

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

GUSTAVO MAÇANEIRO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE IF COM DIFERENTES TAMANHOS DE
PARCELAS DE COVAS FIXAS E INTENSIDADES AMOSTRAIS EM PLANTIO DE
Pinus taeda L.

CURITIBA
2016

GUSTAVO MAÇANEIRO

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE IF COM DIFERENTES TAMANHOS DE
PARCELAS DE COVAS FIXAS E INTENSIDADES AMOSTRAIS EM PLANTIO DE
Pinus taeda L.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina ENGF010 e requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte

CURITIBA

2016

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Vanderley José Maçaneiro e Alice Eyng Maçaneiro pela dedicação incondicional e pelo apoio e preocupação não somente no período deste trabalho, ou da graduação, mas por toda a vida, servindo de exemplo moral e pessoal como dois grandes faróis.

A minha irmã, Bruna Maçaneiro, por me acolher muito bem em Curitiba, pelas noites de quentão e conversa e por ser além de minha irmã, minha grande amiga.

A minha orientadora, profa. Ana Paula Dalla Corte, por ajudar a me guiar nesse trabalho e pelo exemplo de retidão, comprometimento e competência profissional.

A todos os professores que influenciaram minha formação e me serviram de modelo.

A Klabin S/A pelo acolhimento, incentivo e expectativa depositada em mim, especialmente aos estagiários que dividiram esse tempo comigo, o pessoal do planejamento florestal e a equipe de campo de inventário.

A Lia Toiosima Yoshizumi pela inexplicável paciência comigo durante esses meses, pelo auxílio em todos os trabalhos e pela confiança depositada, pelas viagens e refeições compartilhadas sempre em muito alto astral e pela grande amizade.

Aos meus colegas de graduação, principalmente aqueles que estiveram sempre por perto, seja no futebol, nos trabalhos em equipe, ou nos momentos de lazer, especialmente a Kelly Zanella por todas as conversas e caronas e por ser uma amiga verdadeira para todos os momentos.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o inventário florestal contínuo, propor combinações entre processos de amostragem, intensidades amostrais e tamanhos de parcelas diferentes e comparar os resultados com os obtidos no modelo atual. O trabalho foi realizado na empresa Klabin S/A, durante quatro meses, nos municípios de Otacílio Costa e Palmeira, Santa Catarina. Foram testados os processos de amostragem aleatório simples e sistemático, com intensidades amostrais de 1:11ha, 1:13ha e 1:15ha e parcelas de tamanho variável de 10x10 covas, 10x7 covas, 10x5 covas e 10x3 covas, totalizando 24 tratamentos e adicional a eles o tratamento atual também foi analisado. As parcelas foram medidas e foi tomado o tempo de deslocamento e medição para cada tratamento. Os dados dendrométricos foram processados com uso do *software* estatístico SAS e as produtividades e tempos efetivos foram obtidos a partir do cálculo dos tempos de deslocamento e medição. Para as fazendas do presente estudo constatou-se que as últimas três linhas de cada parcela podem ser dispensadas sem prejuízo as estimativas e que a melhor combinação de processo de amostragem, intensidade amostral e tamanho de parcela, comparado com o atual, é o processo sistemático, com intensidade de 1 unidade amostral para cada 13ha e parcelas de 10x7 covas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 Inventário Florestal Contínuo.....	11
3.2 Produtividade do Inventário	11
3.3 Definição das Características do Inventário.....	12
3.4 Erro de Amostragem.....	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 Caracterização da área de estudo	14
4.2 Coleta de dados.....	14
4.2.1 Método de medição.....	14
4.2.2 Equipamentos e <i>Softwares</i>	15
4.2.3 Equipe de campo	15
4.2.4 Avaliação do IFC atual	16
4.2.5 Processo de amostragem	16
4.2.6 Método de amostragem	16
4.3 Estudo cruzado de intensidades amostrais e tamanhos de parcelas	17
4.3.1 Procedimento de medição.....	17
4.3.2 Processamento dos dados.....	18
4.3.3 Cálculo da produtividade.....	18
4.4 Avaliação cruzada	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 Produtividade	26
5.2 Tempo Efetivo.....	27
5.3 Erro Amostral	27
6 CONCLUSÕES	29
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	29
8 ANÁLISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC	32
9 AVALIAÇÃO DO ORIENTADOR	33
REFERÊNCIAS	34

ANEXO 1. FAZENDA BARRA GRANDE, PROCESSO ALEATÓRIO SIMPLES	35
ANEXO 2. FAZENDA BOM RETIRO-III, PROCESSO ALEATÓRIO SIMPLES.....	36
ANEXO 3. FAZENDA BARRA GRANDE, PROCESSO SISTEMÁTICO	37
ANEXO 4. FAZENDA BOM RETIRO-III, PROCESSO SISTEMÁTICO	38
ANEXO 5. FICHA DE CAMPO	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Número de parcelas por fazenda por I.A.	17
Tabela 02. Amostragem Aleatória 1:11ha.....	20
Tabela 03. Amostragem Aleatória 1:13ha.....	21
Tabela 04. Amostragem Aleatória 1:15ha.....	22
Tabela 05. Amostragem Sistemática 1:11ha	23
Tabela 06. Amostragem Sistemática 1:13ha	25
Tabela 07. Amostragem Sistemática 1:15ha	26

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Amostragem Aleatória 1:11ha	21
Gráfico 02. Amostragem Aleatória 1:13ha	22
Gráfico 03. Amostragem Aleatória 1:15ha	23
Gráfico 04. Amostragem Sistemática 1:11ha.....	24
Gráfico 05. Amostragem Sistemática 1:13ha.....	25
Gráfico 06. Amostragem Sistemática 1:15ha.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Esquema de subparcelas.	16
---	----

1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas ocupam no Brasil, segundo dados do anuário estatístico do Instituto Brasileiro de Árvores – IBÁ (2015), uma área de 7,74 milhões de hectares sendo que os plantios de espécies do gênero *Pinus* ocupam 1,59 milhão de hectares concentrados nos estados do Paraná (42,4%) e Santa Catarina (34,1%).

Deste total em SC, 83% correspondem a plantios do gênero *Pinus*, totalizando uma área de 646 mil hectares, segundo o anuário estatístico da ACR – Associação Catarinense de Empresas Florestais (2014). Somente no estado em questão o setor emprega diretamente mais de 90 mil pessoas, mostrando não somente a importância econômica, mas também sua forte relevância social.

Esse tipo de informação só é possível de existir graças a combinação de técnicas de sensoriamento remoto, mensuração e inventário florestal. Segundo SANQUETTA *et al.* (2009) “nas atividades florestais e nas avaliações ambientais relativas aos recursos florestais o inventário é sempre uma técnica importante, talvez até mesmo imprescindível ao bom conhecimento do potencial dos recursos existentes em uma determinada área”.

Ainda esses mesmos autores complementam que no estabelecimento, na manutenção ou mesmo na ampliação da produção das indústrias que utilizam matéria-prima florestal deve-se ter o conhecimento da disponibilidade dos recursos florestais em termos de sua quantidade e qualidade.

Para PÉLLICO NETTO e BRENA (1997) os inventários florestais são classificados em função dos objetivos, da abrangência, da maneira com que os dados são obtidos, da abordagem da população no tempo e do grau de detalhamento dos resultados.

