



Encontro Internacional sobre Gestão
Empresarial e Meio Ambiente

ISSN: 2359-1048
Dezembro 2016

Análise multivariada para sustentabilidade em exploração de florestas: um estudo na região do T. D. Bela Vista, Machadinho D'Oeste-RO

PAULO VINÍCIUS DE MIRANDA PEREIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
paulomiranda@unemat.br

LEONARDO FRANCISCO FIGUEIREDO NETO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
lffneto@gmail.com

MARCOS MIRANDA PEREIRA
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
marcosrugal@gmail.com

Análise multivariada para sustentabilidade em exploração de florestas: um estudo na região do T. D. Bela Vista, Machadinho D'Oeste–RO

RESUMO

O objetivo deste artigo consistiu em estratificar uma floresta com manejo florestal não explorado em áreas homogêneas de estoques volumétricos. Para tanto, utilizou-se das técnicas multivariadas de análises de *clusters* e discriminante para a análise e classificação. A pesquisa foi efetuada com dados de um levantamento censitário da Área de Manejo Florestal (AMF) do Imóvel FAZENDA JFS com 214,9619 hectares, situada no T.D. Bela Vista, Município de Machadinho d'Oeste, Estado de Rondônia. Com os dados do censo florestal, a área foi fragmentada em parcelas de 50x200m, na qual foram calculadas o volume da madeira com casca de cada espécie. A aplicação da análise de agrupamento, método de *Ward*, resultou em agrupamentos hierárquicos das parcelas em classes de estoques. A análise do dendrograma permitiu estratificar a área em três grupos pré-definidos, homogêneos e distintos, denominadas Classes I, II e III de estoques volumétricos. A análise discriminante, método de *Fisher*, indicou que 97,28% das parcelas foram corretamente classificadas. A utilização da análise multivariada da floresta em classes de estoques volumétricos mostrou-se ser uma ferramenta prática e viável a ser empregada nas análises estruturais de florestas para elaboração, execução e melhor eficiência de manejos de florestas naturais com proposta de sustentabilidade.

Palavras-Chave: Manejo Florestal Sustentável. Estratificação Volumétrica. Análise de Agrupamentos. Análise Discriminante. Gestão de Unidades Florestais.

Multivariate analysis for sustainability forestry exploration: a study in T. D. Bela Vista Region, Machadinho D'Oeste–RO

ABSTRACT

The purpose of this article was to stratify a forest with forest management unexploited in homogeneous areas of volumetric stock. Therefore, we used the multivariate techniques of cluster analysis and discriminant for the analysis and classification. The survey was conducted with data from a census survey of Forest Management Area (FMA) Estate FAZENDA JFS with 214.9619 hectares, located in T.D. Bela Vista, municipality of Machadinho d'Oeste, State of Rondonia. With the data of forest census, the area was fragmented in 50x200m plots, which were calculated the volume of wood with bark of each species. The application of cluster analysis, Ward method resulted in hierarchical clustering of plots in inventory classes. The dendrogram analysis stratifying the area in three pre-defined groups, homogeneous and distinctive, called Class I, II and III of volumetric stock. The discriminant analysis, Fisher method, indicated that 97.28% of the plots were correctly classified. The use of multivariate analysis of forest in classes of volumetric stocks proved to be a practical and viable tool to be used in the structural analysis of forests for development, implementation and better managements efficiency of natural forests with proposal for sustainability.

Keywords: Sustainable Forest Management. Stratification Volumetric. Cluster Analysis. Discriminant Analysis. Forest Management Units.

INTRODUÇÃO

As formações florestais possuem partes significativas na promoção de determinadas regiões dentro da Amazônia. Elas exercem diversas funções de suma importância tais como: ecológicas, econômicas, sociais e culturais, ou seja, asseguram o desenvolvimento econômico dessas regiões, acoutam sociedades tradicionais e também detém um papel central no equilíbrio do clima do planeta. Porém, as florestais tropicais não têm sido cuidadas de forma apropriada. Esta conjuntura alarmou a sociedade em geral e levou a emergência de iniciativas que alcançasse a conservação e desenvolvimento sustentável destas regiões, dentre as quais o manejo florestal sustentável, é considerado a opção mais próspera (ROTTA; MICOL; SANTOS, 2006).

As diferenças encontradas na floresta sob o prisma da variedade de espécies florestais e das características de exploração, interessantes no aspecto ecológico criam um desafio para a exploração sustentável por exigirem do setor florestal técnicas para garantir a sustentabilidade dos recursos (FERREIRA, 1994).

A exploração dos recursos florestais em sua maioria não segue critérios de forma a garantir a sustentabilidade desses recursos acarretando perdas irrecuperáveis a cobertura florestal e a diversidade de espécies. A exploração da floresta amazônica, segundo Souza (2003, p. 5), tem o múnus de abranger a conservação de aspectos primordiais tais como:

[...] a diversidade biológica, estrutura fitossociológica¹, as distribuições diamétricas e espaciais das espécies, o crescimento e a produção, as interações mutualísticas², a biologia reprodutiva e a estrutura genética das espécies, bem como o valor ecológico, econômico e social das espécies e do ecossistema florestal.

