

**Planejamento da exploração florestal: um estudo na amazônia brasileira****Forest exploitation planning: a study in brazilian amazon**

DOI:10.34117/bjdv5n10-095

Recebimento dos originais: 10/09/2019

Aceitação para publicação: 08/10/2019

**Paulo Vinícius de Miranda Pereira**

Doutorando no Programa de Pós-graduação em Agronegócios pelo Centro de Estudos e Pesquisa em Agronegócios – CEPAN da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre – IFAC  
Endereço: Campus Tarauacá – BR 364, Km – 359 – CEP 69970-000 – Tarauacá – AC – Brasil

E-mail: paulo.pereira@ifac.edu.br

**Josefa Edileide Santos Ramos**

Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Agronegócios pelo Centro de Estudos e Pesquisa em Agronegócios – CEPAN da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Endereço: Av. Bento Gonçalves 7712 – Prédio da Agronomia - 1º Andar - CEP: 91540-000 – Porto Alegre – RS - Brasil

E-mail: edileideramos@gmail.com

**Marcos Miranda Pereira**

Mestre em Administração pela Universidade Federal de Rondônia – UNIR  
Endereço: Campus José Ribeiro Filho – BR 364, Km 9,5 – CEP: 76815-800 Porto Velho – RO – Brasil

E-mail: marcosrugal@gmail.com

**Veronica Schmidt**

Doutora em Ciências Veterinárias pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Professora Titular do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da Faculdade de Veterinária e Professora do Programa de Pós-graduação em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Endereço: Av. Bento Gonçalves 9090 – Laboratório de Medicina Veterinária Preventiva – Agronomia - CEP: 91540-000 – Porto Alegre – RS - Brasil

E-mail: veronica.schmidt@ufrgs.br

**RESUMO**

O Manejo Florestal tem a finalidade de conseguir que as florestas forneçam continuamente benefícios econômicos, ecológicos e sociais, mediante um planejamento para o aproveitamento dos recursos madeireiros e não madeireiros. Neste sentido, surgem cada vez mais estudos que empenham em formas de planejar a exploração florestal de maneira

sustentável. Logo, buscou-se estratificar uma floresta da região amazônica, em área estruturalmente semelhantes, utilizando de técnicas de análise multivariada, intentando melhorar o planejamento da produção florestal. Para isso, os métodos utilizados foram a análise de *clusters* e análise discriminante. A pesquisa foi conduzida na Área de Manejo Florestal do imóvel P.F. Jaru Ouro Preto, localizado no município de Governador Jorge Teixeira – RO. Foi realizado um censo florestal, no qual foram analisadas as variáveis: Número de árvores, Altura comercial média, DAP médio, Área basal e Volume Comercial, em 77 parcelas iguais de 1 ha. A aplicação da análise de *clusters* resultou em agrupamentos hierárquicos das parcelas estruturalmente dissemelhantes, permitindo estratificar a área em três grupos pré-definidos, homogêneos, distintos e de parâmetros crescentes, denominados Grupos 1, 2 e 3. Na análise discriminante, os pressupostos foram atendidos e indicou que 98,7% das parcelas foram corretamente classificadas. Os resultados podem ser usados para o planejamento da exploração florestal, tratamento silvicultural, monitoramento e um melhor inventário florestal, o que pode implicar na redução dos custos no emprego do manejo florestal, bem como melhor precisão nas estimativas de inventário florestal. Por fim, a utilização da análise multivariada em floresta demonstrou ser uma ferramenta eficiente, podendo ser utilizada nas análises estruturais de florestas, auxiliando a elaboração, execução e melhor eficiência de manejos de florestas naturais com proposta de sustentabilidade.

**Palavras-chaves:** Manejo Florestal Sustentável. Sustentabilidade. Estratificação de Floresta Tropical. Planejamento Florestal. Análise Multivariada.

## ABSTRACT

Forest Management is intended to ensure that forests continuously provide economic, ecological and social benefits through planning for the use of wood and non-timber resources. In this sense, there are more and more studies that focus on ways to plan forest exploitation in a sustainable way. Therefore, we tried to stratify a forest of the Amazon region, in structurally similar areas, using multivariate analysis techniques, trying to improve the planning of forest production. For this, the methods used were cluster analysis and discriminant analysis. The research was conducted in the Forest Management Area of the property P.F. Jaru Ouro Preto, located in the municipality of Governador Jorge Teixeira - RO. A forest census was carried out, in which the following variables were analyzed: Number of trees, Average commercial height, mean DBH, basal area and commercial volume, in 77 equal plots of 1 ha. The application of cluster analysis resulted in hierarchical groupings of structurally dissimilar plots, allowing stratification of the area into three distinct, homogeneous, distinct groups and increasing parameters, named Groups 1, 2 and 3. In the discriminant analysis, the assumptions were met and indicated that 98.7% of the plots were correctly classified. The results can be used for forestry planning, silvicultural treatment, monitoring and a better forest inventory, which may lead to lower costs in the use of forest management as well as better accuracy in forest inventory estimates. Finally, the use of multivariate analysis in the forest has proved to be an efficient tool, and can be used in the structural analysis of forests, helping the elaboration, execution and better efficiency of natural forest management with a sustainability proposal.

**Key-words:** Sustainable Forest Management. Sustainability. Tropical Forest Stratification. Forestry Planning. Multivariate analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

As florestas têm um papel importante no desenvolvimento de determinadas regiões dentro da Floresta Amazônica. Elas cumprem funções ecológicas, socioculturais e econômicas, sustentam a economia de regiões inteiras, abrigam sociedades tradicionais e também têm um papel central no equilíbrio do clima do planeta. Mesmo assim, não têm sido cuidadas de forma adequada. Esta situação alarmou o mundo e levou ao surgimento de muitas iniciativas em busca da conservação da floresta e do desenvolvimento sustentável da região, entre as quais o manejo florestal sustentável, nas suas diferentes modalidades (comunitário, empresarial, concessão de florestas públicas, etc.), é considerado a alternativa mais promissora (CARVALHO, 2012; KIM PHAT *et al.*, 2004; ROTTA *et al.*, 2006).

Na Amazônia brasileira, as propriedades rurais devem destinar uma área para compor a reserva legal para fins de assegurar o uso econômico sustentável dos recursos naturais do imóvel, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos que conserve a biodiversidade que sirva de abrigo e proteção de fauna silvestre e da flora nativa. Esta área será de 80%, e em estados com Zoneamento Ecológico-Econômico de 80% à 50%. Em tais áreas uma das atividades é o manejo florestal (BRASIL, 2012).

Atividades uso do solo, ou seja, atividades que culminam na conversão da floresta em outros tipos de cobertura, não são opções para a área de reserva legal, já as atividades de uso indireto como ecoturismo e pagamento por serviços ambientais, como crédito de carbono, e apresentam maior potencial de conservação (AMARAL; PINTO, 2012). Atividades uso do solo na Amazônia, onde somente 20% (em alguns casos, 50%, dependendo do zoneamento), ou seja, atividades que culminam na conversão da floresta em outros tipos de cobertura, não são opções para a área de reserva legal e sim a geração de renda advinda da floresta que não pode ser derrubada, neste aspecto, o manejo florestal madeireiro ou não-madeireiro são opções (PEREIRA, 2018).

O Manejo Florestal, visto como uma componente chave da proteção florestal, conservação da biodiversidade e aumento da renda nas florestas tropicais é um conjunto de princípios, técnicas e normas, que tem por fim organizar as ações necessárias para ordenar os fatores de produção e controlar a produtividade e eficiência para alcançar objetivos definidos (BRANDT *et al.*, 2016).

No Código Florestal Brasileira, a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Manejo Florestal Sustentável é definido como:

[...] a administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços (BRASIL, 2012).

A mesma lei, no artigo 12, define que no bioma amazônico, para áreas acima de 4 módulos fiscais, a área de reserva legal deverá ser de 80%, e em estados como Rondônia que tem Zoneamento Ecológico-Econômico, algumas áreas permitem 50% de área de Reserva Legal. Nessas áreas as únicas atividades econômicas permitidas estão descritas nos artigos 17 ao 24 onde o plano de manejo sustentável aparece como única de propósito comercial em que autoriza derrubada de árvores, mas oferece outras opções de ganhos econômico em que a floresta permaneça em pé (BRASIL, 2012).