Considerando a relevância do setor de florestas plantadas para o Brasil e do gênero *Pinus* para a região de estudo e a crescente dificuldade para contratação de mão de obra rural e aliado a isto e visto que alguns fatos como: tendência na instalação de parcelas próximas a estradas, fazem parte do processo quando se realiza o pagamento de serviços por número de parcelas medidas. Faz-se necessário encontrar soluções para aumentar a produtividade das equipes de campo e concomitantemente a melhorar a qualidade das informações que servirão de base para a tomada de decisão quanto ao uso da floresta e as possibilidades que estas geram.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar diferentes combinações de tamanhos de parcelas e intensidades amostrais, em dois processos de amostragem distintos, em plantios de *Pinus taeda* L. em função da produtividade das equipes de campo e da qualidade do resultado do IFC.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho do IF no modelo atual: parcelas de 100 covas (10x10 covas) alocadas aleatoriamente numa intensidade amostral (I.A.) de 1 unidade amostral para cada 15ha;
- Testar parcelas alocadas pelo processo aleatório simples em diferentes intensidades amostrais e tamanhos de parcelas quanto ao erro amostral, produtividade e tempo efetivo de medição;
- Repetir o processo anterior, porém com parcelas alocadas pelo processo sistemático;
- Comparar qual o melhor processo de alocação de parcelas, qual a melhor combinação de I.A. e tamanho de parcela em relação ao resultado do IFC atual;
- Identificar possíveis ganhos de produtividade, ou de qualidade do inventário por amostragem excessiva, ou insuficiente.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Inventário Florestal Contínuo

O proprietário florestal deve tratar a floresta como qualquer outra cultura ou empresa. Ele necessita saber o que tem no momento. Isto envolve a quantificação do estoque em crescimento. Precisa saber a produtividade e produção esperada, o que envolve avaliação da taxa de crescimento em idades sucessivas. Nesta parte o proprietário obtém informações para tomada de decisões sobre o que pode ser retirado de sua floresta, para que ela se transforme num empreendimento permanente. A combinação dos dois itens: conhecimento do estoque e de sua produtividade fornece meios para planejar o abastecimento de indústrias florestais com diversos produtos na sua forma primária. (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Segundo Sanquetta *et al.* (2009) existem várias maneiras de classificar os inventários florestais. Uma delas é segundo a abordagem da população no tempo. Nesse caso os inventários podem ser de uma ocasião ou várias ocasiões, ou ainda em múltiplas ocasiões / contínuos.

Ainda segundo os mesmos autores, os inventários florestais contínuos são requeridos quando se necessita ou se deseja avaliar modificações temporais que ocorrem na floresta. A floresta muda com o tempo, as árvores crescem, morrem, ingressam / recrutam ou são exploradas / colhidas para aproveitamento. Se tais mudanças precisam ser monitoradas é fundamental que seja executado um inventário florestal em distintos momentos temporais.

3.2 Produtividade do Inventário

A execução do inventário florestal com a utilização do censo florestal ou completa enumeração dos indivíduos apresenta alto custo e necessita de um grande tempo de execução. A amostragem de uma parte da população, obtendo-se uma estimativa dos seus parâmetros é, quase sempre, a opção mais empregada.

Segundo Nakajima *et al.* (1997) a eficiência do método de amostragem selecionado (tipo, forma e tamanho) é influenciada em grande parte pela tipologia florestal, grau de degradação da floresta e pela topografia da área, sendo que a

adequação do método de amostragem às condições florestais possibilitará um aumento na precisão nas estimativas das variáveis correntes de interesse e, conseqüentemente, uma redução do tempo de execução, o que refletirá na redução de custos, para um mesmo esforço de amostragem.

3.3 Definição das Características do Inventário

Segundo Augustynczyk et al. (2013) na amostragem estão implicitamente envolvidos o tamanho e forma da parcela, bem como a intensidade amostral.

A intensidade amostral varia de acordo com a área total da floresta inventariada, sendo que em áreas pequenas usa-se uma maior intensidade e em áreas grandes uma menor intensidade.

A definição correta do processo de amostragem, do tamanho e forma das unidades amostrais e da intensidade de amostragem do inventário florestal é importante para a obtenção de informações com precisão. Por processo de amostragem entende-se a abordagem referente ao conjunto de unidades amostrais (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

Em inventários florestais, para qualquer processo de amostragem utilizado, o tamanho e a forma da parcela têm considerável influência nos custos, na precisão e na eficiência. O melhor tamanho e forma de parcela é aquele que produz alto grau de exatidão, com custos reduzidos (FREESE, 1962).

Para fins de inventário, em florestas homogêneas, tem-se adotado amostragem de parcelas de 400 a 600 m² (VEIGA, 1984). As parcelas são geralmente retangulares, permanentes e tomadas na população com a intensidade aproximada de uma parcela para cada 15 hectares, em pré-amostragem. Através de cálculos estatísticos e tendo em vista a precisão que se quer obter no inventário, o número de parcelas amostrais é ajustado, com inclusão de novas parcelas, se necessário.

Os coeficientes de variação em populações de florestas tropicais variam grandemente em função da unidade de amostra utilizada; em amostras de pequeno tamanho, a maior fonte de variação está entre as unidades de amostra e, em amostras de grande tamanho, a maior fonte de variação está contida dentro das próprias unidades amostrais. A variabilidade da população está em relação estreita com o tipo de floresta; por exemplo, em florestas de zonas aluviais baixas, a

variabilidade é alta, em zonas altas, bem drenadas, esta variação é menor e em condições específicas de sítio ou condicionantes edáficas, a variação é relativamente baixa (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

3.4 Erro de Amostragem

O erro de amostragem é dado pela diferença produzida pela média estimada de uma amostra e a média paramétrica da população. Este erro decorre da parte da população que não foi contemplada nas medições pela amostra. Segundo Péllico Netto e Brena (1997) o erro de amostragem depende do tamanho da amostra, da variabilidade entre as unidades amostrais e do procedimento de amostragem adotado.

Fundamentalmente, a razão pela qual uma amostra sistemática não produz uma estimativa válida do erro de amostragem é que o cálculo da variância exige, no mínimo, duas unidades amostrais obtidas aleatoriamente na população. Vários métodos têm sido propostos para determinar a melhor aproximação do erro de amostragem de uma amostra sistemática. Uma amostra sistemática constituída de unidades equidistantes entre si pode ser considerada como uma amostra aleatória simples, ou estratificada, e o erro de amostragem calculado como uma amostra aleatória, porém, o uso dessa técnica pode superestimar o erro real (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

O inventário foi realizado em plantios de *Pinus taeda* L. localizados em duas fazendas da empresa Klabin SA, nos municípios de Palmeira e Otacílio Costa, região serrana do estado de Santa Catarina, na microrregião de Lages. As cidades são limítrofes e classificação climática Cfb de Köppen. A temperatura média anual fica em 16,3°C e a pluviosidade média anual de 1.520 mm. Os solos da região são essencialmente Cambissolos com presença considerável de pedregosidade, chegando a ponto de existirem solos litólicos.

Nestas fazendas foram mensuradas 19 parcelas para intensidade amostral de 1:15ha, 22 parcelas para intensidade de 1:13ha e 26 parcelas para intensidade de 1:11ha. A área avaliada da fazenda 1 possuía 13 anos, enquanto que o estrato destacado da fazenda 2 contava com 11 anos, em manejo de *pulpwood*. Os anexos 1 e 2 trazem as duas fazendas com as parcelas de trabalho alocadas pelo processo aleatório simples e os anexos 3 e 4 as fazendas com as unidades amostrais sistematicamente distribuídas.

Os plantios avaliados tinham espaçamento variado entre 3 x 3 m e 3 x 2,5 m, condizente com a realidade encontrada nas florestas da empresa que por diversos motivos (topográficos, alteração de diretrizes, entre outros) apresenta plantios com espaçamentos distintos, tornando a avaliação por covas mais plausível entre todas essas situações.

4.2 Coleta de dados

4.2.1 Método de medição

As parcelas foram medidas com caminhamento em ziguezague. Para evitar uma amostragem extremamente onerosa e repetitiva optou-se por formar subparcelas dentro do ponto amostral. Assim foi tomado o cuidado de anotar o tempo parcial ao final da terceira, quinta e sétima linhas para a comparação entre tamanhos de parcelas. Todas as árvores tiveram a circunferência a altura do peito (cap) medida. As primeiras 10 árvores da parcela, além das árvores dominantes,

também tiveram sua altura medida. A cap mínima de ingresso foi estabelecida como 31,4 cm (10 cm de dap).

