



GIULIA HELENA MARCHETTI

**OBTENÇÃO DE FATORES DE CONVERSÃO POR MEIO DE
FOTOGRAFIAS DAS PILHAS DE MADEIRA UTILIZANDO O
SOFTWARE ARCGIS**

LAVRAS – MG

2019

GIULIA HELENA MARCHETTI

**OBTENÇÃO DE FATORES DE CONVERSÃO POR MEIO DE FOTOGRAFIAS DAS
PILHAS DE MADEIRA UTILIZANDO O SOFTWARE ARCGIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Ms. Dione Richer Momolli
Orientador

LAVRAS-MG

2019

GIULIA HELENA MARCHETTI

**OBTENÇÃO DE FATORES DE CONVERSÃO POR MEIO DE FOTOGRAFIAS DAS
PILHAS DE MADEIRA UTILIZANDO O SOFTWARE ARCGIS
OBTAINMENT OF CONVERSION FACTORS BY PHOTOGRAPHS OF WOOD
PILES USING ARCGIS SOFTWARE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 25 de novembro de 2019.

Dione Richer Momolli – UFLA

Kalill José Viana da Páscoa – UFLA

Thiza Falqueto Altoé – UFLA

Prof. Ms. Dione Richer Momolli
Orientador

LAVRAS-MG

2019

*Aos meus pais, Adelson e Ivaní pelo apoio, suporte e amor.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar sempre meu caminho e não me deixar desistir diante aos obstáculos que apareceram nessa jornada.

Agradeço aos meus familiares, à minha mãe Ivaní, ao meu pai Adelson, às minhas irmãs Tatiana e Virgínia e à minha sobrinha Luíza por sempre me apoiarem e por não me deixarem sucumbir.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras e aos professores do Departamento de Ciências Florestais pela oportunidade. Vocês foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Agradeço ao meu orientador, prof. Ms. Dione Richer Momolli e ao coordenador do curso de Engenharia Florestal, Lucas Amaral, por todo o ensinamento, apoio e atenção.

Aos membros do laboratório de geoprocessamento, em especial a Thainá, pela amizade e companheirismo pelo tempo que estivemos juntas.

Agradeço à AMATA S.A. pela oportunidade de fazer parte dessa equipe, em especial ao time de gestão de planejamento e tecnologia que me agregaram tanto profissionalmente quanto pessoalmente. Às meninas que estiveram comigo durante esse período, Gabriela e Bruna, muito obrigada.

Agradeço aos meus amigos e a república SintaA Liga por serem minha segunda família durante todos esses anos.

RESUMO

A estimativa de volume é imprescindível para o planejamento do manejo das florestas e um valor mais próximo ao volume real de madeira é importante para a tomada de decisão correta das empresas. Na empresa AMATA S.A., em sua operação localizada na cidade de Itaperuçu, no Paraná, o volume de madeira é medido em metro estéreo e comercializado em metros cúbicos, a transformação de uma unidade de medida para a outra é realizada através de um fator de conversão e por este motivo a precisão desse fator é essencial. Neste trabalho, objetivou-se desenvolver um novo método de medição de toras de madeira, na empresa AMATA S.A., para gerar novos valores de fatores de conversão por sortimento. A partir de fotos obtidas das cargas de madeira empilhadas em caminhão, foi realizada a medição manual dos diâmetros das toras através do *software* ArcGIS pela ferramenta *Editor*, em toras da espécie *Pinus* spp. a fim de calcular os volumes, sólido e empilhado, necessários para a obtenção do fator. Com base nos resultados, o método se apresentou mais eficaz, atendendo as demandas da empresa, porém por falta de amostras, não foi possível apurar um novo valor de fator de conversão para o sortimento de 14-18 cm de diâmetro. Para os sortimentos de 18-24 cm e 24-35 cm de diâmetro, um fator de conversão mais assertivo foi apurado.

Palavras-chave: Mensuração florestal. Biometria florestal. Volumetria. Sistema de Informações Geográficas. Geoprocessamento.

ABSTRACT

Volume estimation is essential for forest management planning and a value closer to the actual volume of wood is important for the correct decision making of companies. At AMATA SA, in its operation located in the city of Itaperuçu, Paraná, the volume of wood is measured in stereo meter and traded in cubic meters, the transformation from one unit of measurement to another is performed through a conversion factor. and for this reason the accuracy of this factor is essential. The objective of this work was to develop a new method for measuring logs in AMATA S.A. to generate new values of conversion factors by assortment. From photos taken from truck-mounted timber loads, manual log diameters were measured using ArcGIS software by the Editor tool in *Pinus* spp. in order to calculate the solid and stacked volumes required to obtain the factor. Based on the results, the method was more effective, meeting the demands of the company, but due to lack of samples, it was not possible to determine a new conversion factor value for the assortment of 14-18 cm in diameter. For assortments of 18-24 cm and 24-35 cm in diameter, a more assertive conversion factor was found.

Keywords: Forest measurement. Forest biometrics. Volume. Geographic Information System. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção florestal e área de florestas plantadas.	13
Figura 2 - Operações AMATA S.A.....	14
Figura 3 - Xilômetro.....	16
Figura 4 - Funcionamento do xilômetro.....	16
Figura 5 - Estrutura do Logmeter	18
Figura 6 - Pilha de madeira.	19
Figura 7 - Projetos selecionados para estudo	22
Figura 8 - Localização do município de Itaperuçu-PR.....	23
Figura 9 - Diagrama climático para o município de Itaperuçu- PR.....	24
Figura 10 – Gabarito utilizado.....	25
Figura 11 - Foto da carga do talhão BRE1606	25
Figura 12 - Pontos coletados na régua, através da ferramenta “Georeferencing” do ArcGIS .	27
Figura 13 - Tabela da ferramenta “Georeferencing” do ArcGIS, com destaque às colunas que foram editadas após a coleta de pontos	27
Figura 14 - Definição da área externa	29
Figura 15 - Medição de diâmetros das toras.....	29
Figura 16 - Critérios de medição para toras limítrofes	30
Figura 17 - Delimitação e medição dos testes 1, 2 e 3 respectivamente	31
Figura 18 – Teste 4	31
Figura 19 - Gráfico com o resultado dos fatores de conversão	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes do ArcGIS e suas respectivas descrições.	21
Tabela 2 - Resultado dos testes do cálculo dos fatores de conversão.....	33
Tabela 3 - Resultado dos demais testes do cálculo dos fatores de conversão	33
Tabela 4 - Análise estatística do cálculo dos fatores de conversão.	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	A introdução de <i>Pinus</i> no Brasil e o setor florestal brasileiro.....	12
3.2	Empresa AMATA S.A.	13
3.3	Mensuração florestal.....	14
3.3.1	Volumetria	15
3.4	Aspectos que influenciam o fator de conversão	20
3.5	ArcGIS.....	20
4	METODOLOGIA	22
4.1	Caracterização da área de estudo	22
4.1.1	Coleta de dados.....	24
4.1.2	Georreferenciamento das fotos	26
4.1.3	Medição das toras.....	28
4.1.4	Análise de testes	30
4.1.5	Organização dos dados e cálculo do fator	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	Escolha do melhor método de medição	33
5.2	Otimização da forma de medição.....	34
5.2.1	Fatores de conversão	35
6	CONCLUSÕES	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

Grande parte dos rendimentos nas empresas do ramo florestal são influenciados direta, ou indiretamente pelo volume da floresta. Quando a estimativa desse valor não corresponde ao volume real da madeira no campo, isso reflete em cenários errôneos, e conseqüentemente em resultados negativos (SOARES et al., 2003). Entende-se, então, que para uma tomada de decisão assertiva, é imprescindível uma estimativa de volume de madeira precisa, pois é a partir dela que ocorre todo o planejamento do manejo das florestas.

Para obter a estimativa de volume podem ser empregados diversos métodos. Na empresa AMATA S.A utiliza-se o método da madeira empilhada, que resulta em um valor de volume em metro estéreo (m^{st}), método este que considera os espaços vazios entre as toras. Para que esse volume seja transformado em metros cúbicos (m^3), unidade de medida mais comum para comercialização e entre as empresas florestais, utiliza-se um fator de conversão.

