

Volumetria e classificação da capacidade produtiva
para *Mora paraensis* (Ducke) no estuário amapaenseVolumetry and classification of production capacity
for *Mora paraensis* (Ducke) in Amapa estuary

Robson Borges de Lima¹, Perseu da Silva Aparício², Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira³,
Wegliane Campelo da Silva⁴, Marcelino Carneiro Guedes⁵, Cinthia Pereira de Oliveira⁶,
Diego Armando Silva da Silva⁷ e Anderson Pedro Bernardina Batista⁸

Resumo

As florestas de várzea constituem o segundo maior ambiente florestado da região Amazônica. A espécie *Mora paraensis* (Ducke), conhecida como pracuúba torna-se alvo de exploração sem conhecimento de manejo florestal, necessitando de aplicação de métodos quantitativos que torne sua produção fonte de matéria prima sustentável. O objetivo deste trabalho foi determinar a equação volume com casca e a classificação da capacidade produtiva de madeira para a espécie. A base de dados utilizada foi do plano de manejo de 144 hectares distribuídos em 36 unidades de trabalho em floresta de várzea no município de Mazagão. O volume real da espécie foi obtido a partir de 20 árvores com DAP \geq 50 cm cubadas pelo método de *Smalian* e *Hohenald*. Foram ajustados 11 modelos volumétricos e, depois de estimados pelo melhor modelo, reuniram-se os volumes de fuste comercial por unidade de trabalho em ordem crescente. Elaborou-se uma matriz *X* de dados desses volumes. A matriz *X* foi utilizada como *input* nas análises de agrupamento e discriminante para definição de classes de estoque volumétrico. A análise estatística dos ajustes permitiu inferir que os modelos de simples entrada apresentaram tendenciosidade. O modelo de dupla entrada de Schumacher-Hall logarítmico foi mais adequado para a estimativa de volume do fuste com casca para a espécie. As 35 unidades de trabalho em que a espécie *M. paraensis* foi inventariada foram estratificadas em classes de capacidade produtiva de estoque volumétrico (volume mínimo, médio e máximo) podendo permitir futuramente melhor planejamento e ações de manejo, bem como a execução das atividades de colheita, de tratamentos silviculturais e de monitoramento ou inventário florestal contínuo.

Palavras-chave: Manejo florestal, Produção de Madeira, Regressão, Análise multivariada.

Abstract

The floodplain forest is the second largest forested environment of the Amazon region. The species *Mora paraensis* (Ducke), known as Pracuuba, is becoming the target of exploitation without any knowledge of forest management. There is a requirement of application of quantitative methods that make the production a sustainable source of raw materials. The aim of this study was to determine the volume equation with bark and classification of productive capacity of this woody species. The database used was the management plan of 144 acres divided into 36 units of work in floodplain forest near Mazagão town. The actual volume of the species was obtained from 20 trees \geq 50 cm cubed by the Smalian and Hohenald method. 11 volumetric models were fitted and after estimation by the best model, the commercial bole volumes were collected by

¹Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal. UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco - 52171-900, Recife, PE. E-mail: rbl_florestal@yahoo.com.br.

²Professor Doutor. UEAP - Universidade do Estado do Amapá -68900-000, Macapá, AP. E-mail: perseu_aparicio@yahoo.com.br.

³Professor Doutor. UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco - Departamento de Ciência Florestal - 52171-900, Recife, PE. E-mail: rinaldo@dcl.ufrpe.br.

⁴Professora Doutora. UNIFAP - Universidade Federal do Amapá, CEP 68900-000, Macapá, AP. E-mail: wellcampelo@yahoo.com.br.

⁵Pesquisador Doutor. EMBRAPA/AP - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, AP - 68900-000, Macapá, AP. E-mail: mcguedes@cpafap.embrapa.br.

⁶Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco - 52171-900, Recife, PE. E-mail: cynthia_ueap@hotmail.com.

⁷Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo - 29550-000, Jerônimo Monteiro, ES. E-mail: d-armando-silva@hotmail.com.