Assim, a finalidade do manejo florestal é conseguir que as florestas forneçam, continuamente, benefícios econômicos, ecológicos e sociais, mediante um planejamento para o aproveitamento dos recursos madeireiros e não madeireiros disponíveis. É um processo de gerenciamento e planejamento florestal, no sentido de analisar as melhores ações para uma resposta socioeconômica e ambiental favorável a médio e longo prazo (GAMA *et al.*, 2005). O manejo florestal é a uma das atividades que possibilita a conciliação de atividades produtivas econômicas de uso do solo e a conservação da floresta. Atividades de pecuária, agricultura e de mineração possuem o menor potencial de conservação (AMARAL; PINTO, 2012).

A eficiência da sustentabilidade da floresta deve ser garantida pelas técnicas utilizadas na exploração dos Plano de Manejo Florestais Sustentáveis - PMFS, que somente poderá ser averiguada após o término do ciclo de corte que para os novos projetos com volumetria em torno dos 25 a 30 metros cúbicos por hectare. Diante disto, as técnicas exploratórias da análise multivariada, segundo Silva, (2008, p. 27) empenham-se em atenuar “[...] a complexidade analítica da estrutura do povoamento por meio das análises de agrupamento, das análises das componentes principais e das análises discriminantes; e, verificar a importância das espécies na estrutura da comunidade arbórea”.

Assim, estudos com dados de inventário censitário, o conhecimento da composição e da estrutura fitossociológica e a estratificação de da floresta, possibilitam “[...] melhor planejamento e controle da produção florestal, bem como a execução das atividades de colheita, de tratamentos silviculturais e de monitoramento ou inventário florestal contínuo

[...]” (SOUZA; SOUZA, 2006), tornando-se “[...] mais uma ferramenta técnica prática à gestão de unidades de áreas de manejo de florestas naturais” (ARRUDA, 2008).

Com base nessas considerações, este estudo tem por escopo estratificar uma floresta da região amazônica, em área estruturalmente similares, utilizando as técnicas de análise multivariada: análise de *clusters* e análise discriminantes, visando o melhor planejamento e controle da produção florestal.

## **2 O MANEJO FLORESTAL E SEU PAPEL NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

As florestas tropicais abrangem diversas áreas do globo, principalmente, África, Ásia e Américas Central e do Sul. Das florestas tropicais existentes no mundo cerca de um terço se encontra no Brasil.

As florestas podem fazer contribuições significativas para a economia e fornecer múltiplos produtos e serviços que apoiem os meios de subsistência e protejam o meio ambiente. No entanto, o desafio é gerenciar a capacidade regenerativa da floresta de uma forma que produza benefícios agora sem comprometer os benefícios e escolhas futuras, ou seja, as funções de produção e proteção das florestas devem ser sustentadas por práticas de gerenciamento (MACDICKEN *et al.*, 2015).

As florestas são consideradas fontes, sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa (GEE), sendo, ao mesmo tempo, parte do problema do aquecimento global, pois emitem gases de efeito estufa da queima e desmatamento, e parte do solução do problema, uma vez que mitigam seus efeitos por meio do armazenamento de carbono, removendo CO<sub>2</sub> da atmosfera e mantendo-o em sua biomassa enquanto crescem (CARVALHO, 2012).

Os dados do 4º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) estimam que as emissões de CO<sub>2</sub> do desmatamento e mudança no uso da terra representam 17% das emissões globais. Assim, o setor florestal é a terceira maior fonte de emissão, atrás dos setores de energia (26%) e indústria (19%) e seguido pelos setores de agricultura (14%) e transporte (13%). O papel múltiplo das florestas é uma questão muito complexa e disputada nas negociações sobre a mudança climática desde as reuniões preparatórias para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) em 1992 até hoje. Isso se deve à avaliação econômica desses ecossistemas no contexto dos mercados de redução de emissões (CARVALHO, 2012).

O Manejo Florestal, visto como uma componente chave da proteção florestal, conservação da biodiversidade e aumento da renda nas florestas tropicais é um conjunto de

princípios, técnicas e normas, que tem por fim organizar as ações necessárias para ordenar os fatores de produção e controlar a produtividade e eficiência para alcançar objetivos definidos (BRANDT *et al.*, 2016). Baseia-se na produção contínua e sustentada dos produtos madeireiros de forma que admita que a floresta contém algo mais do que árvores e o seu potencial representa algo mais do que madeira.

O termo correto seria manejo florestal de rendimento sustentado pois baseia-se na premissa de que a floresta retorne a seu estado antes da intervenção, ou seja, sem comprometer sua estrutura e capital inicial (HIGUCHI, 1994). A promessa da sustentabilidade está enraizada na premissa de que os ecossistemas têm o potencial de se renovar e que as atividades econômicas e as percepções ou valores sociais que definem a interação humana com o meio ambiente são escolhas que podem ser modificadas para garantir a produtividade a longo prazo e a saúde do ecossistema. Dessa forma, o manejo florestal aborda um grande desafio ao combinar as crescentes demandas de uma população humana em crescimento, mantendo as funções ecológicas dos ecossistemas florestais saudáveis (MACDICKEN *et al.*, 2015).

Assim, a finalidade do manejo florestal é conseguir que as florestas forneçam continuamente benefícios econômicos, ecológicos e sociais, mediante um planejamento mínimo para o aproveitamento dos recursos madeireiros e não madeireiros disponíveis. É um processo de gerenciamento e planejamento florestal, no sentido de analisar as melhores ações para uma resposta socioeconômica e ambiental favorável a médio e longo prazo (GAMA *et al.*, 2005). Trata-se de uma prática ecológica que mantém a integridade, produtividade, resiliência e biodiversidade do ecossistema florestal. A sustentabilidade ecológica assegura a continuação da função dos ecossistemas, que são considerados como sistema ecológico de apoio à vida (KOTWAL *et al.*, 2008; REMPEL *et al.*, 2016). O manejo deve integrar a produção de madeira, conservação da biodiversidade, proteção do solo e da água, sequestro de carbono recreação, produtos florestais não madeireiros e outras terras florestais (SOTIROV *et al.*, 2017).

O manejo florestal sustentável também incorpora muitas das atividades que serão necessárias para responder aos efeitos das mudanças climáticas nas florestas (SPITTLEHOUSE; STEWART, 2003). Stanley Holling (2001) observa que uma capacidade adaptativa é um componente necessário da sustentabilidade. Incluir a adaptação às mudanças climáticas como parte do planejamento florestal não exige necessariamente um grande investimento financeiro com um tempo de retorno futuro desconhecido.

Há uma evidente tendência global favorável ao manejo florestal sustentado que poderá ajudar a garantir que as florestas continuem a ser uma parte valorizada do nosso futuro comum (MACDICKEN *et al.*, 2015). Por isso a valoração do serviço econômico de armazenamento de carbono fornecido pelas florestas, com suas complexidades políticas, técnicas e econômicas inerentes, tornou-se uma discussão mais relevante na arena internacional do que outros aspectos da problemática florestal, como os direitos dos povos indígenas, áreas protegidas e impulsionadores internacionais do desmatamento (CARVALHO, 2012).

As condições socioeconômicas regionais únicas também afetam significativamente os requerimentos das partes interessadas das empresas do setor florestal de atuação global. Portanto, os decisores setoriais do setor florestal devem estar conscientes de preocupações de sustentabilidade sensíveis ao contexto regional e específico ao avaliar e priorizar os problemas de sustentabilidade (SUTTERLÜTY *et al.*, 2018).

Em geral, pesquisas envolvendo a temática, já são realizadas a anos (BARRETO *et al.*, 1998; GAMA *et al.*, 2005; SOUZA, 1989), oportunizando entendimentos sobre a composição, estrutura e estratificação das florestas. Ainda recentemente, estão sendo realizados estudos que utilizam técnicas multivariadas para estratificar os estoques volumétricos (ALMEIDA *et al.*, 2015; SILVA, 2018; Souza *et al.*, 2014; XIMENES, 2017).

As medidas obtidas por meio de inventários florestais servem de parâmetro para se estimar a biomassa, sendo o volume de madeira, o principal parâmetro. Os dados são obtidos por meio de inventários florestais que fornecem dados mais confiáveis na estimativa do volume da madeira (PETERSSON *et al.*, 2012). Assim, os apesar da boa disponibilidade de pesquisas, há poucos estudos que utilizam outras variáveis importantes realizadas nas estimativas dos dados de inventário florestal. Recomenda-se que essa estimativa seja correlacionada não só com a variável diâmetro, mas também com a variável altura (PHELPS *et al.*, 2010). Rutishauser *et al.* (2013) concordam que a altura é peça chave, além do DAP para aumento da precisão nas estimativas de biomassa.