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 de acordo com a portaria 006, de 30 de dezembro de 2013 da Secretaria de Desenvolvimento Ambiental – SEDAM/RO, são de 35 anos. Mesmo assim as técnicas existentes devem ser compatíveis com a capacidade de regeneração da floresta (SOUZA, 1989).

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”.

¹ Relativo a Fitossociologia. Estudo das características, classificação, relações e distribuição de comunidades vegetais naturais

² Relativo a Mutualismo. Associação entre dois seres vivos, na qual ambos são beneficiados, resultando freq. em dependência mútua.

A observação dos parâmetros dendrométricos³ e outras informações relevantes servem para o monitoramento das áreas de florestas, sendo estas observações analisadas e repetidas ao longo do tempo para que a estrutura da floresta seja traçada de forma dinâmica. Os resultados dessas análises ajudam a realizar um planejamento mais adequado da exploração de forma a garantir a sustentabilidade com redução de custos (FERREIRA, 1994; ROTTA; MICOL; SANTOS, 2006; AMARAL; VIDAL, 1998).

Assim, estudos que amalgam dados do inventário censitário, o conhecimento da composição e da estrutura fitossociológica e a estratificação de estoques volumétricos (baixo, médio e alto, por exemplo), possibilitam “[...] melhor planejamento e controle da produção florestal, bem como a execução das atividades de colheita, de tratamentos silviculturais⁴ e de monitoramento ou inventário florestal contínuo [...]” (SOUZA; SOUZA, 2006, p. 53), tornando-se “[...] mais uma ferramenta técnica prática à gestão de unidades de áreas de manejo de florestas naturais” (ARRUDA, 2008, p. 45).

Segundo Lentini, Veríssimo e Sobral (2003), em Rondônia a pressão sobre os recursos florestais que se iniciou nos municípios de Vilhena, Ji-Paraná e Ariquemes e posteriormente para a região de Buritis, Cujubim e Machadinho D’Oeste e nos dias atuais está indo em direção ao Estado do Amazonas. Para as empresas do setor essas mudanças são dificultadas pela falta e informação e pela simples vontade de continuar em cidades que ofereçam melhor infraestrutura. No município de Machadinho D’Oeste, por volta do ano 2005 tinha uma atividade mais intensa de madeireiras e que, passados dez anos restaram apenas algumas empresas do setor no município pelo motivo da dificuldade de matéria-prima para suas empresas.

A partir desse momento a região conhecida como T. D. Bela Vista compreendida pelas Glebas 04 e 05, que não foram anexadas à Reserva Biológica do Jaru, começou a ser explorada por invasões que se aproveitavam do fogo para abertura de novas áreas e renovação de pastagem (IBAMA 2006). O proprietário, após acordos judiciais com os invasores regularizou uma área de aproximadamente 22 mil hectares onde parte já foi realizado e explorados alguns projetos de manejos e em outras ainda há áreas passíveis de exploração madeireira.

Porém, ainda existe a necessidade de estudos preliminares relacionados a utilização mais eficiente dos recursos florestais e o desenvolvimento econômico da região de forma a garantir a viabilidade sustentável dos recursos, os conhecimentos da composição florística e da estrutura da floresta visam estabelecer medidas para garantir a capacidade de sustentação da produção madeireira.

Nos últimos anos, alguns estudos sobre análise multivariada estão sendo realizados em diferentes áreas da Amazônia. Silva (2008) estudou área de reflorestamento misto usando análise multivariada, em Cotriguaçu – MT, em uma Fazenda pertencente ao Grupo PSA Peugeot Citroen, sob gestão da ONF Brasil. Os resultados indicaram que a classificação multivariada foi promissora na estratificação das áreas. Já Souza et al (2006) analisando a composição florística e as estruturas horizontal, interna e diamétrica da floresta na Unidade de Manejo Florestal (UMF) da Fazenda Tracajás no Município de Paragominas, PA concluiu que a auscultação da estrutura da floresta em classes de estoque oportunizou um conhecimento

³ Relativo a Dendrometria, que é a determinação do volume das árvores e suas respectivas partes, bem como a existência de madeira numa dada área. Por ela, também pretende-se saber a grandeza e o volume dos principais produtos florestais.

⁴ Formas de manejos de uma plantação florestal, ou de um povoamento florestal.

superior da composição e da estrutura fitossociológica, sendo válido nas deliberações em planos de manejo de rendimento sustentável.

Com base nessas considerações, este estudo tem por escopo estratificar uma floresta do T. D. Bela Vista, município de Machadinho D'Oeste, Rondônia em áreas estruturalmente similares, através de técnicas de análise de *clusters* e discriminantes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Manejo Florestal Sustentável

As explorações de madeiras na Amazônia podem ser caracterizadas como práticas de “garimpagem florestal”, onde, os madeireiros entram na floresta apenas para retirar as espécies de alto valor. Em seguida, em intervalos cada vez mais curtos, os mesmos retornam à mesma área e retiraram o restante das árvores de valor econômico. O resultado dessa prática é uma floresta com grandes clareiras e dúzias de árvores danificadas. Todo esse modelo de exploração, facilita a entrada e a propagação do fogo, aumenta as espécies sem valor comercial e dificultam a regeneração de espécies madeireiras (AMARAL, *et al.*, 1998).