⁸Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. UFPA - Universidade Federal de Lavras - 37200-000, Lavras, MG. E-mail: anderson_pedro22@yahoo.com.br.

work in ascending order. We developed a matrix X with these volumes of data. The X matrix was used as input in both the cluster and discriminant analysis for defining classes of volumetric stock. Statistical analyses of the fitted models allowed to infer that the models with single entry showed bias. The double-entry Schumacher-Hall logarithmic model was more suitable for the estimation of stem volume with bark for the species. The 35 units of work in which the species *M. paraensis* was inventoried were stratified into productivity classes of volumetric stock, (minimum, average and maximum volume) that, in future, may allow for better planning and management actions, as well as implementing the harvest, silvicultural treatments and monitoring or continuous forest inventory activities.

Keywords: Forest management. Wood production. Regression. Multivariate analysis.

INTRODUÇÃO

A Amazônia Brasileira é a maior extensão de floresta tropical do mundo e a sua variedade de recursos naturais só ocorre em consequência das diferentes associações vegetais que crescem sob a influência de fatores ambientais intrínsecos a cada ecossistema que forma esse bioma. Entre os ecossistemas, que compõem a floresta equatorial Amazônica, estão as florestas de várzea que são planícies aluviais, onde há inundações anuais de água barrenta, rica em nutrientes, cobrindo extensas áreas de solo (BENTES-GAMA et al., 2002; LIMA et al., 2012; QUEIROZ; MACHADO, 2008).

Os conhecimentos gerados sobre a vegetação do ambiente estuarino do Rio Amazonas se reveste de grande importância, pois além de servir de base para a manutenção dos habitantes da área, tem grande potencial para impulsionar o desenvolvimento da região contribuindo para o fortalecimento econômico social e ambiental. As florestas de várzea apresentam ampla diversidade florística, na qual desempenham um papel importante no equilíbrio do ecossistema e manutenção da biodiversidade. As características desses ambientes assemelham-se ao da terra firme pela ocorrência, em sua maioria, de espécies perenifólias de grande porte, com sub-bosque compostos por espécies tolerantes e intolerantes que irão compor o dossel da floresta.

Atualmente, a exploração nas florestas de várzea se reveste na produção de madeira por pequenas empresas e pela população ribeirinha, principalmente da espécie *Virola surinamensis*, o que tangencia por parte, estudos sobre manejo florestal sustentável desta e outras espécies como a *Mora paraensis* (Ducke) visando a produção sustentável de bens e serviços

A aplicação de planos de manejo voltados para as florestas de várzea visa garantir a sustentabilidade e proporcionar melhores condições de planejamento de exploração. A espécie *M. paraensis*, conhecida popularmente como prauúba,

vem sendo atingida pela exploração desordenada sem o devido conhecimento de seus estoques remanescentes, e relacionado a isso, poucas pesquisas são desenvolvidas para esta espécie, no que tange a obtenção de informações qualitativas e quantitativas confiáveis e resultados precisos para nortear uma exploração sustentável e consequentemente elaborar de forma criteriosa planos de ação para a valoração de sua matéria prima.

O desenvolvimento e aplicação de métodos quantitativos como determinação da volumetria e classificação da capacidade produtiva tanto para comunidades florestais como para espécies madeiráveis são essenciais para elaboração criteriosa de planos de ação visando a garantia sustentável de recursos a médio e longo prazo. Desta maneira, consta no Código Florestal (BRASIL, 1965) e na Instrução Normativa n° 05/06 (BRASIL, 2003) que para manejar de forma sustentável os recursos florestais na Região Amazônica faz-se necessário, entre outras providências, estimar as principais características dendrométricas da floresta, por exemplo, o estoque de volume das espécies comerciais e a capacidade produtiva da floresta em metros cúbicos por hectare por ano, por meio de sistema de inventário mediante a execução de inventário amostral, inventário de prospecção a 100% (censo) e de inventário florestal contínuo.