4.2.2 Equipamentos e *Softwares*

A alocação de parcelas foi feita com o software ArcGIS versão 9.3 seguindo rotina específica para randomização de pontos para amostragem aleatória e ferramenta de grade regular para amostragem sistemática.

Para medição das caps foi utilizada fita métrica e um bastão de 1,30m para auxiliar na correta posição de medida. Para as alturas utilizou-se clinômetro Haglöf e, para a determinação do tamanho das parcelas, trena métrica. As informações das árvores foram coletadas através do coletor de dados Intermecc® com o uso do *software* Forest Mobile.

O processamento dos dados de campo foi feito no *software* estatístico SAS seguindo rotina específica para inventário florestal.

Outros equipamentos de apoio foram: prancheta, material de anotação, mapas das fazendas, GPS e *software* de planilha eletrônica Excel.

4.2.3 Equipe de campo

As coletas de campo foram realizadas com 3 equipes trabalhando conjuntamente. Cada equipe era formada por um trabalhador florestal, responsável por medir as caps, qualidade dos indivíduos e auxílios gerais, como marcação de parcelas e de árvores; um líder de campo, responsável por tomar as alturas e anotar os valores em coletor de dados de campo, além de dirigir o veículo da equipe; e um anotador de tempos cuja função era exclusivamente anotar o tempo que cada etapa do trabalho de campo levou. Esta pessoa não poderia auxiliar nas atividades, pois ao fazê-lo estaria influenciando o resultado.

Para divisão das tarefas e otimização do tempo uma equipe ficou responsável por todas as medições da fazenda menor enquanto as outras duas equipes mediram a fazenda maior. A fim de que o caminhamento não fosse influenciado por haver duas equipes determinou-se que uma começaria do início até metade e a outra do final até a metade, pelo caminho oposto, encontrando-se em local pré-definido e somando seus tempos de deslocamento.

4.2.4 Avaliação do IFC atual

Para essa etapa procedeu-se os trabalhos de campo conforme o padrão adotado pela empresa: parcelas de 10 covas x 10 covas, numa I.A. de, aproximadamente 1 unidade amostral para cada 15ha. Foram tomados os tempos de medição das parcelas e de deslocamento.

4.2.5 Processo de amostragem

Foram gerados dois conjuntos amostrais. O primeiro seguindo o processo de amostragem aleatório simples excluindo-se talhões menores que 15 ha. O segundo conjunto passou por processo de sistematização da amostragem, também excluindo talhões menores que 15ha.

4.2.6 Método de amostragem

Para todas as situações o método de amostragem definido em área variável com número fixo de covas. As parcelas foram compostas por 100 covas (10 covas x 10 covas) e internamente divididas em subparcelas de 30 (10x3), 50 (10x5) e 70 (10x7) covas.

A figura 01 retrata um esquema de como funcionam as subdivisões internas das parcelas.

Figura 01. Esquema de subparcelas.

		Árvores (covas)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Árvores (covas)	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Fonte: O autor.

Ao iniciar a medição da primeira árvore o cronômetro iniciava a contagem. Ao término da terceira linha foi feito uma parcial de tempo, assim como ao término das linhas cinco e sete, finalizando a contagem ao medir a última árvore da parcela. Dessa forma foi possível parear dados de produtividade e de qualidade entre as subparcelas.

4.3 Estudo cruzado de intensidades amostrais e tamanhos de parcelas

A tabela 1 retrata as situações testadas: a situação atualmente adotada pela empresa; amostragem aleatória em três I.A.; e amostragem sistemática em três I.A. Quanto ao número de parcelas, que são as repetições de cada tratamento, tem-se que: o tratamento atual teve 20 repetições; os tratamentos com intensidade 1/15 tiveram 19 repetições por processo de amostragem e por tamanho de parcela; os tratamentos com intensidade 1/13 tiveram 22 repetições por processo de amostragem e por tamanho de parcela; e os tratamentos com intensidade 1/11 tiveram 26 combinações de processo de amostragem e tamanho de parcela.

Tabela 1. Número de parcelas por fazenda por I.A.

Fazenda	Atual	1/15	1/13	1/11
1	6	6	7	8
2	14	13	15	18
TOTAL	20	19	22	26

Fonte: O autor.

4.3.1 Procedimento de medição

Para a avaliação do IFC atual bastou a medição de todas as parcelas existentes.

Para a avaliação da amostragem sistemática foram medidas e tomado tempo de todas as parcelas em cada intensidade amostral.

Já para avaliar a amostragem aleatória foram medidas e tomado tempo somente das parcelas em intensidade 1/11ha, uma vez que nelas estariam incluídas todas as parcelas de intensidade 1/15ha, de 1/13ha e mais as parcelas exclusivas dessa intensidade amostral. Isso foi feito para reduzir o trabalho de campo e eliminar

a redundância de remedir parcelas iguais em 3 ocasiões diferentes. Os caminhamentos, que são diferentes para cada tratamento, foram calculados a partir das tomadas de tempo das parcelas medidas e um caminhamento ótimo criado em escritório utilizando ArcGis.

Somando todas as situações tem-se: uma medição do atual (20 parcelas), uma medição do aleatório em 1:11ha (26 parcelas) e uma medição de 1:15ha, 1:13ha e 1:11ha sistemática (67 parcelas), totalizando 113 parcelas de cada um dos tamanhos trabalhados medidas.

4.3.2 Processamento dos dados

Os dados coletados foram processados no *software* SAS com modelo previamente ajustado e testado pela empresa. Os resultados foram comparados quanto ao erro amostral, com base no limite de erro (LE) admitido de 10% a um nível de 95% de probabilidade.

4.3.3 Cálculo da produtividade

Para calcular a produtividade de cada modelo de amostragem e cada combinação de tamanho de parcela e intensidade amostral foi tomado o tempo de deslocamentos e medições com cronômetro de tempos parciais.

Ao entrar no estrato de interesse o cronômetro iniciava a contagem. Os tempos de deslocamento e medições foram anotados, sempre tendo o cuidado de anotar o tempo que cada subparcela levava para ser medida. Assim foram formados os conjuntos de dados de deslocamento a pé, deslocamento de carro e medição. A ficha utilizada para as anotações está no Anexo 5.

O único modelo que teve um tratamento diferenciado foi o de amostragem aleatória, pois ao aumentar a intensidade amostral não foram alteradas as parcelas pretéritas. Neste caso, foram somente adicionadas novas parcelas. A metodologia adotada foi a seguinte: fez-se o caminhamento, tomou-se de tempo e medições somente na maior I.A. (1:11ha) e com as médias de deslocamentos a pé e de carro criou-se os caminhamentos, que serviram de base para as outras duas intensidades que foram simuladas no escritório e estimando-se através dos valores encontrados.

Fez-se uma relação de efetivo tempo de medição, considerando a parcela já instalada e descontando-se os tempos ociosos, ou seja, o puro e efetivo tempo de trabalho, somando o tempo de medição e de deslocamento somente. Dessa forma conseguiu-se avaliar realmente a eficiência do tratamento e não do operador. Ademais, calculou-se em quantas horas, com a dada produtividade (Equação 1), o colaborador finalizaria o inventário, nas condições de um dado tratamento, aplicando a Equação 2.

Equação 1:

$$P = \frac{(60 * n)}{t}$$

Onde:

P = Produtividade efetiva (parcelas.hora⁻¹);

n = número de parcelas do tratamento;

t = tempo para medir todas as parcelas do tratamento (em minutos).