Segundo Amaral e Pinto (2012) o manejo florestal é a única atividade que possibilita conciliar 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, já atividades de uso indireto como ecoturismo e pagamento por serviços ambientais (carbono) são as que apresentam maior potencial de conservação. A Tabela (Quadro 24).

Tabela 1 – Potencial de conservação da floresta segundo tipos de uso.

Potencial de Conservação	Tipos de Uso do Solo
Muito Baixo	Pecuária, agricultura, mineração.
Baixo	Sistema agroflorestal simples.
Médio	Sistema agroflorestal complexo, plantações florestais.
Médio Alto	Exploração sem manejo florestal.
Alto	Manejo florestal.
Muito Alto	Exploração de produtos florestais não madeireiros.
Altíssimo	Atividades de uso indireto florestal.

Fonte: Amaral e Pinto, 2012

O manejo florestal é um conjunto de práticas e procedimentos que consiste na extração seletiva de árvores (previamente selecionadas segundo diâmetro mínimo de corte, características fenotípicas e valor de mercado); planejamento da exploração (estradas, ramais, pátios, etc.) e corte direcionado das árvores para evitar acidentes de trabalho e danos à floresta remanescente (AMARAL *et al.*, 1998). Segundo o inciso IX do Art. 2º da Resolução CONAMA nº 406-2009 “Manejo Florestal Sustentável é a administração da floresta 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.

Segundo Higuchi *et al.* (1997), as pesquisas realizadas com manejo florestal alcançarão resultados parciais importantes à primeira delas realizou-se na Floresta Nacional de Tapajós desenvolvida pela EMBRAPA/CPATU e a outra em Manaus pelo INPA, desde 1980, indicam que: (a) a floresta remanescente responde positivamente à abertura do dossel, as injúrias são rapidamente cicatrizadas; (b) o incremento em volume é compatível com o ciclo de corte comercial; (c) é possível orientar a derrubada das árvores e com isso, controlar o tamanho da clareira, proteger e estimular a regeneração natural pré-existente, e controlar as mudanças micro climáticas, sucessão florestal, banco e chuva de sementes; (d) é possível minimizar a exportação de nutrientes do sistema; (e) é possível planificar adequadamente a colheita florestal, tendo em vista a compactação do solo, os ciclos de nutrientes e água, a meso e micro fauna do solo. Desse modo essas pesquisas indicam que é possível conciliar produção madeireira com conservação dos ecossistemas.

A adoção do manejo florestal resulta em redução de desperdícios, aumento na produtividade da exploração, diminuição da quantidade de árvores comerciais danificadas e melhoria expressiva da segurança do trabalho. As perdas de madeira no volume derrubado foram reduzidas de 26% sem manejo para apenas 1% na área manejada. Portanto, para 1 m³ em tora extraído em uma floresta manejada, apenas 0,75 m³ é extraído em uma exploração convencional. Usando esse raciocínio, estima-se que foram salvos 10 m³/ha com manejo (MADEIRA, 2004).

A adoção do manejo contribui de forma significativa para a redução dos danos à floresta. Essa redução foi consistente entre todos os indicadores usados para expressar os danos da extração, tais como a área do solo afetada, a abertura do dossel e os danos às árvores remanescentes.

Segundo Amaral, *et al.* (1998) a redução de danos tem implicações positivas para a regeneração da floresta e, conseqüentemente, para o volume de madeira disponível no futuro. A abertura do dossel na exploração convencional é maior (27 a 45%) do que no manejo (apenas 18%). O mesmo ocorre com relação ao número de árvores danificadas (DAP maior ou igual a 10 cm): 27 árvores na exploração convencional contra 14 árvores na exploração manejada. A utilização de técnicas adequadas e o treinamento da equipe de corte reduziram significativamente (em até 18 vezes) os riscos de acidentes de trabalho. A Figura 1 ilustra a comparação entre uma área de exploração florestal com manejo sustentável e na forma convencional.

Figura 1 – Vista aérea de uma área manejada (esquerda) e uma sem manejo (direita).



Fonte: Nogueira, *et al.*, 2011.

No cenário com manejo, segundo Madeira (2003), seria possível acumular, em 30 anos, um volume de madeira explorável próximo ao obtido no primeiro corte: 40 m³/ha. (com tratamentos silviculturais) e 35m³/ha. (sem tratamentos). O volume obtido no cenário sem manejo (também 30 anos), por sua vez, seria apenas 17 m³/ha. O acréscimo de 84% no volume no manejo deve-se à redução de desperdícios e danos, enquanto apenas 16% devem-se aos tratamentos silviculturais. O valor líquido presente da exploração da colheita de duas safras de madeira com manejo seria 40% maior (em torno de US\$ 500/ha.) do que o da exploração convencional (US\$ 365/ha.).