Por esse motivo, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – determinou, através de “Instrução Normativa – IN n° 030/2002, que só será aceito o cálculo do volume de árvores em pé, mediante equação de volume desenvolvida, especificamente para esse fim na área de abrangência sobre a qual é proposto o Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS” (BRASIL, 2003).

As equações de volume são funções matemáticas que relacionam uma variável de difícil obtenção (ENCINAS; KLEINN, 2001; GIRARD, 2005; ROLIM et al., 2006), neste caso o volume, com variáveis mais facilmente mensuráveis e consequentemente mais baratas como o DAP

(diâmetro à altura do peito), a altura total ou alguma medida que expresse a forma da árvore, embora esta última não seja muito empregada (COUTO; BASTOS, 1987; GOMES; GARCIA, 1993; MACHADO et al., 2000). Na área florestal, tais relações são obtidas através da análise de regressão (BARROS; SILVA JUNIOR, 2009; ENCINAS et al., 2009), para isso avalia-se a equação ajustada através de vários testes estatísticos, permitindo-se conseguir uma equação com melhor precisão possível (LEITE; REZENDE, 2010; MACHADO et al., 2008; SCHNEIDER et al., 2009).

Com a definição da equação volumétrica para a espécie *M. paraensis*, associado a um plano de manejo criterioso, a garantia de sustentabilidade desta espécie em fornecer matéria prima estará garantida nas florestas de várzea do Estado do Amapá. A prauúba é uma espécie de potencial madeireiro, sendo assim necessário o conhecimento sobre a distribuição, estabelecimento e regeneração natural, para a adoção de um plano de manejo florestal adequado. Apesar da existência de *M. paraensis* em densidades consideráveis nas áreas de várzea, o conhecimento sobre esta espécie ainda é escasso, portanto é importante gerar dados para orientar pesquisas e estratégias de manejo e conservação, evitando um comprometimento significativo das populações desta espécie.

De acordo com Medeiros (2008), considerando a madeira como principal produto a ser explorado, a capacidade produtiva da floresta pode ser avaliada por meio da medida do volume por área e por ano. Scolforo (1997) e Souza e Souza (2006) afirmaram que a classificação em áreas homogêneas de produtividade de cada zona ou classe de sítio é fundamental para a elaboração e execução dos planos de manejo sustentável.

Desta maneira, a capacidade produtiva de um povoamento florestal pode ser avaliada por meio do agrupamento do volume em classes de estoque visando contribuir com melhores atividades de manejo e aumento da produtividade. Uma ferramenta capaz de gerar informações quantitativas confiáveis a respeito da classificação da capacidade produtiva de povoamentos florestais é a estatística multivariada (LIMA et al., 2011a).

A aplicação da estatística multivariada na área florestal é pouco frequente, principalmente em estudos que envolvem a classificação multivariada com variáveis dendrométricas de espécies do povoamento (LIMA JÚNIOR et al., 2009; LOPES, 2003; SOUZA; SOUZA, 2006; SOUZA et al., 1997;). Para Fernandes et

al. (1991), Ferreira e Souza (1997) e Freddi et al. (2008) dentre os métodos multivariados, as técnicas de análise de agrupamento e discriminante são as de maior viabilidade para a classificação da capacidade produtiva em florestas naturais inequiduais.

A análise de agrupamento, em sua aplicação, engloba uma variedade de técnicas com a finalidade de reunir os objetos (indivíduos, elementos) verificados nos grupos em que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, objetivando propor classificações (CHRISTOFOLETTI et al., 2005; VICINI; SOUZA, 2005). Já a análise discriminante, segundo Hair e Tatham (2005), busca a separação, ou discriminação, de séries de observações, bem como pode ser utilizada na alocação, ou classificação, de novos indivíduos em grupos previamente definidos com base em variáveis mensuradas nos respectivos indivíduos que compõem cada um dos grupos.