Equação 2:

$$te = \frac{(n)}{P}$$

Onde:

te = Tempo efetivo de medição (horas);

4.4 Avaliação Comparativa

Com a coleta de dados finalizada e todas as informações em mãos, procedeu-se uma avaliação comparativa com o cruzamento das variáveis envolvidas com foco em qualidade de informação, pelo menor erro amostral em porcentagem; produtividade, pelo maior número de parcelas por hora; e menor tempo efetivo de medição, em relação ao modelo adotado (atual, aleatório ou sistemático) e as diferentes I.A. e tamanhos de parcelas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de tornar a comparação de pares de produtividade e qualidade mais dinâmica e visual, além de facilitar a análise, formou-se tabelas unindo a produtividade, tempo efetivo de medição e erro amostral por intensidade amostral, aglutinando as variações de tamanho de parcela, comparou-se com o modelo atual.

Para cada tratamento de processo de amostragem e intensidade amostral elaborou-se uma tabela comparando os resultados para cada tamanho de parcela entre si e com o resultado do tratamento atual. Gerou-se também gráficos que auxiliam na visualização do comportamento desses parâmetros. Para cada tratamento apresentou-se o comportamento da produtividade, em unidades amostrais por horas, tempo efetivo, em horas, e erro amostral, em porcentagem, conforme o tamanho da parcela diminui e compara com o resultado do atual.

A tabela 2 apresenta os resultados para o tratamento de amostragem aleatória e intensidade amostral 1:11ha. Percebe-se que o tamanho de parcela 10x10 covas empatou com o atual em produtividade e erro amostral, porém teve um tempo de medição efetivo maior. Isso se dá pelo tratamento em questão ser composto por 26 parcelas e o atual somente 20. Além disso a parcela de 10x10 covas e a de 10x7 covas tiveram erro amostral muito próximo, com 0,1% de diferença.

Nenhum tamanho de parcela retornou um erro amostral menor que o atual, mas nenhum extrapolou o limite de erro máximo pré-estabelecido adotado pela empresa que é de 10%. A produtividade de todos os tamanhos de parcela foi igual ou superior a do atual, porém somente as parcelas de 10x5 covas e 10x3 covas tiveram tempo efetivo de medição menor.

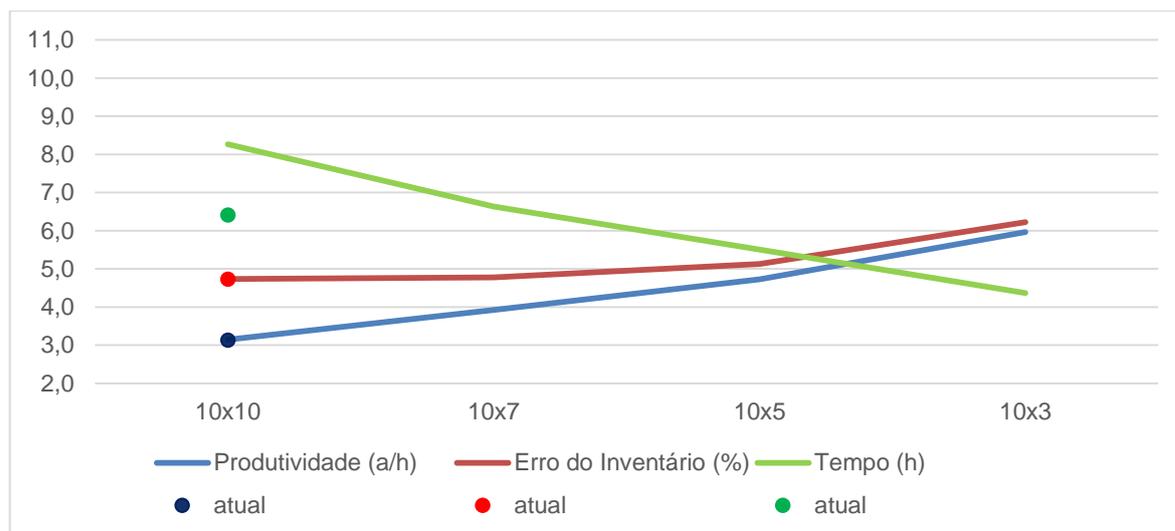
Tabela 2. Amostragem aleatória – 1:11ha.

Tratamento	Produtividade (a/h)	Tempo efetivo (h)	Erro amostral (%)
10x10	3,1	8,3	4,7
10x7	3,9	6,6	4,8
10x5	4,7	5,5	5,1
10x3	6,0	4,4	6,2
Atual	3,1	6,4	4,7

Fonte: O autor.

No gráfico 1 vê-se que a produtividade aumenta conforme a parcela diminui de tamanho, assim como o erro amostral e essas curvas são bastante próximas. Percebe-se também que o tempo efetivo diminui.

Gráfico 1. Amostragem aleatória – 1:11ha.



Fonte: O autor.

A tabela 3 apresenta os resultados para o tratamento de amostragem aleatória e intensidade amostral 1:13ha. Nela nota-se que nenhum tamanho de parcela conseguiu reduzir o erro de inventário e que a parcela de 10x10 covas teve um erro maior em 0,1% do que a parcela de 10x7 covas.

Todas as parcelas iguais ou menores que 10x7 covas tiveram produtividade maior e tempo de medição menor que o tratamento atual.

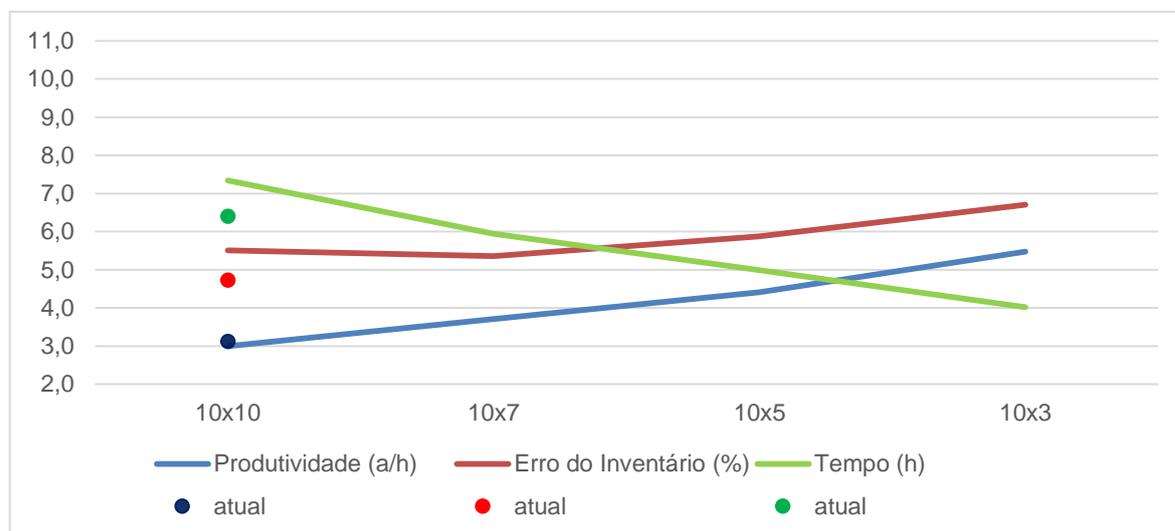
Tabela 3. Amostragem aleatória – 1:13ha.

Tratamento	Produtividade (a/h)	Tempo efetivo (h)	Erro amostral (%)
10x10	3,0	7,3	5,5
10x7	3,7	5,9	5,4
10x5	4,4	5,0	5,9
10x3	5,5	4,0	6,7
Atual	3,1	6,4	4,7

Fonte: O autor.

No gráfico 2 o comportamento se assemelha ao anterior, no qual a produtividade aumenta conforme a parcela diminui de tamanho, assim como o erro amostral, porém as curvas desses parâmetros começam a se afastar.

Gráfico 2. Amostragem aleatória – 1:13ha.



Fonte: O autor.

A tabela 4 apresenta os resultados para o tratamento de amostragem aleatória e intensidade amostral 1:15ha. Assim como o anterior, vê-se que nenhum tamanho de parcela reduziu o erro amostral e que o erro entre os tamanhos 10x10 e 10x7 covas é praticamente igual (0,1% de diferença).

