INTEGRA+
Programa de Integridade do ICMBio

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Nota Técnica nº 1/2025/DFLO/CGEUP/DIMAN/GABIN/ICMBio

Brasília-DF, 26 novembro de 2025

Assunto: Inventário Florestal de uma área na Floresta Nacional de São Francisco de Paula em cumprimento ao Acordo de Convivência estabelecido entre ICMBio, Funai, TRF4 e comunidade Xokleng Konglui (19871237)

1. DESTINATÁRIO

1.1 Coordenação Geral de Uso Público e Serviços Ambientais – CGEUP

1.2 Gerencia Regional 5 - Sul

2. INTERESSADO

2.1 Fundação Nacional dos Povos Indígenas - FUNAI

2.2 Florestal de uma área na Floresta Nacional de São Francisco de Paula

3. REFERÊNCIA

3.1 Acordo de Convivência entre ICMBio e a comunidade Xokleng konglui, com a interveniência da fundação nacional dos povos indígenas - FUNAI (19871237)

3.2 Decreto nº 9.373, de 11 de maio de 2018, dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequadas de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.

3.3 Plano de Manejo da Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

4. ANÁLISE TÉCNICA

A presente Nota Técnica apresenta os resultados do inventário florestal realizado em talhões homogêneos de *Pinus elliotti, Pinus taeda e de Eucalyptus sp.* e plantios mistos, equivalente a aproximadamente 24,45 hectares, na Floresta Nacional São Francisco de Paula, localizada no município de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. Esse inventário é um esforço e compromisso do ICMBio em cumprimento ao Acordo de Convivência celebrado entre ICMBio, Funai, TRF4 e comunidade Xokleng Konglui (19871237), especificamente a Cláusula Terceira que trata do compromisso pela desocupação dos imóveis funcionais e pela construção de moradias.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste inventário é apresentar um diagnóstico preciso dos produtos florestais madeireiros e estabelecer um valor monetário para o talhão em pé, fornecendo subsídios técnicos e econômicos que orientarão um futuro processo de leilão da madeira, conforme as diretrizes estabelecidas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). A metodologia empregada foi conduzida com rigor técnico, assegurando a confiabilidade dos dados obtidos, bem como das estimativas de volume e valor, de modo a garantir transparência e segurança nas etapas subsequentes de tomada de decisão.

Além de avaliar o potencial econômico da área, o inventário desempenha papel estratégico na gestão florestal da Unidade de Conservação, pois permite compreender a estrutura da vegetação, a composição das espécies e o estado dos talhões. Ao estabelecer parâmetros quantitativos e qualitativos baseados em técnicas padronizadas, o estudo não apenas orienta o processo de leilão, mas também contribui para que a exploração madeireira ocorra de forma responsável.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

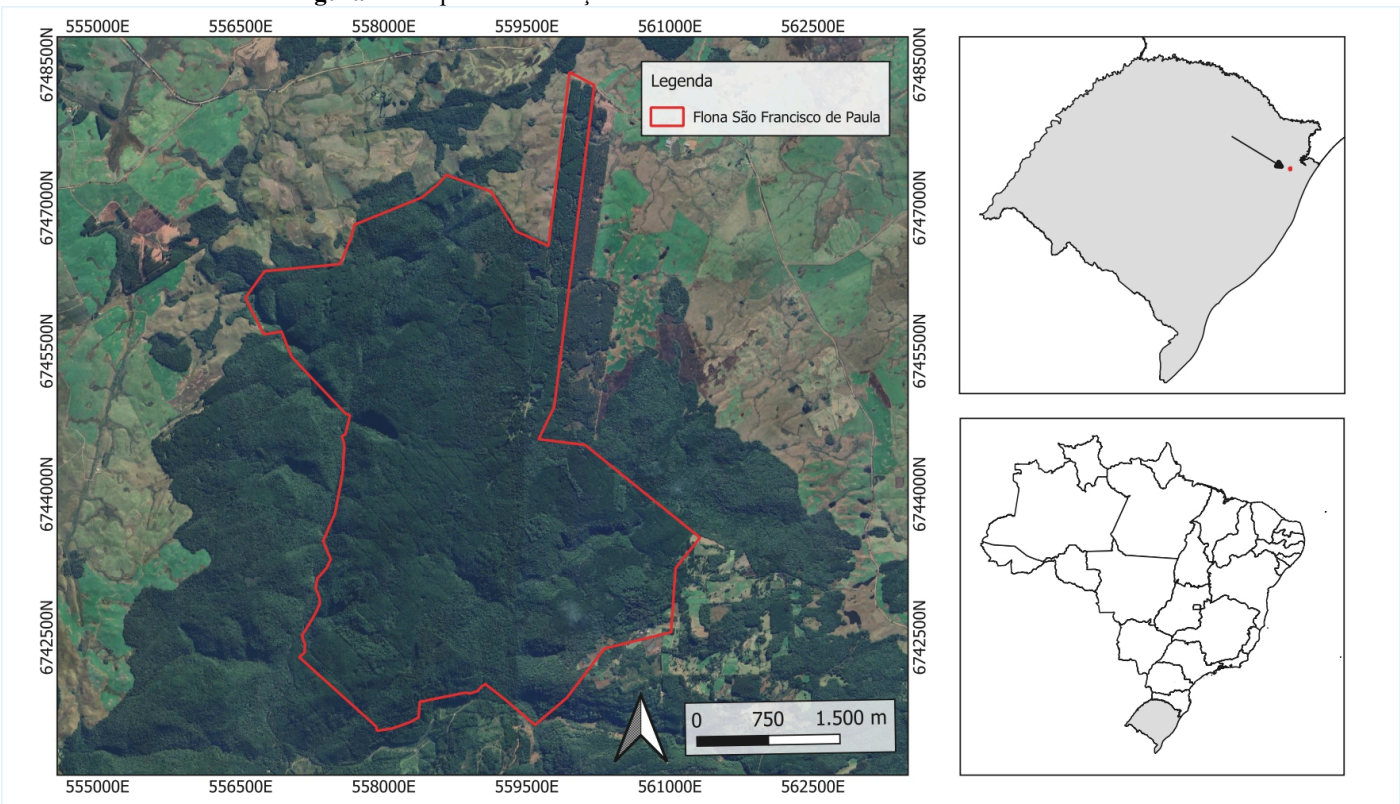
A área objeto do inventário florestal está situada dentro dos limites da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, com objetivo básico de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável, e gerida pelo ICMBio.

A Flona é reconhecida por sua importância histórica e ambiental, a proteção da biodiversidade com atividades de pesquisa e a presença de plantios de espécies exóticas, com destaque para o *Pinus sp., Eucalyptus sp. e Cryptomeria japonica,* bem como reflorestamentos de *Araucaria angustifolia.* Pertence à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, sendo considerada região de "alta" a "altíssima prioridade" para a conservação, protege de forma pioneira, desde 1945, importante remanescente de mata com araucária (bioma Mata Atlântica), garante relevantes serviços ecossistêmicos, promove o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e oferece oportunidades para pesquisas científicas, atividades didáticas, recreação e contemplação da natureza (ICMBIO, 2020).

2.1 Localização

A área está localizada no município de São Francisco de Paula, estado do Rio Grande do Sul, com acesso via RS-484, na altura do km 06 conforme mostrado na figura 1. A área inventariada corresponde a uma parte da porção norte da FLONA.

Figura 1 - Mapa de localização da Floresta Nacional de São Francisco de Paula



2.2 Características Físicas

Durante a elaboração do inventário foram identificadas **áreas encharcadas e trechos com declividades ao longo do plantio**, refletindo a variabilidade das condições físico-ambientais da área. Esses ambientes incluem setores sujeitos à saturação hídrica que influenciam diretamente a acessibilidade e a necessidade de maior cuidado nas operações de campo.

A FLONA está localizada na porção superior da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, a área insere-se na região dos Campos de Cima da Serra e das Matas de Araucária, desempenhando papel fundamental na proteção dos recursos hídricos. Trata-se de uma das regiões mais úmidas do Rio Grande do Sul, com pluviosidade anual superior a 2.000 mm e ausência de períodos secos, apresentando temperatura média anual em torno de 14,5 °C.

- Clima

O clima é classificado como Cfb - subtropical temperado úmido, segundo a classificação de Köppen -, caracterizado por verões brandos e úmidos e invernos frios e úmidos. Essa combinação confere à região condições favoráveis ao desenvolvimento de formações florestais típicas de altitude (ICMBIO, 2020).

- Fitofisionomia

A vegetação predominante é composta pela Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária), acompanhada de áreas de campos naturais e banhados. Na região, também ocorrem ambientes formados por florestas plantadas de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp., *Cryptomeria japonica* e *Araucaria angustifolia*, que formam mosaicos com as formações nativas (ICMBIO, 2020).

- Topografia

A área apresenta relevo variando de ondulado a fortemente ondulado, especialmente na porção norte da Flona, onde predominam encostas acentuadas. Na parte sul, destacam-se cânions com até 100 metros de profundidade, resultando em uma altitude média de aproximadamente 930 metros, com variações de cerca de 300 metros conforme a localidade (RIBEIRO et al., 2007).

- Solo

Os solos predominantes são classificados como Cambissolo Húmico Alumínico, Chernossolo Argilúvico Férrico e Neossolo Litólico Eutrófico, desenvolvidos a partir de rochas efusivas básicas e ácidas da Formação Serra Geral. Tais classes apresentam boa drenagem e fertilidade variável, influenciando a distribuição da vegetação e o uso da terra (EMBRAPA, 1999).

- Hidrografia

Inserida na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, a região abriga diversas nascentes e cursos d'água de pequeno porte, que contribuem para a manutenção da vazão e qualidade hídrica da bacia. A presença de áreas florestadas e relevo acidentado favorece a infiltração e o equilíbrio hidrológico local (ICMBIO, 2020).

2.3 Características da Floresta Plantada na FLONA

As áreas de plantio ocupam pouco mais de 650 ha (40%) na UC, compostas por plantios de Pinus taeda e Pinus elliottii (229 ha, 14 % da área total), Eucalyptus sp. (34 ha, 2 % da área total) e outras essências com fins comerciais em menor proporção (ICMBIO, 2020).

Os plantios dos talhões foram realizados em períodos distintos, abrangendo o intervalo entre os anos de 1963 e 2003, ou seja, possuem de 26 a 62 anos. Os talhões apresentam diferentes espaçamentos e graus de adensamento, e não receberam tratos silviculturais regulares, exceto pela realização de desbastes. Esses desbastes alteraram o espaçamento inicial dos plantios, entretanto, não há registros formais que documentem essas intervenções, o que impede a verificação precisa das operações silviculturais realizadas. A tabela a seguir apresenta a informações sobre os talhões. As informações sobre a idade e o histórico silvicultural dos talhões foram obtidas a partir de documento "Programa de Manejo Florestal da Floresta Nacional de São Francisco de Paula".