A precisão desse fator influenciará também na precisão do volume calculado, logo, para estima-lo deve-se levar em consideração características específicas do tipo de pilha que será medida, tais como diâmetro e comprimento das toras, espécie, idade, entre outros. O uso de um fator de conversão não preciso pode comprometer o planejamento florestal assim como a comercialização da madeira (BINOTI et al., 2014).

Por ser uma forma mais rápida e simples, muitas vezes a estimativa do volume empilhado é realizado diretamente das cargas sobre a carroceria dos caminhões. Esse método pode ocasionar erros na transformação de metro estéreo de madeira para metro cúbico por consequência da dificuldade da medição das dimensões das toras (BINOTI et al., 2014).

Como forma de minimizar os erros provenientes das medições manuais das pilhas de madeira sobre a carroceria, o uso de fotografias das cargas de madeira é uma alternativa de baixo custo para se obter os fatores de conversão a fim de mensurar a volumetria de madeira empilhada em metros cúbicos (HUSCH et al., 1972). Esse sistema também reduz a participação do operador no processo, podendo resultar em uma diminuição de erros.

A fim de aumentar a precisão das estimativas de volume de madeira, esse trabalho busca melhorar o processo de medição das toras em campo, utilizando fotografias das pilhas de madeira cuja medição foi realizada em ambiente virtual com o auxílio de *software* de SIG (GIS), permitindo a definição de fatores de conversão mais coerentes para os sortimentos das cargas de madeira da empresa.

2 OBJETIVO

Esse trabalho objetivou a redução do tempo de coleta das medidas das toras de madeira da espécie *Pinus* spp. localizadas na operação da empresa AMATA S.A. situada na cidade de Itaperuçu-PR, através de fotografias das cargas, manipuladas por meio de *software* de geoprocessamento para cálculo de fatores de conversão mais coerentes a fim de aumentar a precisão do volume estimado de madeira.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A introdução de *Pinus* no Brasil e o setor florestal brasileiro

As espécies florestais exóticas, mais precisamente o pinus e o eucalipto, ajudaram na redução da pressão exercida pelo homem sobre as florestas nativas desencadeando o crescimento das empresas e indústrias florestais, sendo hoje o setor florestal brasileiro um destaque mundial.

O gênero *Pinus* pertence à família Pinaceae e foi introduzido ao Brasil em 1906 pelo sueco Alberto Löfgren em sua obra intitulada “Notas sobre as plantas exóticas introduzidas no Estado de São Paulo”. Os primeiros estudos realizados com *Pinus* tiveram início em 1936 pelo Serviço Florestal Brasileiro do Estado de São Paulo (atual Instituto Florestal), onde as primeiras sementes de *Pinus elliotii* var. *elliottii* e *Pinus taeda* foram introduzidas (INSTITUTO FLORESTAL, 2015).

Através de incentivos fiscais, os plantios de pinus e eucalipto ganharam ênfase na década de 60, por se tratar de espécies com um rápido crescimento e com grande potencial industrial. Esses incentivos foram justificados pela exploração desenfreada de madeiras nobres, o que chamou a atenção do governo e da população (BARROS, 2006).

No ano de 2016, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017a), as áreas de florestas plantadas no Brasil, resultaram 9,8 milhões de hectares onde cerca de 70,5% destas áreas concentraram-se nas Regiões Sul e Sudeste. As áreas com cobertura de eucalipto corresponderam a 75,2% das florestas plantadas para fins comerciais no país, enquanto as florestas de pinus representaram 20,6%. O valor de produção no ano de 2016 foi de R\$ 19,1 bilhões. A silvicultura teve uma participação de 77,3% no valor da produção de madeira que totalizou uma receita de R\$ 14,8 bilhões, sendo o restante relacionados a extração vegetal (Figura 1).

Figura 1 - Produção florestal e área de florestas plantadas.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (2016-2017).

As duas regiões mais produtivas do setor florestal nacional, sul e sudeste, representaram juntas, 62,3% do valor da produção brasileira, impulsionadas principalmente pelo setor de florestas plantadas. O estado do Paraná foi o maior em valor de receita, chegando a R\$ 3,7 bilhões e o segundo maior em área de espécies florestais plantadas, sendo superada apenas pelo estado de Minas Gerais (IBGE, 2017a).

O setor florestal brasileiro destina sua produção à madeira serrada, painéis de madeira, papel e celulose, pisos laminados e carvão vegetal e possui posição de destaque no comércio mundial como o maior exportador de celulose. (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2019).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017a), o estado do Paraná teve crescimento de 8,6% no ano de 2016, somando-se todos os produtos da silvicultura. A produção de madeira em tora para outras finalidades foi responsável pela maior parte desse valor, entretanto, foi o valor da produção de madeira em tora para papel e celulose que apresentou grande crescimento (15,6%).

3.2 Empresa AMATA S.A.

A empresa AMATA foi fundada em 2005, mas atua no mercado florestal desde 2010 na comercialização de madeira certificada. É reconhecida pelo sistema B e pelo *Forest Stewardship Council* em todas as suas operações florestais, que são divididas em quatro estados brasileiros, Pará, Paraná, Mato Grosso do Sul e Rondônia (Figura 2) (AMATA, 2019).

No Pará, há o plantio de nativas com o Paricá para a recuperação de áreas degradadas. No Mato Grosso do Sul o plantio de eucalipto é realizado, onde a madeira é comercializada para processo como diversificação de portfólio. Essa operação apresenta produtividade acima da média brasileira e alto grau de desenvolvimento industrial. Em Rondônia o foco é o manejo

sustentável da floresta nacional do Jamari, uma operação socialmente justa, economicamente viável e ambientalmente correta para manter a floresta em pé através do manejo de baixo impacto. No estado do Paraná, o plantio de *Pinus* spp. é feito para comercialização de madeira sólida como uma alternativa certificada para o mercado brasileiro (AMATA, 2019).

Figura 2 - Operações AMATA S.A.



Fonte: AMATA S.A. (2019).

3.3 Mensuração florestal

A mensuração florestal é o ramo da ciência que trata da quantificação das variáveis dendrométricas de um povoamento para sua determinação de volume, idade, peso, crescimento, sortimento e produção. Foi no século XVIII que os primeiros estudos de medição de árvores, forma e métodos para avaliar uma floresta foram feitos. A mensuração é uma ferramenta fundamental para as empresas florestais terem ciência da qualidade e quantidade de seus recursos florestais a fim de implementar técnicas que maximizem a produção florestal, além da realização de análises econômicas (SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO, 1998).

A medição de árvores se enquadra no ramo da biometria florestal. Existem várias formas de se obter as medições necessárias para determinação do volume de madeira. De acordo com Santana e Encinas (2013), na biometria florestal o princípio estereométrico é utilizado na

obtenção do volume de uma árvore ou parte dela. Dentre as variáveis dendrométricas, a volumetria será tratada adiante.

3.3.1 Volumetria

A volumetria é uma das estimativas mais importantes para as empresas florestais porque é a partir da quantificação do volume total ou comercial das árvores que é possível gerar equações de volume para a estimativa de qualquer árvore da população, assim como gerar o fator de forma, funções de afilamento para definir o sortimento das árvores, auxiliar nos cálculos de prognose da produção a fim de ajudar no planejamento florestal, servindo de base para a elaboração de planos de manejo, entre outras (SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO, 1998).