Para estimativas de volumes, são vários modelos existente sendo uma parte mais adequada para a floresta amazônica. Eles consideram o DAP e a altura como variáveis independentes. Entre os modelos de volume testados, o de Schumacher-Hall tem melhor ajuste. Este modelo, segundo os autores foi testado em diferentes partes da Amazônia (ROLIM *et al.*, 2006; THAINES *et al.*, 2010; THOMAS *et al.*, 2006). A outra forma é com a fórmula do cilindro atrelado a um fator de forma (0,7) que é o mais usado em planos de manejo (AMARAL *et al.*, 1998; MMA, 2006).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa tem por natureza ser aplicada, pois objetiva a produção de conhecimento específica sobre a temática “uso da análise multivariada em exploração florestal”. A pesquisa aplicada é aquela que busca agregar conhecimento direcionado à aplicação prática de um determinado procedimento ou técnica (GIL, 2010). Quanto aos objetivos, o estudo caracteriza-se como descritiva, já que a pesquisa envolverá a descrição da floresta, compreensão e interpretação dos dados encontrados com base na análise de suas particularidades. Segundo Collis e Hussey (2005), considera-se pesquisa descritiva aquelas relacionadas com fenômenos de atuação prática, e que proporcionam elementos sobre as características de um determinado problema ou questão.

Quanto a abordagem do problema, o estudo caracteriza-se como quantitativo, a pesquisa envolverá os processos de coleta, análise, interpretação e redação dos resultados (CRESWELL, 2007). Pesquisa quantitativa é aquela se utiliza do “emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas” (RICHARDSON, 2012, p. 70).

O estudo foi realizado com dados de um levantamento censitário da área de manejo florestal (AMF) da propriedade denominada imóvel P.F. JARU OURO PRETO, Lote 05, Gleba 02/A, localizado no município de Governador Jorge Teixeira – RO. A Figura 01 apresenta o mapa da propriedade, cuja área total é de 274,5024 ha (delimitada pela linha de cor vermelha), sendo que, a área de servidão florestal, ou seja, a área utilizada neste estudo, é de 78,007 ha (delimitada pela linha de cor preta).

Os dados do Inventário Florestal de 100% foram coletados conforme Rondônia (2006): número da árvore sequencial em plaqueta, onde a cada faixa do talhão inicia-se a numeração na plaqueta 01 com respectivo número da faixa. Cada árvore com mais de 30 cm (trinta centímetros) de CAP (Comprimento à Altura do Peito) foi medida e estimada a altura comercial em metros. Logo após isso, a espécie de cada árvore foi identificada (nome comum) por um mateiro. Numa plaqueta, toda a sistemática de localização das árvores obedeceu a um sistema de coordenadas de um plano cartesiano. Neste sistema o alinhamento da picada mestre corresponde ao eixo “X”. O eixo “Y” corresponde ao comprimento da picada de orientação.

A partir desses dados, foi calculada o DAP (Diâmetro à Altura do Peito), Área Basal e o Volume de madeira com casca de cada espécie comercial, considerando a altura comercial e o fator de forma igual a 0,7 (relação entre volume cilíndrico e volume real, pelo método de Smalian), encontrando assim, o Volume Comercial com casca para cada árvore, de acordo as



fórmulas (1), (2) e (3) utilizada pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC (1995):

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (1)$$

Onde:

$DAP$  = Diâmetro à altura do peito, expresso em centímetros;

$CAP$  = Comprimento à altura do peito, expresso em centímetros.

$$AB = \frac{\pi \cdot DAP^2}{4} \quad (2)$$

Onde:

$AB$  = Área Basal, expresso em  $m^2$ ;

$DAP$  = Diâmetro à altura do peito, expresso em metros;

$$V = \frac{DAP^2 \cdot \pi \cdot H \cdot ff}{4} \quad (3)$$

Onde:

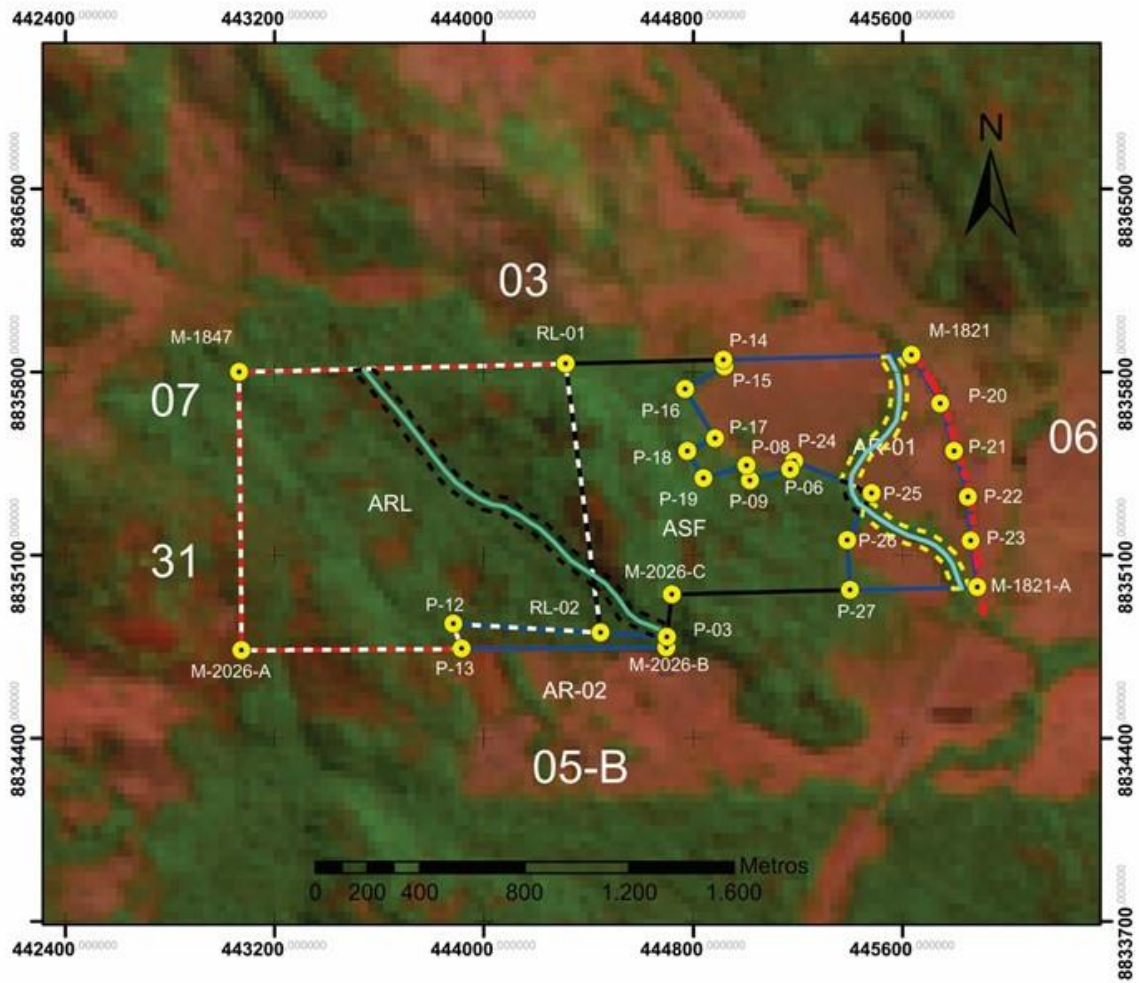
$V$  = Volume estimado da árvore, expresso em  $m^3$ .

$DAP$  = Diâmetro a altura do peito, expresso em centímetros.

$H$  = Altura estimada, medida até a altura superior do fuste considerado aproveitável, expressa em metros.

$ff$  = Fator de forma, definido em 0,7 para volume com casca.

Figura 1 – Mapa Imagem do Imóvel P.F. Jarú Ouro Preto, Lote 05, Gleba 02/A, localizado no município de Governador Jorge Teixeira – RO.



