o menor número de árvores possível, deve-se utilizar um espaçamento inicial maior, com densidade de 1.100 a 1.300 árvores por hectare. Portanto, recomenda-se um espaçamento de 2,5 m x 3,0 m (1333 mudas ha<sup>-1</sup>). Durante a rotação de culturas, são realizados de dois a três desbastes ou cortes intermediários, e cada operação requer a retirada de 40% das árvores, que têm aproximadamente 10, 14 e 18 anos (EMBRAPA, 2015).

Por outro lado, para o sistema de produção dominante, recomenda-se que a rotação de culturas seja superior a 21 anos, sendo inicialmente plantadas 1.667 árvores ha<sup>-1</sup>, sendo o primeiro e segundo desbastes realizados em 8 e 12 anos respectivamente. Isso significa que no primeiro momento o número de plantas durante o desbaste foi reduzido em média 40%, e no segundo desbaste, o número de plantas foi reduzido em média 30% (EMBRAPA, 2015). À medida que começa a competição entre o crescimento das árvores e os fatores limitantes do crescimento (principalmente água, nutrientes e luz), os indivíduos serão divididos em diferentes níveis. Portanto, o desbaste pré-comercial pode ser convenientemente realizado (o que pode não ser útil para as árvores abatidas) a fim de fornecer condições máximas de crescimento para as árvores remanescentes (ALMEIDA et al., 2013).

Portanto, a definição do espaçamento inicial depende da destinação a que a madeira será dada, seja para obter maior volume total, seja como "madeira nobre" para obter valor diferenciado na comercialização. Porém, o sistema de refinamento e / ou poda deve ser considerado na definição do espaçamento inicial.

#### 4.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA MADEIRA DE PINUS PARA ESTRATÉGIAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Como material de construção, a madeira destaca-se em vários aspectos, em primeiro lugar pelas suas propriedades físicas, proporciona uma estrutura lisa. A madeira é um produto natural renovável, portanto, ao contrário de outros produtos industrializados, seu consumo de energia de produção é baixo (CÉSAR et al., 2018).

Um estudo de caso de 2016 comparando o uso de energia, as emissões de gases de efeito estufa e os custos das vigas do telhado descobriu que a energia necessária para fabricar vigas de aço é duas a três vezes maior que as vigas MLC e que os combustíveis fósseis são seis a doze vezes mais energia. Duas opções para a estrutura do telhado do novo aeroporto em Oslo, Noruega, são comparadas, vigas de aço e vigas MLC (SOUZA; DEMENIGHI, 2017).

As emissões de gases de efeito estufa do ciclo de vida de vigas rolantes são baixas. Se eles forem queimados no final de sua vida útil, mais energia pode ser recuperada do que a utilizada para fazê-los. No entanto, se depositada em aterro, a madeira MLC é um substituto pior do que o aço devido às emissões de metano. Um estudo recente da "Chalmers University of Technology" não é tão otimista. No entanto, mostra que embora as emissões absolutas de gases de efeito estufa dependam em grande medida do método usado para o cálculo, as características ambientais do MLC são geralmente tão boas ou melhores do que o aço em aplicações estruturais (SOUZA et al., 2015).

A madeira é um material fácil de processar que pode ser manuseado por trabalhadores não qualificados, mesmo em pequenos projetos. Quando utilizados para projetos profissionais, podemos realizar construção em locomotivas e pré-fabricação, o que melhora a qualidade, pois as peças são produzidas antes da fábrica, e a precisão das máquinas de corte e conformação torna o material mais seguro e acabado. Seu uso pode alcançar edifícios mais limpos com muito pouco desperdício de material, que agora responde por 60% dos resíduos sólidos urbanos do Brasil (ZENID, 2019).

A segurança também se reflete em suas características, pois apresenta a melhor relação peso-resistência que seus concorrentes diretos (aço e concreto armado), e não perderá sua função estrutural em caso de incêndio. Esse lugar. Segundo Araújo, sua durabilidade também foi comprovada, temos exemplos como o

Templo de Horyuji, que foi construído em 607 e é considerado a estrutura de madeira mais antiga (FUSCO, 2019).

O conforto térmico e acústico proporcionado pela madeira também é muito representativo, pois absorve 40 vezes menos calor do que o tijolo e por isso requer menos isolamento. Dentre as muitas qualidades, vale destacar também que a madeira é um material reaproveitável, quando a construção original não precisa mais pode ser aproveitada de outra forma, reduzindo o desperdício (FREITAS et al., 2018).