Tabela 1: Informações sobre os talhões quanto ao ano do plantio, à idade e à área.

Talhão	Espécie(s)	Ano do plantio	Idade do plantio	Área (ha)
17	*Pinus elliotti*	1992 a 1994	31 a 33	2,46
18	*Pinus elliotti*	1999	26	0,70
21A	*Pinus taeda*	1963	62	1,34
21B	*Pinus elliotti*	2003	22	2,14
43	*Pinus elliotti*	1990 e 1991	34 e 35	1,77
19	*Pinus elliotti*	2002 e 2003	22 e 23	1,36
45A	*Eucalyptus sp.*	1992	33	3,77
45	Misto: *Pinus elliottii., Eucalyptus sp. e Criptomeria janonica*	1992	33	6,05
45B	Misto - *Pinus elliottii e Eucalyptus sp.*	1992	33	3,19

2.4. Tratos Silviculturais e densidade inicial

Os talhões apresentam diferentes espaçamentos e níveis de adensamento, indicando a existência de variações na densidade inicial de plantio e na configuração atual após a realização de desbastes. Observa-se que não foram executados outros tratos silviculturais além desses desbastes, os quais alteraram o espaçamento e a densidade original das áreas.

Entretanto, a ausência de registros formais ou documentos que comprovem as ações de manejo e o acompanhamento silvicultural dos talhões impossibilita a verificação precisa das intervenções realizadas ao longo do tempo. Durante as avaliações de campo, as informações observadas in loco não se mostraram compatíveis com dados de manejo conhecidos, sugerindo que as práticas adotadas não foram devidamente registradas ou padronizadas.

2.5 Zoneamento

A área destinada à colheita e destinação da madeira está inserida majoritariamente na Zona de Manejo Florestal da Flona, designada para o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais, a geração de tecnologia e de modelos de manejo florestal sustentável, composta por áreas de florestas nativas ou plantadas, com potencial econômico para o manejo sustentável dos recursos florestais madeireiros e não madeireiros. Entretanto, uma pequena área se sobrepõe a Zona de Uso Restrito e Zona de Infraestrutura

Na Zona de Infraestrutura é possível realizar a supressão de espécies exóticas e destinar essa madeira para leilão, pois o Plano de Manejo prevê manejo florestal madeireiro nessa zona.

Na Zona de Uso Restrito, é mencionado objetivamente que não é permitida a realização de manejo florestal madeireiro (p.36) e que o uso dos recursos naturais é permitido de forma eventual ou em pequena escala, desde que cause baixo impacto à UC, conforme planejamento específico. Nas Normas Gerais (p.41) é informado que o controle e a erradicação de espécies exóticas ou alóctones de fauna e flora na UC, inclusive asselvajadas, deverá ser realizada mediante projeto previamente autorizado pelo órgão gestor, podendo ser dispensada a apresentação de projeto quando houver detecção precoce.

Nesse contexto, embora a Zona de Uso Restrito (ZUR) **tenha como diretriz geral a vedação ao manejo florestal madeireiro comercial**, o Plano de Manejo da FLONA São Francisco de Paula **admite, em suas normas gerais, a realização de ações de manejo ambiental que impliquem supressão de espécies exóticas**, especialmente quando tais espécies representam interferência ecológica, risco ou impedimento à implementação de objetivos da Unidade.

No caso em análise, a supressão proposta na ZUR é **pontual, localizada e direcionada exclusivamente à remoção de espécies exóticas (Pinus e Eucalyptus)**, visando viabilizar a implantação da área de referência destinada à construção das moradias da comunidade indígena Xokleng, conforme previsto no Acordo de Convivência validado judicialmente. Trata-se, portanto, de **ação excepcional**, que não tem finalidade produtiva ou de exploração florestal dentro da ZUR, mas sim de cumprimento de obrigação judicial.

Ressalta-se que a **supressão não tem caráter de manejo madeireiro**, mas sim de **remoção necessária para viabilizar uso institucional** (implantação da área de referência).

O Plano de Manejo **não impede o controle ou erradicação de exóticas em nenhuma zona**, desde que justificado e que não tenha finalidade produtiva voltada ao manejo comercial.

A madeira resultante já foi **inventariada e valorada**, não para servir como base de manejo econômico na ZUR, mas para atender a exigências administrativas de destinação de bens da União (transparência patrimonial), não havendo incompatibilidade com o zoneamento.

A intervenção estará restrita **ao mínimo necessário**, preservando a função ecológica da zona e assegurando que a atividade não se torne precedente para manejo madeireiro comercial.

Portanto, **não substituindo avaliação futura da PFE sobre este assunto**, entendemos que é **tecnicamente e juridicamente viável** autorizar a supressão pontual de exóticas na ZUR, dado que é uma ação específica, e não como manejo madeireiro.

2.6 Restrições legais e ambientais

Há registro da presença de remanescentes de vegetação nativa no sub-bosque de algumas parcelas - como araucária (*Araucária angustifolia*), xaxim (*Dicksonia sellowiana)* e samambaia-preta (*Rumohra adiantiformis*) -, portanto, deverão ser adotadas estratégias para a conservação/preservação desses indivíduos durante as operações de colheita florestal, especialmente de espécies ameaçadas de extinção, como a araucária e o xaxim, ambas classificadas como “Em perigo”.

O arcabouço legal acerca de espécies da flora em riscos de extinção, como a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção, Portaria MMA nº 443/2014, e sua alteração, Portaria MMA nº 148/2022, define que espécies vulneráveis, em perigo e criticamente em perigo ficam protegidas de modo integral, incluindo a proibição de coleta, corte, transporte, armazenamento, manejo, beneficiamento e comercialização.

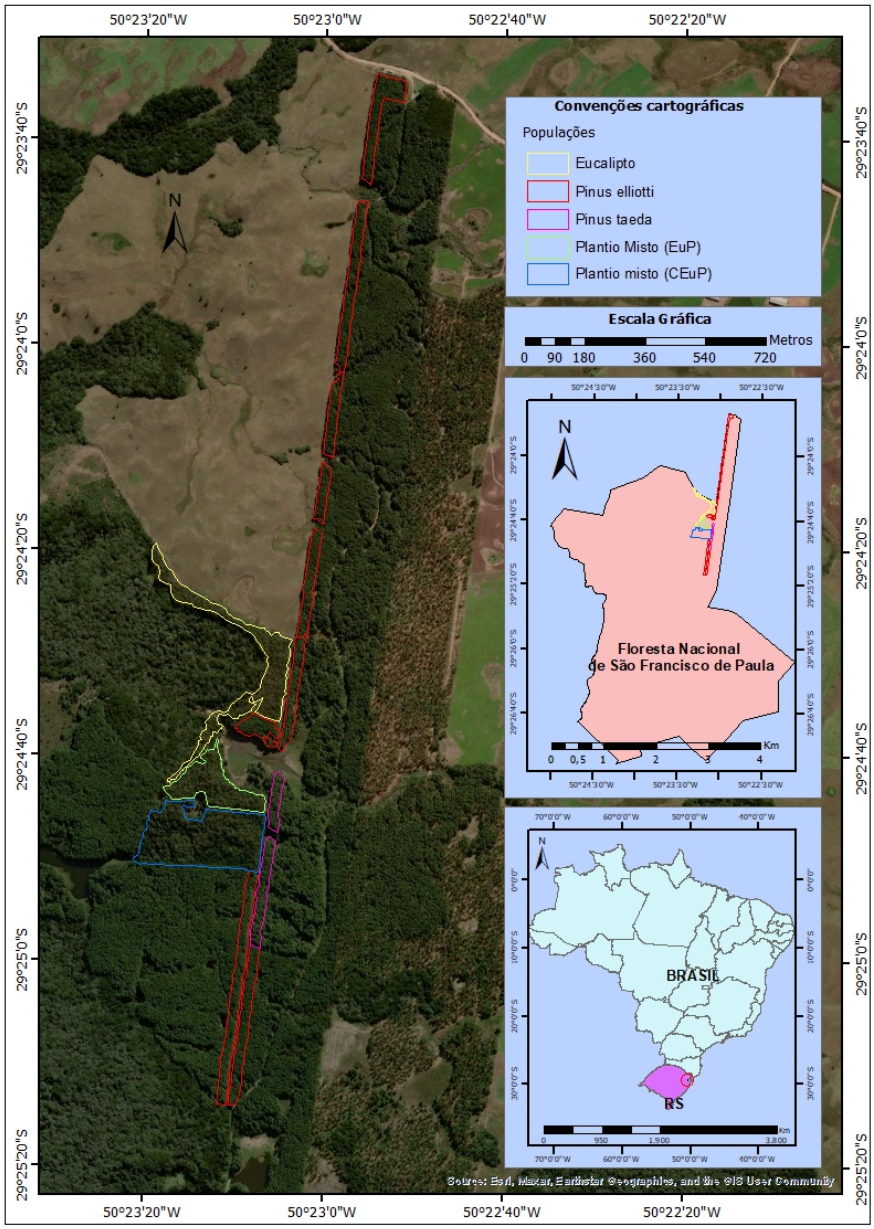
Portanto, é imprescindível que as atividades de colheita florestal sejam planejadas e executadas de forma a assegurar a integridade dos remanescentes de vegetação nativa, em conformidade com a legislação vigente. A adoção de medidas contribuirá para a conservação das espécies ameaçadas e para a manutenção da biodiversidade local.

Por fim, ressalta-se que, devido à natureza das operações florestais, podem ocorrer impactos não intencionais sobre indivíduos dessas espécies, mesmo com a adoção de práticas de manejo adequadas. Nesses casos, eventuais ocorrências deverão ser avaliadas pela gestão local da unidade de conservação, que determinará as providências cabíveis, garantindo a observância da legislação ambiental e a proteção da biodiversidade.

2.7 Caracterização da área inventariada

A área a ser suprimida compreende uma faixa de 30 metros a partir do limite do plantio, acompanhando por aproximadamente 3 km a linha de transmissão de energia elétrica existente desde a entrada da FLONA, em razão das recorrentes ocorrências de queda de indivíduos de pinus sobre a fiação, conforme informado pela Unidade de Conservação e pela Gerência Regional. Abrange também áreas dos talhões 45, 45A e 45B indicadas pela Gerência Regional e Unidade de Conservação para o estabelecimento das moradias de comunidades indígenas.