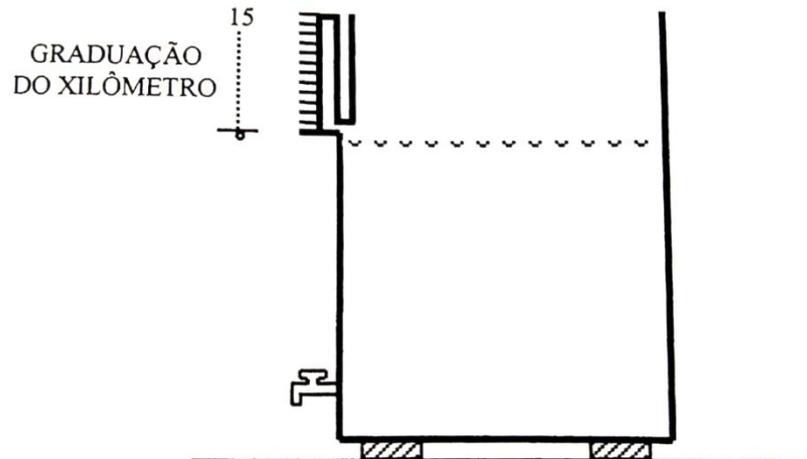
De acordo com Cunha (2004), o volume expressa o potencial de uma floresta uma vez que a maioria das empresas e indústrias, assim como o comércio de madeira, o utilizam como unidade padrão. Existem várias formas de se calcular o volume de uma floresta. Serão apresentados quatro métodos, são eles:

- Xilômetro
- Método da balança
- Logmeter
- Madeira empilhada

3.3.1.1 Xilômetro

Segundo Scolforo e Figueiredo Filho (1998), o método do xilômetro para determinação do volume real de madeira consiste basicamente no uso de um tambor com água e com uma escala graduada (Figura 3), onde o deslocamento de água é medido após as toras de madeira serem submersas ao tambor. A medida de unidade da régua pode ser em litro ou volume.

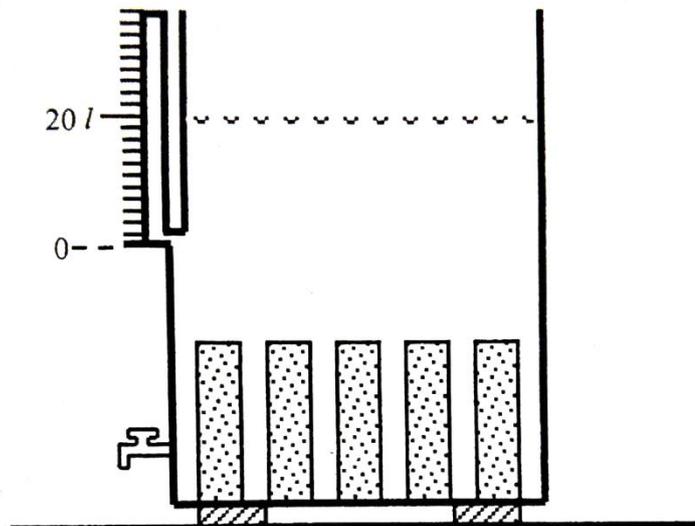
Figura 3 - Xilômetro.



Fonte: Scolforo e Figueiredo Filho (1998).

A água é adicionada até a marca zero da escala graduada. Após isso, as toras de madeiras são acrescentadas ao tambor e o deslocamento de água é avaliado (Figura 4).

Figura 4 - Funcionamento do xilômetro.



Fonte: Scolforo e Figueiredo Filho (1998).

Para a determinação do volume de madeira que está inserido no tambor, um simples cálculo é realizado. Um metro cúbico equivale a 1000 litros de água. A quantidade deslocada de água, determinada pelo xilômetro, equivale ao volume de madeira que está no tambor, sendo assim, é possível construir uma regra de três para a definição do volume de madeira.

$$\begin{aligned} 1m^3 &- 1000 \text{ litros} \\ V &- 20 \text{ litros} \\ V &= 0,02m^3 \end{aligned}$$

Esse método é bastante recomendado para objetos de formas irregulares, fornecendo resultados bastante precisos, porém o uso do xilômetro possui algumas limitações. É necessário preferencialmente que as toras sejam menores e que a água seja periodicamente trocada ou filtrada quando turva, para não acarretar erros na hora da estimativa do volume, além de possuir um alto custo de instalação (HUSCH; MILLER; BEERS, 1972).

3.3.1.2 Método da balança

De acordo com Scolforo e Figueiredo Filho (1998), o método da balança é bastante comum em empresas florestais para obter o volume de madeira. Para entender esse método, primeiramente é necessário abordar as maneiras de quantificar a densidade.

Existem diferentes formas para se expressar densidade, porém a mais utilizada para a quantificação de volume é a densidade aparente média, obtida através de diferentes amostras coletadas no veículo que transporta a madeira. É expressada por:

$$DA = \frac{Mn}{Vn}$$

Onde, na equação, DA corresponde a densidade aparente; Mn: massa a n% de umidade e Vn: volume a n% de umidade (SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO, 1998).

A massa da madeira pode ser coletada diretamente do caminhão. Para isso pesa-se o caminhão contendo a carga de madeira em sua carroceria e desconta sua massa quando vazio, permitindo obter o valor da massa da madeira transportada. Já a densidade, deve ser obtida a partir de uma amostra repetida em variadas posições da carga. As amostras devem ser pesadas e seu volume deve ser calculado a partir de fórmulas de cubagem rigorosa ou através do método do xilômetro. A densidade aparente é definida pela razão entre a massa e o volume das amostras (SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO, 1998).

Dessa forma, o volume transportado de madeira pode ser obtido pela equação:

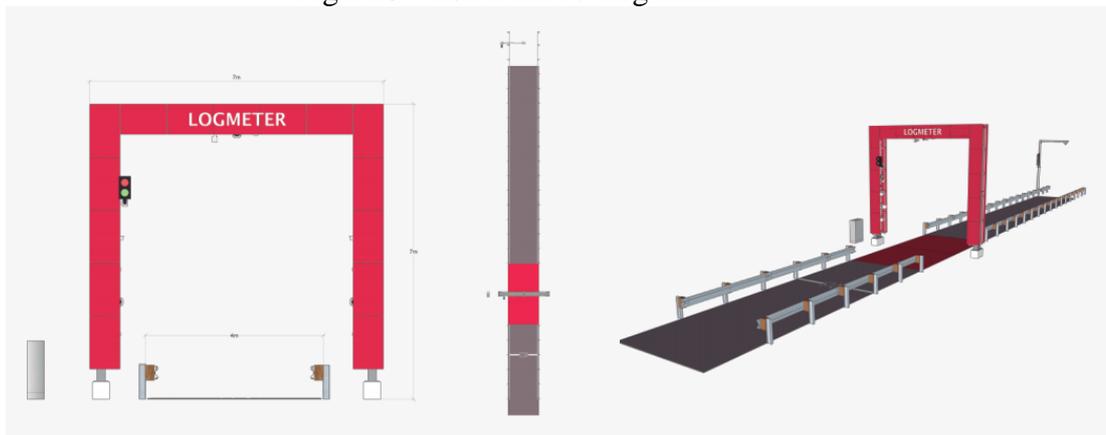
$$V = \frac{M}{DA}$$

Onde, V corresponde ao volume transportado em cm³; M: massa em gramas e DA: densidade aparente em gramas por centímetro cúbico (SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO, 1998).

3.3.1.3 Logmeter

O Sistema de Medição Logmeter ® 4000 (Figura 5) é uma tecnologia, baseada em medições a *laser* de toda a carga de madeira, o que facilita o armazenamento e a precisão das informações. (ALMEIDA, 2011)

Figura 5 - Estrutura do Logmeter



Fonte: Woodtech (2018).

O sistema Logmeter 4000 é fornecido pela atual Woodtech. Consiste em um sistema de medição de madeira a partir de sensores lasers que escaneiam os caminhões e criam um modelo 3D das cargas de madeira e possui também um *software* de aplicação. É um sistema confiável com um processo de alto nível de automação. Diferente dos sistemas tradicionais que consideram os espaços vazios entre as toras, o Logmeter 4000 utiliza algoritmos para medir as cargas de madeira e juntamente com o uso de modelos matemáticos calcula o volume das mesmas em metros cúbicos (IPEF, 2009).

O processo de medição das toras pelo Logmeter se inicia quando o caminhão, em movimento, é detectado na área de medição. Os sensores capturam vários perfis, que são utilizados para criar um modelo tridimensional do caminhão. A segmentação do modelo 3D é realizado identificando o limite das cargas e removendo elementos que não fazem parte da medição. O cálculo de volume é feito de três formas: pelo método estéreo, conjunto estéreo e sólido. As toras periféricas são identificadas e usadas para a estimativa de diâmetro, comprimento, conicidade e curvaturas. A análise dos dados é transferida e computada instantaneamente pelo software fornecido pela empresa junto com o equipamento Logmeter. (WOODTECH, 2018).