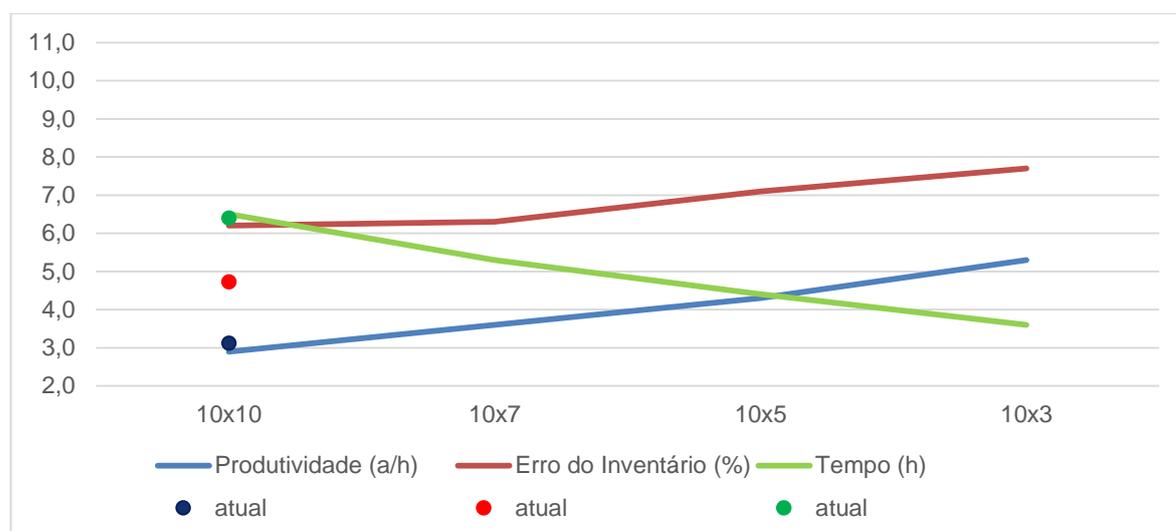
Exceto as parcelas de 10x10 covas, todas as outras obtiveram índices de produtividade e tempo efetivo melhores que o atual.

Tabela 4. Amostragem aleatória – 1:15ha.

Tratamento	Produtividade (a/h)	Tempo efetivo (h)	Erro amostral (%)
10x10	2,9	6,5	6,2
10x7	3,6	5,3	6,3
10x5	4,3	4,4	7,1
10x3	5,3	3,6	7,7
Atual	3,1	6,4	4,7

Fonte: O autor.

No gráfico 3 percebe-se a mesma tendência geral dos anteriores, porém com curvas de produtividade e erro bastante afastadas.

Gráfico 3. Amostragem aleatória – 1:15ha.

Fonte: O autor.

A tabela 5 apresenta os resultados para o tratamento de amostragem sistemática e intensidade amostral 1:11ha. As parcelas de 10x10 e 10x7 covas tiveram erro amostral menor que o atual e, como nos casos anteriores, a diferença entre esses dois tamanhos foi mínima, sendo que a segunda teve um erro ainda menor.

Quanto a produtividade, todos os tamanhos de parcelas foram superiores ao atual. O tempo efetivo foi superior nas parcelas de 10x5 e 10x3 covas e empatou para as parcelas de 10x7 covas.

Também é válido ressaltar que nessa tabela observa-se o primeiro tratamento que é superior ao atual em todos os aspectos. As parcelas desse tratamento com tamanho de 10x7 covas tiveram maior produtividade (3,3 unidades amostrais por hora), menor tempo efetivo (6,4 horas) e menor erro amostral (4,4%).

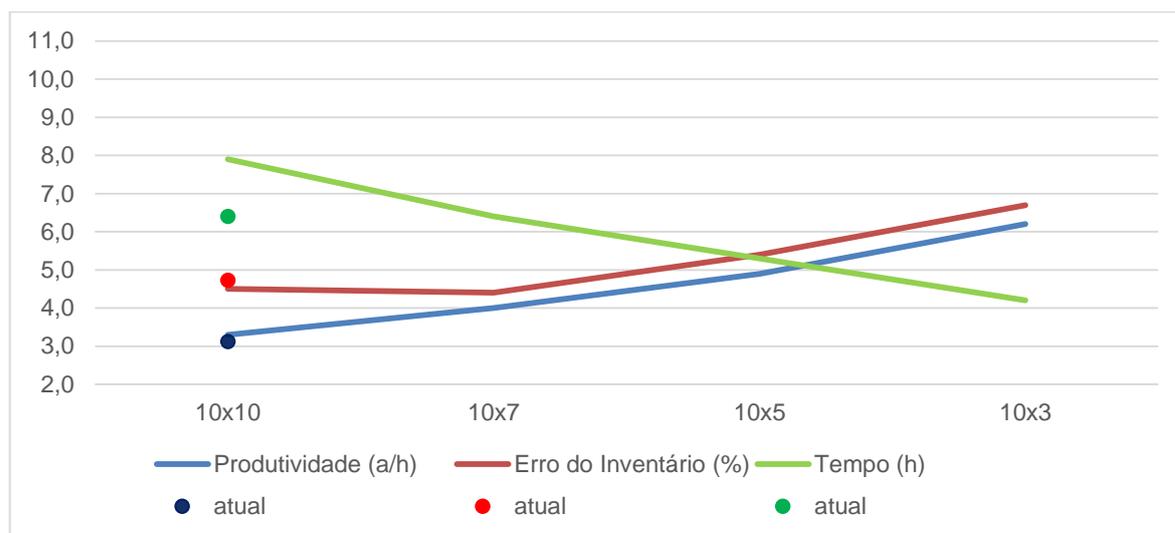
Tabela 5. Amostragem sistemática – 1:11ha.

Tratamento	Produtividade (a/h)	Tempo efetivo (h)	Erro amostral (%)
10x10	3,3	7,9	4,5
10x7	4,0	6,4	4,4
10x5	4,9	5,3	5,4
10x3	6,2	4,2	6,7
Atual	3,1	6,4	4,7

Fonte: O autor.

No gráfico 4 percebe-se que as curvas mantêm a mesma conformidade que anteriormente, mas que as curvas de produtividade e erro estão muito próximas, além de as três curvas terem uma inclinação mais acentuada, ou seja, a diferença de um tamanho de parcela para outro foi maior, exceto para o erro de amostragem entre as parcelas de 10x10 e 10x7 covas.

Gráfico 4. Amostragem sistemática – 1:11ha.



Fonte: O autor.

A tabela 6 apresenta os resultados para o tratamento de amostragem sistemática e intensidade amostral 1:13ha. Assim como no tratamento anterior, as parcelas de 10x10 e 10x7 covas tiveram erro amostral menor que o atual. Apesar disso a diferença entre esses dois tamanhos foi levemente maior que os outros (0,3%).

Todos os tamanhos tiveram produtividade maior que o atual, exceto o de 10x10 covas, que empatou em 3,1 unidades amostrais por hora. O tempo efetivo foi menor que o atual para todos os tamanhos exceto o 10x10 covas também.