LEGENDA	CONVENÇÕES	CARTA IMAGEM DE LOCALIZAÇÃO DA RESERVA LEGAL			
Mata Nativa	Reserva legal	IMÓVEL: GLEBA RIO ALTO - LOTE 05 GLEBA 02/A MATRÍCULA DO IMÓVEL: 1.4544-C.R.I DE JARU-RO INTERESSADO: ALBERTO FRANCENER MUNICÍPIO: GOV. JORGE TEIXEIRA UNIDADE DA FEDERAÇÃO: RONDÔNIA			
Área Antropizada	Área prot permanente a recuperar	ÁREA TOTAL 274,5024 ha	ÁREA DA RESERVA LEGAL 137,2512 ha	ÁREA REMANESCENTE 65,4102 ha	ÁREA DA RESERVA FLORESTAL 78,007 ha
Relevo Acentuado	Rios e igarapés	IMAGEM LANDSAT - ÓRBITA 231/66		DATA DA PASSAGEM AGOSTO DE 2011	
Rios e igarapés	Propriedade	ESCALA 1 : 30.000		DATA OUTUBRO DE 2012	
Limite do Imóvel	Área já explorada	RESP. TÉCNICO:		CONFERE:	
Reserva Legal	Área a recuperar				
Marcos e Pontos	Limite entre Imóveis				
DATUM VERTICAL: IBITUBA - SANTA CATARINA DATUM HORIZONTAL: SAD 69 - MINAS GERAIS MERIDIANO CENTRAL: 63 - ZONA 20					

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com os dados do levantamento censitário, foi realizada a classificação da destinação das árvores, na qual obedeceu os critérios técnicos determinados por Rondônia (2006) a saber: I) Árvores Exploráveis – indivíduos com DAP maior ou igual a 50 cm (cinquenta centímetros); II) Árvores Porta Sementes – a percentagem mínima de 10 % (dez por cento) de árvores com DAP maior ou igual a 50cm (cinquenta centímetros); e III) Árvores para Corte Futuro – espécies com DAP entre 30 (trinta) a 50 cm (cinquenta centímetros).

Após a coleta de dados, a área foi dividida em parcelas de 50x200m distribuídas uniformemente respeitando o destino dos indivíduos levantados e deu-se início a análise quantitativa dos dados. Primeiramente, foi realizada a estatística descritiva da área de servidão florestal, o que permitiu a sintetização dos valores, como também, a visão global do grupo estudado. Segundo Guedes *et al.* (2005) a estatística descritiva, se preocupa em descrever os dados, permitindo dessa forma que se tenha uma visão global da variação desses valores, organizando e descrevendo os dados por meio de tabelas, gráficos e/ou medidas descritivas. Os dados observados na estatística descritiva, foi constatada a existência de heterogeneidade na formação florestal da propriedade, evidenciando a real necessidade de uma classificação da área de manejo florestal em grupos homogêneos.

Diante disto, deu-se início a segunda parte, realizada através da Análise Multivariada de dados. De acordo com Mingoti (2007, p. 21), análise multivariada “[...] consiste em um conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais várias variáveis são medidas simultaneamente, em cada elemento amostral. [...]”. Nesta fase do estudo, a análise procedeu somente nas árvores classificadas como comerciais para o corte (Explorável), pois a execução do plano de manejo florestal, ocorrerá somente nas árvores classificadas para tal fim. Isto posto, foram selecionadas as árvores exploráveis dentro das parcelas, o que totalizou um total de 77 (setenta e sete) parcelas de 01 (um) hectare (50x200m).

Entre as diversas técnicas de análise multivariada disponível para estudo, optou-se por técnicas multivariadas exploratórias, que, segundo Fávero e Belfiore (2015), podem ser utilizadas em quase qualquer área do conhecimento, cujo o objetivo seja estudar a relação entre as variáveis de um determinado banco de dados. Segundo os autores, o objetivo destes tipos de análises, também conhecidas como técnicas de interdependência, não é de se definir uma variável preditora e nem de ser criar modelos confirmatórios, mas sim, possuem a intensão de redução ou simplificação estrutural dos dados, à classificação ou agrupamento das observações e variáveis, à investigação da existência de correlação entre as variáveis, à

elaboração de rankings de desempenho de observações a partir de variáveis e à construção de mapas perceptuais.

Os dados do levantamento censitário, distribuídos em 77 parcelas, foram analisados de acordo as seguintes variáveis propostas por Souza *et al.* (1990): Número de Árvores (N), Altura Comercial Média (m), DAP médio (m), Área Basal (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) e Volume Comercial (m<sup>3</sup>). Gerou-se uma matriz  $X$  de dados em essas variáveis, em que cada variável  $x_{ij}$  denota o  $i$ -ésimo de cada variável agrupado na  $j$ -ésima parcela, utilizada nas análises de *clusters* e discriminante.

Análise de agrupamentos (conglomerados, classificação ou *cluster*) tem por escopo segmentar os elementos da população em conglomerados de forma que os componentes referentes a um mesmo grupamento sejam congêneres entre si em relação as características (variáveis), e os elementos em conglomerados diferentes sejam divergentes em relação a estas particularidades (MINGOTI, 2007).

O algoritmo de agrupamento utilizado foi pelo Método de Ward e a medida de dissimilaridade foi pela Distância Euclidiana simples. Essa técnica, segundo (PAIS; SILVA; FERREIRA, 2012, p. 9) é fichada como “[...] hierárquico aglomerativo, o qual parte do princípio do que, no início, cada elemento é considerado um conglomerado, de forma que uma vez que haja o agrupamento de dois elementos, os mesmos continuem juntos até o fim do processo [...]”. Essas medidas são ilustradas nas equações (4) e (5) como pontos A e B.

$$\text{Distância entre A e B} = D_{AB} = \sqrt{\sum_{i=1}^p (X_{il} - X_{ik})^2} \quad (4)$$

E, em termos matriciais, essa distância é dada por:

$$D_{AB} = \sqrt{(X_a - X_b)'(X_a - X_b)} \quad (5)$$

A partir da análise de conglomerados procedeu-se a análise discriminantes dos grupos definidos. A análise discriminante tem por objetivo classificar um elemento dentro de uma população ou amostra. Para a sua aplicação, é necessário que o elemento a ser classificado pertença realmente a um dos grupos, que sejam conhecidas as características dos elementos dos diversos grupos e que os grupos para os quais cada elemento pode ser classificado sejam predefinidos, ou seja, conhecidos *a priori* considerando-se suas características gerais (NOBREGA, 2010).

De acordo com Mingoti (2007, p. 232) na análise para um vetor de observações  $x$  fixo, calcular-se-á “[...] o valor da densidade  $f_i(x)$  para cada população  $i, i = 1, 2, \dots, g$ , sendo o elemento amostral classificado na população que tiver o maior valor de densidade  $f_i(x)$  [...]”. Essa relação é ilustrada na equação (6).

$$f_i(x) = \text{máximo} \{f_i(x), i = 1, 2, \dots, g\} \quad (6)$$

Como cada população poderá ter distribuição normal p-variada, o elemento com vetor observado  $x$  naquela população  $k$ , tal que: (7)

$$\hat{d}_i^Q(x) = -\frac{1}{2} \ln(|S_i|) - \frac{1}{2} (x - \bar{x}_i)' S_i^{-1} (x - \bar{x}_i) \quad (7)$$

Onde  $(\bar{x}_i, S_i)$  demonstra o vetor de médias amostral e a matriz de covariâncias amostral da população  $i, i = 1, 2, \dots, g$ , respectivamente. A matriz de covariância  $S_i$  será estimada pela matriz de covariância amostral combinada por  $S_{p \times p}$  definida pela equação (8) (MINGOTI, 2007).

$$S_{p \times p} = \frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2 + \dots + (n_g - 1)S_g}{(n_1 + n_2 + \dots + n_g) - g} \quad (8)$$

Para a tabulação e análise dos dados serão utilizados os *Softwares Microsoft Excel 2016 e SPSS*.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 . ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

As estatísticas descritivas (Média, Soma, Desvio Padrão, Valor Mínimo e Valor Máximo), foram utilizadas para descrever e resumir o banco de dados, de maneira a sintetizar uma série de valores, permitindo, que se tenha uma visão global do grupo estudado. Na Tabela 1, são apresentadas as estatísticas descritivas do Número de Árvores, Altura Comercial Média (m), DAP Médio (m), Área Basal (m<sup>2</sup>) e Volume (m<sup>3</sup>), por parcela, estimados para cada destino das árvores (Corte Futuro, Exploráveis e Porta Sementes).

Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis para cada destino das árvores.