O uso do Logmeter é recomendado para empresas que possuem uma dinâmica de colheita florestal elevada. Para pequenas empresas, o uso desse equipamento pode não ser a melhor escolha, pois possui elevado custo de instalação e a necessidade de manutenção no uso do *scanner* pode ser uma desvantagem para quem utiliza desse equipamento. A manutenção deve ser feita por profissionais e quando o sistema sofre alguma parada, pode ficar sem funcionar por longos períodos até que o problema seja resolvido.

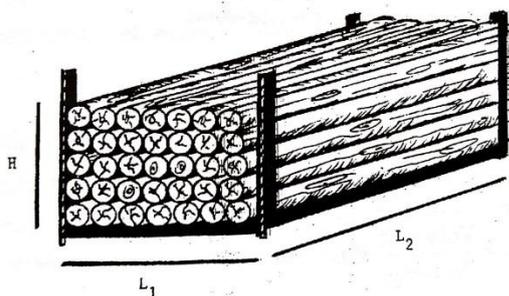
3.3.1.4 Madeira empilhada

O empilhamento de toras de madeira a céu aberto é bastante comum nos processos industriais florestais, dessa forma, o cálculo do volume de madeira empilhada se torna bastante recorrente entre as empresas florestais e a precisão dos dados é essencial para os resultados (BARROS, 2006).

O volume de madeira empilhada, em metro cúbico estéreo (m^{st}), é dado através da multiplicação das dimensões da carga de madeira: comprimento x largura x altura, como mostra a Figura 6 (ALMEIDA, 2011).

As medidas da carga podem ser tomadas diretamente nos caminhões onde as toras serão empilhadas para posteriormente serem transportadas. Esse método calcula o volume total da pilha incluindo os espaços vazios entre as toras e é bastante utilizado pelo seu baixo custo e praticidade (BARROS, 2006).

Figura 6 - Pilha de madeira.



Fonte: Scolforo e Figueiredo Filho (1998).

Uma das formas mais usuais de quantificar volume é através da unidade de medida em metros cúbicos e por esse motivo a transformação da unidade de metro estéreo para metros cúbicos é requerida. De acordo com Scolforo e Figueiredo Filho (1998) é possível realizar a transformação do metro cúbico estéreo para volume sólido (m^3) através de um fator de conversão que pode ser obtido através da fórmula:

$$Fc = \text{Vol.sólido} / \text{Vol. empilhado}$$

De acordo com Barros (2017), fatores de conversão mais precisos podem auxiliar na obtenção de valores mais concisos e exatos no momento da conversão de volume em metro estéreo para metro cúbico. Esse fator varia de acordo com as características das toras contidas na pilha de madeira e são sempre menores que 1. A espécie, classe de diâmetro (sortimento) e comprimento são levados em consideração.

3.4 Aspectos que influenciam o fator de conversão

Para uma transformação mais assertiva do volume de madeira de metro estéreo para metros cúbicos o ideal seria calcular um fator de conversão para cada pilha de madeira. Na prática, essa mensuração de fatores individuais não é possível de realizar e por este motivo fatores de conversão médios para os lotes de madeira são utilizados (BATISTA; COUTO, 2002).

Existem diversos fatores que influenciam os valores dos fatores de conversão. De acordo com Batista e Couto (2002) os principais aspectos relativos ao empilhamento das árvores são a espécie, a região edafo-climática, classe de DAP e altura total, forma do tronco, presença ou ausência de casca e defeitos do tronco. Em relação à toragem das toras e formação das pilhas existem as variáveis de diâmetro das toras, comprimento das toras, tempo de secagem, método do empilhamento, entre outros.

3.5 ArcGIS

O ArcGIS é um conjunto de vários *softwares* de Sistema de Informação Geográfica elaborados pela empresa americana ESRI (Environmental System Research Institute). Teve sua versão inicial lançada em 27 de dezembro de 1999 e conta com várias atualizações desde então. É utilizado para manipulação de informações vetoriais e matriciais, para criação e utilização de mapas, compilação de dados geográficos, análises espaciais, armazenamento, processamento de dados, entre outros (MAPAS PARA LICENCIAMENTO, 2016).

O ArcGIS é constituído por seis componentes essenciais (Tabela 2) e é considerado de extrema importância para auxiliar as empresas florestais no conhecimento de suas florestas e tomadas de decisão.

Tabela 1 - Componentes do ArcGIS e suas respectivas descrições.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
ArcMap	Aplicação principal do ArcGIS, na qual é utilizado para visualizar, editar, analisar, consultar dados geoespaciais e para a criação de mapas.
ArcCatalog	Ferramenta utilizada para o gerenciamento de dados. Permite explorar a árvore de diretórios locais ou remotos para localizar, pré-visualizar, arquivar e organizar arquivos.
ArcToolbox	É uma extensão dentro dos demais: ArcMap, ArcCatalog, ArcGlobe e ArcScene. Contém ferramentas de geoprocessamento, conversão de dados e análise. Funciona como uma “caixa de ferramentas”.
ArcGlobe	É um aplicativo de visualização 3D que permite visualizar grandes quantidades de dados GIS em uma superfície de globo. Assemelha-se ao ArcMap.
ArcScene	Permite a visualização dos mapas e a criação de animações e vídeo em uma apresentação dinâmica dos dados;
ArcReader	Permite visualizar e consultar mapas criados com os outros produtos do ArcGIS.

Fonte: Adaptado de Mapas para Licenciamento (2016).

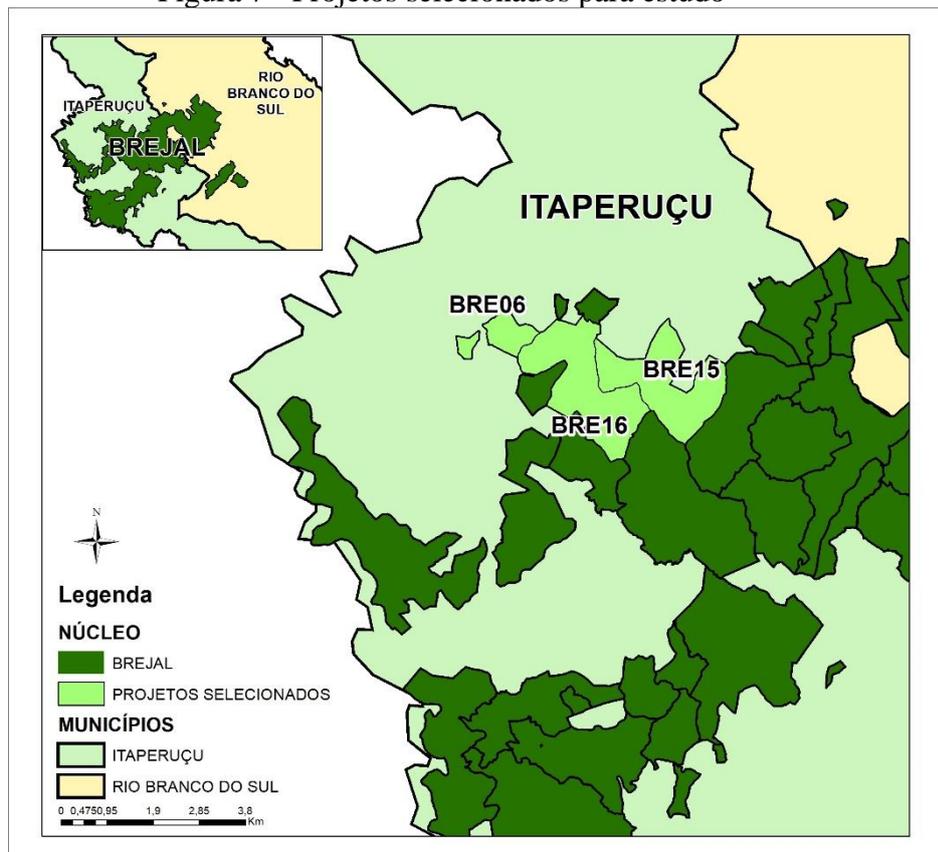
4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

As áreas de plantio da AMATA S.A. no estado do Paraná, na cidade de Itaperuçu, são divididas em nove núcleos. Cada núcleo é subdividido em projetos onde são distribuídos os talhões. Os projetos onde foram realizados os estudos se encontram na região central do município no núcleo intitulado pela AMATA como “Brejal”.