O Estado do Amapá possui uma área de 14,3 milhões de hectares, dos quais mais de 3% são compostos por florestas de várzea estuarina, rica em espécies madeiráveis e não madeiráveis (QUEIROZ; MACHADO, 2007). A espécie *Mora paraensis* (Ducke) apresenta características favoráveis para o manejo visando a produção de madeira de forma sustentada. Assim, o presente estudo teve por objetivo determinar a equação volume com casca e a classificação da capacidade produtiva de madeira para a espécie em florestas de várzea estuarina do Amapá.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

Os dados de campo utilizados no presente estudo foram cedidos, mediante convênio, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa/AP) e o Instituto Estadual de Florestas do Amapá (IEF/AP), que são, juntamente com a AAFLOMARA, proprietários da elaboração do plano de manejo de 156 hectares, distribuídos 39 unidades de trabalho (UTs) em floresta de várzea estuarina no Município de Mazagão, Estado do Amapá.

Das 39 UTs, o Plano de Manejo constitui-se até o momento em apenas 36 e estão distribuídas no Projeto de Assentamento Extrativista do Maracá localizada no município de Mazagão, mais precisamente na região do baixo Rio Maracá. A região é banhada pelo canal norte do Rio Amazonas e Rio Maracá (Figura 1).

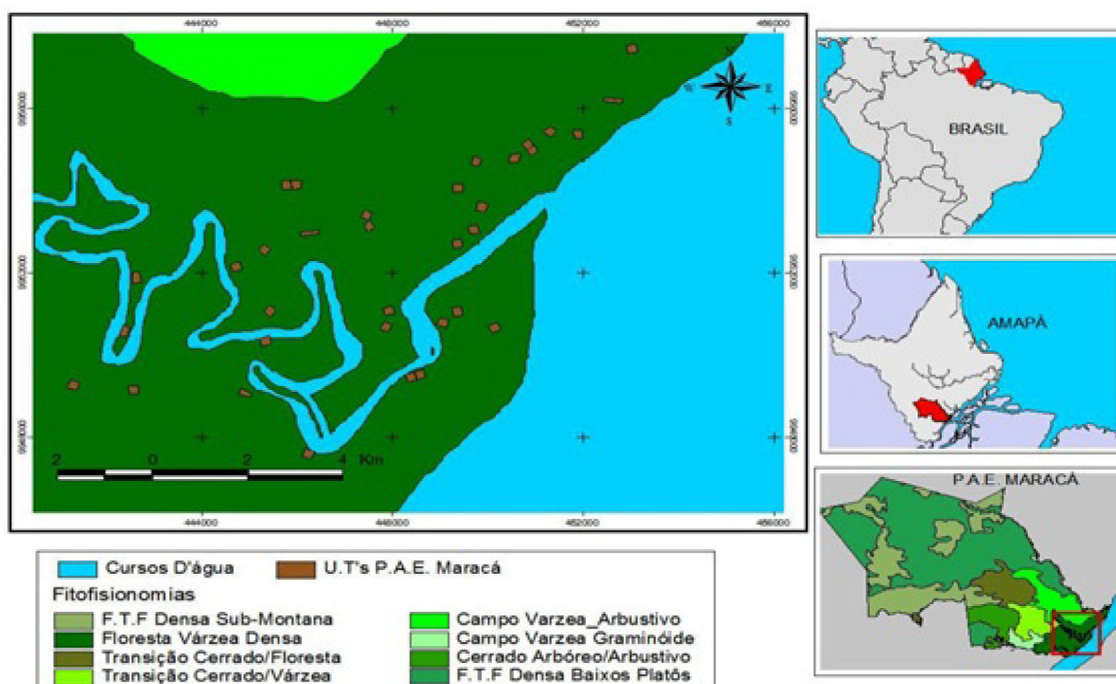


Figura 1. Localização da área de estudo da espécie *M. paraensis* em floresta de várzea no Projeto de Assentamento extrativista Maracá, estuário amapaense.

Figure 1. Location of the study area of the species *M. paraensis* in floodplain forest on Maracá Extractive Settlement Project, Amapá estuary.