<b>Categorias</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Soma</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Corte Futuro</b>	Nº de Árvores	144	2,4	1	9	1,5
	Altura comercial média (m)	728,4	12,14	8,67	18,00	1,90
	DAP médio (m)	27,3	0,45	0,41	0,49	0,02
	Área basal (m <sup>2</sup> )	23,5	0,39	0,13	1,51	0,25
	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	199,9	3,33	1,00	13,98	2,29
<b>Explorável</b>	Nº de Árvores	555	7,2	1	33	5,8
	Altura comercial média (m)	1048,61	13,62	10	19	1,38
	DAP médio (m)	51,27	0,67	0,50	1,10	0,08
	Área basal (m <sup>2</sup> )	200,60	2,61	0,20	10,78	2,10
	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	1948,21	25,30	1,93	105,23	20,57
<b>Porta Sementes</b>	Nº de Árvores	145	2,5	1	8	1,6
	Altura comercial média (m)	734,31	12,88	6	18	2,16
	DAP médio (m)	35,19	0,62	0,51	1,23	0,14
	Área basal (m <sup>2</sup> )	44,41	0,78	0,20	2,92	0,55
	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	415,07	7,28	1,18	28,91	5,59
<b>Total</b>	Nº de Árvores	844	4,35	1	33	4,50
	Altura comercial média (m)	2511	12,94	6	19	1,89
	DAP médio (m)	114	0,59	0,41	1,2	0,13
	Área basal (m <sup>2</sup> )	268	1,38	0,13	10,78	1,69
	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	2563	13,21	1,00	105,23	16,62

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir dos dados da Tabela 1, é possível verificar a densidade, também chamada abundância, que é o número de indivíduos por hectare de cada árvore na composição da floresta. A área florestal compreende 844 árvores que remete à densidade de 4,35 árvores por parcela. As árvores com potencial de corte, isto é, as espécies consideradas exploráveis, compreende 555 árvores, o que corresponde a quantidade de 7,2 árvores por parcela. As árvores portas sementes, totalizaram 145 árvores, representando aproximadamente 2,5 árvores por parcela. Já as árvores remanescentes – àquelas destinadas para o corte futuro – compreenderam 144 árvores, condizente a 2,4 árvores por parcela.

Pela Tabela 1 também é possível verificar a altura comercial, isto é, a parte do fuste com valor comercial, ou seja, é a porção utilizável do tronco. As árvores de toda área florestal possuem em média 12,94 m de altura. As árvores destinadas ao corte futuro, possuem em

média 12,14 m de altura, com árvores variando de 8,67 m a 18,00 m. Já árvores porta sementes, a altura média das árvores é de 12,88 m, com árvores variando de 6,00 m a 18,00 m. As árvores exploráveis, possuem em média 13,62 m, variando de 10,00 m a 19,00 m de altura.

Quanto ao DAP médio, que corresponde a média do Diâmetro a Altura do Peito, a Tabela 1 mostra que a área total possui 114 m, sendo que as parcelas possuem em média 0,54 m. Já as árvores destinadas ao corte futuro, a exploração e a sementeiras, possuem em média 0,45 m, 0,62 m, 0,59 m, respectivamente.

Já a Área Basal, que corresponde ao somatório das áreas seccionais das árvores, é um importante parâmetro da densidade do povoamento, pois fornece o grau de ocupação de determinada área por madeira. A Tabela 1 mostra que as parcelas da área florestal possuem 268 m<sup>2</sup> de área basal, sendo que, 23,50 m<sup>2</sup>, 200,60 m<sup>2</sup> e 44,41 m<sup>2</sup>, correspondem a áreas basais das árvores remanescentes, exploráveis e a sementeiras, respectivamente.

É possível observar a volumetria da área de manejo florestal a partir das parcelas divididas para a análise. Considerando as áreas parceladas, a Tabela 1 mostra que as árvores destinadas a exploração, possuem o volume médio 25,30 m<sup>3</sup> dentro da parcela, possuindo árvores com volumes que vão de 1,93 m<sup>3</sup> a 105,23 m<sup>3</sup>. Já árvores portas sementes, o volume médio por parcela é de 7,28 m<sup>3</sup>, cujo volume menor é de 1,18 m<sup>3</sup> e maior de 28,91 m<sup>3</sup>. E, as árvores destinadas ao corte futuro, as parcelas possuem em média 3,33 m<sup>3</sup> e valores mínimos e máximos de 1,00 m<sup>3</sup> e 13,98 m<sup>3</sup>, respectivamente.

Quanto às medidas de variabilidade do conjunto de dados, os dados da Tabela 1 mostram que para a maioria das variáveis os desvios-padrões se afastam um pouco da média, indicando uma certa heterogeneidade das parcelas, ou seja, existem parcelas com uma maior soma do que outras, o que também pode ser visualizado pelas medidas de tendências centrais mínimo e máximo. Tais características diferenciadas das parcelas demonstram a necessidade de agrupamentos semelhantes para o planejamento da exploração da floresta.

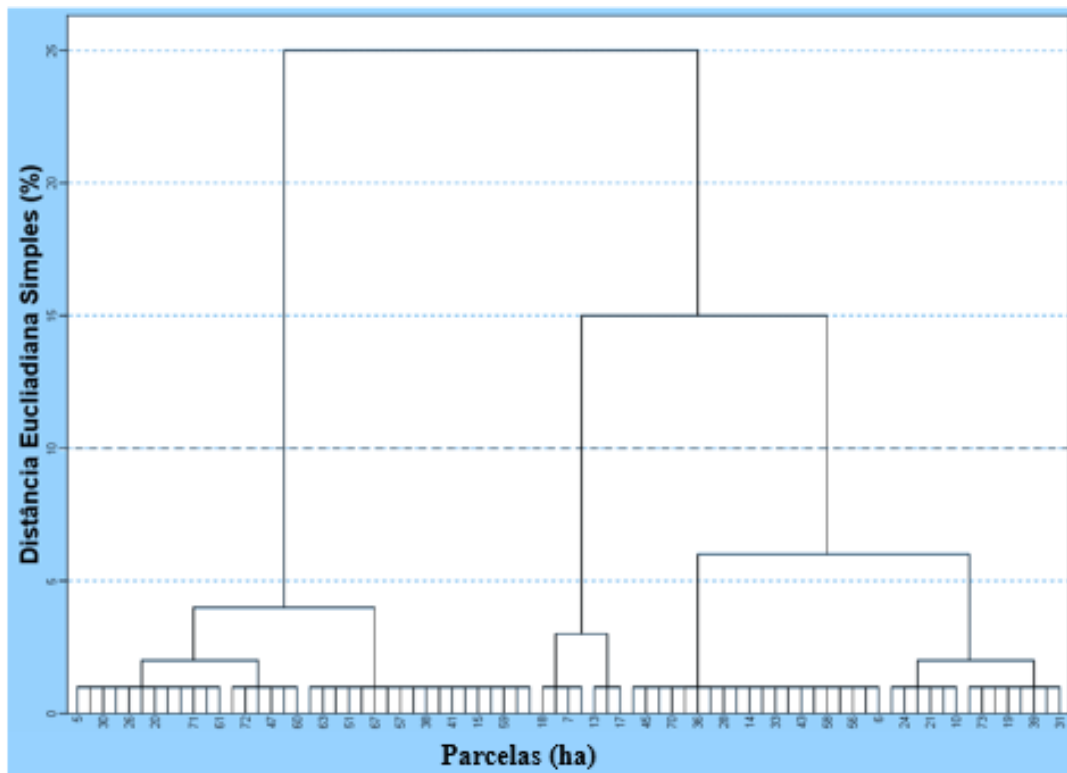
Diante disto, selecionou-se as árvores classificadas com exploráveis, uma vez que o plano de manejo florestal sustentável ocorre somente em árvores com madeira para este fim, e empregou-se as técnicas multivariadas de agrupamentos e discriminantes, que permitem a alocação em grupos estruturalmente semelhantes previamente estabelecidos. A área total foi dividida em 78 parcelas iguais de 50x200m, porém, na análise das espécies exploráveis, foram consideradas somente 77 parcelas, uma vez que uma das parcelas não possuía arvores para esta finalidade.

#### 4.2 ANÁLISE DE CLUSTER

Para estratificar a área de manejo florestal do imóvel foram utilizadas as variáveis da categoria Explorável: o número de árvores, a média aritmética dos diâmetros, a altura comercial média, a área basal por hectare e o volume comercial. O interesse é de formar grupos homogêneos em relação as variáveis selecionadas, desta forma, foram realizadas os agrupamentos fazendo uso da distância euclidiana simples entre as observações levando em consideração o método de Ward.