O núcleo Brejal possui parte de seus projetos também no município de Rio Branco do Sul, porém apenas os projetos localizados na cidade de Itaperuçu foram avaliados. A coleta de dados foi realizada nas áreas de colheita do núcleo Brejal, nos projetos BRE06, BRE15 e BRE16 (Figura 7), em árvores da espécie *Pinus spp.*

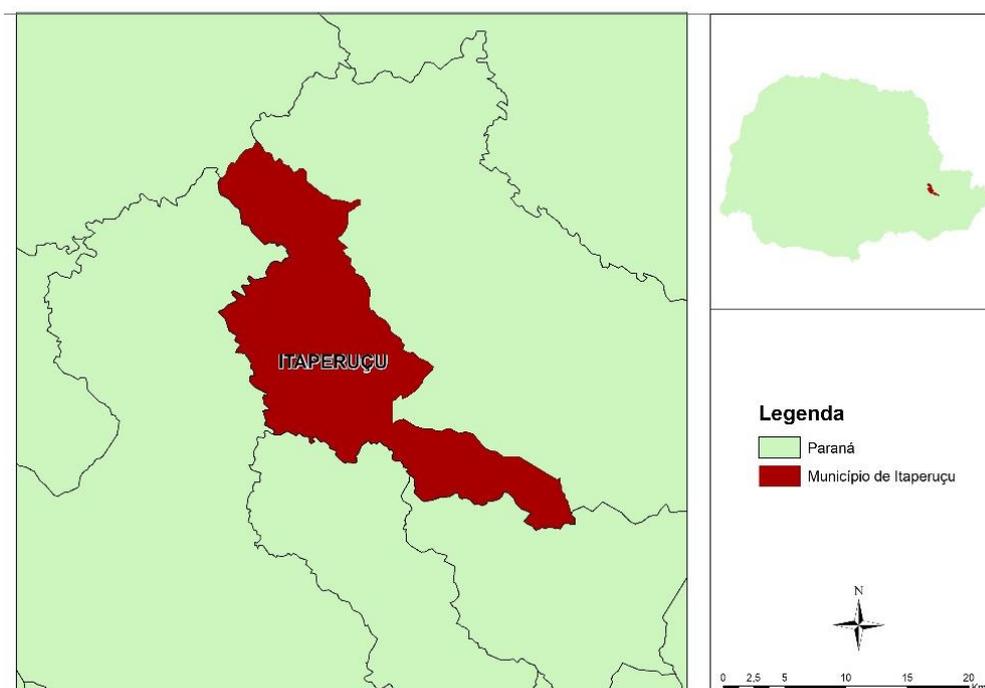
Figura 7 - Projetos selecionados para estudo



Fonte: Do Autor (2019).

O município de Itaperuçu (Figura 8), está localizado na região sul do Brasil no estado do Paraná, entre os paralelos 25°13'12''S e 49°20'52''O, a cerca de 38 km da capital do estado, Curitiba. A cidade possui aproximadamente 28 mil habitantes, de acordo com a estimativa para 2019 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017b).

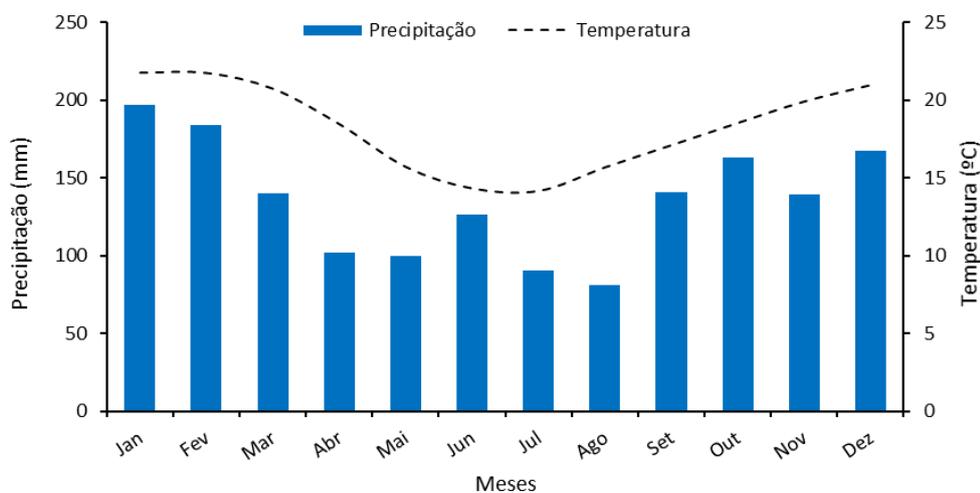
Figura 8 - Localização do município de Itaperuçu-PR



Fonte: Do Autor (2019).

De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, sendo assim caracterizado por ser temperado, sem estação seca definida e apresenta um clima de altitude (Alvares et al., 2013). O município encontra-se a uma altitude média de 735 m acima do nível do mar e a temperatura média para todos os meses é menor que 22 °C. A precipitação ocorre de forma regular ao longo do ano com uma média anual de 1639 mm (Alvares et al., 2013) (Figura 9).

Figura 9 - Diagrama climático para o município de Itaperuçu- PR



Fonte: Adaptado de Alvares et al. (2013).

4.1.1 Coleta de dados

Anteriormente, a base de dados era alimentada por informações coletadas manualmente em campo. O operador esperava pela efetuação do carregamento das cargas de madeira nos caminhões para realizar as medições de diâmetro das toras utilizando uma fita métrica. Os dados eram registrados em folhas de papel e posteriormente transcritos para uma planilha em Excel.

Na teoria, para calcular um volume mais assertivo das toras é necessário a medição das duas extremidades das mesmas, a mais grossa e a mais fina por decorrência do afilamento das árvores definido por Husch et al. (1972) como o decréscimo de diâmetro da base da árvore até a copa.

Pelo fato de as medições das toras terem sido feitas nas carrocerias dos caminhões, não foi possível a medição das duas faces das toras. A fim de amenizar o efeito do afilamento e para uma melhor organização das toras, a disposição das árvores já cortadas nos caminhões foi feita intercalando as extremidades mais grossas com as extremidades mais finas das toras na hora do carregamento.

Para a implementação do método proposto, as primeiras etapas foram realizadas em campo após o carregamento do caminhão com as madeiras já processadas. Em todas as cargas foi necessário fixar uma escala de 0,21 m x 0,21 m na face transversal de uma das toras carregadas no caminhão. Essa escala foi presa na tora através de parafusos presente em suas extremidades (Figura 10). Todas as cargas que foram estudadas dispuseram desse equipamento fixado para que as imagens pudessem passar pelo processo de georreferenciamento.

Figura 10 – Gabarito utilizado



Fonte: Do Autor (2019).

Posteriormente, o operador responsável fotografou as toras empilhadas utilizando um telefone celular. A distância entre o operador e o caminhão foi de 3 metros e as fotos foram coletadas perpendicularmente às faces das pilhas (Figura 11), reproduzindo o método utilizado por Husch et al. (1972).

Figura 11 - Foto da carga do talhão BRE1606



Fonte: Do Autor (2019).

As fotografias foram encaminhadas para medições e análises por um aplicativo móvel, a fim de otimizar o processo de envio das fotos, contendo informações fundamentais para a realização dos estudos, entre elas, o nome do projeto de onde as árvores foram colhidas, o sortimento (classes de diâmetro) e o comprimento das toras.

No trabalho em questão, as medições e os cálculos dos fatores de conversão foram realizados nas cargas com sortimento de 14 a 18 cm, 18 a 24 cm, e nas cargas com o sortimento de 24 a 35cm de diâmetro. Os vigentes sortimentos foram analisados por serem comercializadas pela AMATA S.A. através do valor de volume em m³.

A intensidade amostral foi calculada a partir da fórmula:

$$n=(t^2.CV^2)/E\%^2$$

Onde n corresponde a intensidade amostral; t corresponde ao valor tabelado da distribuição t de Student; CV corresponde ao coeficiente de variação e E% ao erro de amostragem admissível. O erro utilizado para o cálculo foi de 5%.

O total de amostras analisadas por sortimento foi 54, onde 7 amostras foram retiradas de cargas com o sortimento de 14 – 18 cm de diâmetro, 33 amostras do sortimento de 18 – 24 cm de diâmetro e 14 amostras para o sortimento de 24 – 35 cm de diâmetro.