A madeira tem as seguintes desvantagens: suscetibilidade a fatores externos, variabilidade, combustibilidade e tamanho limitado. Essas vulnerabilidades são responsáveis pela redução do uso da madeira na construção, que ainda é um material secundário, mas com o avanço da tecnologia, foi criado um processo para cada um dos projetos citados (BARBOSA; INO, 2016).

O tratamento químico por imersão, autoclave ou esfrega evita os efeitos dos agentes envenenadores da madeira, e a variabilidade, ou seja, a sensibilidade ao meio ambiente devido às mudanças na umidade, é cancelada por meio de um processo de secagem artificial controlado. Com a produção de madeira laminada colada, é possível superar as lacunas que antes eram inacessíveis devido à limitação do tamanho dos fragmentos e, finalmente, permitir que os materiais químicos retardem a queima da madeira (ZENID, 2019).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando a matéria-prima florestal é o eucalipto, predomina a madeira serrada utilizada na construção civil e na construção rural. A madeira de Pinus é utilizada exclusivamente na indústria moveleira e em menor volume na construção civil. Recentemente, a madeira serrada de Pinus destinada à exportação tem aumentado, principalmente em relação a madeira de melhor qualidade. A madeira serrada usada para embalagens e placas de madeira é produzida a partir de matérias-primas de qualidade inferior ou processos com menos investimento em tecnologia.

A indústria da construção civil é caracterizada por um grande consumo de madeira serrada de espécies plantadas, cujo nível de qualidade é inferior ao nível de recomendação técnica. A utilização deste tipo de madeira é especialmente para utilizações com menores requisitos técnicos, utilizações temporárias, como andaimes, tapumes, cofragens, escoras, abrigos e estruturas não visíveis. A madeira de plantio destinada à construção civil ainda é marcada por um conceito de madeira de menor qualidade do que a madeira nativa das espécies arbóreas nativas, não havendo necessidade de maiores exigências em termos de padrões de processamento, secagem e processamento.

Dado o mercado potencial viável, a identificação de madeira de plantio é uma alternativa, e serrarias ainda são pouco exploradas. Uma possibilidade interessante para as micro e pequenas serrarias é que o mercado e os níveis de atividade dessas serrarias não são claros, possibilitando essa mudança com a produção de madeira seca, sem defeitos e serrada interna para agregar valor.

A cadeia produtiva da madeira serrada de plantações é uma extensa área de pesquisa que merece mais investimentos. Além de entidades privadas, existem centros de pesquisa e universidades que realizam ou fomentam pesquisas tecnológicas, mas ainda carecem de melhor integração com o setor, necessária para aproveitar os atuais parâmetros de produção da cadeia produtiva da serraria. Essa integração pode levar a planos que visem a obtenção de madeira serrada de plantação de qualidade superior à atualmente fornecida pelas serrarias, bem como em produtos de madeira reciclada.

A consciência ambiental do mercado consumidor não é suficiente para substituir o consumo de madeira de florestas nativas desenvolvidas de acordo com padrões predatórios e o consumo de madeira de plantações. A cadeia de produção

da madeira serrada deve ser capaz de fornecer produtos com parâmetros de qualidade e padrões ambientais aceitáveis. Tais padrões envolvem inevitavelmente o aproveitamento de resíduos e resíduos gerados durante o processamento, ampliando as possibilidades de aplicação dos recursos florestais.

Por fim o presente estudo fez a abordagem a respeito da construção civil utilizando a madeira como matéria prima, levantando principalmente questões a respeito da cultura do Pinus, ainda foi mostrado a respeito do plantio e manejo dessa cultura.

Outros estudos podem envolver a análise de uma série de questões consistentes com o conteúdo aqui apresentado, ou seja, análise da madeira fornecida pelas serrarias ao mercado, suas qualificações e requisitos, pesquisas junto aos consumidores dos produtos, comparações e aspectos técnicos, econômicos e ambientais. Em termos de produtos produzidos a partir de resíduos e produtos do processamento de madeira e produtos produzidos a partir de toras, estabeleça padrões, enfatizando a sustentabilidade ambiental dos resíduos e produtos das serrarias que utilizam florestas plantadas, seus ganhos e perdas.