A Figura 1 representa o dendrograma produzido pelo emprego das matrizes de dados amostrais. Os números no eixo vertical representam as percentagens das distâncias euclidianas simples, que variam de 0 (máxima similaridade) a 2 (máxima dissimilaridade) e cujas percentagens variam de 0 a 100% e as Unidades Taxionômicas Operacionais (OTUs) estão localadas no eixo horizontal representadas pelo número de parcelas agrupadas em 77 grupos.

Figura 2 - Dendrograma de agrupamentos de parcelas pelo método de Ward, com base na distância Euclidiana.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa (2018).

Na análise, foi traçada uma linha de corte no nível de homogeneidade de 10%, para definir os agrupamentos. Os critérios de definição dos agrupamentos foram a inspeção visual



do dendrograma e o fato de que se deveria obter unidades administrativas de manejo, agrupamentos homogêneos, que não fossem excessivamente pequenas. No manejo florestal, a definição do número de agrupamentos é em função de diversos fatores, tais como: econômicos, operacionalidade do trabalho em campo, tratamentos silviculturais, corte e extração da madeira, entre outros, assim, o dendrograma, evidenciou três grupos (dissemelhante) bem distintos, titulados 1, 2 e 3.

Os grupos perfazem as 77 parcelas, o grupo 1 englobam 36 parcelas (46,75%), o grupo 2 corresponde a 34 parcelas (44,16%) e o grupo 3 englobam 7 parcelas (9,09%). Como pode ser observado a partir da estatística de grupos na Tabela 2. Assim como pode ser observado que os grupos englobam parcelas com baixa, média e alta medidas de tendências centrais, respectivamente.

O Grupo 1, com maior grupo de parcelas (36), apresenta os menores valores de número de árvores, altura média das árvores, DAP médio, área basal e, conseqüentemente, o menor estoque de volume de madeira. Já o Grupo 3, com o menor número de parcelas (7), apresentou o maior número de árvores (média de 21,14), maior média de altura (13,69 m), maior DAP médio (0,67 m – igualando-se as árvores do Grupo 2), a maior área basal (em média 7,70 m<sup>2</sup>) e, de modo conseqüente, o maior estoque volumétrico (75,46 m<sup>3</sup>). E o Grupo 2, é o grupo intermediário, apesar do considerável número de parcelas (34), os valores das variáveis ficaram entres as do Grupo 1 e 3.

Tabela 2 - Estatística descritiva de grupos.

Cluster	N de obs parcelas	Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
1	36	Nº de Árvores	3,00	1,00	6,00	1,45
		Altura comercial média (m)	13,63	10,00	19,00	1,69
		DAP médio (m)	0,65	0,50	1,10	0,11
		Área basal (m <sup>2</sup> )	1,03	0,20	1,81	0,50
		Volume comercial (m <sup>3</sup> )	9,94	1,93	18,49	4,86
2	34	Nº de Árvores	8,79	4,00	12,00	2,00
		Altura comercial média (m)	13,59	11,80	16,00	1,02
		DAP médio (m)	0,67	0,62	0,89	0,06
		Área basal (m <sup>2</sup> )	3,22	1,97	4,82	0,75
		Volume comercial (m <sup>3</sup> )	31,24	20,03	47,85	8,00
3	7	Nº de Árvores	21,14	15,00	33,00	7,10

		Altura comercial média (m)	13,69	12,06	15,00	1,26
		DAP médio (m)	0,67	0,64	0,76	0,04
		Área basal (m <sup>2</sup> )	7,70	5,73	10,78	1,94
		Volume comercial (m <sup>3</sup> )	75,46	56,20	105,23	17,88
		Nº de Árvores	7,21	1,00	33,00	5,84
		Altura comercial média (m)	13,62	10,00	19,00	1,38
<b>Total</b>	77	DAP médio (m)	0,66	0,50	1,10	0,08
		Área basal (m <sup>2</sup> )	2,61	0,20	10,78	2,10
		Volume comercial (m <sup>3</sup> )	25,30	1,93	105,23	20,57

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim, o planejamento da exploração florestal, poderá considerar o agrupamento apresentado na análise de *clusters*. Caso haja a necessidade de extração dos maiores volumes de madeira, e, por conseguinte, uma maior venda do manejo, deve-se iniciar a colheita florestal pelas parcelas do Grupo 3. Caso queira iniciar a exploração do manejo, com vistas a minimizar os impactos ambientais, pelo fato de se derrubar madeiras maiores, deve-se iniciar a colheita florestal pelas parcelas do Grupo 1.

#### 4.3 ANÁLISE DISCRIMINANTE

A Análise Discriminante (AD) foi proposta para servir como um critério mais confiável para a classificação. A análise discriminante envolve a relação entre o conjunto de variáveis independentes quantitativas e uma variável dependente qualitativa. Em muitos casos, verificam-se mais de três classificações para a variável dependente. Os objetivos principais da AD são: a) identificar as variáveis que melhor discriminam dois ou mais grupo; b) utilizar essas variáveis para desenvolver funções discriminantes que representam as diferenças entre os grupos; c) fazer uso das funções discriminantes para o desenvolvimento de regras de classificação de futuras observações nos grupos.

O teste de igualdade de médias dos grupos para cada variável explicativa é apresentado a seguir, por meio da Tabela 3, que mostra a ANOVA *one way* das variáveis referentes a número de Árvores, Altura comercial média, DAP médio, Área basal e Volume comercial. Essa tabela identifica também, as variáveis que são melhores discriminantes dos níveis dos grupos (baixo, médio e alto).

Tabela 3 - Testes de igualdade de médias de grupo.

	Lambda de Wilks	F	df1	df2	Sig.
N de Árvores	,196	151,537	2	74	,000
Altura média	1,000	,016	2	74	,984
DAP médio	,984	,598	2	74	,553
Área Basal	,149	210,492	2	74	,000
Volume	,151	207,965	2	74	,000

Fonte: Dados da pesquisa.

O teste de lambda de Wilks varia de 0 a 1 e, testa a existência de diferenças de médias entre os grupos para cada variável. Os valores elevados dessa estatística indicam ausência de diferenças entre os grupos. Pode-se perceber que as variáveis referentes a área basal, volume comercial e n de arvores são as que mais discriminam os grupos se comparada as outras variáveis. E a variável altura média apresenta um valor mais elevado (1,000), demonstrando ser a pior em termos de discriminação dos grupos.

O Sig F expressa as diferenças entre as médias sendo que os valores mais próximos de zero indicam médias mais distintas. Considerando-se uma probabilidade ao nível de significância de  $\alpha=0,05$ , podemos afirmar que as variáveis altura média e DAP médio não se mostrou uma possível discriminante dos grupos. Já as variáveis relativas a área basal, volume comercial e número de arvores mostraram-se possíveis discriminantes.

Após a definição das variáveis discriminantes, procedeu-se a determinação das funções discriminantes importantes na análise das contribuições desses atributos. A função discriminante de Fisher é utilizada para classificar as observações no grupo. Como há três grupos duas funções discriminantes foram definidas. Sendo que a primeira distribui os grupos melhor do que a segunda. Na Tabela 4 apresenta as funções discriminantes canônicas, a primeira função discriminante apresentou um percentual de 99,7% de variância total explicada, ou seja, esta função contribui mais para demonstrar as diferenças entre os grupos. Além disso, o valor alto do coeficiente de correlação canônica da primeira função indica alto grau de associação entre a primeira função discriminante e os grupos.

Tabela 4 - Valores próprios.

Função	Valor próprio	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	6,050 <sup>a</sup>	99,7	99,7	,926
2	,016 <sup>a</sup>	,3	100,0	,127

a.As primeiras 2 funções discriminantes canônicas foram usadas na análise.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para calcular os respectivos valores de lambda de Wilks são testadas as duas funções discriminantes em conjunto, observa-se na Tabela 5 que pelo menos a primeira função é altamente significativa. Enquanto, que na segunda função não é possível rejeitar  $H_0$  de que as médias dessa função são iguais, demonstrando um decréscimo no poder discriminante.

Tabela 5 - Lambda de Wilks e Qui-Quadrado.

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	Sig.
1 até 2	,140	141,784	10	,000
2	,984	1,170	4	,883

Fonte: Dados da pesquisa.

Portanto, é possível afirmar que apenas a primeira função discriminante é significativa para separar as observações em grupos. A Tabela 6 a seguir, apresenta os coeficientes não padronizados das funções para cada uma das variáveis explicativas.