4.1.2 Georreferenciamento das fotos

O georreferenciamento das fotos é necessário para que suas coordenadas se tornem conhecidas num dado sistema de referência. De acordo com Queiroz (2003), o georreferenciamento estabelece um mapeamento entre as coordenadas da foto com as coordenadas geográficas e é primordial quando se deseja a integração de uma imagem à base de dados em SIG.

As fotos tiradas não possuíam um sistema de coordenadas definido o que impossibilitava a medição das toras em SIG. Para tornar as fotos passíveis de medição o georreferenciamento foi executado em ambiente SIG, utilizando como escala a régua presente nas fotografias.

Os sistemas de informações geográficas (SIG), de acordo com Sponholz, Oliveira Filho e Oliveira (2013), são ferramentas que permitem a associação de informações de fontes e formatos divergentes, gerando uma série de operações e análises bastante eficazes para auxiliar na decisão final nos processos administrativos das empresas.

Para essa etapa realizada no ArcGIS 10.5, a ferramenta “*Georeferencing*” foi utilizada. Coletou-se três pontos de controle nas extremidades da régua através da ferramenta: o ponto 1: (0;0); o ponto 2: (0;0,21); e o ponto 3: (-0,21;0) (Figura 12).

Figura 12 - Pontos coletados na régua, através da ferramenta “Georeferencing” do ArcGIS



Fonte: Do Autor (2019).

As coordenadas *X Map* e *Y Map*, em metros, foram adicionadas manualmente através do “*View Link Table*” e a transformação das coordenadas foi realizada utilizando uma função polinomial de 1ª ordem (Figura 13). O sistema de coordenadas utilizado foi o SIRGAS 2000 UTM 22S.

Figura 13 - Tabela da ferramenta “Georeferencing” do ArcGIS, com destaque às colunas que foram editadas após a coleta de pontos

Link									
Total RMS Error: Forward:6,10057e-015									
	Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	453,486689	-548,637798	0,000000	0,000000	-7,29972e-015	3,55271e-015	8,11835e-015	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	456,223319	-484,451385	0,000000	0,210000	3,66374e-015	6,93889e-016	3,72887e-015	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	389,051492	-543,413322	-0,210000	0,000000	3,747e-015	-4,21885e-015	5,64258e-015	

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)

Degrees Minutes Seconds

Fonte: Do Autor (2019).

Após o georreferenciamento, as fotos foram salvas em imagens de formato .tif pela ferramenta “*Rectify*” para que as medições das toras fossem feitas na imagem já georreferenciada.

4.1.3 Medição das toras

No caso do cálculo de volume estimado de madeira empilhada, a unidade de medida resultante do cálculo se dá em metro estéreo (mst) e para realizar a transformação da unidade de medida para metros cúbicos (m³) é necessário o uso de um fator de conversão. Segundo Scolforo e Figueiredo Filho (1998), para encontrar o valor do fator de conversão é necessário primeiramente conhecer duas medidas de volume: o volume sólido e o volume empilhado.

Para obter o volume empilhado foi preciso multiplicar o valor da área externa que delimita a pilha pelo comprimento das mesmas. Para o volume sólido, duas medidas de diâmetro por tora foram requeridas para determinar as áreas seccionais e posteriormente calcular os volumes seccionais através de uma fórmula padrão. A medição direta das áreas seccionais pelo ArcGIS foi testada e descartada pelo elevado tempo para obtenção dessa medida.

A área seccional, de acordo com Cunha (2004) refere-se a área da seção perpendicular ao eixo da árvore no ponto de medição do diâmetro e é expressa pela fórmula:

$$g = \pi * d^2 / 40000$$

Onde d se refere ao diâmetro medido, em cm.

A equação de volume das áreas seccionais utilizada no presente trabalho foi a de Smalian e é dada por:

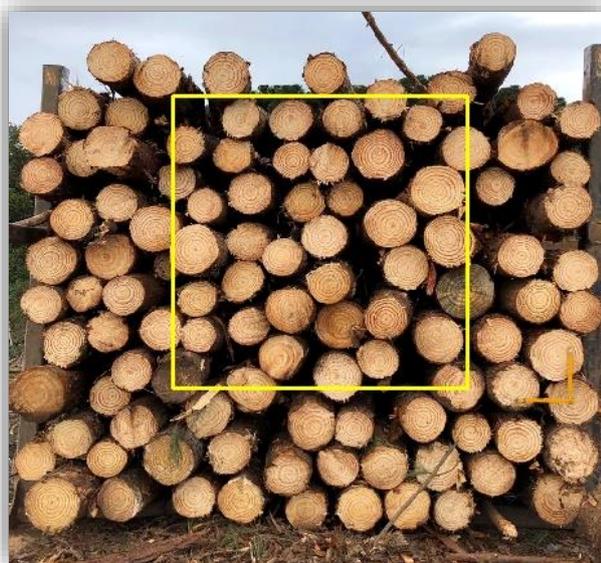
$$v = \left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right) * l$$

Onde g1 e g2 se referem às áreas seccionais dos dois diâmetros medidos e l se refere ao comprimento das toras, em m. O volume sólido se dá pela somatória de todos os volumes individuais.

A relação entre volume sólido e volume empilhado é denominado fator de conversão.

Para definição da área externa à pilha, utilizou-se a ferramenta “*Editor*” do ArcGIS. A área foi delimitada manualmente (Figura 14).

Figura 14 - Definição da área externa



Fonte: Do Autor (2019).

Com a área estabelecida, os diâmetros das toras no interior do perímetro foram medidos pela mesma ferramenta. As linhas criadas para medição dos diâmetros foram desenhadas no centro das toras, em ambos os eixos (horizontal e vertical) resultando em dois diâmetros coletados por tora (Figura 15).

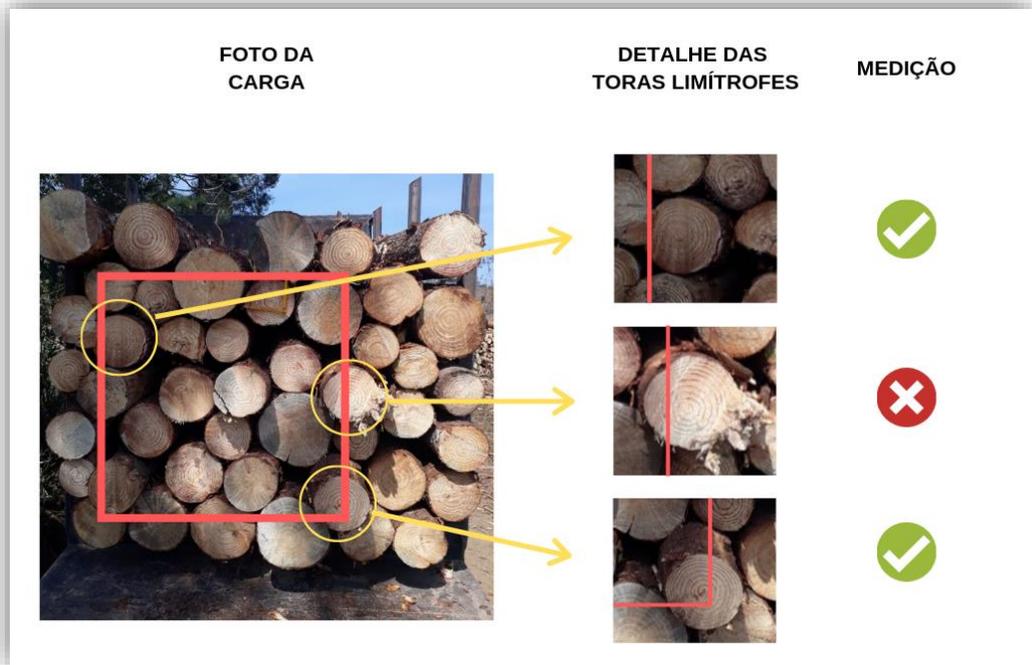
Figura 15 - Medição de diâmetros das toras



Fonte: Do Autor (2019).

Alguns critérios foram criados para analisar as toras limítrofes (Figura 16). As toras que se encontraram com mais da metade de seu diâmetro dentro da área estipulada, foram medidas.