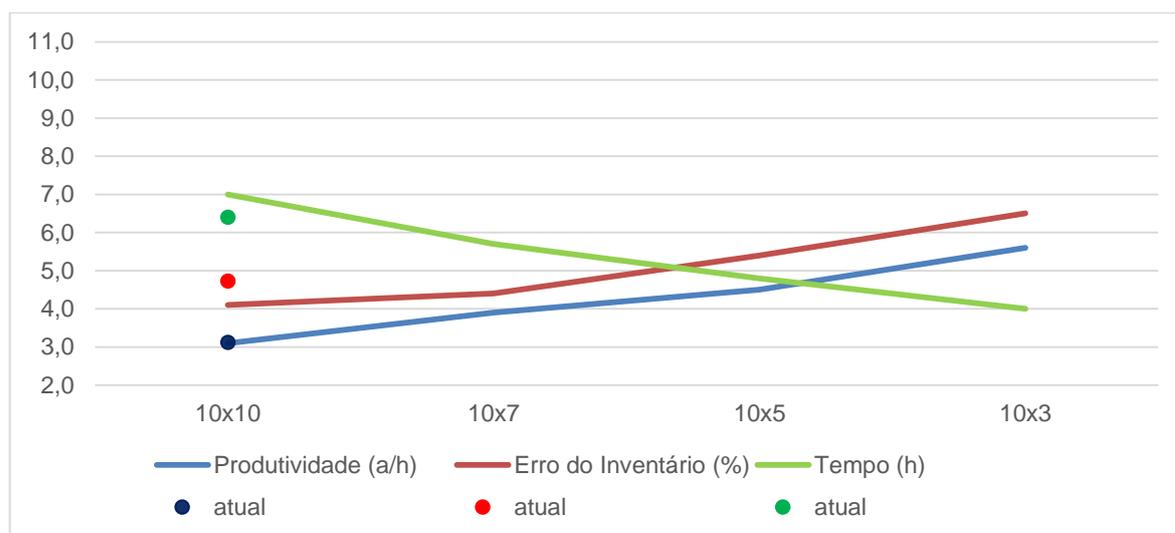
Observa-se aqui o segundo caso em que se superou o modelo atual em todos os parâmetros. Nesse tratamento as parcelas de 10x7 covas tiveram uma produtividade maior (3,9 unidades amostrais por hora), tempo efetivo menor (5,7 horas) e erro amostral menor (4,4%).

Tabela 6. Amostragem sistemática – 1:13ha.

Tratamento	Produtividade (a/h)	Tempo efetivo (h)	Erro amostral (%)
10x10	3,1	7,0	4,1
10x7	3,9	5,7	4,4
10x5	4,5	4,8	5,4
10x3	5,6	4,0	6,5
Atual	3,1	6,4	4,7

Fonte: O autor.

O gráfico 5 apresenta um comportamento bastante similar ao anterior, com curvas de produtividade e erro ainda bastante próximas e mais inclinadas que as provenientes de tratamentos de amostragem aleatória.

Gráfico 5. Amostragem sistemática – 1:13ha.

Fonte: O autor.

A tabela 7 apresenta os resultados para o tratamento de amostragem sistemática e intensidade amostral 1:11ha. Nela enxergamos que nenhum tamanho de parcela conseguiu reduzir o erro amostral. Tem-se nesse tratamento o único caso em que superamos o limite de erro, na parcela de 10x3 covas (10,9%). A diferença de erro amostral entre parcelas de 10x10 e 10x7 covas continuou reduzido.

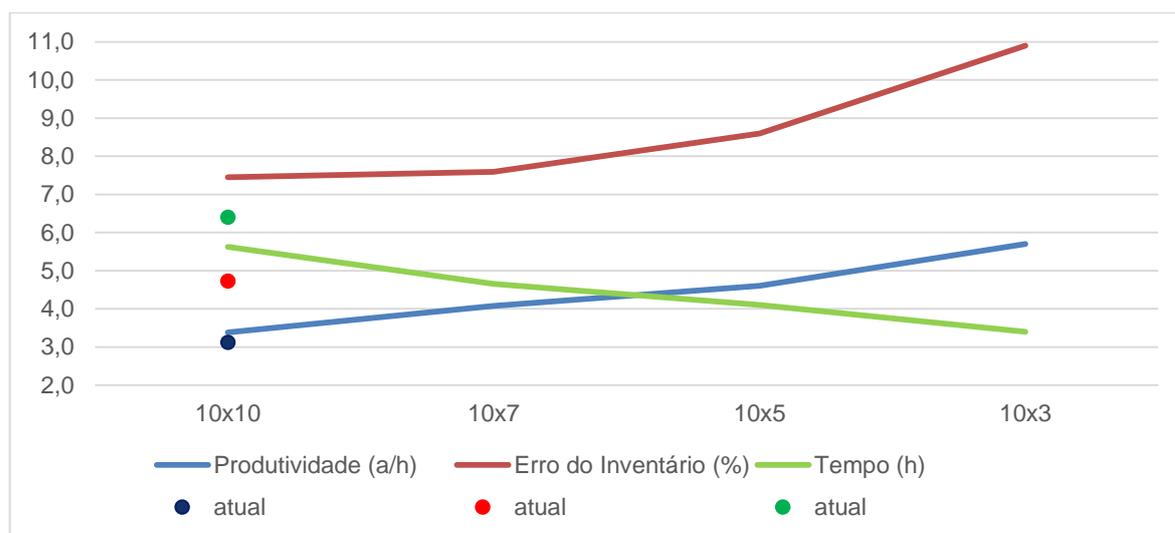
As produtividades foram superiores para todos os cenários e o tempo efetivo de medição foi menor para todos também.

Tabela 7. Amostragem sistemática – 1:15ha.

Tratamento	Produtividade (a/h)	Tempo efetivo (h)	Erro amostral (%)
10x10	3,4	5,6	7,4
10x7	4,1	4,7	7,6
10x5	4,6	4,1	8,6
10x3	5,7	3,4	10,9
Atual	3,1	6,4	4,7

Fonte: O autor.

O gráfico 6 apresenta espaços muito maiores entre as curvas. Destaca-se o fato de o erro amostral estar muito acima do que foi percebido em outros cenários, o que, auxiliado pelo fato de o tempo efetivo ter sido bastante reduzido.

Gráfico 6. Amostragem sistemática – 1:15ha.

Fonte: O autor.

5.1 Produtividade

O comportamento das produtividades entre os tamanhos de parcela foi dentro do esperado: conforme as parcelas diminuía de tamanho a produtividade aumentava numa razão próxima da linear.

Quando se avaliou os processos de amostragem, percebe-se que, em geral, o processo sistemático foi levemente superior nesse quesito. Esperava-se uma diferença maior, mas um dos fatores que podem ter influenciado nessa diferença

não ser tão significativa quanto o esperado é que os talhões da empresa tendem a ser pequenos – em média 13ha – e bastante recortados por áreas de preservação, com plantios em mosaico.

A maior produtividade foi de 6,2 parcelas.hora⁻¹, atingida no tratamento com amostragem sistemática, intensidade amostral 1:11ha e tamanho de parcela 10x3 covas, conforme o esperado, por ser o de maior rendimento, com parcelas mais próximas e menores.

5.2 Tempo efetivo

O tempo efetivo de medição também apresentou um comportamento esperado: conforme as parcelas diminuía e a intensidade amostral ficava mais baixa, o tempo necessário para realizar a medição de todas as parcelas do tratamento também diminuiu. Como esse fator depende da produtividade, o processo sistemático também foi levemente superior nesse quesito.

O menor tempo efetivo foi de 3,4 horas, encontrado no tratamento de amostragem sistemático, intensidade amostral de 1:15ha e tamanho de parcela 10x3 covas, também dentro do esperado, por ser o processo que neste caso apresentou maior rendimento, com menor número de parcelas e unidades amostrais menores.

5.3 Erro amostral

O comportamento do erro amostral apresentou, em geral, duas tendências: em princípio o aumento do tamanho da parcela melhorou significativamente o resultado e a partir de um certo ponto o aumento da parcela manteve, ou até piorou, o resultado.

A primeira parte estava entre as parcelas de 10x3, 10x5 e 10x7 covas. Conforme o tamanho da parcela aumentava nesse intervalo o erro amostral diminuía num nível quase linear para a maioria dos tratamentos, salvo alguns poucos, como o aleatório 1/11ha que teve o erro quase estabilizado já com parcelas de 10x5 covas.

A segunda parte é entre as parcelas de 10x7 e 10x10 covas. Nesse caso o aumento do tamanho de parcela manteve o erro amostral praticamente constante, com melhorias na ordem de 0,1% a 0,3% e até mesmo um cenário – sistemático 1/11ha – no qual o erro aumentou com a inclusão dessas últimas 3 linhas.