A vegetação predominante nessa região é do tipo floresta ombrófila densa aluvial, isto é, floresta de várzea de alto porte com grande frequência de palmeiras e com influência diária de marés dos rios circundantes (IEF, 2008).

O clima na região é da categoria Amw, segundo a classificação de Koppen, tropical chuvoso. O período chuvoso vai de janeiro a julho com precipitação média anual de 2300 mm, temperatura máxima é de 38°C e a mínima de 22°C. A área apresenta uma topografia plana com solos tipo glei húmico pouco úmico eutrófico (IEF, 2008).

Coleta de dados

Determinação do volume real da espécie

Mora paraensis (Ducke)

Para a obtenção do volume real da espécie *M. paraensis* foram selecionadas para corte e posterior cubagem rigorosa 20 árvores com DAP (Diâmetro a Altura do Peito) ≥ 50 cm, localizadas em áreas de floresta de várzea na região do Município de Mazagão pertencente a três diferentes proprietários. Foram abatidas, cubadas e traçadas 6 árvores em floresta de várzea com influência do Rio Ajuruxi, 7 árvores em floresta de várzea com influência do Rio Maracá e 7 árvores em várzeas com influência do Rio Amazonas.

A determinação do volume individual foi por meio da combinação dos métodos *Sma-*

lian e *Hohenald*. A coleta de dados de cubagem procedeu-se com auxílio de uma trena métrica de 10 m para a mensuração do comprimento, divisão, secção de fuste comercial e medição da circunferência das secções na base de cada tora de igual comprimento, sendo no total 10 toras ao longo fuste. As circunferências foram convertidas, posteriormente para diâmetro. Conforme (LIMA, 2010), a expressão matemática dos métodos combinados é:

$$V_{com} = \frac{\pi}{4} \times \left\{ \left(\frac{D_0^2 + D_{10}^2}{2} \right) + D_1^2 + D_2^2 + D_3^2 + D_4^2 + D_5^2 + D_6^2 + D_7^2 + D_8^2 + D_9^2 \right\} \times \frac{H_c}{10}$$

em que Di = Diâmetro da secção e Hc = Altura comercial

Modelos estatísticos testados para definição da equação volumétrica

Depois de obtidos o volume real da amostra de 20 árvores da espécie *M. paraensis*, foram testados quatro modelos volumétricos de simples entrada (dois logarítmicos e dois aritméticos, tendo apenas o DAP como variável independente) e sete modelos de dupla entrada (dois logarítmicos e cinco aritméticos) onde as variáveis independentes foram o DAP e a altura comercial do fuste, combinadas ou não (Tabela 1).

Table 1. Modelos volumétricos testados para a estimativa do volume comercial com casca da espécie *M. paraensis* em floresta de várzea do estuário amapaense.

Tabela 1. Volumetric models tested for estimating the trade volume with bark of the species *M. paraensis* in a floodplain forest in the estuary Amapá.

Variável Independente	Autor	Modelo
DAP	Koperzky-Gehrhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2$
	Hohenald-Krenn	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta d^2$
	Husch	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \ln d$
	Brenac	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 (1/d)$
DAP/HC	Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 h$
	Stoate	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h + \beta_0 h$
	Näslund	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h + \beta_0 d h^2 + \beta_4 h^2$
	Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_0 d h + \beta_4 d^2 h + \beta_5 h$
	Meyer modificada	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_0 d h + \beta_4 d^2 h$
	Spurr (Ln)	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \ln (d^2 h)$
	Schumacher-Hall (Ln)	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 \ln h$

Em que: $\beta_0; \beta_1; \dots, \beta_5$ = coeficientes a serem estimados; d = diâmetro medido a 1,30 m; h = altura comercial do fuste em metros; V = volume com casca em metros cúbicos e Ln = logaritmo na base neperiana ($e = 2,7128$).