Figura 16 - Critérios de medição para toras limítrofes



Fonte: Do Autor (2019).

4.1.4 Análise de testes

Antes de selecionar o melhor método de medição pelo ArcGIS, alguns testes foram realizados utilizando toda a metodologia discutida nos tópicos anteriores. Será exemplificado nessa seção quatro testes realizados em toras com sortimento de 14 cm a 18 cm de diâmetro.

Os testes foram executados analisando-se diferentes áreas externas à pilha. Conforme citado anteriormente, dois diâmetros (d_1 e d_2) foram medidos manualmente em todos os testes através da ferramenta “*Editor*” do ArcGIS nas toras que se enquadravam nos critérios pré-determinados para a realização da medição.

A delimitação da área externa do primeiro teste visou compreender o maior número de toras possíveis, tendo como limite as barras do caminhão totalizando uma área de 3,15 m². O segundo teste foi realizado utilizando uma área externa de 0,78 m². A delimitação dessa área foi definida objetivando diminuir a quantidade de toras a medir. O critério de seleção para a área externa do terceiro teste foi baseado no teste número dois, tentando manter dentro de seu

perímetro o menor número de espaços vazios entre as toras. A área total externa do terceiro teste foi de 0,36 m². (Figura 17).

Figura 17 - Delimitação e medição dos testes 1, 2 e 3 respectivamente

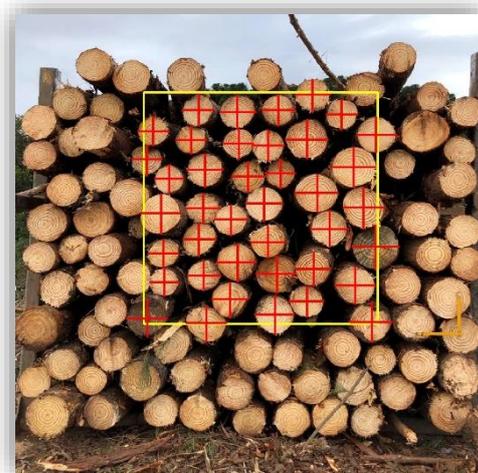


Fonte: Do Autor (2019).

O quarto teste (Figura 18) visou se aproximar dos métodos tradicionais realizados em campo, onde o operador utilizava um gabarito de 1,2 m x 1,2 m para delimitar a área externa e determinar quantas toras deveriam ser medidas por pilha.

Dessa forma, seguindo a mesma estratégia executada em campo, o tamanho da área externa à pilha foi pré-estabelecido com o valor de 1,44 m² para realizar as medições através do ArcGIS. O gabarito foi alocado no centro das imagens.

Figura 18 – Teste 4



Fonte: Do Autor (2019).

4.1.5 Organização dos dados e cálculo do fator

Os dados coletados nas medições foram transferidos para uma planilha em Excel para que os cálculos de volume sólido, volume empilhado e fator de conversão fossem realizados. Os valores de diâmetro e da área externa à pilha foram retirados diretamente da tabela de atributos do ArcGIS.

Análises estatísticas foram realizadas a partir das amostras coletadas, a fim de identificar se houve de fato melhoria nos valores dos fatores de conversão. De acordo com Cunha (2004), a estatística integra uma das principais ferramentas que auxiliam nas tomadas de decisão e no controle de qualquer atividade e a aplicação da estatística na área florestal é de suma importância por consequência dos tipos de dados que são avaliados e coletados em campo.

A intensidade amostral dos fatores de cada sortimento foi utilizada para analisar os resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Escolha do melhor método de medição

O critério de seleção para o melhor método de medição foi baseado na comparação entre o valor encontrado do fator de conversão calculado e o valor utilizado pela empresa, decorrente da cubagem de algumas árvores provenientes de inventários realizados.

De acordo com os cálculos efetuados a partir dos testes (Tabela 2), o quarto teste obteve o melhor resultado e todas as amostras passaram a ser medidas de acordo com o método utilizado no último teste. O fator de conversão calculado foi comparado ao fator utilizado pela empresa para essa classe de diâmetro que consiste em um valor de 0,70.

Tabela 2 - Resultado dos testes do cálculo dos fatores de conversão

Testes	Volume empilhado (m ³)	Volume Sólido (m ³)	Fator de conversão calculado
1	1,89	3,15	0,60
2	0,47	0,78	0,60
3	0,23	0,36	0,64
4	0,98	1,44	0,68

Fonte: Do Autor (2019).

Os mesmos testes foram realizados nos demais sortimentos (18 – 24 cm e 24 – 35 cm de diâmetro), apresentados na Tabela 3. Para o sortimento de 18 – 24 cm de diâmetro o fator de conversão usado pela AMATA para comparação dos testes é de 0,72 e para o sortimento de 24 – 35 cm de diâmetro, 0,77.

Tabela 3 - Resultado dos demais testes do cálculo dos fatores de conversão

Testes	Fator de conversão calculado para o sortimento de 18 – 24 cm de diâmetro	Fator de conversão calculado para o sortimento de 24 – 35 cm de diâmetro
1	0,59	0,69
2	0,68	0,71
3	0,64	0,74
4	0,73	0,76

Fonte: Do Autor (2019).

5.2 Otimização da forma de medição

O uso das fotografias para medições das toras em ambiente SIG resultou em uma redução do tempo gasto nas medições. Em campo, as medições eram realizadas em aproximadamente 30 minutos e no ArcGIS as medições foram feitas em um tempo médio de 20 minutos. Os erros gerados pela dificuldade de obtenção das medidas das toras pelo método manual em campo também foram minimizados pelo novo processo, além de extinguir possíveis erros de digitação que poderiam vir a ocorrer no momento de transcrever as medidas anotadas nas folhas de papel para a planilha em Excel.

Nota-se que houve uma grande melhoria na forma de medição das toras, porém o método de medição manual através da ferramenta “Editor” do ArcGIS pode não ser a melhor opção para empresas que possuem grandes demandas, uma vez que não se trata de um processo totalmente automatizado. Existem outras formas de utilizar o método fotográfico, entre elas estão o sistema computacional de redes neurais artificiais (RNA) e o programa computacional denominado DIGITORA.

Segundo Binoti et al. (2014), o sistema de redes neurais artificiais se assemelha às redes neurais biológicas do cérebro humano, porém de uma forma matemática. Essa técnica pode ser empregada para classificar o que representa madeira e o que representa os espaços vazios nas fotografias através da seleção de amostras de treinamento, referente às duas classes, para compor uma classificação supervisionada das fotos (imagens).

O programa computacional DIGITORA, desenvolvido pelo professor José Carlos Ribeiro e pelo engenheiro civil José Carlos Lopes Ribeiro utiliza como fundamento a metodologia elaborada por Husch et al. (1972), onde as fotografias das pilhas de madeira eram reveladas para viabilizar a criação de *templates* para determinação dos fatores de conversão. Com a utilização do *software* não é necessário que as fotos sejam reveladas (BERTOLA et al., 2003). De acordo com Ribeiro (2009), o programa utiliza o “Método da Malha de Pontos”, pontos que cobrem parte ou toda a fotografia. Segundo Barros (2017), o fator é encontrado a partir da contagem manual dos pontos que caírem sobre as toras e os espaços vazios. Posteriormente o *software* calcula uma porcentagem dos espaços vazios existentes na pilha e a partir desse cálculo obtém-se o fator de conversão.

Embora os dois métodos apresentados sejam um pouco mais automáticos, o sistema criado de medições através do ArcGIS atende às necessidades pelo fato de a empresa não possuir grandes demandas e por ter sido uma solução rápida e eficaz para a medição das toras no momento.

5.2.1 Fatores de conversão

De acordo com as análises estatísticas realizadas nas amostras organizadas por sortimento, os resultados expressos na Tabela 4 foram encontrados.

Tabela 4 - Análise estatística do cálculo dos fatores de conversão.

Sortimentos					
14-18		18-24		24-35	
Nº Amostras	7	Nº Amostras	33	Nº Amostras	14
Média	0,65	Média	0,73	Média	0,83
Desv. Padrão	0,16	Desv. Padrão	0,10	Desv. Padrão	0,08
CV%	24,31	CV%	14,09	CV%	9,79
I.A.	89	I.A.	23	I.A.	12

Fonte: Do Autor (2019).