Figura 2 - Localização da populações inventariadas



3. METODOLOGIA DO INVENTÁRIO FLORESTAL

O inventário florestal foi realizado em setembro de 2025, abrangendo aproximadamente 5,5% da área total, percentual considerado adequado para representar a variabilidade estrutural e produtiva do povoamento. O estudo teve como finalidade quantificar a capacidade produtiva da área destinada à colheita, fornecendo subsídios técnicos para o diagnóstico e a valoração dos produtos madeireiros provenientes dos indivíduos amostrados das espécies *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e *Cryptomeria japonica*.

Para garantir maior precisão nas estimativas, o povoamento foi subdividido em quatro populações, definidas conforme as características estruturais e tipológicas dos talhões, considerando critérios como espécie dominante, composição e grau de homogeneidade. Essa segmentação permite a elaboração de estimativas mais robustas e reduz possíveis vieses decorrentes da variabilidade entre grupos com estruturas distintas.

Adicionalmente, foi conduzido um inventário florestal 100% (censo) da espécie de interesse em duas áreas adjacentes aos talhões, com o objetivo de identificar e remover indivíduos exóticos de *Pinus* sp., contribuindo para o manejo adequado e para a prevenção de sua expansão indesejada nas áreas de influência.

As estatísticas dos inventários florestais foram calculadas considerando as seguintes estruturas (populações amostrais):

(1) Talhões homogêneos de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*;

(2) Talhão homogêneo de *Eucalyptus* sp.;

(3) Talhão misto: *Pinus elliottii. e Eucalyptus* sp.;

(4) Talhão misto: *Pinus elliottii., Eucalyptus* sp. *e Criptomeria janonica*; e

(5) Censo de espécies exóticas em duas áreas adjacente (*Pinus elliotti*).

3.1 Amostragem

O diagnóstico e a quantificação dos produtos florestais madeireiros foram realizados por meio de amostragem nas áreas objeto de avaliação, permitindo estimar com precisão os parâmetros populacionais e representar adequadamente a variabilidade existente entre os povoamentos. Essa abordagem proporciona maior eficiência na coleta de dados, reduz custos operacionais e assegura a confiabilidade das estimativas volumétricas e produtivas, fundamentais para o planejamento de atividades e operações florestais.

3.2 Processo de amostragem

O processo de amostragem constitui uma etapa essencial na obtenção de estimativas representativas da população florestal, sendo determinante para a precisão e a confiabilidade dos resultados do inventário. Foram consideradas as variâncias das populações e entre possíveis estratos para a definição do processo de amostragem, buscando-se empregar o procedimento mais adequado a cada condição de área e garantir a eficiência estatística das estimativas obtidas.

A definição do processo de amostragem depende diretamente do grau de homogeneidade da área e da variabilidade dos atributos observados entre as unidades amostrais. Quando o povoamento apresenta características relativamente uniformes, adota-se a amostragem casual simples, entretanto, quando há diferenças significativas entre grupos, recomenda-se a amostragem aleatória estratificada. Nesse método, a população é dividida em estratos mais homogêneos internamente, o que reduz a variância dentro de cada grupo e aumenta a precisão das estimativas para o povoamento. Nesse trabalho, a estratificação considerou a idade, a densidade, a composição de espécies e a volumetria.

Assim, a escolha entre os dois métodos fundamenta-se na análise prévia da variabilidade estrutural do povoamento, visando o melhor equilíbrio entre representatividade estatística e eficiência de campo. **Diante dessa avaliação, adotou-se o processo de Amostragem Aleatória Estratificada para as populações homogêneas de *Pinus* sp. e de *Eucalyptus* sp. e para a mista de *Pinus elliottii., Eucalyptus* sp*. e Criptomeria janonica*; e o processo de Amostragem Casual Simples foi empregado para a população mista de *Pinus elliottii e Eucalyptus* sp., em razão de sua maior uniformidade e menor variabilidade interna.**

3.3 Método de amostragem

Método de amostragem significa a abordagem da população referente a uma única unidade amostral e é essencial para garantir que os dados coletados representem adequadamente as condições reais do povoamento, permitindo obter estimativas confiáveis de volume (PELLICO NETO e BRENA ,1997).

O método de amostragem selecionado foi o de Área Fixa, utilizando parcelas retangulares de de 30 m × 15 m (450 m²). Nesse método, a seleção dos indivíduos é realizada de forma proporcional à área da unidade e à sua frequência. A adoção desse tamanho de parcela em inventários de florestas plantadas proporciona um equilíbrio ideal entre precisão estatística e eficiência operacional, assegurando representatividade adequada com número reduzido de medições em campo.

As unidades amostrais foram distribuídas aleatoriamente sobre o talhão, com coordenadas georreferenciadas e delimitadas em campo com o auxílio de trenas, garantindo precisão na localização, o que permite rastreabilidade das informações coletadas. Essa distribuição aleatória visa minimizar tendências de amostragem, assegurando que todas as áreas do talhão tenham a mesma probabilidade de serem incluídas no inventário.

3.4 Intensidade amostral

A amostra é uma parte da população constituída de indivíduos que representam características comuns, e, portanto, é necessário garantir que ela seja representativa da população a que esses indivíduos pertencem, enquanto a unidade amostral é o espaço físico sobre o qual são observadas essas características (PELLICO NETO e BRENA ,1997).

A intensidade amostral corresponde à proporção entre a área efetivamente amostrada e a área total da população em estudo, devendo ser suficientemente representativa para atender aos objetivos do inventário. **Considerando a heterogeneidade estrutural do povoamento e a necessidade de estimativas confiáveis de volume e composição, foram alocadas 31 parcelas ao longo da área, resultando em uma intensidade amostral de aproximadamente 6,5%.** Essa proporção é adequada para inventários em florestas plantadas, garantindo equilíbrio entre precisão estatística, esforço de campo e custo operacional.

As parcelas foram distribuídas entre as quatro populações previamente definidas, permitindo que cada tipologia florestal tivesse representação proporcional às suas características e dimensões. Essa estratégia contribui para a robustez das estimativas, pois reduz a influência de variações estruturais entre os talhões e assegura que diferentes padrões de crescimento, densidade e composição florística sejam contemplados de forma apropriada no conjunto de dados, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Distribuição das unidades amostrais e intensidade amostral.

População	Unidades amostrais	Área total (ha)	Área da amostra (ha)	Intensidade amostral (%)
Pinus sp.	14	11,78	0,63	5,35
Eucalyptus sp.	5	4,09	0,26	5,50
Misto (*Pinus elliottii. e Eucalyptus* sp.)	4	2,53	0,18	7,11
Misto (*Pinus elliottii., Eucalyptus* sp*. e Criptomeria janonica*)	7	6,05	0,32	5,21

3.4.1 Acurácia da Amostragem

A intensidade de amostragem alcançada em cada cenário demonstrou-se adequada, mantendo o erro máximo estabelecido de 15%, dentro dos limites considerados aceitáveis para inventários de florestas plantadas, com um nível de confiança de 95%. Esses parâmetros garantem que as estimativas obtidas sejam estatisticamente confiáveis, permitindo inferências sobre toda a população florestal a partir da amostra. Ao controlar o erro e assegurar um elevado nível de confiança, o inventário fornece informações para tomada de decisão em planejamento de colheita e valoração de produtos madeireiros.

3.5 Variáveis levantadas no Inventário Florestal

3.5.1 Espécie

A identificação botânica foi realizada pelos nomes científicos, de acordo com as regras do Código Internacional de Nomenclatura Botânica.

3.5.2 Circunferência à altura do peito (CAP) e Diâmetro à altura do peito (DAP)

Todas as árvores das unidades amostrais tiveram a circunferência a 1,30 m do solo mensuradas com o uso de fita métrica. Em seguida, foram calculados os valores de diâmetro, conforme a equação:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito, em metros; e CAP = circunferência à altura do peito, em metros.

3.5.3 Altura total (Ht) e Altura dominante (Hdom)

A altura total corresponde à distância entre a base da árvore até seu ponto mais alto. Foi utilizado o **Hipsômetro Criterion 1000 RD** para a mensuração das alturas, em metros, com o valor da distância predefinido de 15 metros. **e mensuradas, no mínimo, a altura dominante de 20% dos indivíduos de cada parcela.**

A altura dominante é definida como a média das alturas das árvores de maior porte no povoamento. Pode ser calculada como a altura média das 100 árvores de maior diâmetro por hectare. No presente estudo, essas proporções foram ajustadas proporcionalmente à área da parcela amostral.

3.5.4 Qualidade do fuste (QF)

Os fustes foram avaliados de forma qualitativa, sendo classificados em:

1. Retilíneo;
2. Leve curvatura; e
3. Torto ou com presença de nós.

3.5.5 Sanidade da árvore

A sanidade dos indivíduos foi classificada em:

1. Saudável;
2. Sinais leves de pragas; e
3. Danos moderados a grave.

3.5.6 Área basal (g)

Obtida por meio do diâmetro à altura do peito, a área basal representa a área transversal do tronco a 1,30 m de altura, conforme equação abaixo.

$$g = \frac{DAP^2 \cdot \pi}{4}$$

Onde: g = área basal, em metros quadrados; e DAP = diâmetro à altura do peito, em metros.

3.5.8 Fator de forma artificial ($f_{1,3}$)

O fator de forma é a relação matemática entre o volume do cilindro de diâmetro igual ao DAP e o volume real da árvore. **De acordo com a literatura, adotou-se o fator de forma de 0,5 para o cálculo dos volumes.**

3.5.9 Volume total (V)

O volume dos fustes (com casca) foi calculado pelo método geométrico, ou seja, a forma mais próxima de um cilindro, e corrigido pelo fator de conversão (fator de forma), de acordo com a fórmula a seguir.

$$V = g \cdot Hdom \cdot f_{1,3}$$

Onde: V = volume, em metros cúbicos; Hdom = altura dominante, em metros; e $f_{1,3}$ = fator de forma.

3.6 Processamento dos dados

Os dados coletados foram processados utilizando planilhas eletrônicas e o software Microsoft Excel® (Microsoft Corporation) para a realização dos cálculos estatísticos e o ajuste das equações hipsométricas e volumétricas.

3.6.1 Relação Hipsométrica

A modelagem da relação hipsométrica teve como objetivo ajustar equações matemáticas capazes de estimar as alturas dos indivíduos em cada talhão e estrato. A seleção dos modelos mais adequados baseou-se em critérios estatísticos, como o coeficiente de determinação ajustado (R^2aj.), o erro padrão da estimativa percentual (Syx) e a análise gráfica dos resíduos.