Os benefícios econômicos do manejo superam os custos. No curto prazo, tais benefícios ocorrem em decorrência do aumento do rendimento do trabalho e da atenuação dos desperdícios de madeira. No longo prazo, os benefícios terão efeito no manejo (redução de desperdícios de madeira, maior crescimento das árvores e redução de danos às árvores remanescentes) o que resultaria em receita líquida maior, assumindo que sem manejo sustentável, a floresta não seria explorada no curto prazo.

METODOLOGIA

De acordo com os objetivos propostos, este estudo pode ser classificado como pesquisa aplicada, pois visa tratar de um ponto específico que é a produção de sobre estratificação volumétrica em áreas de Plano de Manejo Sustentável (PMJ). Gil (2010) afirma que a pesquisa aplicada é aquela que busca agregar conhecimento direcionado à aplicação prática de um determinado procedimento ou técnica.

No que concerne a abordagem do problema, a pesquisa é quantitativa e descritiva, ou seja, a pesquisa envolverá os processos de coleta, análise, interpretação e redação dos resultados (CRESWELL, 2010). É descritiva uma vez que se propõe a classificar a área de Plano de Manejo Sustentável (PMJ). 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. É quantitativa pois envolverá os processos de coleta, análise, interpretação e redação dos resultados (CRESWELL, 2010). 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” que (RICHARDSON, 1999, p. 70).

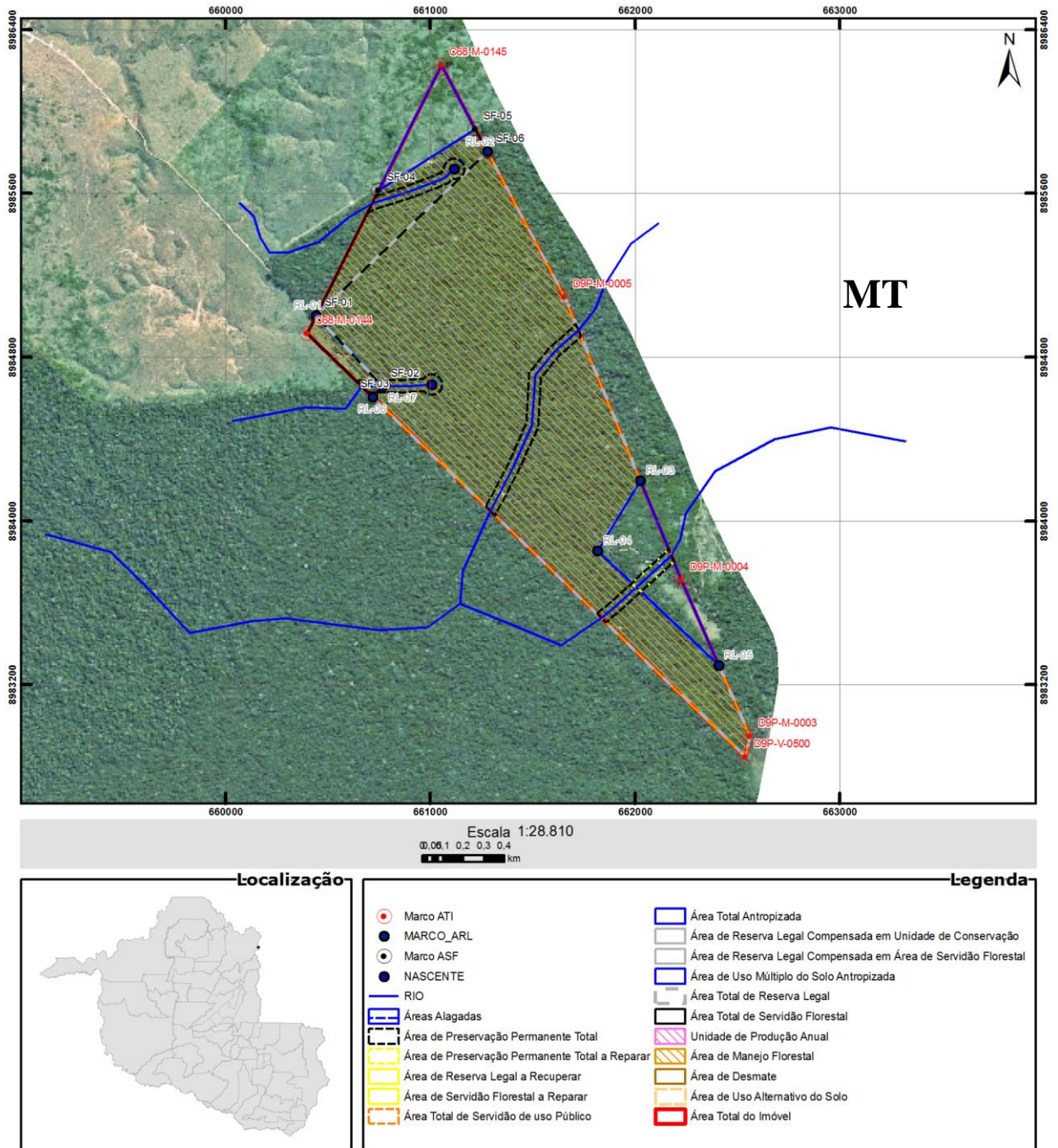
O estudo foi realizado com dados de um levantamento censitário da área de manejo florestal (AMF) de 214,9619 hectares, da propriedade denominada do imóvel FAZENDA JFS, Subdivisão da Gleba 04, Setor T. D. Bela Vista, localizado no município de Machadinho d'Oeste – RO, nas coordenadas geográficas Latitude S 09° 11' 08,46" e Longitude W 61° 31' 27,73" (Figura 2).