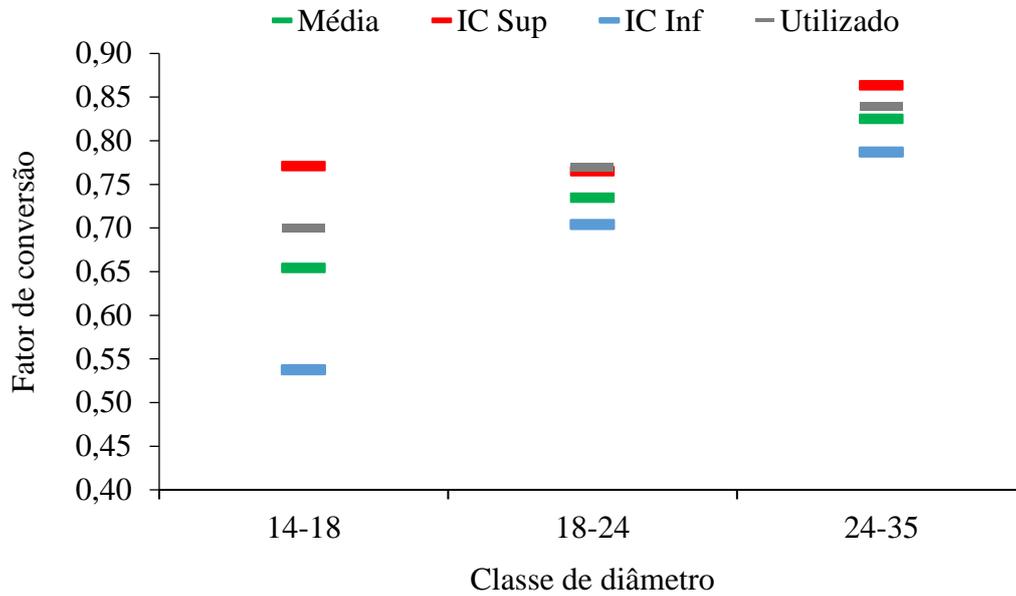
Onde, Nº Amostras corresponde ao número de caminhões (cargas) medidos; CV%: coeficiente de variação dos fatores de conversão e I.A.: intensidade amostral necessária para determinação real dos fatores de conversão, de acordo com a variabilidade dos dados. A média representa o valor médio dos fatores de conversão encontrados.

Apenas 8% das amostras necessárias foram obtidas para a classe de diâmetro de 14 – 18 cm. A falta de amostras para esse sortimento ocorreu devido ao fato de a empresa não estar realizando a comercialização de toras com o sortimento indicado no momento em que este trabalho foi realizado. Por esse motivo não foi possível definir um novo fator de conversão para essa classe de diâmetro.

O CV para o segundo e último sortimento estudado (18 – 24 cm e 24 – 35 cm de diâmetro) foi de 14,09% e 9,79% respectivamente. A intensidade amostral de ambos foi atingida e com isso pôde-se considerar o valor 0,73 como o novo fator de conversão para o sortimento de 18 – 24 cm de diâmetro e 0,83 para o terceiro sortimento.

Em síntese, os resultados obtidos através das análises estatísticas são apresentados na Figura 19.

Figura 19 - Gráfico com o resultado dos fatores de conversão



Fonte: Do Autor (2019).

A média representa o valor ideal do fator de conversão para realizar a transformação correta de volume expresso em metro estéreo para volume em metros cúbicos, em termos de quantificação do volume. A utilização de um valor de fator abaixo da média, ocasiona a comercialização de madeira por um preço abaixo do real por decorrência da expedição de cargas indicando um menor valor de metros cúbico, enquanto para valores de fator de conversão acima da média a empresa estaria expedindo uma carga por um valor de volume maior do que o real.

6 CONCLUSÕES

Pode-se identificar uma melhoria relacionada ao método de medição das toras associadas a diminuição do tempo gasto para as medições e a provável redução de erros provenientes da falha humana. Embora o método utilizado não seja totalmente automático, atendeu às necessidades atuais da empresa de maneira efetiva.

De acordo com os resultados, verificou-se a eficácia do método para cálculo de novos fatores de conversão, porém faz-se necessário uma quantidade maior de fotografias para o sortimento de 14-18 cm de diâmetro para que seja possível gerar a quantidade necessária de amostras conforme análise estatística. O novo valor de fator de conversão para a classe de diâmetro de 18 – 24 cm de diâmetro foi de 0,73 e para a classe de diâmetro de 24-35 cm foi de 0,83.

Concluiu-se que ao adicionar novas amostras ao banco de dados, um novo valor de fator de conversão será encontrado para o sortimento de 14-18 cm de diâmetro e os três fatores de conversão deverão ser apurados e acordados com os clientes para posteriormente serem utilizados pela AMATA S.A.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. **Aplicação da metodologia design for seis sigma, na implantação do projeto Logmeter® (Sistema de Medição de Madeira), em uma empresa de grande porte de celulose e papel no Brasil**, 2011.

ALVARES, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

AMATA BRASIL. **Quem é a AMATA**, 2019. Disponível em: <http://www.amatabrasil.com.br/sobre/>, acesso em: 30/11/2019.

BARROS, M. V. **Fator de cubicação para madeira empilhada de Eucalyptus grandis w. hill ex maiden, com toretes de dois comprimentos, e sua variação com o tempo de exposição ao ambiente**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

BARROS, V. A. **Determinação de fatores de empilhamento por meio de classificação de imagem utilizando redes neurais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 2017.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. do, **O “estéreo”**, Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. Disponível em: <http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:metrvm:metrvm-2002-n02.pdf>, acesso em: 02/12/2019.

BERTOLA, A. et al. **Determinação de fatores de empilhamento através do software DigiTora**. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.837-844, 2003.

BINOTI, D. H. B. et al. **Estimação do volume de madeira empilhada através da classificação de fotografias digitais**. In: II Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal, 2014, Curitiba. *Atualidades em Mensuração Florestal*, 2014. p. 88-91.

CUNHA, U. S. da. **Dendrometria e inventário florestal**, Manaus 2004.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W., **Forest mensuration**, 2. ed., New York: John Willey & Sons, 410 p, 1972.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2019**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>, acesso em: 11/11/2019

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, 2017a. Disponível em https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2017_v32_informativo.pdf, acesso em: 20/06/2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **História Itaperuçu**, 2017b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/itaperucu/historico>, acesso em: 09/08/2019.

INSTITUTO FLORESTAL. **Instituto Florestal protagonizou a história da cultura do pinus no Estado de São Paulo**, 2015. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/2015/11/intituto-florestal-protagonizou-a-historia-da-cultura-do-pinus-no-estado-de-sao-paulo/>, acesso em: 28/07/2019.

IPEF. **IPEF Notícias**. Número 196. Janeiro, Fevereiro, Março 2009. Ano 35. 12 p. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ipefnoticias/ipefnoticias196.pdf>, acesso em: 08/08/2019.

MAPAS PARA LICENCIAMENTO. **O que é ArcGIS e para que serve?**, 2016. Disponível em: <https://mapasparalicenciamento.com.br/o-que-e-arcgis/>, acesso em: 02/06/2019.

QUEIROZ, C. J. **Análise de transformações geométricas para o georreferenciamento de imagens do satélite CBERS-I**, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2003.

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I. **Influência do vento no volume de toras e no fator de forma de pinus caribaea var. hondurensis**, Cerne, Lavras, v. 19, n. 2, p. 347-356, abr./jun. 2013.

SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria florestal: Medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 310.: il. – Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Manejo de Florestas Plantadas e Florestas Nativas.

SOARES, C. P. B. et al. **Determinação de fatores de empilhamento através de fotografias digitais**. R. Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.4, p.473-479, 2003.

SPONHOLZ, I. K.; FILHO, P. C. O.; OLIVEIRA, E. B. de. **Espacialização da produção florestal por sortimento de madeira**, Pesq. flor. bras., Colombo, v. 33, n. 76, p. 369-378, out./dez. 2013.

WOODTECH. **Logmeter laser technology for measuring volume of logs loaded on moving vehicles**, 2018. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b374e6_751359a46f824ff5a23682ae9206fe0c.pdf, acesso em 03/07/2019.