A relação hipsométrica foi ajustada individualmente para cada população ou estrato, empregando-se o **modelo de Curtis**, expresso pela equação:

$$\ln h = b0 + b1\frac{1}{DAP}$$

Onde: h = altura, em metros; DAP = diâmetro à altura do peito, em metros; bo e b1 = coeficientes de interseção e de inclinação, respectivamente.

3.6.2 Equação de Volume

O ajuste das equações volumétricas teve como objetivo estimar e quantificar a capacidade produtiva do povoamento. Para a validação das equações de volume, teve como critérios estatísticos o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}.), o erro padrão da estimativa percentual (Syx%) e a análise gráfica dos resíduos.

O modelo matemático volumétrico foi ajustado utilizando **o modelo de Spurr:**

$$v = b0 + b1\,(DAP^2.H)$$

Onde: v = volume, em metros cúbicos; DAP = diâmetro à altura do peito, em metros; e h = altura, em metros.

A escolha dessa equação para as estimativas de volume confere a sua aplicação amplamente utilizada devido à simplicidade e precisão na modelagem do volume de árvores a partir de variáveis fáceis de medir em campo, como o diâmetro e a altura. Apesar de sua simplicidade matemática, o modelo de Spurr demonstrou, em diversos estudos, apresentar resultados precisos e confiáveis na estimativa do volume de madeira, muitas vezes comparáveis a modelos mais complexos.

As equações ajustadas são apresentadas abaixo:

Tabela 3: Ajuste das equações volumétricas.

Estrato	Coeficiente b0	Coeficiente b1	R²aj	Syx
(1) População de plantios homogêneos de *Pinus* sp				
1	-1,42E-03	3,93E-05	0,99995	0,00342
2	-4,59E-03	3,94E-05	0,99990	0,00389
3	1,21E-03	3,92E-05	0,99995	0,00375
4	4,10E-03	3,92E-05	1,00000	0,00742
5	1,08E-03	3,92E-05	0,99997	0,00348
6	3,24E-04	3,93E-05	0,99997	0,00451
7	1,58E-03	3,92E-05	0,99998	0,00417
(2) População de plantios homogêneos de *Eucalyptus* sp.				
1	6,66E-16	3,93E-05	0,99997	0,00370
2	1,77E-15	3,92E-05	1,00000	0,00424
(3) População Mista de *Pinus elliottii. e Eucalyptus* sp.				
-	1,43E-03	3,93E-05	0,99999	0,00419
(4) População Mista de *Pinus elliottii., Eucalyptus* sp. *e Criptomeria janonica*				
1	3,85E-05	3,93E-05	1,00000	0,00444
2	3,91E-03	3,92E-05	0,99989	0,00358

Onde: Coeficiente b0 = coeficiente de intercepção; Coeficiente b1 = coeficiente de inclinação; R²aj = coeficiente de determinação ajustado; e Syx = Erro padrão.

Foram ajustadas as equações volumétricas, as quais apresentaram desempenho satisfatório, evidenciado por elevados coeficientes de determinação e baixos erros padrão da estimativa. Esses resultados indicam que as variáveis utilizadas no modelo possuem forte relação e capacidade preditiva na determinação do volume das árvores, assegurando precisão às estimativas e confiabilidade ao processo de quantificação madeireira.

Com os modelos devidamente ajustados e validados, procedeu-se ao cálculo dos volumes por hectare de cada população. Os valores foram obtidos a partir das médias dos volumes totais mensurados nas parcelas e posteriormente extrapolados para um hectare, considerando a área efetivamente amostrada. Em seguida, esses volumes por hectare foram projetados para a área total de cada população, permitindo estimar o volume global disponível em cada tipologia florestal.

Esse procedimento garante que as estimativas volumétricas representem de adequadamente a estrutura e variabilidade do povoamento, fornecendo subsídios para o planejamento de colheita e a valoração da madeira.

4. RESULTADOS DOS INVENTÁRIOS

Neste tópico são apresentados os processamentos e resultados do inventário florestal abrangendo uma fração representativa da área total de plantio. A análise contempla tanto os resultados estatísticos obtidos a partir da amostragem quanto a modelagem volumétrica desenvolvida para estimar o volume individual e total dos indivíduos amostrados, visando maior precisão nas projeções produtivas.

Em um dos povoamentos avaliados, optou-se pela amostragem casual simples, uma vez que a área apresentava características homogêneas quanto à idade, espaçamento e volume. Nesses casos, a variabilidade entre unidades amostrais tende a ser reduzida, o que torna desnecessária a estratificação da população. A amostragem casual simples, além de metodologicamente mais simples e operacionalmente eficiente, garante igual probabilidade de seleção para todas as unidades, proporcionando estimativas imparciais dos parâmetros populacionais e adequada precisão para o nível de uniformidade observado no povoamento.

A execução do processo de amostragem aleatória estratificada nos demais plantios mostrou-se adequada às suas características, uma vez que os estratos apresentaram maior variância entre eles em comparação à variância observada na população total, resultando em uma melhor eficiência e adequação estatística do método. Essa abordagem permitiu reduzir o erro amostral e aprimorar a confiabilidade das estimativas volumétricas, assegurando maior representatividade dos resultados obtidos.

O processamento dos dados e informações obtidos por meio da amostragem, **referente a uma área de 24,46 hectares, resultou em um volume total estimado de 28.582,6 m³, com intervalo de confiança entre 25.872,0 e 31.460,9 m³**. Esses resultados fornecem uma margem de precisão adequada para a interpretação do potencial volumétrico da área avaliada

Além dessa volumetria, foram acrescidos 370 m³, correspondentes a levantamentos pontuais realizados em duas localidades, **totalizando um estoque de madeira em pé de 28.952,6 m³.**

4.1 Talhões homogêneos de *Pinus elliottii e Pinus taeda*

As áreas homogêneas de *Pinus sp*. correspondem aos talhões 17, 18, 19, 21B, 43 e parte do 45B, compostos pela espécie *Pinus elliottii*, além do talhão 21A, formado por plantio de *Pinus taeda*, totalizando uma área de 11,78 hectares. Esses talhões apresentam idades variando entre 22 e 62 anos.

Para essa população, o inventário florestal foi conduzido utilizando o processo de **Amostragem Aleatória Estratificada**, composto por sete estratos. A intensidade amostral adotada foi adequada para manter o erro de amostragem da variável volume dentro dos limites de precisão previamente estabelecidos, resultando em um erro de 10,1%. Dessa forma, constatou-se a suficiência amostral, assegurando a representatividade estatística e a confiabilidade das estimativas obtidas.

A tabela e a figura a seguir apresentam as estimativas dos parâmetros dendrométricos da população avaliada e as classes diamétricas dos estratos.

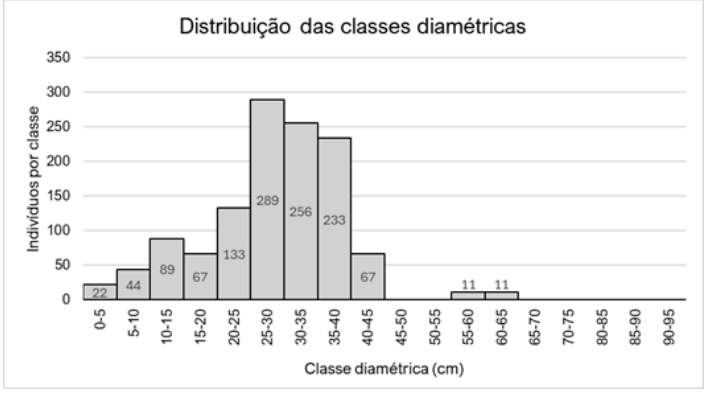
Tabela 4: Estimativas dos parâmetros dendrométricos para a população de *Pinus* sp.

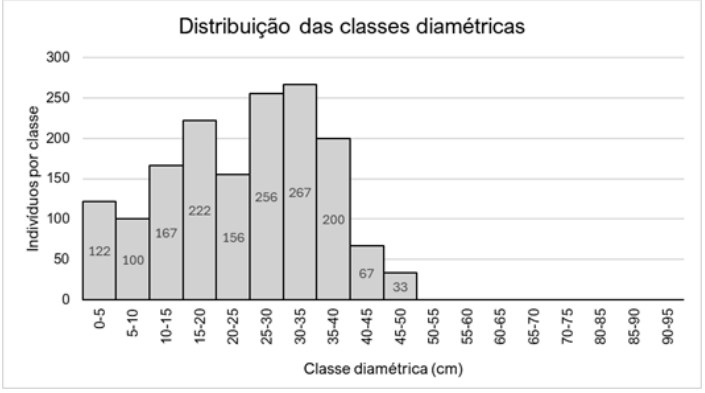
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Área (ha)	2,89	0,72	1,47	1,49	2,43	2,12	0,66
Idade (anos)	31 a 33	26	22 e 23	62	22	34 e 35	33
DAP médio (cm)	28,3	24,1	25,2	27,8	25,6	39,3	35,3
H média (m)	36,5	24,2	30,5	24,2	26,0	33,1	29,1
Hdom (m)	27,8	25,4	24,1	40,2	28,0	33,7	30,5
Volume médio (m³)	1,0337	0,6979	0,7720	1,9849	0,7636	2,1142	1,5644
Densidade (N/ha)	1.222	1.589	1.122	1.011	1.156	644	633
G (m²/ha)	86,2	88,5	68,4	107,4	64,1	81,3	65,4
Volume/ha (m³/ha)	1.263,5	1.180,8	866,4	2.007,0	882,4	1.362,5	990,8
Bifurcadas	89	122	33	44	67	56	44
Talhão	17	18	19	21A	21B	43	45B

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito médio, em centímetros; H = altura média estimada, em metros; Densidade = número de árvores por hectare; Hdom = altura dominante média das unidades amostrais, em metros; Volume médio = volume médio por indivíduo das unidades amostrais, em metros cúbicos; G = área basal total por hectare, em quadrados; Volume/ha = volume total por hectare; em metros cúbicos; e Bifurcada = número de árvores bifurcadas por hectare.

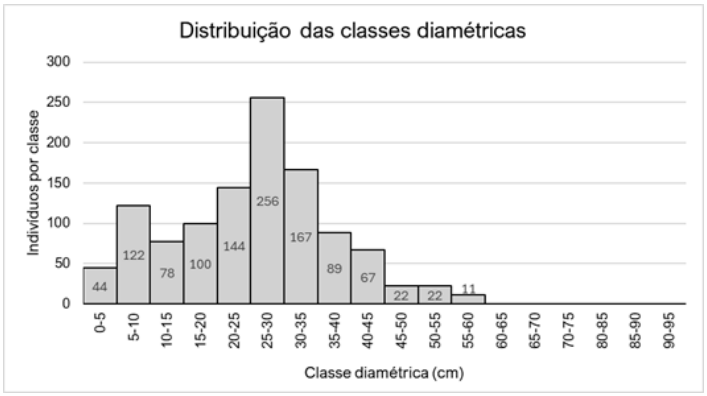
Figura 2: Histogramas das classes diamétricas para os estratos da população de Pinus sp, por hectare.