Foram coletadas as informações 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 90 cm 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.

Com os dados do levantamento censitário da área foram divididas em parcelas de 50x200m distribuídas uniformemente respeitando o destino dos indivíduos levantados.

Figura 2 – Mapa Imagem do Imóvel Lote: Subdivisão da Gleba 04 Setor: TD. Bela Vista.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir desses dados foi calculada a 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) e (2) utilizada pelo CETEC (1995):

$$V = \frac{DAP^2 \cdot \pi \cdot H \cdot ff}{4} \quad (1)$$

Onde:

V = Volume estimado da árvore, expresso em m³.

DAP = Circunferência 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.

Para a determinação do DAP foi necessária a transformação do CAP das árvores, através da seguinte relação:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (2)$$

Também foi gerada uma matriz X de dados dos volumes, em que cada variável x_{ij} denota o i -ésimo volume 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, 2005).

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 e 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 (3) e (4) como pontos A e B.

$$\text{Distância entre A e B} = D_{AB} = \sqrt{\sum_{i=1}^p (X_{il} - X_{ik})^2} \quad (3)$$

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

$$D_{AB} = \sqrt{(X_a - X_b)'(X_a - X_b)} \quad (4)$$

A partir da análise de conglomerados procedeu-se a análise discriminantes dos grupos definidos. A análise discriminante tem por objetivo

[...] classificar um determinado elemento (E) num determinado grupo de variáveis; entre os diversos grupos existentes $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_i$. Para tal é necessário que o elemento (E) a ser classificado pertença realmente a um dos i grupos, e que sejam conhecidas as características dos elementos dos diversos grupos. Essas características são especificadas a partir de n variáveis aleatórias ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$). No processo de classificação consideram-se os eventuais erros de classificação, bem como as probabilidades “a priori” de que o elemento pertença a cada um dos grupos (KASZNAR; GONÇALVES, 2007, p.2).

De acordo com Mingoti (2005, 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 5.

$$f_i(x) = \text{máximo} \{f_i(x), i = 1, 2, \dots, g\} \quad (5)$$

Como cada população poderá ter distribuição normal p-variada, o elemento com vetor observado x naquela população k , tal que: (6)

$$\hat{d}_i^Q(x) = -\frac{1}{2} \ln(|S_i|) - \frac{1}{2} (x - \bar{x}_i)' S_i^{-1} (x - \bar{x}_i) \quad (6)$$

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 7 (MINGOTI, 2005).

$$S_{p \times p} = \frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2 + \dots + (n_g - 1)S_g}{(n_1 + n_2 + \dots + n_g) - g} \quad (7)$$

Para a tabulação e análise dos dados serão utilizados os *Softwares Microsoft Excel 2013 e Stata 13*.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para cada um dos destinos das árvores (corte, portas-sementes e remanescentes) os resultados da densidade, área basal e volume do estoque correspondente demonstraram que o total da área de manejo florestal compreende 1.641 árvores que remete à densidade de 8,58 árvores por hectare. O potencial de corte compreende 1.056 árvores, o que corresponde a quantidade de 5,52 árvores por hectare. As portas sementes totalizaram 190 árvores, representando aproximadamente uma árvore por hectare. Já as remanescentes – àquelas destinadas para o corte futuro – compreenderam 395 árvores, condizendo a 2,06 árvores por hectare.