Quando comparamos o processo aleatório contra o sistemático percebe-se que o primeiro teve, em geral, um erro amostral levemente maior para cada tratamento do que o aleatório nas intensidades 1/11ha e 1/13ha. Na intensidade 1/15ha isso se inverteu sendo que somente um cenário, o sistemático 1/15ha, extrapolou os 10% de limite de erro, com 10,9%.

O menor erro amostral foi de 4,1%, encontrado no processo de amostragem sistemática, com intensidade amostral de 1/13ha e tamanho de parcela de 10x10 covas. Apesar de não ser um resultado completamente inesperado, tinha-se a expectativa que o menor erro estivesse na intensidade de 1/11ha, por abranger um número maior de parcelas. Entre os processos, sistemático e aleatório simples, não se esperava uma diferença significativa, o que se provou verdadeiro e o resultado quanto ao tamanho de parcela também foi dentro do previsto.

6 CONCLUSÕES

Esperava-se que uma distribuição aleatória livre de tendências, ou uma distribuição equitativa de todas as regiões dos estratos pudessem realizar um incremento significativo na resposta, o que aconteceu somente em poucas situações.

O modelo atual obteve produtividade de 3,1 parcelas por hora, com tempo efetivo de 6,4 horas de medição e erro amostral de 4,7%.

Os tratamentos com processo de amostragem sistemático tiveram, em geral, resultados melhores que os seus pares por processo alocação aleatória simples. A redução de tamanho de parcela melhorou a produtividade e tempo efetivo e piorou o erro amostral. O aumento de intensidade amostral teve efeito contrário, melhorando o erro amostral e piorando a produtividade e tempo efetivo.

Ao comparar com o modelo atual da empresa, o estudo indica que o melhor processo de amostragem é o sistemático, a intensidade amostral mais adequada é a de 1:13ha e o tamanho de parcela ideal é de 10x7 covas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Uma vez que em todos os tratamentos as três últimas linhas tiveram pouco significado para a estimativa, pode-se manter a qualidade do inventário e aumentar a produtividade eliminando essa etapa da medição, mesmo que mantendo o sistema atual de medição.

Em 24 dos 25 tratamentos o erro amostral ficou abaixo do limite estipulado pela empresa, de 10%. Isso dá uma margem de trabalho para aumentar a produtividade do inventário florestal e ainda mantendo o nível de qualidade exigido.

Em geral a premissa de que o inventário florestal pelo processo sistemático pode atingir uma melhoria combinada de qualidade e produtividade é real dentro de um limite de intensidade amostral. Isso pode se dar pela distribuição muito desuniforme das florestas, que são cortadas por áreas de vegetação nativa gerando talhões muito pequenos.

Conforme diminuiu-se o tamanho da parcela, maior foi o erro amostral e menor o tempo necessário para efetuar o inventário florestal. Em certo ponto essas duas curvas se cruzaram, formando um ponto de equilíbrio entre produtividade e

qualidade. O encontro dessas duas curvas se deu em tamanhos de parcela cada vez maiores, a medida que se diminui a intensidade amostral.

O estudo revelou que existe ainda espaço para melhoria no inventário adotado pela empresa. A combinação de processo de amostragem, intensidade amostral e tamanho de parcela ideal não é uma resposta única e absoluta. Dependendo do erro admitido e da necessidade de aumento de produtividade pode-se reduzir as parcelas e pode-se aumentar a intensidade amostral para o efeito de melhorar o resultado achando um equilíbrio entre essas duas variáveis.

Este trabalho apresenta um indicativo de que o sistema de inventário da empresa pode ser melhorado tanto em produtividade, quanto em qualidade fazendo simples alterações no processo de amostragem, tamanho de parcela e intensidade amostral.

Seria, no entanto, imprudente simplesmente alterar todo o sistema de uma vez. A fim de ter maior segurança nessa decisão seria necessárias três etapas:

1. Intensificar a amostragem desse trabalho, abrangendo mais áreas florestais de diferentes características e idades para ver se o resultado obtido se mantém.
2. Aumentar a intensidade por repetições em um mínimo de 30 unidades amostrais, satisfazendo a teoria do limite central.
3. Trabalhar as parcelas do modelo atual com subparcelas, conforme realizado para os demais tratamentos. Isso permitirá observar se é possível melhorar o resultado desse somente eliminando as últimas 3 linhas de medição, assim como foi visto nos outros tratamentos.
4. Comparar os dados desse trabalho com os dados de balança após colheita da floresta e pesagem dos caminhões. Assim ter-se-á uma prova real do estoque de madeira dessas fazendas. Será possível comparar inventário contra inventário e inventário contra a balança.

Não por acaso a fazenda 1 foi uma das escolhidas para esse estudo. Com previsão de colheita para segunda metade de 2016 a etapa três poderá ser realizada com essa fazenda. Será necessário reprocessamento dos dados, utilizando somente os provenientes dessa área para que a comparação seja real.

É importante também que a empresa continue a investir em pesquisa e em novas tecnologias. As parcelas medidas nesse trabalho podem servir de parâmetro para estudos com metodologias alternativas.

8 ANÁLISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC

O desenvolvimento do TCC foi bastante interessante e muito gratificante devido a todo o apoio e incentivo recebido na empresa e por perceber que o projeto de melhoria desenvolvido tinha real aplicação e esta era percebida pelo analistas e coordenador. Isso motivou muito mais a realizar um trabalho que trouxesse resultados inovadores e possibilidades e melhorias de processos.

Todo o pessoal da Klabin, desde coordenador, até equipes de campo, sempre se mostraram muito dispostos a ajudar nas dúvidas e a propor melhorias para o projeto. Muitas delas foram implementadas e, com certeza, melhoraram esse trabalho.

Na etapa de processamento de dados houve um pequeno contratempo devido a disponibilidade de *software* e a mudança de unidade do estagiário. Novamente a equipe da Klabin se mostrou muito solícita e, com ajuda, os processamentos foram feitos em tempo para que esse trabalho fosse concluído dentro do prazo.

Pela Universidade Federal do Paraná também houve muito apoio, principalmente por parte do coordenador de curso, da secretaria do curso e da orientadora do TCC. Essas pessoas foram fundamentais na inserção do aluno na empresa onde realizou o trabalho, pelo auxílio em questões burocráticas e pelo auxílio técnico e científico para a elaboração do projeto e para a escrita deste relatório.

Acredito que o processo de realização de TCC esteja bastante maduro e as informações estão de fácil acesso aos alunos e interessados.

9 AVALIAÇÃO DO ORIENTADOR

Assinatura

Gustavo Maçaneiro

Assinatura

Ana Paula Dalla Corte

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS (ACR). **Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2014**. Lages: ACR, 2014. 93p.

AUGUSTYNCZIK et al., **Avaliação do tamanho de parcelas e de intensidade de amostragem em inventários florestais**. Sci. For., Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 361-368, set. 2013.

FREESE, F. **Elementary forest sampling**. Washington: USDA, 1962. 91 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório IBÁ 2015 ano base 2014**. Brasília: IBÁ, 2015. 64 p.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 316p.