Estrato 1 Estrato 2

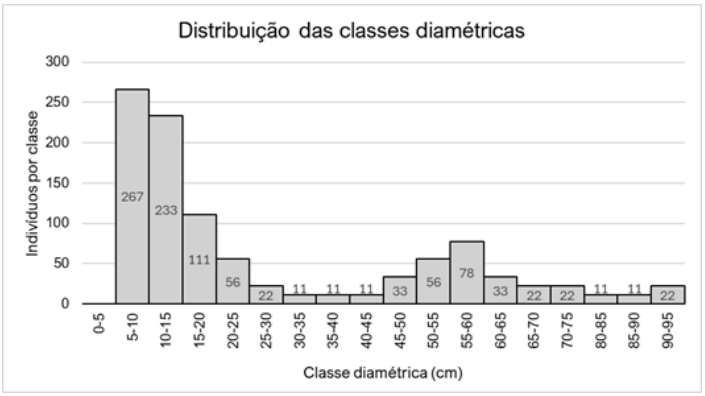




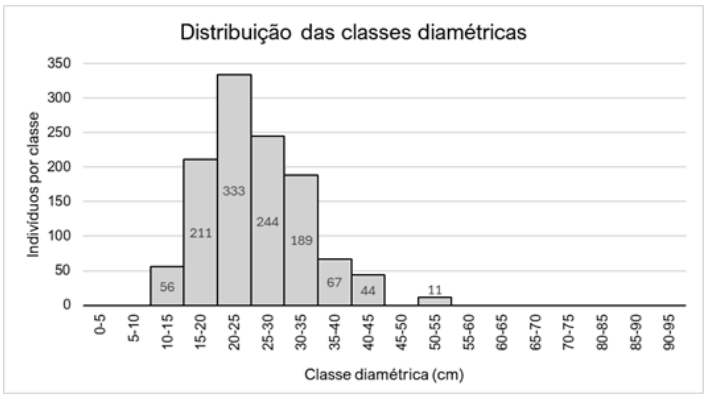
Estrato 3



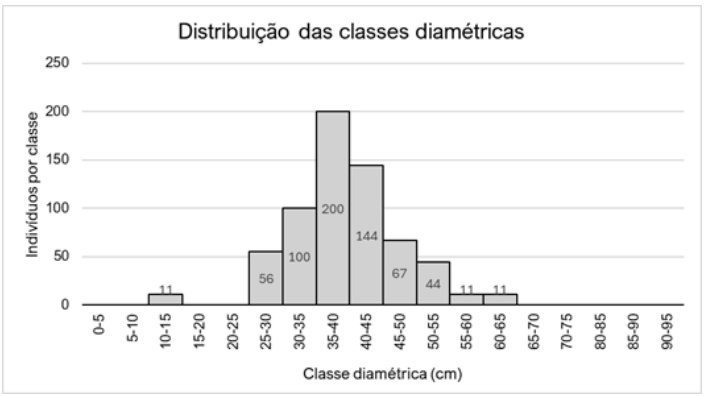
Estrato 4



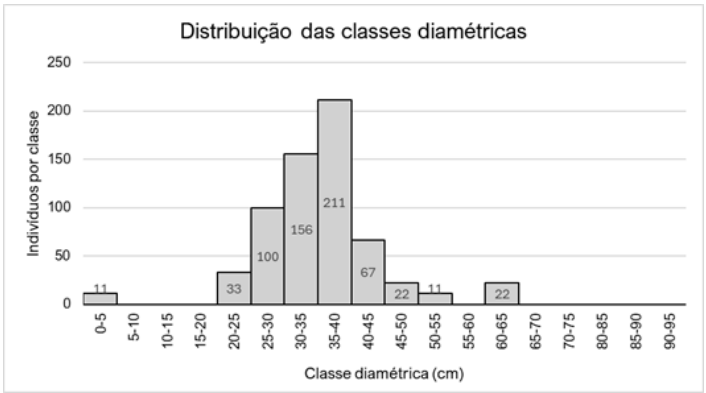
Estrato 5



Estrato 6



Estrato 7



Foram realizadas análises estatísticas de amostragem para determinar o volume total, os intervalos de confiança e o erro de amostragem, permitindo avaliar a precisão das estimativas obtidas. A seguir, apresenta-se a tabela com os resultados dessa análise estatística, sintetizando os parâmetros que descrevem a precisão do inventário.

Tabela 5: Análise estatística para a população de *Pinus* sp.

	E1	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**		
Área	2,89	0,72	1,47	1,49	2,43	2,12	3,20		ha
Média por estrato	1.263	1.109	866	2.006	882	1.362	990		m³/ha
Média estratificada								**1.222,44**	m³/ha
Variância estratificada								20.512,9	(m³/450m²)²
Variância da média estratificada								1.509,2	(m³/450m²)²
Erro Padrão								38,8	m³/450m²

t de Student								3,182	-
Erro de amostragem absoluta								123,6	m³/450m²
Erro de amostragem relativo								10,1	%
Intervalo de confiança			**1.098,8**	**1.222,44**	**1.346,1**				m³/ha
Total por estrato	3.651,4	798,4	1.273,6	2.990,4	2.144,2	2.888,4	653,9		m³/una
Total por população								**14.400,3**	m³/11,78ha
Intervalo de confiança total			**12.944,5**	**14.400,3**	**15.856,4**				m³/11,78ha

Onde: E = estrato; una = unidade de área.

A partir da análise estatística dos dados obtidos no inventário, estimou-se que o **volume total de madeira em pé da população alcança 14.400,3 m³**. Considerando a variabilidade das unidades amostrais, definiu-se um **intervalo de confiança que situa o volume real entre 12.944,5 m³ e 15.856,4 m³**. Essa faixa de variação demonstra que a estimativa é estatisticamente consistente, fornecendo uma base segura para a interpretação e o planejamento relativo ao estoque de madeira disponível.

4.2 Talhão homogêneo de *Eucalyptus sp.*

O Talhão 45A representa o plantio homogêneo de *Eucalyptu*s sp. e possui área total de 4,09 hectares. O processo de **inventário foi Amostragem Aleatória Estratificada**, composta por dois estratos. O delineamento amostral e o número de parcelas atenderam aos critérios estatísticos preestabelecidos para o nível de precisão, **com erro de amostragem de 3,84%**. A tabela abaixo apresenta as estimativas dos parâmetros dendrométricos.

A tabelas e a figura a seguir apresentam as estimativas dos parâmetros dendrométricos da população avaliada e as classes diamétricas dos estratos.

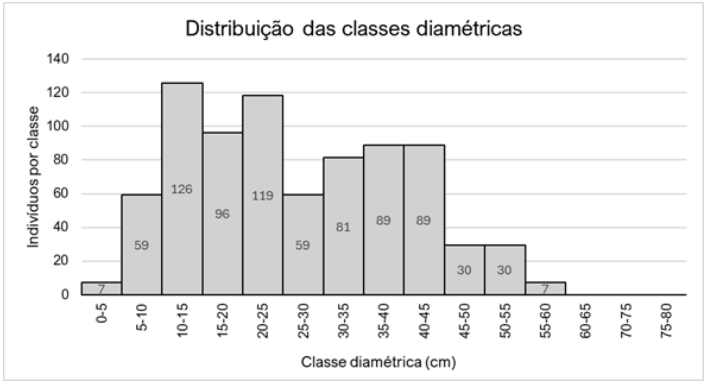
Tabela 6: Estimativas dos parâmetros dendrométricos para a população de *Eucalyptus* sp.

	E1	**E2**
Área (ha)	1,242	2,847
Idade (anos)	33	33
DAP médio (cm)	26,9	29,6
H média (m)	22,9	45,4
Hdom (m)	28,5	37,2
Volume médio (m³)	0,9235	1,9072
Densidade (N/ha)	793	833
G (m²/ha)	55,6	82,2
V (m³/ha)	731,9	1.589,3
Bifurcadas	59	33
Talhão	45A	45A

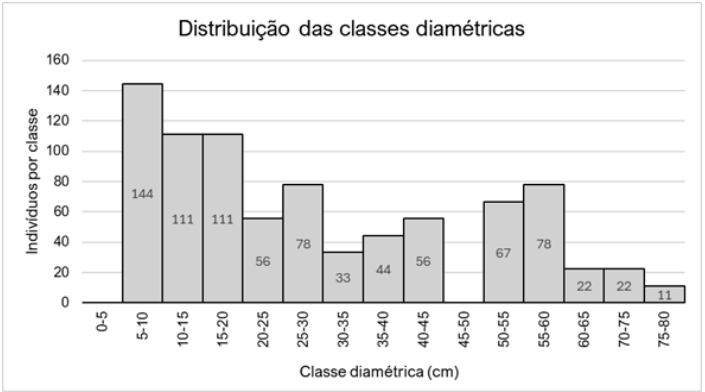
Onde: DAP = diâmetro à altura do peito médio, em centímetros; H = altura média estimada, em metros; Densidade = número de árvores por hectare; Hdom = altura dominante média das unidades amostrais, em metros; Volume médio = volume médio por indivíduo das unidades amostrais, em metros cúbicos; G = área basal total por hectare, em quadrados; V = volume total por hectare; em metros cúbicos; e Bifurcada = número de árvores bifurcadas por hectare.

Figura 3: Histogramas das classes diamétricas para os estratos da população de *Eucalyptus* sp, por hectare.

Estrato 1



Estrato 2



Foram realizadas análises estatísticas de amostragem para determinar o volume total, os intervalos de confiança e o erro de amostragem, permitindo avaliar a precisão das estimativas obtidas. A seguir, apresenta-se a tabela com os resultados dessa análise estatística, sintetizando os parâmetros que descrevem a precisão do inventário.

Tabela 7: Análise estatística para a população para a população de *Eucalyptus* sp.

	E1	**E2**	
Área	1,242	2,847	ha

Média por estrato	691,3	1533,1		m³/ha
Média estratificada			**1.398,5**	m³/ha
Variância estratificada			65,63	(m³/450m²)²
Variância da média estratificada			17,88	(m³/450m²)²
Erro Padrão			4,228	m³/450m²
t de Student			12,706	-
Erro de amostragem absoluto			53,73	m³/450m²
Erro de amostragem relativo			3,84	%
Intervalo de confiança	**1.3444,8**	**1.398,5**	**1.452,2**	m³/ha
Total por estrato	858,58	4.364,77		m³/una
Total por população			5.223,4	m³/4,09ha
Intervalo de confiança total	**5.190,4**	**5.223,4**	**5.423,9**	m³/4,09ha

Onde: E = estrato; una = unidade de área.