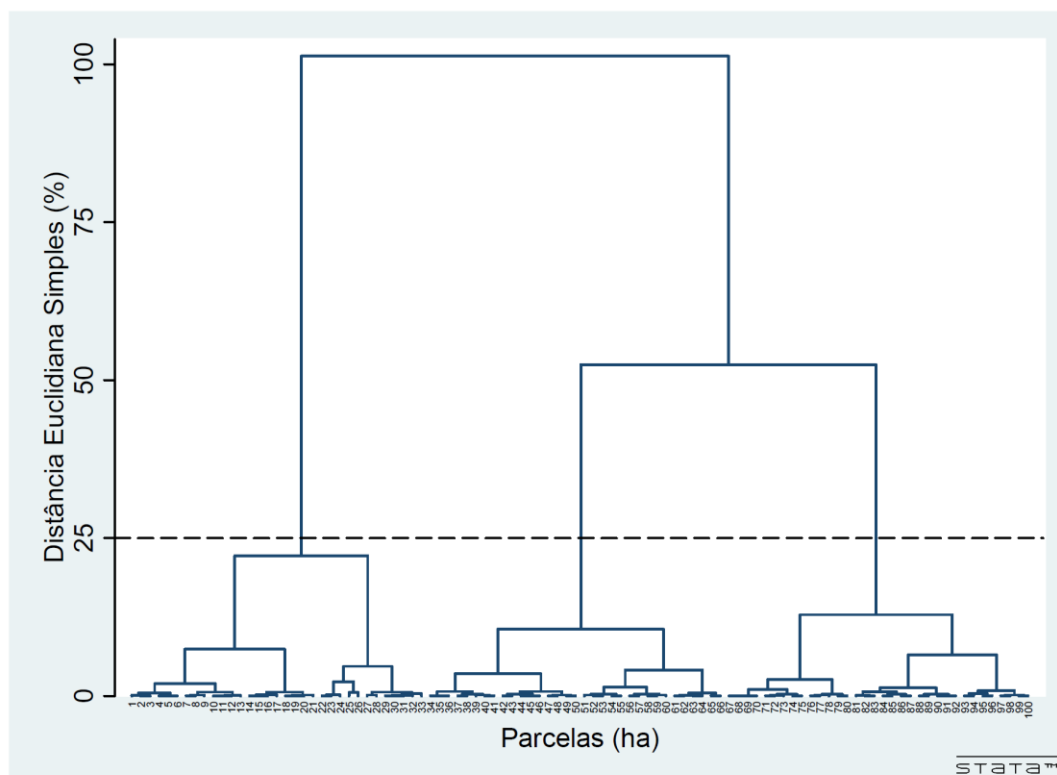
Arruda (2008) em um levantamento censitário de uma área de manejo florestal (AMF) de 98 há no município de Juína-MT encontrou 2.438 árvores (30, 47 árvores.ha⁻¹) sendo que: 1.471 eram exploráveis (18,39 árvores.ha⁻¹), 180 eram porta sementes (2,25 árvores.ha⁻¹) e 787 eram para exploração no próximo ciclo (9,84 árvores.ha⁻¹). Francez, Carvalho e Jardim (2007), ao avaliar as mudanças ocorridas na composição florística antes em decorrência da exploração florestal de 108 hectares no município de Paragominas/PA, registraram 4.469 árvores com DAP \geq 10 cm.

Quanto ao volume total, a área toda compreendeu 6.110,85 m³ ou 31,9670 m³.ha⁻¹, sendo que 4.975,62 m³ ou 26,0285 m³.ha⁻¹ correspondem às árvores com potencial de corte; 444,61 m³ ou 2,33 m³.ha⁻¹ correspondem às árvores porta sementes e 690,62 m³ ou 3,6126 m³.ha⁻¹ correspondem às árvores para corte futuro. Arruda (2008) no levantamento de unidades de gestão de uma floresta encontrou registrou um volume total de 7.262,76 m³ (90,78 m³.ha⁻¹) com 5.642,60 m³ (70,53 m³.ha⁻¹) de exploráveis, 773,67 m³ (9,67 m³.ha⁻¹) de porta sementes e 846,49 m³ (10,58 m³.ha⁻¹) de árvores remanescentes.

Com a análise de conglomerados, foi obtido o dendrograma, que no eixo vertical apresenta a distância euclidiana simples (porcentagem) e no eixo horizontal as parcelas com seus volumes agrupadas em 100 grupos, formando, assim, as classes homogêneas de estoque volumétrico (Figura 3). Na análise, foi traçada uma linha de corte no nível de homogeneidade de 25%, evidenciando os três grupos dissemelhante de estoque volumétrico, tituladas classes I, II e III. Segundo Souza (1989) uma vez construído o dendrograma, incube ao pesquisador dirimir sobre como definir os agrupamentos. Essa deliberação, na maioria das vezes, é feita desmedidamente, embora haja testes estatísticos para tal fim.

A classe I de estoque é formada pelos grupos de parcelas 1 a 33, a classe II de estoque pelos grupos 34 a 66 e a classe III de estoque pelos grupos 67 a 100. As classes I, II e III de estoques volumétricos englobam parcelas com alto, baixo e médio estoques volumétricos, a primeira corresponde a 45 parcelas (20,93%), a segunda corresponde a 78 parcelas (36,28%) e a terceira 92 parcelas (42,79%) respectivamente (Tabela 2).

Figura 3 – Dendrograma de agrupamentos de parcelas em classes homogêneas de estoques volumétricos obtidos pelo método de *Ward*, com base na distância Euclidiana.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir do *Stata 13*.

Tabela 2 – Distribuição das classes de estoques volumétricos.

Classe de Estoque	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
I	45	20,93%	45	20,93%
II	78	36,28%	123	57,21%
III	92	42,79%	215	100%
Total	215	100,00%		

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do *Stata 13*.