Critério de seleção dos modelos matemáticos

Para o ajuste do melhor modelo foi obtido o coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, coeficiente de variação e valor de F . Concomitantemente ao ajuste das equações de volume, foi realizada a análise gráfica de resíduos, para verificar a ocorrência ou não de tendenciosidade nas estimativas da variável dependente volume. Os critérios estatísticos são descritos da seguinte maneira (ROLIM et al., 2006):

$$R^2_{Aj} = R^2 - \left[\frac{K-1}{N-K} \right] \cdot (1-R^2)$$

$$S_{YX} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{real_i} - V_{est_i})^2}{n-p}}$$

$$S_{YX}\% = \frac{S_{YX}}{\bar{Y}} \cdot 100$$

Em que: R^2_{Aj} = Coeficiente de Determinação Ajustado; R^2 = Coeficiente de Determinação; K = número de coeficientes da equação; N = número de árvores amostradas. Por esse critério, quanto mais próximo de um for o valor do Coeficiente de Determinação, melhor será o ajuste da linha de regressão; S_{YX} é o erro padrão da estimativa ou erro padrão residual; V_{real_i} é o volume individual real em m^3 ; V_{est_i} é o volume individual estimado em m^3 ; n já definido anteriormente; e, p é o número de parâmetros no modelo; S_{YX} também foi obtido em porcentagem ($S_{YX}\%$) dividindo-se o valor absoluto pela média aritmética do volume real, sendo interpretado como o coeficiente de variação.

Para os modelos logarítmicos o erro padrão da estimativa foi corrigido na escala original da variável dependente, para possibilitar a compa-

ração com o modelo aritmético. Essa correção é feita com o índice de Furnival, conforme Silva e Bailey (1991) e para os modelos logarítmicos ele é dado por:

$$IF = f'(V)^{-1} \exp\left(\frac{n-p}{2n}\right) \times S_{YX}$$

Sendo:

$f'(V)^{-1}$ = derivada da variável dependente em relação ao volume dos indivíduos; n = número de observações; P = número de parâmetros do modelo; S_{YX} = erro padrão da estimativa.

A forma percentual do Índice de Furnival é expressa por:

$$IF\% = \frac{IF}{Y} \times 100$$

O Índice de Furnival de uma equação logarítmica deve ser comparado com o erro padrão da estimativa da aritmética, ou Índice de Furnival em porcentagem (IF%) da equação logarítmica deve ser comparado com o coeficiente de variação da equação aritmética (SCHNEIDER et al, 2009). Os ajustes e análises estatísticas foram feitos com auxílio do *software* Statistica 8 (STATSOFT, 2012).

Inventário florestal e definição das classes de estoque volumétrico

Na área de floresta de várzea da região do Maracá que compreende uma unidade de produção anual (UPA), foram demarcadas 36 unidades de trabalho (UTs) pertencentes a 36 famílias da comunidade. Cada unidade de trabalho compreende uma área de 4 hectares (200 x 200 m) perfazendo um total de 144 hectares, onde foi realizado um inventário 100% para o levantamento de espécies com potencial madeireiro.

Foram mesurados todos os indivíduos da espécie *M. paraensis* com nível de inclusão de DAP ≥ 40 cm e suas respectivas alturas comerciais além de serem anotadas características qualitativas como qualidade do fuste, presença de cipós e presença de cupim.

De posse dos dados dendrométricos, obtidos no inventário, a espécie *M. paraensis* foi analisada nas UTs considerando a heterogeneidade em tamanhos e formas dos indivíduos da espécie. Desta forma, procurou-se estratificar o povoamento em classes homogêneas de estoque volumétrico com potencial de exploração comercial. Para isto, reuniram-se os volumes estimados de fuste comercial com casca das árvores da espécie por hectare e por unidade de trabalho em ordem crescente.

Elaborou-se uma matriz *X* de dados desses volumes, em que cada variável *x_{ij}* representou o *i*-ésimo volume classificado na *j*-ésima unidade de trabalho. A matriz *X* de dados volumétricos por classe foi utilizada como *input* nas análises de agrupamento e discriminante. Na análise de agrupamento a distância euclidiana simples foi utilizada com medida de dissimilaridade e o método de *Ward* como algoritmo de agrupamento, conforme Lima et al. (2011b); Souza e Souza (2006).