A análise estatística aplicada ao conjunto de dados permitiu estimar o volume total de madeira em pé da população, **resultando em um valor de 5.223,4 m³**. Com base na variabilidade observada e na intensidade amostral adotada, foi possível determinar o intervalo de confiança, indicando que **o volume real do estoque de madeira se encontra na faixa de 5.190,4 m³ a 5.423,9 m³.**

4.3 Talhão misto: *Pinus elliottii. e Eucalyptus sp.*

A população composta por plantios misto de *Pinus elliottii* e de *Eucalyptus* sp. está localizada no Talhão 45B e possui área total de 2,530 hectares. O processo de inventário foi **Amostragem Casual Simples**, permitindo uma representatividade estatística satisfatória, com **erro de amostragem de 12,1%** e cumpriu com o número significativo de amostras. Portanto, as unidades amostrais foram representativas da população, assegurando a confiabilidade das estimativas do inventário. A tabela abaixo apresenta as estimativas dos parâmetros dendrométricos.

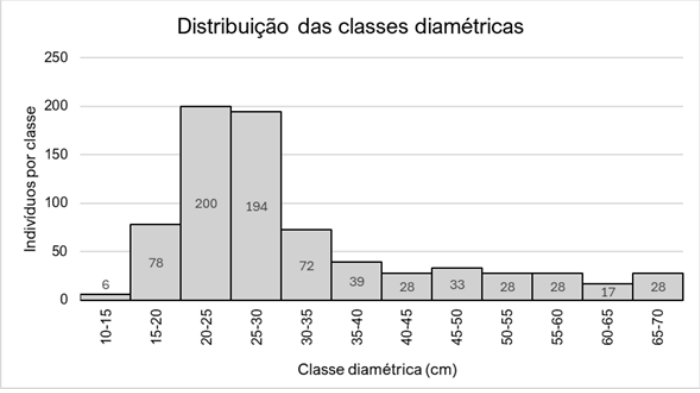
A tabelas e a figura a seguir apresentam as estimativas dos parâmetros dendrométricos da população avaliada e as classes diamétricas dos estratos.

Tabela 8: Estimativas dos parâmetros dendrométricos para a população de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp.

Misto: *Pinus* sp. *Eucalyptus* sp.	
Área (ha)	2,530
Idade (anos)	33
DAP médio (cm)	31,6
H média (m)	25,1
Hdom (m)	27,7
Volume médio (m³)	1,2720
Densidade (N/ha)	750
G (m²/ha)	217,7
V (m³/ha)	954,0
Bifurcadas	22
Talhão	45B

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito médio, em centímetros; H = altura média estimada, em metros; Densidade = número de árvores por hectare; Hdom = altura dominante média das unidades amostrais, em metros; Volume médio = volume médio por indivíduo das unidades amostrais, em metros cúbicos; G = área basal total por hectare, em quadrados; V = volume total por hectare; em metros cúbicos; e Bifurcada = número de árvores bifurcadas por hectare.

Figura 4: Histogramas das classes diamétricas para a população mista de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp, por hectare.



Foram realizadas análises estatísticas de amostragem para determinar o volume total, os intervalos de confiança e o erro de amostragem, permitindo avaliar a precisão das estimativas obtidas. A seguir, apresenta-se a tabela com os resultados dessa análise estatística, sintetizando os parâmetros que descrevem a precisão do inventário.

Tabela 9: Análise estatística para a população para a população mista de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp.

	Misto	***Pinus* sp. *Eucalyptus* sp.**		
Área	2,530			ha
Média	954,0			m³/ha
Variância	5.747,1			m³/ha
Erro Padrão	36,5			m³/450m²
T de Student	3,182			-
Erro de amostragem absoluto	116,3			m³/450m²
Erro de amostragem relativo	12,1			%
Intervalo de confiança	**837,8**	**954,0**	**1.070,3**	m³/ha
Total por população	2.413,7			m³/2,530ha
Intervalo de confiança total	**2.119,4**	**2.413,7**	**2.707,9**	m³/2,530ha

Onde: E = estrato; una = unidade de área.

Por meio do tratamento estatístico dos dados coletados, foi possível quantificar o estoque de madeira em pé da população, **obtendo-se uma estimativa central de 2.413,7 m³**. A análise da dispersão amostral permitiu estabelecer um intervalo de confiança, dentro do qual se espera que **o volume verdadeiro da população esteja compreendido, variando de 2.119,4 m³ a 2.707,9 m³.**

4.4 Talhão misto: *Pinus elliottii.*, *Eucalyptus sp. e Criptomeria janonica*

A população composta por **plantios mistos de *Pinus elliottii*, de *Eucalyptus* sp. e *Criptomeria japonica* está localizada no Talhão 45 e possui área total de 6,05 hectares**. O processo de inventário foi Amostragem Aleatória Estratificada, composta por dois estratos. **A estatística apresentou erro de amostragem de 14,1%** e atingiu a intensidade amostral representativa. A tabela abaixo apresenta as estimativas dos parâmetros dendrométricos.

A tabelas e a figura a seguir apresentam as estimativas dos parâmetros dendrométricos da população avaliada e as classes diamétricas dos estratos.

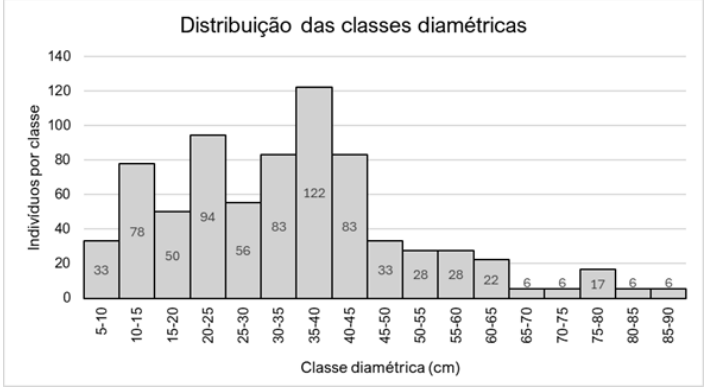
Tabela 10: Estimativas dos parâmetros dendrométricos para a população de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e *Criptomeria japonica.*

	E1	**E2**
Área (ha)	4,230	1,817
Idade (anos)	33	33
DAP médio (cm)	34,2	26,8
H média (m)	24,5	19,9
Hdom (m)	29,9	23,3
Volume médio (m³)	1,7073	0,7049
Densidade (N/ha)	750	881
G (m²/ha)	201,1	236,5
V (m³/ha)	1.280,5	621,3
Bifurcadas	39	44
Talhão	45	45

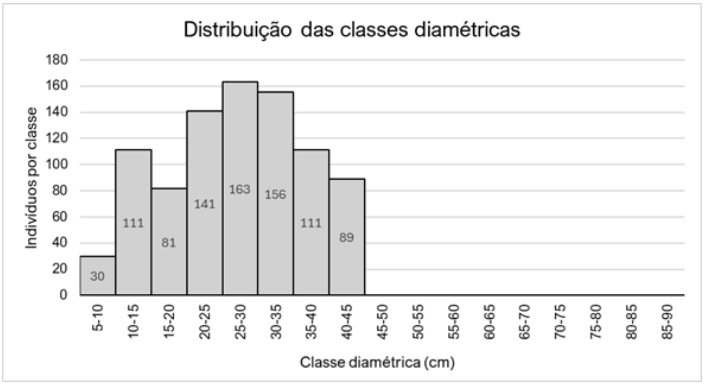
Onde: DAP = diâmetro à altura do peito médio, em centímetros; H = altura média estimada, em metros; Densidade = número de árvores por hectare; Hdom = altura dominante média das unidades amostrais, em metros; Volume médio = volume médio por indivíduo das unidades amostrais, em metros cúbicos; G = área basal total por hectare, em quadrados; V = volume total por hectare; em metros cúbicos; e Bifurcada = número de árvores bifurcadas por hectare.

Figura 5: Histogramas das classes diamétricas para os estratos da população mista de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e *Criptomeria japonica*, por hectare.

Estrato 1



Estrato 2



Foram realizadas análises estatísticas de amostragem para determinar o volume total, os intervalos de confiança e o erro de amostragem, permitindo avaliar a precisão das estimativas obtidas. A seguir, apresenta-se a tabela com os resultados dessa

análise estatística, sintetizando os parâmetros que descrevem a precisão do inventário.

Tabela 11: Análise estatística para a população para a população mista de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e *Criptomeria japonica*.

	E1	**E2**		
Área	4,230	1,817		ha
Média por estrato	1.280,5	621,3		m³/ha
Média estratificada			**1.082,4**	m³/ha
Variância estratificada			14.094,6	(m³/450m²)²
Variância da média estratificada			2.323,4	(m³/450m²)²
Erro Padrão			48,2	m³/450m²
t de Student			3,182	-
Erro de amostragem absoluto			153,4	m³/450m²
Erro de amostragem relativo			14,1	%
Intervalo de confiança	**928,9**	**1.082,4**	**1.253,8**	m³/ha
Total por estrato	5.669,0	1.187,7		m³/una
Total por população			6.545,2	m³/6,047ha
Intervalo de confiança total	**5.617,7**	**6.545,2**	**7.472,7**	m³/6,047ha