## REFERÊNCIAS

- AHRENS, S. Silvicultura e manejo de pinus. **Revista da madeira-especial Pinus, Curitiba**, p. 62-68, 2016.
- ALMEIDA, DH et al. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica Paricá (*Schizolobium amazonicum* HERB) em peças de dimensões estruturais. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1175-1181, 2013.
- AMPARADO, KF. **Qualidade da madeira serrada e dos painéis colados lateralmente obtidos de um plantio de Eucalyptus saligna Smith visando o segmento moveleiro**. 2018.
- ARAUJO, V; SILVA, JRM; GOUVEIA, DM; MELO, JT. Importância da madeira de florestas plantadas para a indústria de manufaturados. **Brazilian Journal of Forest Research/Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 25.2017.
- BARBOSA, JC.; INO, A. Madeira. Material de Baixo Impacto Ambiental na Construção Civil. Análise do Ciclo de Vida. **II Encontro nacional e encontro latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**, 2016.
- BUAINAIN, AM; SANQUETTA, C. R. SCOLFORO, J. R. S. GRAÇA, L. (Ed.). **Cadeia produtiva de madeira**. Bib. Orton IICA/CATIE, 2017.
- CALIL JÚNIOR, C. O potencial do uso de madeira de Pinus na construção civil. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 60, p. 44-48, 2019.
- CANTARELI, E. B. **Falta de madeira para a construção civil**. Jornal do CREA, Porto Alegre, n. 13, 2019. p. 8.
- CARVALHO, MSP; CARVALHO, JOP. Influência do espaçamento na densidade da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl. (Tatajuba) no planalto de Belterra, Pará. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, n. 35, p. 73-78, 2020.
- CÉSAR, S. F.; OLIVEIRA, R.; SZÜCS, C. P. Chapas de vedação industrializadas em madeira de reflorestamento para edificações. **Encontro brasileiro em madeiras e estruturas de madeiras**, v. 8, 2018.
- DALTON, L; COLODETTE, JL. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 76, p. 429-438, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo do Pinus**. USP: São Paulo. 2015.
- FAGUNDES, HAV. **Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul**. UFRS: Rio Grande do Sul. 2017.

FREITAS, VP.; SILVA, JRM.; MENDES, LM. Durabilidade de mourões de *Eucalyptus grandis* preservados por substituição de seiva. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2018. p. 260 – 269

FUSCO, PB. Os caminhos da evolução da engenharia das madeiras. **Anais do 3º Encontro Brasileiro de Madeira e Estruturas de Madeira**, p. 7-18, UFRJ: Rio de Janeiro. 2019.

GANDINI, JMD. **Aplicação de conceitos de sustentabilidade no desenvolvimento de projeto de componentes estruturais pré-fabricados com emprego de madeira de florestas plantadas**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GANDINI, JMD; BARATA, TQF; PABLOS, JM. Projeto de interfaces de componentes estruturais para sistemas construtivos pré-fabricados com emprego de madeira de florestas plantadas. **MIX Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 83-90, 2017.

GIL, AC. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: **Atlas**, 1999.

GOMES, FS. SANQUETTA, CR. SCOLFORO, JR. S. GRAÇA, LR. MAESTRI, REfeitos do sítio e de cenários de custos e preços na análise de regimes de manejo com e sem desbaste em *pinus taeda* L. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019.

GONÇALVES, JL de M. Interpretação de levantamentos de solos para fins Silviculturais. **IPEF, Piracicaba**, n. 39, p. 65-72, 2018.

HIGA, RCV; MORA, AL; HIGA, AR. **Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2020.

HOMMA, AKO et al. Manejo e plantio de bacurizeiros (*Platonia insignis* Mart.): a experiência no manejo e domesticação de um recurso da biodiversidade amazônica. **Inclusão Social**, v. 12, n. 1, p. 65. 2018.

KRAMBECK, TI; OTTO IMC; LEMOS WP; ALBERNAZ LJ. **Revisão de sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habilitação popular**. 2016.

LAKATOS, EM; MARCONI, M. de A. Fundamentos de metodologia científica. 5. reimp. São Paulo: **Atlas**, v. 310, 2007.

MALINOVSKI, JR.; CAMARGO, CMS. A eucaliptocultura no contexto brasileiro. **Revista da Madeira, especial eucalipto, Curitiba**, v. 18, nº 3. p. 76-79, 2020.

MEDEIROS, Ju; JURADO, SR. Acidentes de trabalho em empresas florestais de plantio, cultivo e extração de madeira. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 2, p. 36. 2013.