Para a definição das classes de estoque volumétricas, traçou-se a linha de corte ou linha de feñon, que é uma linha paralela ao eixo horizontal do dendrograma obtido da análise de agrupamento (SOUZA; SOUZA, 2006).

A análise discriminante foi utilizada para verificar a distinção e classificação das classes de estoque volumétrico obtidas pela análise de agrupamento. As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* Statistica 8 (STATSOFT, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume real obtido das 20 árvores da espécie *M. paraensis* foi de 79,87 m³ com uma média de 3,99 m³ e um erro padrão da média de 0,372 m³. Observa-se na Tabela 2 que os valores obtidos no teste F foram altamente significativos ($\alpha = 1\%$), ou seja, existe uma associação (relação probabilística) entre o volume e o conjunto específico de variáveis independentes para cada modelo. A existência dessa relação, no entanto, não permite afirmar que estimativas úteis podem, necessariamente, ser obtidas com qualquer uma das equações.

Analisando separadamente os modelos de simples entrada (Koperzky-Gehrhardt; Hohenald-Krenn; Husch; Brenac), nota-se pouca diferença entre os valores do coeficiente de determinação ajustado, variando de 0,7479 a 0,7910 e estes foram relativamente menores em comparação com os modelos de dupla entrada. Os valores de erro padrão da estimativa (*Syx*) e erro padrão relativo (*Syx%*) para estes modelos foram superiores em relação aos demais incluindo os de dupla entrada. O que de fato, demonstra a necessidade de outra variável dependente, no caso a altura comercial.

Na análise dos modelos de Koperzky-Gehrhardt e Hohenald-Krenn, nota-se que a inserção apenas da variável diâmetro ao modelo de Hohenald-Krenn ocorre pouca mudança, principalmente nos valores de erro padrão relativos, que no caso, apenas aumentou. Os modelos de Husch e Brenac também apresentaram tendência para estimativa volumétrica, mesmo estando na forma logarítmica. Segundo Machado et al. (2008), isso faz com

Table 2. Estatísticas de ajuste para o volume de fuste com casca de árvores da espécie *M. paraensis* em uma floresta de várzea do estuário Amapaense.

Tabela 2. Fitted statistics for the volume of bole bark of the species *M. paraensis* in a floodplain forest estuary Amapaense.

MODELO	F calc	R ² aj	Syx	Syx%	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
1. Koperzky-Gehrhardt	72,9375	0,7911	0,7621	19,0817	0,09075 ^{ns}	0,00078*				
2. Hohenald-Krenn	34,6249	0,7797	0,7825	19,5934	-1,54885 ^{ns}	0,04394 ^{ns}	0,00050 ^{ns}			
3. Husch	60,6132	0,7583	1,0891	27,2701	-7,16583*	2,00427*				
4. Brenac	29,1882	0,7479	1,0848	27,1618	-0,11938 ^{ns}	0,67475 ^{ns}	-96,53334 ^{ns}			
5. Spurr	145,2730	0,8836	0,5688	14,2407	0,01760 ^{ns}	0,00006*				
6. Stoate	97,6988	0,9385	0,4134	10,3501	-0,31064 ^{ns}	0,00033 ^{ns}	0,00004*	-0,00594 ^{ns}		
7. Näslund	72,9090	0,9380	0,4150	10,3915	-0,36989 ^{ns}	-0,00002 ^{ns}	0,00010 ^{ns}	-0,0003 ^{ns}	0,01262 ^{ns}	
8. Meyer	70,4834	0,9481	0,3797	9,5061	43,06440*	-1,14003*	0,00758*	0,09273*	-0,00055 ^{ns}	-3,52955*
9. Meyer modificada	68,9472	0,9347	0,4262	10,6709	0,37495 ^{ns}	-0,02227 ^{ns}	0,00050 ^{ns}	0,00015 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	
10. Spurr (Ln)	125,4394	0,8675	0,8063	20,1883	-9,48600*	0,98187*				
11. Schumacher-Hall (Ln)	104,8413	0,9162	0,6255	15,6627	-9,67223*	2,19161*	0,67540*			