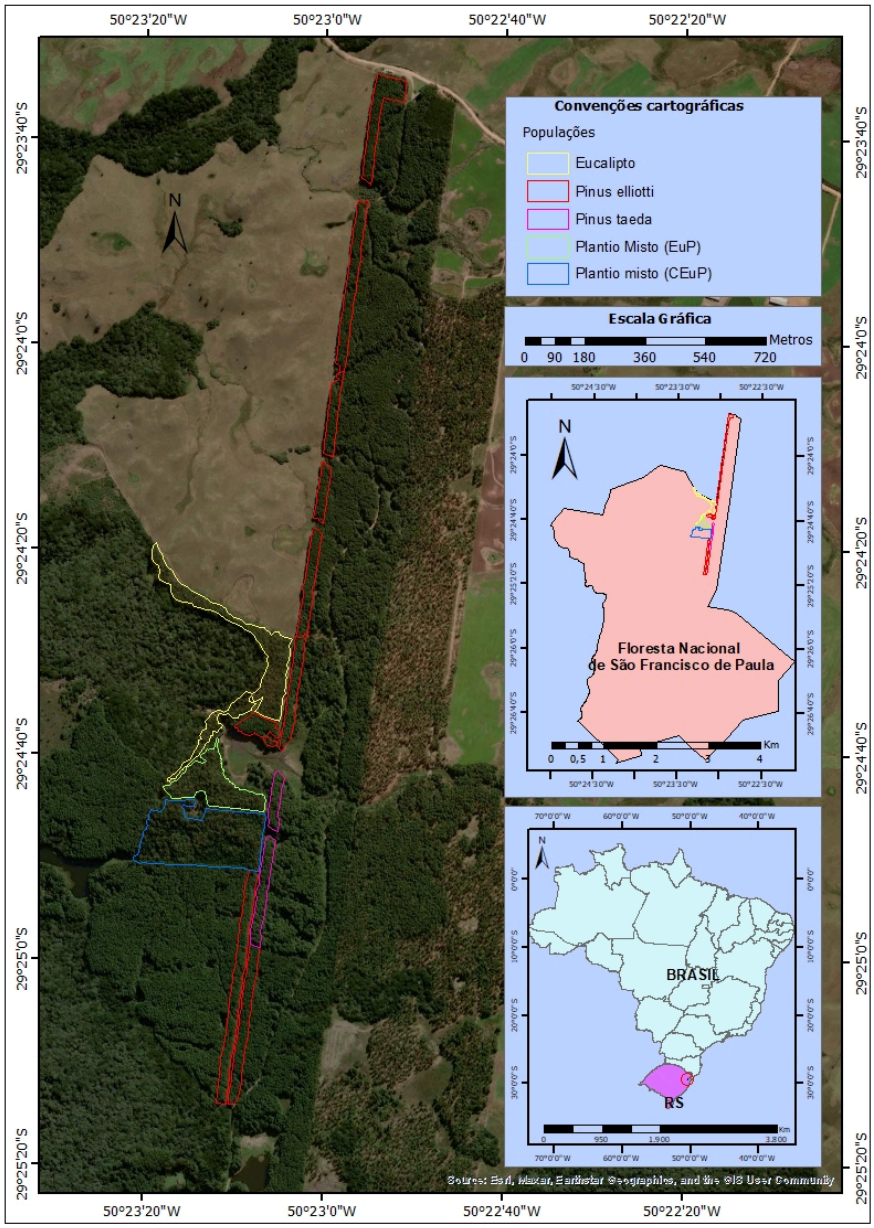
Onde: E = estrato; una = unidade de área.

A análise estatística realizada para a população resultou em uma **estimativa de volume total de madeira em pé (estoque de madeira) de 6.545,2 m³**. O cálculo do intervalo de confiança indica que o **volume real da população se situa entre 5.617,7 m³ e 7.472,7 m³**, evidenciando a precisão e a confiabilidade das estimativas obtidas.

4.5 Análise de indivíduos pontuais

Foi realizado **inventário florestal 100%** em duas localidades adjacentes à área amostrada, **totalizando 181 indivíduos de *Pinus elliotti*.** A realização por meio da metodologia censo para essas árvores ocorreu devido à distribuição desses indivíduos, que não estão inseridos nos talhões, portanto, obtendo suas mensurações individuais.

Figura 6: Mapa das localidades com levantamento de indivíduos pontais.



Para quantificar o volume total, foram ajustadas a equação hipsométrica (Curtis) e a equação volumétrica (Spurr). Na equação hipsométrica, o intercepto (b0) foi 3,3173 e o coeficiente angular (b1) –13,0571, com **coeficiente de determinação ajustado (R^2aj) de 0,5326 e erro padrão da estimativa (Syx) de 0,3069**. Para a equação volumétrica, o intercepto foi $3{,}33\times10^{-15}$ e o coeficiente angular $3{,}93\times10^{-5}$, **apresentando R^2aj igual a 1,000 e Syx de $2{,}59\times10^{-15}$.** Ambas as equações foram ajustadas aos dados para descrevê-los adequadamente e estimar o volume total, sendo que a equação volumétrica apresentou um ajuste excelente.

Os principais resultados obtidos nas duas áreas avaliadas, incluindo as variáveis dendrométricas e a distribuição das árvores por classes de qualidade de fuste (QF), estão apresentados na Tabela 13. Embora os indivíduos da segunda área apresentem maiores diâmetro e altura médios, sua qualidade de fuste é inferior, devido ao contexto em que se encontram. A Área 2 está localizada ao lado do talhão 45 e próxima a uma área alagada, sendo composta por árvores originadas de regeneração natural, sem espaçamentos definidos ou manejo inicial. Nessas condições, os indivíduos cresceram de forma desordenada, resultando em fustes tortuosos e de menor qualidade.

Tabela 12: Informações quantitativas e qualitativas dos indivíduos pontuais.

	Área 1	**Área 2**
Número de árvores	123	58
DAP médio (cm)	40,4	44,5
Altura média (m)	18,8	19,7
Volume médio (m^3)	1,9918	2,1802
Volume total (m^3)	245,0	126,5
QF 1	77	20
QF 2	43	26
QF 3	2	12

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito médio, em centímetros; QF = qualidade do fuste.

Portanto, o inventário florestal referente aos levantamentos pontuais identificou um **volume total de 370 m^3 de madeira em pé**. Esse valor corresponde a áreas específicas que, por suas características, foram avaliadas individualmente. A volumetria

obtida será acrescida ao volume estimado para os talhões analisados por amostragem, de modo a compor o estoque volumétrico total da área inventariada. Essa incorporação assegura uma estimativa mais completa e precisa do potencial madeireiro disponível na área.

A remoção desses indivíduos avaliados pontualmente constitui uma condicionante operacional para a extração do volume total estimado nos talhões inventariados por amostragem. Essa etapa é necessária para favorecer o controle das espécies exóticas presentes na área, uma vez que a eliminação desses exemplares contribui para a manutenção do equilíbrio ecológico e impede o avanço dessas espécies sobre a vegetação nativa.

4.6 Análise qualitativas

Os talhões apresentam estado fitossanintário com excelente sanidade, com baixa incidência de pragas ou doenças, indicando boa qualidade para manejar. Quase a totalidade das árvores demonstra boa retidão de fuste e ausência de bifurcações, características desejáveis para o uso madeira.

Tabela 13 - Informações qualitativas dos inventários

Estrato	QF1 %	QF2 %	QF3 %
(1) População de plantios homogêneos de *Pinus* sp			
1	56	41	3
2	62	34	4
3	64	33	3
4	33	60	7
5	45	45	10
6	59	41	0
7	44	54	2
(2) População de plantios homogêneos de *Eucalyptus* sp.			
1	94	6	0
2	88	12	0
(3) População Mista de *Pinus elliottii. e Eucalyptus* sp.			
-	82	17	1
(4) População Mista de *Pinus elliottii., Eucalyptus* sp. *e Criptomeria janonica*			
1	88	12	0
2	92	7	1

A maior parte das árvores, em todas as populações e estratos analisados, apresenta fuste retilíneo (QF1), indicando boa qualidade estrutural para uso. Fustes com leve curvatura (QF2) são menos frequentes, enquanto os com tortuosidades e presença de nós (QF3) são relativamente raros.

Assim, a análise confirma que **a predominância de fustes retilíneos, variando entre 82% e 94%, é consistente em todos os estratos e populações**, demonstrando uniformidade e boa qualidade. As categorias de menor qualidade aparecem em menores proporções, indicando que a maioria das árvores é adequada para o aproveitamento comercial.

5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

5.1 Metodologia de Precificação

A avaliação monetária dos talhões em pé é fundamental para o processo de leilão, portanto a precificação proposta combina: *(i) preço de referência de mercado* (observado em cotações levantadas) e *(ii) volume de madeira total do talhão considerando o limite inferior do intervalo de confiança*.

A adoção do limite inferior do intervalo de confiança como preço inicial para o leilão representa uma estratégia economicamente racional e prudente frente à incerteza das estimativas volumétricas, inerentes aos inventários florestais amostrais, que estão sujeitos a erros de amostragem, variabilidade espacial da floresta, limitações operacionais de campo e pressupostos estatísticos associados à extrapolação dos volumes estimados para a área total.

A definição de um preço de reserva conservador mitiga o risco de fracasso do certame e evita prejuízos administrativos e econômicos de um leilão deserto. Desse modo a competição entre os agentes tende a elevar o valor final do bem, capturando o potencial econômico e promovendo maior eficiência alocativa, assegurando que o retorno financeiro esteja compatível com os riscos do ativo florestal ofertado.

5.2 Preços de Referencia Regionais

A seguir são mostrados os preços que foram cotados no dia em outubro de 2025 junto ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF e a DEXCO para a região mais próxima da Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

O IPEF informou os seguintes valores:

- Povoamentos não desbastados (m³): de R$ 100,00 a R$ 120,00;
- Povoamentos desbastados (m³): de R$ 150,00 a R$ 230,00.

Os valores informados pela DEXCO foram os seguintes:

- Povoamento de Pinus (m³): R$ 120,00;
- Povoamento de Eucalipto (m³): R$ 110,00.

Considerando a dificuldade em **identificar de forma clara e objetiva** os povoamentos que foram submetidos a desbaste, foi estabelecida como premissa a utilização da média dos valores de mercado fornecidos pelo IPEF e pela DEXCO. Portanto, o valor médio do metro cúbico adotado nesta Nota Técnica foi de **R$ 138,00**, aplicado indistintamente ao **Eucalipto, Pinus e Criptomeria**.

Tabela 14 - Síntese da Valoração Econômica dos Povoamentos Inventariados por Espécie, Volume e Área Avaliada

Espécie	Volume (m³)	Área (hectares)	Preço dos preços cotados (R$)	Valor (R$)
Talhões homogêneos de *Pinus elliottii e Pinus taeda*	12.944,5	11,78	138	1.786.341,00
Talhão homogêneo de Eucalyptus sp.	5.190,4	4,09	138	716.275,20
Talhão misto: Pinus elliottii. e Eucalyptus sp.	2.119,4	2,53	138	292.477,20
Talhão misto: Pinus elliottii., Eucalyptus sp. e Criptomeria janonica	5.617,7	6,05	138	775.242,60
Árvores isoladas	370	-	138	51.060,00
Totalizações	**26.242,0**	**24,45**		**3.621.396,00**

Com base na análise econômica utilizando o método que possibilite um leilão competitivo, o valor monetário estimado para 24,45 hectares de floresta plantada de *Pinus elliottii, Pinus taeda,Criptomeria janonica e Eucalyptus sp* é de **R$ 3.621.396,00 (Três milhões, seissentos e vinte e um mil, trezentos e noventa e seis reais).** Este valor servirá como um sólido fundamento para a definição do preço mínimo no processo de leilão, garantindo transparência ao trâmite.