MENDES, LM.; ALBUQUERQUE, CEC de. Aspectos técnicos e econômicos da indústria brasileira de chapas de fibras e partículas. **Revista da Madeira, Curitiba**, n. 53, p. 14-22, 2020.

MENDES, LM.; SILVA, JRM.; TRUGILHO, PF.; BOTELHO, JE. Comportamento da madeira de 25 espécies de Eucalipto durante a secagem ao ar livre. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2018. p. 147 – 157.

MIRANDA, DLC; VALMIR, B; GOUVEIA, DM. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia plena**, v. 11, n. 3, p.45. 2015.

MOTA-SILVA, SR. Proposição básica para princípios de sustentabilidade. **Encontro nacional e encontro latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**, v. 2, p. 73-79, 2019.

OLIVEIRA, JB; VALE, AT.; MELO, JT. Caracterização mecânica e contração da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel cultivado em um plantio homogêneo sob diferentes níveis de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 89-97, 2016.

ORTOLAN, C. **Qualidade de madeira de reflorestamento para usos múltiplos**. Caxias do Sul: Sindimadeira, 2019. p. 47 – 56.

PAIVA JC; ALMEIDA LA; CASTRO VG; REIS, CF. Diagnóstico do uso da madeira como material de construção no município de Mossoró-RN/Brasil. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 23, 2018.

PFEIL, W. **Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2016.

PINHEIRO, R.; LAHR, FAR. Patologias em estruturas de madeira. **Encontro brasileiro em madeiras e estruturas de madeiras**, v. 6, p. 185-191. 2018.

REIS, C. F. OLIVEIRA PA; OTTO IMC; LEMOS WP; ALBERNAZ LJ; ROCHA JR; MENEZES WR. Cenário do setor de florestas plantadas no estado de Goiás. **Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE)**, 2017.

SANQUETTA, CR. et al. Inventários florestais: planejamento e execução. **Curitiba: Multi-Graphic**, v. 2, 2016.

SCHNEIDER, PR. **Introdução manejo florestal**. Belo Horizonte: Editora Buqui. 2019.

SCHNEIDER, PR; FINGER, CG. Influência da intensidade do desbaste sobre o crescimento em altura de *Pinus elliottii* E.[The effect of thinning intensity on the height growth of the *Pinus elliottii* E.]. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p. 95-103, 2017.

SEITZ, RA. Silvicultura–Arte e Ciência. **Revista Ciência e Ambiente, Santa Maria. UFSM**, n. 20, p. 35-43, 2020.

SILVA, JC. Eucalipto: a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, edição especial, v. 114, 2018.

SOUZA, AFP. **A sustentabilidade no uso da madeira de floresta plantada na construção civil**. São Paulo: Dialética. 2015.

SOUZA, RV; DEMENIGHI, AL. Tratamentos preservantes naturais de madeiras de floresta plantada para a construção civil. **Mix Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 84-92, 2017.

STUMPP, V RECH, MA SATTTLER, NM de BARROS. Avaliação de sustentabilidade e eficácia de tratamentos preservantes naturais de madeiras de florestas plantadas no RS para o controle do cupim. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 2, p. 21-31, 2016.

TOMASELLI, I. Tecnologia da madeira no Brasil—evolução e perspectiva. **Revista Ciência e Ambiente**, v. 20, p. 101-112, 2020.

TONINI, H. Crescimento em altura de *Pinus elliottii* ENGELM., **Crescimento em altura de *Pinus elliottii* engelm em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da serra do sudeste e litoral, no Estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

TRIVIÑOS, ANS. **Pesquisa qualitativa**. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, p. 116-173, 2017.

VALLE, IMR. **A pré-fabricação de dois sistemas de cobertura com madeira de florestas plantadas. Estudos de casos: os assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VAN GOOR, CP. **Reflorestamento com coníferas no Brasil; aspectos ecológicos dos plantios na Região sul, particularmente, com *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia***. Rio de Janeiro: Saraiva. 2016.

YUBA, AN.; SATTTLER, MA.; BONIN, LC. Uso da madeira de reflorestamento como material de construção e os desafios para o desenvolvimento sustentável. **Encontro nacional e encontro latino-americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**, v. 2, p. 113-120, 2018.

ZENID, GJ. Qualificação de produtos de madeira para a construção civil. **Seminário de industrialização e usos de madeira de reflorestamento**, v. 2, p. 61-76. 2019.