Tabela 6 - Coeficientes de função discriminante canônica.

	Função	
	1	2
N de Árvores	-,078	-,590
Altura Média	-,051	,156
DAP médio	-2,828	4,997
Área Basal	,718	5,312
Volume	,078	-,381
(Constante)	-,697	-5,393

Coeficientes não padronizados

Fonte: Dados da pesquisa.

Por meio dos coeficientes é possível escrever a função discriminante significativa (9):

$$Z_1 = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 \quad (9)$$

$$Z_1 = -0,697 + 0,718.area\_basal + 0,078.volume - 0,078.n\_de\_arvores \\ - 0,051.altura\_m\u00e9dia - 2,828.DAp\_m\u00e9dio$$

A matriz de estruturas auxilia na interpreta\u00e7\u00e3o da contribui\u00e7\u00e3o que cada vari\u00e1vel forneceu para cada fun\u00e7\u00e3o discriminante, uma vez que apresenta as correla\u00e7\u00f5es entre as vari\u00e1veis explicativas e as fun\u00e7\u00f5es discriminantes can\u00f4nicas padronizadas. A Tabela 7 apresenta a Matriz de Estruturas.

Tabela 7 - Matriz de estruturas.

	Fun\u00e7\u00e3o	
	1	2
\u00c1rea basal	,970*	,164
Volume	,964*	,044
N de \u00c1rvores	,823*	-,113
DAP m\u00e9dio	,038	,674*
Altura M\u00e9dia	,003	-,153*

As correla\u00e7\u00f5es dentro de grupos em pool entre vari\u00e1veis discriminantes e fun\u00e7\u00f5es discriminantes can\u00f4nicas padronizadas. Vari\u00e1veis ordenadas por tamanho absoluto de correla\u00e7\u00e3o dentro da fun\u00e7\u00e3o.

\*. Maior correla\u00e7\u00e3o absoluta entre cada vari\u00e1vel e qualquer fun\u00e7\u00e3o discriminante.

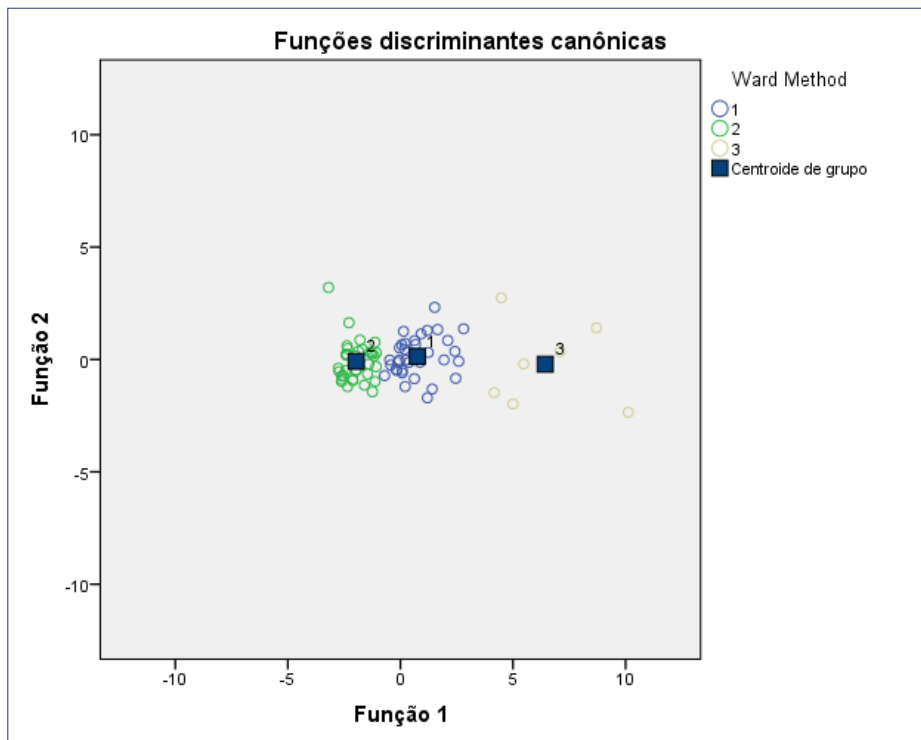
Fonte: Dados da pesquisa.

As vari\u00e1veis cujos valores apresentam-se com asterisco s\u00e3o as mais relevantes para a determina\u00e7\u00e3o de cada fun\u00e7\u00e3o discriminante, uma vez que oferecem maiores correla\u00e7\u00f5es com essas fun\u00e7\u00f5es. Desta forma pode se verificar que apenas as vari\u00e1veis com maior correla\u00e7\u00e3o com a fun\u00e7\u00e3o can\u00f4nica ser\u00e3o inclu\u00eddas no modelo final, ou seja, \u00c1rea basal, Volume e N\u00b0 de \u00c1rvores na primeira fun\u00e7\u00e3o (10).

$$Z_1 = -0,697 + 0,718.area\_basal + 0,078.volume - 0,078.n\_de\_arvores \quad (10)$$

A partir dos coeficientes n\u00e3o padronizados das fun\u00e7\u00f5es discriminantes, \u00e9 poss\u00edvel definir a posi\u00e7\u00e3o de cada um dos centroides dos grupos em um mapa territorial. Em termos gerais, a classifica\u00e7\u00e3o ocorre de modo que seja classificado no grupo cujo centroide se encontra mais pr\u00f3ximo. A Figura 3 apresenta a representa\u00e7\u00e3o gr\u00e1fica dos centroides de cada grupo nas duas fun\u00e7\u00f5es discriminantes.

Figura 3 - Representação gráfica dos centroides nas funções discriminantes.



Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, a Tabela 8 apresenta os resultados da classificação, na qual traz informações acerca do sucesso (ou não) das funções discriminantes.

Tabela 8 - Resultados da classificação.

Ward Method	Associação ao grupo prevista			Total	Classificação %	
	1	2	3			
Origem Contagem	1	33	1	0	34	42,8
	2	0	36	0	36	46,8
	3	0	0	7	7	9,1
Total		33	37	7	77	98,7

a. 98,7% de casos originais agrupados corretamente classificados.

Fonte: Dados da pesquisa.

A AD apresentou probabilidades de 42,8%, 46,8% e 9,1 %, respectivamente, nos grupos 1, 2 e 3. Pode -se perceber que 98,7% das observações foram classificadas corretamente e que apenas uma associação do grupo 1 foram classificados de forma errada no grupo 2. Conforme (SOUZA; SOUZA, 2006, p. 51) a classificação da floresta em classes de estoques

volumétricos, utilizando da estatística multivariada pode ter aplicação em inventário florestal, na elaboração e execução de planos de manejo, na delimitação de zonas de florestas de produção e proteção e, sobretudo, em estudos fitossociológicos e ambientais, em geral.

## 5 CONCLUSÕES

As florestas são capazes de fazer contribuições economicamente significativas, fornecendo uma multiplicidade de produtos e serviços aliada a proteção do meio ambiente. No entanto, o atual desafio é o gerenciamento da capacidade produtiva da floresta, de maneira que se produza benefícios no presente, sem comprometer os benefícios futuros, ou seja, as funções de produção e proteção das florestas devem ser sustentadas por práticas de planejamento.

Neste sentido, surgem cada vez mais estudos que empenham em formas de planejar a exploração florestal. Logo, procurou-se estratificar uma floresta da região amazônica, em área estruturalmente semelhantes, utilizando de técnicas de análise multivariada, intentando melhorar o planejamento da produção florestal. A floresta, objeto deste estudo, foi de uma propriedade denominada imóvel P.F. Jaru Ouro Preto, localizado no município de Governador Jorge Teixeira – RO, com área total de 274,5024 ha e área de manejo de 78,007 ha.

Com base na análise descritiva dos dados, foi possível ter uma visão geral da floresta estudada e visualizar a heterogeneidade nas parcelas. A utilização da estatística multivariada das parcelas, demonstrou ser um método eficaz para estratificação de florestas e assim, é também, um eficiente método de determinação de unidades de área de manejo florestal (AMF) visando a sustentabilidade na exploração de madeiras.