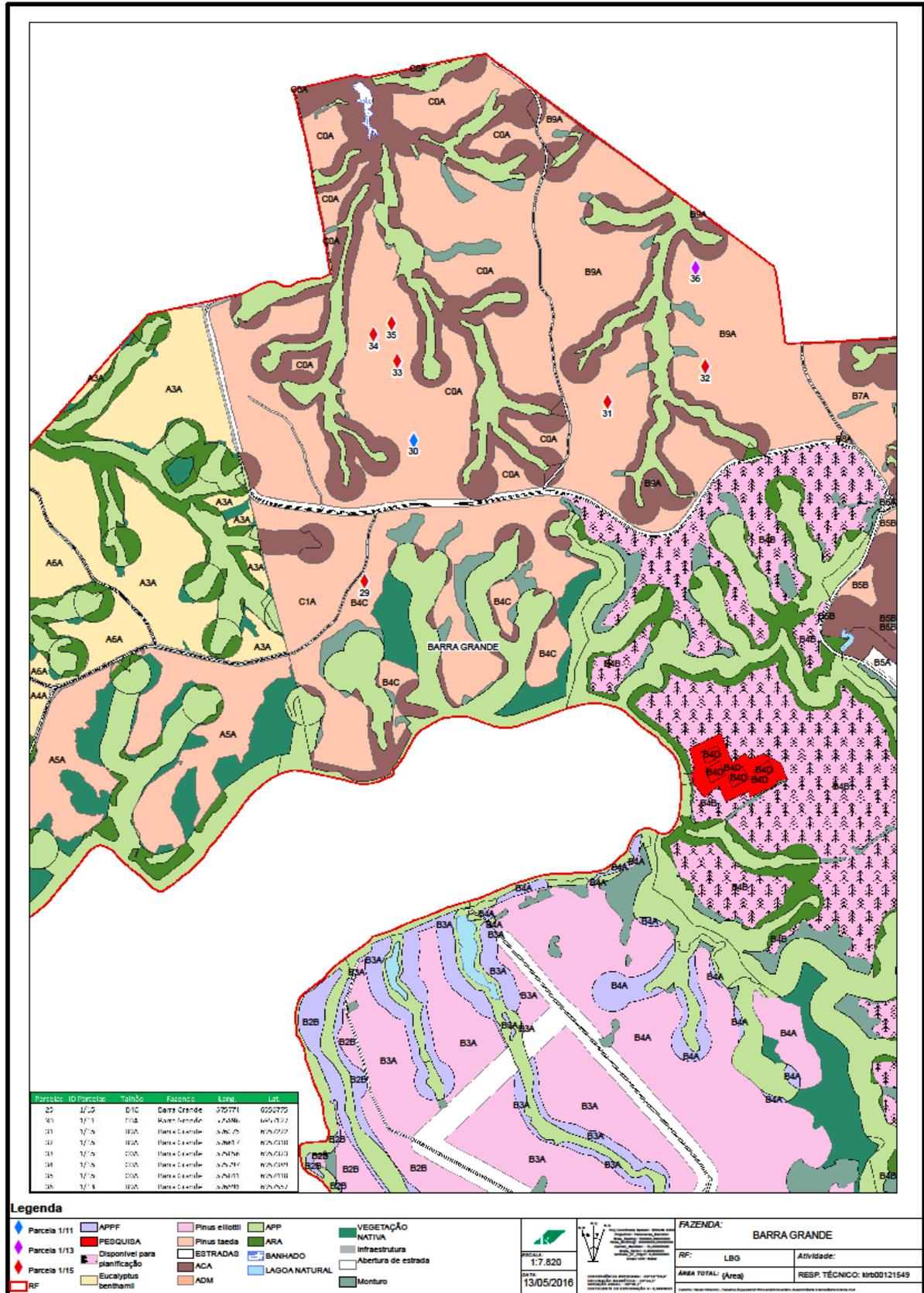
NAKAJIMA, N. Y.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; POSONSKI, M. **Elaboração de um sistema de amostragem para estimativa de valores correntes e mudança/crescimento em reflorestamento de Pinus**. Curitiba: CNPq/UFPR, 1998. 33 p.

PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997. 316p.

SANQUETTA, et al. **Inventários florestais: Planejamento e Execução**. Curitiba. Editorado pelo autor, 2009. 316p.

VEIGA, R.A.A. - **Dendrometria e inventário florestal**. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1984.

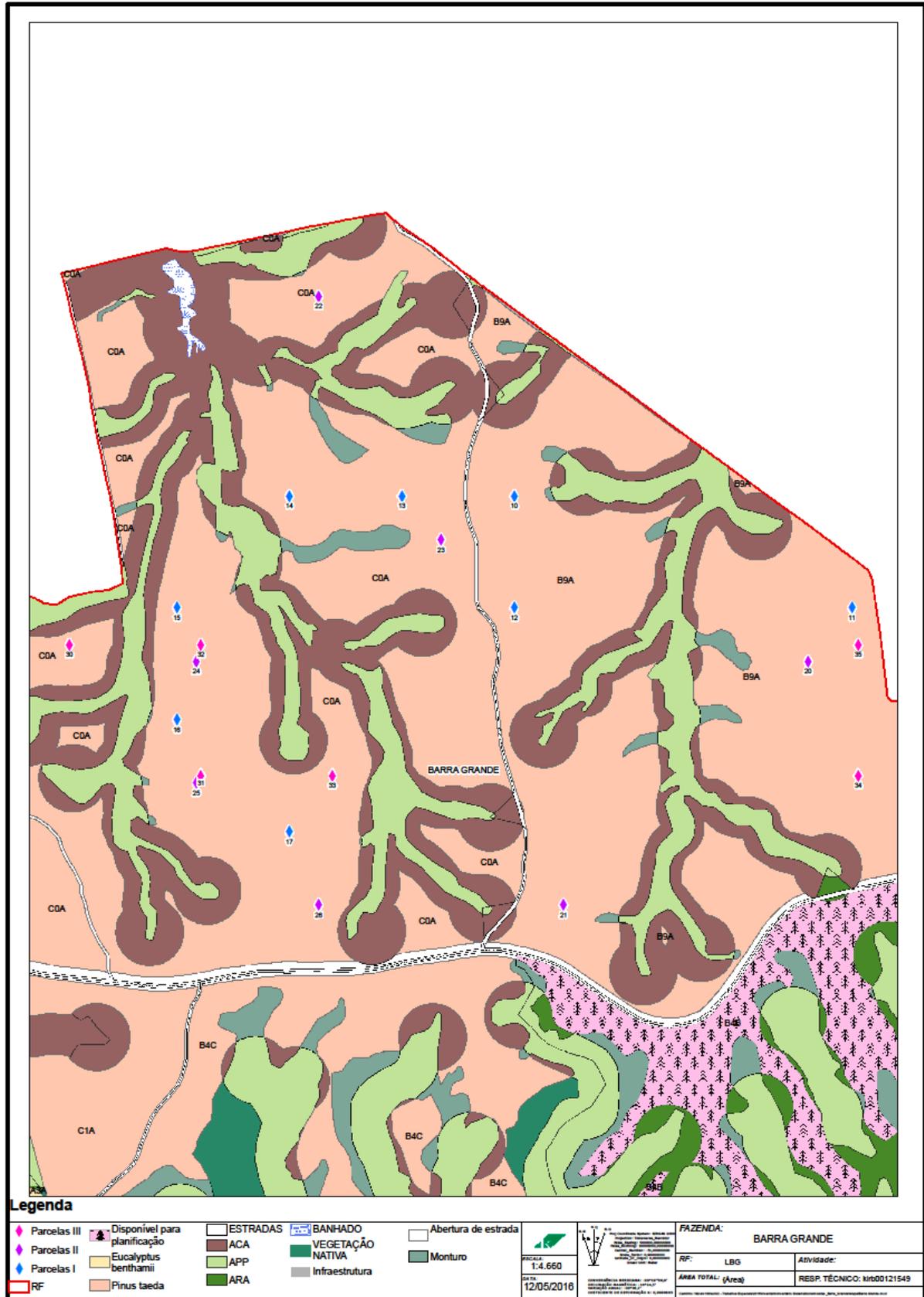
ANEXO 1. FAZENDA BARRA GRANDE, PROCESSO ALEATÓRIO SIMPLES



ANEXO 2. FAZENDA BOM RETIRO-III, PROCESSO ALEATÓRIO SIMPLES



ANEXO 3. FAZENDA BARRA GRANDE, PROCESSO SISTEMÁTICO



ANEXO 4. FAZENDA BOM RETIRO-III, PROCESSO SISTEMÁTICO