5. CONCLUSÃO E/OU PROPOSIÇÃO

Com base nas análises técnicas, nas estatísticas de amostragem obtidas e no processamento volumétrico realizado para as quatro populações amostrais e para os indivíduos pontuais, conclui-se que a área inventariada — totalizando **24,45 hectares** — apresenta um estoque volumétrico consolidado de **26.242,0 m³ de madeira em pé**, distribuído entre povoamentos homogêneos de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Eucalyptus sp.*, além de povoamentos mistos e 370 m³ provenientes de árvores avaliadas por censo.

A análise do zoneamento da Floresta Nacional de São Francisco de Paula confirma que a maior parte da área está inserida na **Zona de Manejo Florestal**, onde o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais é permitido e regulamentado. As pequenas porções sobrepostas à **Zona de Uso Restrito** e à **Zona de Infraestrutura** foram devidamente avaliadas à luz do Plano de Manejo, que autoriza a **remoção pontual de espécies exóticas** em situações excepcionalmente justificadas. No contexto deste inventário, a intervenção atende ao **Acordo de Convivência firmado entre ICMBio, Funai, TRF4 e a Comunidade Xokleng Konglui**, voltado à desocupação dos imóveis funcionais e à implantação das moradias indígenas — constituindo, portanto, ação **ambientalmente necessária e juridicamente respaldada**.

Durante os trabalhos de campo, foram identificados indivíduos nativos de araucária, xaxim e samambaia preta. Assim, recomenda-se que a operação de colheita observe **medidas específicas de proteção**, garantindo que os indivíduos ameaçados, especialmente aqueles classificados “Em perigo”, sejam integralmente preservados. Os talhões apresentam, de modo geral, excelente estado fitossanitário e elevada proporção de fustes retilíneos, reforçando a viabilidade técnica da extração.

No tocante à avaliação econômica, foram utilizados **preços de referência regionais** obtidos junto ao IPEF e à empresa Dexco, resultando no valor médio de **R$ 138,00/m³**, aplicado uniformemente às espécies inventariadas. Considerando este valor unitário e o volume consolidado da Tabela 15, estima-se um valor total de **R$ 3.621.396,00**, o qual representa a valoração monetária da madeira em pé existente nos povoamentos analisados. Esse montante constitui referência técnica sólida para subsidiar a definição do preço mínimo a ser adotado em futuro processo de leilão, observando os princípios de transparência patrimonial, economicidade e adequada destinação de bens da União.

Diante do exposto, recomenda-se:

Estabelecer diretrizes operacionais para a colheita, com ênfase na proteção integral de indivíduos nativos ameaçados, no controle de impactos ambientais e na execução das operações de forma compatível com as normas do Plano de Manejo;

Dar prosseguimento à preparação do processo administrativo de leilão, adotando o valor total estimado como parâmetro técnico para definição do preço mínimo e para assegurar que o processo ocorra de maneira transparente, eficiente e alinhada aos objetivos de gestão da Unidade;

Solicitar manifestação da PFE sobre a supressão na ZUR e incluir parecer jurídico no processo antes da publicação do leilão;

Assim, a presente Nota Técnica cumpre sua finalidade ao fornecer diagnóstico preciso, fundamentação técnica robusta e suporte econômico para a tomada de decisão referente à destinação da madeira inventariada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de São Francisco de Paula.** 2020. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/flona-de-sao-francisco-de-paula/arquivos/2020_plano_manejo_flona_sao_francisco_de_paula_2020-cleaned.pdf

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Programa de Manejo Florestal da Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS**. São Francisco de Paula, 2013, 67 p.

PELLICO NETO, S.; BRENA, D.A. Inventário Florestal. Curitiba: Editorado pelos autores. v.1, 1997. 316p.

RIBEIRO, S. B.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A.; NASCIMENTO, A. R. T. Diversidade e classificação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da Flona de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 17, n. 2, p. 101-108, 2007. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1941/1183

IPEF- Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais.

DEXCO S.A.

ANEXO I - DIRETRIZES TÉCNICAS PARA A EXTRAÇÃO DA MADEIRA

As empresas responsáveis pela execução dos serviços de colheita, extração e transporte do material lenhoso deverão observar integralmente as diretrizes técnicas abaixo, destinadas a garantir a segurança operacional, a integridade ambiental e a adequada relação institucional com a Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

1. Requisitos técnicos e comprovação de experiência

a) A empresa contratada deverá comprovar experiência prévia em operações de colheita florestal de *Pinus* e *Eucalyptus*, por meio de registros, atestados ou documentos técnicos equivalentes.

b) Deverá possuir e disponibilizar equipamentos adequados para a execução segura da colheita, extração, carregamento e transporte da madeira.

2. Termo de Compromisso e responsabilidades gerais

a) A empresa responsável deverá assinar Termo de Compromisso com a Floresta Nacional de São Francisco de Paula, assumindo as seguintes obrigações:

b) Designar preposto formalmente identificado, com competência decisória e capacitação técnica para interlocução com a gestão da UC; manter permanentemente atualizados seus contatos.

c) Apresentar e manter atualizada a lista nominal dos colaboradores autorizados a atuar na operação, responsabilizando-se por seu controle e identificação em campo.

d) Cumprir integralmente a legislação trabalhista, previdenciária e de segurança ocupacional, assumindo responsabilidade por todos os trabalhadores envolvidos na operação.

3. Infraestrutura viária, acesso e logística

a) Recuperar previamente todas as estradas internas e acessos a serem utilizados no transporte da madeira, arcando com os custos e materiais necessários (brita, cascalhamento, bueiros, pontes ou reforços estruturais, quando aplicável).

b) Entregar todas as vias utilizadas em condições iguais ou superiores às existentes antes do início das atividades, efetuando manutenção final ao término da exploração de cada área.

c) O tráfego de máquinas e caminhões deverá ser imediatamente suspenso quando houver risco de degradação das vias, especialmente em períodos chuvosos. Nestes casos, o deslocamento somente poderá ocorrer mediante autorização expressa da gestão da Flona.

4. Prazos e condições de operação

a) A extração deverá ocorrer no menor prazo operacional possível, limitado a 4 (quatro) meses, respeitando os princípios de segurança do trabalho, proteção aos recursos naturais da Unidade e restrições climáticas.

b) As atividades de extração serão permitidas exclusivamente em dias úteis, no horário das 08h às 18h, salvo autorização prévia e por escrito da Flona.

c) Em períodos de chuva, o trânsito de máquinas dependerá de autorização expressa da equipe gestora, que poderá interromper as atividades sempre que necessário para evitar danos ambientais ou estruturais.

5. Condutas obrigatórias de proteção ambiental

a) É terminantemente proibido o uso de fogo em qualquer etapa da operação dentro da Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

b) A manutenção de máquinas e equipamentos deverá ser realizada exclusivamente sobre lona impermeável ou estrutura equivalente, de modo a evitar contaminação do solo por óleos, combustíveis, graxas ou quaisquer produtos químicos.

c) A empresa será integralmente responsável por eventuais danos ao patrimônio material, ambiental ou biológico da Unidade, incluindo danos a indivíduos nativos protegidos, a cursos d'água, ao solo ou à vegetação remanescente.

6. Segurança do trabalho e controle de acesso

a) A empresa será responsável por todas as medidas de segurança relativas aos trabalhadores envolvidos na operação, incluindo o cumprimento de normas regulamentadoras e uso de EPIs.

b) É proibida a presença de pessoas não autorizadas nas áreas de operação, exceto servidores do ICMBio ou profissionais devidamente identificados para fins de monitoramento e fiscalização.

c) Deve manter plano de emergência e equipamentos de primeiros socorros disponíveis durante toda a operação.

7. Fiscalização, transparência e acesso às informações

a) A empresa deverá facilitar o acesso dos técnicos do ICMBio às áreas de trabalho, equipamentos e documentos sempre que solicitado.

b) Deverá também fornecer imediatamente todas as informações requeridas para fins de fiscalização, acompanhamento técnico, segurança operacional ou gestão ambiental.

8. Proteção de espécies nativas protegidas

8.1. Antes do início das atividades, a empresa deverá realizar, em conjunto com a equipe técnica da Flona, vistoria detalhada para identificação in situ de indivíduos nativos protegidos, especialmente:

- *Araucaria angustifolia* (araucária) – espécie classificada como "Em Perigo";
- *Dicksonia sellowiana* (xaxim) – espécie classificada como "Em Perigo";
- Outras espécies ameaçadas eventualmente registradas.

8.2. Os indivíduos identificados deverão ser marcados, georreferenciados e protegidos fisicamente, mediante fitas, marcos ou barreiras que impeçam danos durante a derruba e a extração da madeira.

8.3. A empresa deverá garantir que todos os operadores de motosserra, máquinas e caminhões recebam orientação específica sobre a localização e proteção desses indivíduos, incluindo áreas sensíveis definidas pela gestão da UC.

8.4. Em caso de dano acidental a qualquer indivíduo protegido, a empresa deverá:

- a) interromper imediatamente a atividade no local;
- b) comunicar o fato à gestão da Flona no mesmo dia;
- c) registrar o evento com fotos georreferenciadas e relato descritivo;
- d) aguardar avaliação técnica do ICMBio, que determinará as providências cabíveis.

8.5. A empresa assume **responsabilidade integral** por qualquer dano causado a indivíduos nativos protegidos, sem prejuízo de sanções administrativas, civis ou penais.

Disposições finais

O descumprimento de qualquer diretriz estabelecida neste documento poderá resultar na suspensão das atividades, aplicação de penalidades administrativas e responsabilização civil e criminal, sem prejuízo das obrigações assumidas no Termo de Compromisso.

NILTON JUNIOR LOPES RASCON
Analista Ambiental

ALESSANDRA SILVA MARASCIULO
Analista Ambiental

TALLES SILVA CESAR
Técnico Administrativo

ALEXANDRO PIRES DA SILVA
Engenheiro Florestal

Documento assinado eletronicamente por **Alexandro Pires Da Silva**, **Terceirizado(a)**, em 16/12/2025, às 10:54, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Silva Marasciulo**, **Analista Ambiental**, em 16/12/2025, às 14:40, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Documento assinado eletronicamente por **Talles Silva Cesar**, **Chefe Substituto(a)**, em 16/12/2025, às 14:47, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Documento assinado eletronicamente por **Nilton Junior Lopes Rascon**, **Chefe de Divisão**, em 16/12/2025, às 14:48, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.icmbio.gov.br/autenticidade informando o código verificador **022520504** e o código CRC **6CAF9787**.