Pela análise de clusters, ou análise de agrupamentos, foi possível dividir a área em 3 grupos, o que facilitou visualizar a distribuição da área em estruturas florestais dissemelhante, o que permite um melhor planejamento na exploração florestal. A formação de grupos a *posteriori* permitiu classificar grupos com base nas observações dissemelhantes, de modo que as variáveis de um grupo sejam tão diferentes dos restantes grupos quanto possível, permitindo organizar um conjunto de casos em grupos homogêneos, de tal modo que as variáveis pertencentes a um grupo são o mais semelhante possível entre si e diferentes dos restantes.

Na análise discriminante, pode-se concluir que os pressupostos foram atendidos considerando-se os resultados gerais, nos quais foram verificadas as variáveis que têm significância discriminante e a significância da função discriminante dada por  $Z_1$ . O estudo apresentou um percentual de 98,7% de explicação total da variância, sendo que, a formação de grupos a *priore*, também se mostrou eficaz na identificação das variáveis que podem ser

incluídas no modelo. Neste procedimento, a escolha das variáveis a incluir na análise é crucial, porque a inclusão ou a exclusão de uma determinada variável pode significar resultados e conclusões bem diferentes. A escolha das variáveis determina quais as características que irão identificar os grupos.

O método se mostrou eficiente na estratificação de áreas homogêneas de florestas inequívocas, que podem se constituir em estratos, compartimentos, classes de sítio e unidades de produção anual (UPA), pois as parcelas tiveram altos índices de classificação corretas. A formação de grupos pode ter implicações teóricas e práticas importantes. A sedimentação das parcelas em classes pode ser usada para exploração florestal, visando um melhor planejamento, tratamento silvicultural, monitoramento e um melhor inventário florestal. Isso pode reduzir os custos no emprego do manejo florestal, bem como melhor precisão nas estimativas de inventário florestal.

### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M. de *et al.* Análise de Agrupamentos em Remanescente de Floresta Estacional Decidual. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 781–789, 2015.

AMARAL, P. *et al.* **Floresta para Sempre: um Manual para Produção de Madeira na Amazônia**. Belém: Imazon, 1998.

AMARAL, P.; PINTO, A. Manejo Florestal como Base para Produção e Conservação Florestal na Amazônia. In: **Gestão de Unidades de Conservação: compartilhando uma experiência de capacitação**. Brasília: WWF-Brasil, 2012. p. 396.

ARRUDA, C. R. **Determinação de unidades de gestão em floresta natural, no município de Juína, Mato Grosso**. 2008. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

BARRETO, P. *et al.* **Custos e Benefícios do Manejo Florestal para Produção de Madeira na Amazônia Oriental**. Belém: Imazon, 1998.

BRANDT, J. S.; NOLTE, C.; AGRAWAL, A. Deforestation and timber production in Congo after implementation of sustainable forest management policy. **Land Use Policy**, v. 52, p. 15–22, 2016.

BRASIL. Lei N 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428,



de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 maio 2012. 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/1iKaEFk>>. Acesso em: 14 out. 2018.

CARVALHO, F. V. The Brazilian position on forests and climate change from 1997 to 2012: from veto to proposition. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 55, n. spe, p. 144–169, 2012.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Análise de Dados: técnicas multivariadas exploratórias**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país**. Belo Horizonte: CETEC, 1995.

GAMA, J. R. V.; BENTES-GAMA, M. de M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 719–729, 2005.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GUEDES, T. A. *et al.* **Projeto de Ensino: aprender fazendo estatística**, 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/2Y4hi26>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

HIGUCHI, N. Utilização e Manejo dos Recursos Madeireiros das Florestas Tropicais Úmidas. **Acta Amazonica**, v. 24, p. 275–288, 1994.

KIM PHAT, N.; KNORR, W.; KIM, S. Appropriate measures for conservation of terrestrial carbon stocks—Analysis of trends of forest management in Southeast Asia. **Forest Ecology and Management**, v. 191, n. 1-3, p. 283–299, 5 abr. 2004.

KOTWAL, P. C. *et al.* Ecological indicators: Imperative to sustainable forest management. **Ecological Indicators**, v. 8, n. 1, p. 104–107, 1 jan. 2008.

MACDICKEN, K. G. *et al.* Global progress toward sustainable forest management. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 47–56, 7 set. 2015.

MINGOTI, S. A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

MMA. **Instrução Normativa nº 5, de 11 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2006. Disponível em: <<https://bit.ly/2FMz577>>. Acesso em: 14 out. 2018.

NOBREGA, D. M. **Análise discriminante utilizando o software SPSS**. 2010. 53 f. Monografia (Graduação em Estatística) – Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2010.

PAIS, P. S. M.; SILVA, F. D. F.; FERREIRA, D. M. Environmental Degradation in the State of Bahia: an Application of Multivariate Analysis. **Revista GeoNordeste**, v. 23, n. 1, p. 1–21, 2012.

PEREIRA, M. M. **Manejo Florestal e Geração de Crédito de Carbono como Alternativas para a Reserva Legal na Amazônia Brasileira**. 2018. 90f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Núcleo de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2018.

PETERSSON, H. *et al.* Individual tree biomass equations or biomass expansion factors for assessment of carbon stock changes in living biomass – A comparative study. **Forest Ecology and Management**, v. 270, p. 78–84, 15 abr. 2012.

PHELPS, J.; WEBB, E. L.; AGRAWAL, A. Does REDD+ Threaten to Recentralize Forest Governance? **Science**, v. 328, n. 5976, p. 312 LP – 313, 16 abr. 2010.

REMPEL, R. S. *et al.* An indicator system to assess ecological integrity of managed forests. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 860–869, 1 jan. 2016.

RICHARDSON, J. R. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

ROLIM, S. G. *et al.* Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amaz.**, Manaus, v. 36, n. 1, p. 107-114, mar. 2006.

RONDÔNIA. Decreto nº 12.447 de 10 de outubro de 2006. Institui a Gestão Florestal do Estado de Rondônia, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Rondônia**, Porto Velho, 2006.

ROTTA, G. W.; MICOL, L.; SANTOS, N. B. **Manejo Florestal Sustentável no Portal da Amazônia: um benefício econômico, social e ambiental**. 20. ed. Alta Floresta: Instituto

Centro de Vida (ICV), 2006.

RUTISHAUSER, E. *et al.* Generic allometric models including height best estimate forest biomass and carbon stocks in Indonesia. **Forest Ecology and Management**, v. 307, p. 219–225, 1 nov. 2013.

SILVA, D. A. S. **Manejo florestal comunitário e otimização da produção madeireira em Floresta de Várzea no Estuário do Rio Amazonas**. 2018. 145f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

SILVA, L. M. **Classificação de áreas de reflorestamentos mistos usando análise multivariada, em Cotriguaçu-MT**. 2008. 88f. (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

SOTIROV, M. *et al.* Do forest policy actors learn through forward-thinking? Conflict and cooperation relating to the past, present and futures of sustainable forest management in Germany. **Forest Policy and Economics**, v. 85, p. 256–268, 1 dez. 2017.

SOUZA, A. L. **Análise multivariada para manejo de florestas naturais: alternativas de produção sustentada de madeiras para serraria**. 1989. 270f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

SOUZA, A. L. *et al.* Análises Multivariadas para Manejo de Floresta Natural na Reserva Florestal de Linhares, Espírito Santo: análises de agrupamento e discriminante. **Revista Árvore**, v. 14, n. 2, p. 85–101, 1990.

SOUZA, A. L. *et al.* Estratificação Volumétrica por Classes de Estoque em uma Floresta Ombrófila Densa, no Município de Almeirim, Estado do Pará. **Revista Árvore**, v. 38, n. 3, p. 533–541, 2014.

SOUZA, A. L.; SOUZA, D. R. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, v. 30, n. 1, p. 49–54, 2006.

SPITTLEHOUSE, D.; STEWART, R. B. Adaptation to climate change in forest management. **British Columbia Journal of Ecosystems and Management**, v. 4, p. 1–11, 2003.

STANLEY HOLLING, C. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. **ECOSYSTEMS**, v. 4, p. 390–405, 2001.

SUTTERLÜTY, A. *et al.* Influence of the geographical scope on the research foci of sustainable forest management: Insights from a content analysis. **Forest Policy and Economics**, v. 90, p. 142–150, 1 maio 2018.

THAINES, F. *et al.* Equações para estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 283–289, 27 nov. 2010.

THOMAS, C. *et al.* Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciencia Florestal**, v. 16, n. 3, p. 319 – 327, 2006.

XIMENES, L. C. **Avaliação de métodos de agrupamento para a classificação da capacidade produtiva de um trecho da Floresta Nacional do Tapajós – PA.** 2017. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.