A análise discriminante apresentou probabilidades de 0,19; 0,36; e 0,43, respectivamente, nas classes I, II e III de estoques volumétricos. O procedimento final de classificação indicou que 97,28% das parcelas foram corretamente classificadas nas classes de estoque (Tabela 3). Conforme Souza e Souza (2006, p. 51) a classificação da floresta em classes I, II e III de estoques volumétricos, utilizando da estatística multivariada, é “[...] um método eficiente na estratificação de áreas homogêneas de florestas inequidêneas, 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. Ainda segundo eles, “[...] esse método 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”.

Tabela 3 – Número de classes de estoque e porcentagens de classificação correta obtidas da análise discriminante.

Classe de estoque	Classificação em Classes de Estoque			Total	Classificação
	I P = 0,19	II P = 0,36	III P = 0,43		
I	40	5	0	45	18,6
II	0	78	0	78	36,28
III	0	0	92	92	42,4
Total	40	83	92	215	97,28

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do *Stata 13*.

Por fim de acordo com a análise de variância (ANOVA), com o $F_{cal} > F_{tab}$, ao nível de 1% de significância, rejeita-se a hipótese nula de não adequação do modelo, ou seja, existe evidências estatísticas de que as 3 (três) classes de estoques volumétricos possuem médias diferentes (Tabela 4). De acordo com Mingoti (2005) caso o teste não tivesse indicado uma diferença significativa, a função discriminante elaborada deveria ser revisada, perscrutando-se variáveis com alto poder de diferenciação dos grupos, o que não foi o caso.

Tabela 4 – Análise de Variância - ANOVA.

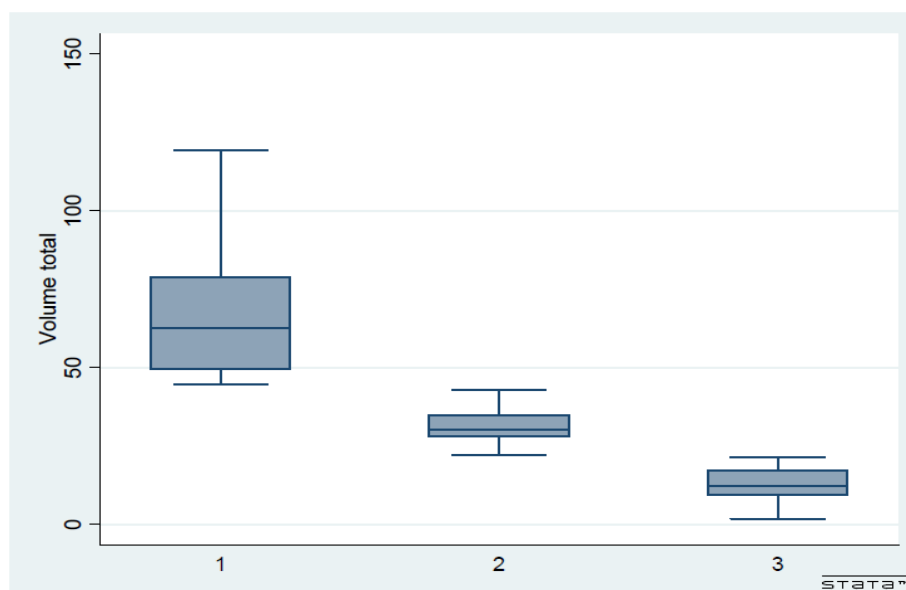
Variável	Model MS	Resid MS	Total MS	R-sq	Adj. R-sq	F	Pr > F
Volume Total	84666,264	19561,192	20169,651	0,8123	0,8106	458,8	0,0000

Número de observações = 215 Model df = 2 Residual df = 212

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do *Stata 13*.

Na análise do diagrama de box-plot para a variável volume por agrupamento, observou-se a maior mediana nos dados nos volumes na classe I, com distribuição uniforme em torno da mediana, embora que há variabilidade na parte superior dos dados constem na classe III. A classe II apontou menor mediana da variável para as parcelas nelas agrupadas (Figura 4). A Figura 3 permite visualizar que não houve discrepância de valores (*outliers*).

Figura 4 – Diagrama de Box-Plot para a variável Volume por Classe.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir do *Stata 13*.

Por fim, as parcelas da Área de Manejo Florestal agrupadas em três classes de estoques volumétricos (Classes I, II e III), estruturalmente similares e homogêneas, contribuirão com o planejamento e a exploração, facilitando a operacionalização e o monitoramento da AMF.

CONCLUSÕES

A utilização da estatística multivariada das parcelas em classes de estoque volumétricos evidenciou 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.

A sedimentação das parcelas em classes com baixo, médio e alto estoques volumétricos (classes I, II, e III) 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.

No estudo, a área foi dividida em 215 parcelas de 50x200, que totalizou em torno de 215 ha para manejo florestal. Foram encontradas 1.641 árvores das quais 1.056 possuem potencial para o corte. Pela análise de clusters foi possível dividir a área em 3 grupos, o que permite um melhor planejamento na exploração florestal. E por fim na análise discriminante foi constatado que 97,28% das parcelas foram corretamente classificadas.

Apesar de se utilizar apenas uma variável (volume total), o objetivo do trabalho foi atingido e identificou os diferentes sítios dentro de uma mesma comunidade vegetal (floresta). Por fim, o método descrito neste estudo possui grande utilidade para pesquisas nessa área, e como sugestão de trabalhos futuros, seja em utilizar outras variáveis para ajudar num melhor planejamento da exploração florestal de madeiras.

REFERÊNCIAS

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

AMARAL, P.; *et al.* **Floresta para Sempre: um manual para produção de madeira na Amazônia**. Belém: Imazon, 1998.

AMARAL, P.; VIDAL, E. C. **Custos e Benefícios do manejo florestal para produção de madeira na Amazônia oriental**. Belém: Imazon, 1998.

ARRUDA, C. R. **Determinação de unidades de gestão em floresta natural, no Município de Juína, Mato Grosso**. 75 p. 29 Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008. Disponível em:

<<http://www.ufmt.br/fenf/arquivos/06f867539e17b7a4dece9b383b1c484d.pdf>>. Acessado em: 10 set. 2016.

COLLIS, J; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 406, de 02 de Fevereiro de 2009.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa.** Porto Alegre: Artmed, 2010.

FRANCEZ, L.M.B.; CARVALHO, J.O.P.; JARDIM, F.C.S. Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da exploração florestal em uma área de Floresta de Terra Firme na região de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**, Belém, vol.37(2), p.219-228. 2007.

FERREIRA, J. O. P. **Manejo de Regeneração Natural de Espécies Florestais.** Belém: EMBRAPA - CPATU, 1994.

CETEC – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país.** Belo Horizonte: 1995. 295p. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.mg.gov.br/consulta/verDocumento.php?iCodigo=72776&codUsuario=0>>. Acessado em: 07 dez. 2015.

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

HIGUCHI, N.; *et al.* **Crescimento e Incremento de uma Floresta Manejada Experimentalmente.** Manaus: INPA/DFID, 1997.

IBAMA, INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano de prevenção e combate aos incêndios florestais da Reserva Biológica do Jarú (2006-2007).** Jí-Paraná, 2006. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/prevfogo/plano_operativo_reserva_biologica_do_jaru.pdf>. Acessado em: 10 set. 2016.

KASZNAR, I. K.; GONÇALVES, B. M. L. G. **Análise Discriminante Múltipla: o que é, para que serve e como se faz.** Rio de Janeiro: IBCI, 2007. Disponível em: <http://www.ibci.com.br/Analise_Discriminante_Multipla_ADM.pdf>. Acessado em: 20 dez. 2015.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; SOBRAL, L. **Fatos florestais da Amazônia 2003.** Belém, Imazon, 2003.

MINGOTI, S. A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

NOGUEIRA, M. M. **Manejo de florestas naturais da Amazônia: corte, traçamento e segurança.** Belém: Instituto Floresta Tropical, 2011.

PAIS, P. S. M.; SILVA, F. F.; FERREIRA, D. M. Degradação Ambiental no Estado da Bahia: uma aplicação da análise multivariada. **Geonordeste**, São Cristóvão, v. 23, n.1, p. 01-21, 2012.

REVISTA DA MADEIRA. Custos e benefícios do Manejo Florestal. **Revista da Madeira**. Edição n° 84 – Outubro de 2004.

REVISTA DA MADEIRA. Manejo é a ferramenta para sustentar demanda florestal. **Revista da Madeira**. Edição n° 70 – Março de 2003.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RONDONIA. Decreto n°. 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, RO, 10 out. 2006.

ROTTA, G.W.; MICOL, L.; SANTOS, N.B. **Manejo sustentável no portal da Amazônia: um benefício econômico, social e ambiental**. Alta floresta: ICV- IMAZON, 2006.

SILVA, L. M. **Classificação de áreas de reflorestamentos mistos usando análise multivariada, em Cotriguaçu-MT**. 88 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008. Disponível em: < <http://www.ufmt.br/fenf/arquivos/71cbe554b8afb4ef8005d2ba73af5ef4.pdf> >. Acessado em: 10 set. 2016.

SOUZA, A.L. **Análise Multivariada para Manejo de Florestas Naturais: Alternativas de Produção Sustentada de Madeiras para Serraria**. 255 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/26779/T%20-%20SOUZA,%20AGOSTINHO%20LOPES%20DE.pdf?sequence=1>>. Acessado em: 10 set. 2016.

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

SOUZA, D.R. **Sustentabilidade Ambiental e Econômica do Manejo em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme, Amazônia Oriental**. 123 p. 50 Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003. Disponível em: <<ftp://ftp.ufv.br/def/disciplinas/ENF344/MANEJOFLORESTASNATIVAS/Deoclides-DEF/Tese-Deoclides-DEF.pdf>>. Acessado em: 10 set. 2016.

SOUZA, D. R. *et al.* Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 30, n. 1, p. 75-87, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n1/28511.pdf>>. Acessado em: 23 ago 2016.