Em que: ns (não significativo ao teste t ($p = 0,05\%$)); * (Significativo ao teste t ($p = 0,05\%$)); R²aj (Coeficiente de determinação ajustado), *Syx* e *Syx%* (erro padrão da estimativa em m³ e em%) e β_i (coeficientes estimados para os modelos volumétricos). Para os modelos logarítmicos *Syx* está corrigido pelo índice de Furnival.

que apenas a variável DAP não explique satisfatoriamente a variação do volume, propiciando, altos valores para os resíduos, sustentando a hipótese de Rolim et al. (2006) de que esse ajuste menor é esperado, pois esses modelos assumem que árvores de mesmo diâmetro têm a mesma altura o que não é verdade para espécies e povoamentos naturais.

Nos modelos de dupla entrada, a variação dos dados de volume real explicada pelos modelos (R^2_{aj}) variaram de 0,8675 a 0,9481, indicando bom ajuste e melhor eficiência nas estimativas volumétricas, sendo valores favoráveis na comparação entre modelos e próximos de 1. Segundo Higuchi et al. (2008a), para volumetria de espécies nativas, o padrão de modelos estatísticos apresentarem boas estimativas é $R^2 > 0,90$. Para a espécie *M. paraensis*, com inclusão da altura comercial para a estimativa volumétrica, nota-se diminuição nos valores de erro padrão da estimativa e coeficiente de variação. De acordo com Higuchi et al. (2008b), modelos com boas estimativas de volume apresentam coeficiente de variação ($Sy_x\%$) em torno de 10%.

Entretanto, pode-se observar que o modelo de Spurr na forma logarítmica foi o que apresentou menor coeficiente de determinação ajustado dentre os modelos de dupla entrada, com 0,8675 e o segundo maior coeficiente de variação com 12,87%. Este modelo, porém, na forma aritmética, também apresentou resultados inferiores dos escores estatísticos dentre os modelos de dupla entrada, considerando assim, que as variáveis combinadas destes modelos apresentam tendenciosidade sendo pouco eficientes na estimativa volumétrica da espécie.

Os modelos de Stoate, Naslund, Meyer, Meyer modificada e Schumacher-Hall logarítmico foram os que apresentaram melhores resultados dos escores estatísticos com R^2_{aj} superior a 0,9161 (Schumacher-Hall logarítmico) e inferior a 0,9481 (Meyer); $Sy_x\%$ superior a 9,50 (Meyer) e inferior a 10,67 (Meyer modificada). Vale ressaltar que com inclusão de duas ou mais variáveis independentes nesses modelos, os efeitos não foram aditivos, como observado para os modelos de Stoate e Naslund, isto é, com inclusão da variável HC^2 no modelo de Naslund não ocorre aumento na precisão dos escores estatísticos, ou seja, as variáveis independentes tendem a apresentar intercorrelação (colinearidade).

Resultados semelhantes foram encontrados por Valente et al. (2011) para a estimativa volumétrica de *Vochysia inundata* Ducke (Quaruba) no

qual afirmaram que a existência de intercorrelação entre variáveis tem sido detectada e considerada prejudicial indicando que o pesquisador deve procurar soluções para suavizar seus efeitos ruins.

Nesse sentido, cabe destacar que alguns dos valores obtidos para os parâmetros dos modelos ajustados apresentaram-se não significativo ao teste t de Student ($p = 0,05$), indicando que as variáveis independentes não contribuem de forma significativa na estimativa de volume. Os modelos de simples entrada Hohenald-Krenn e Brenac apresentam todos os valores de seus coeficientes não significativos ao teste t. Os modelos de dupla entrada de Naslund e Meyer modificado também apresentaram valores não significativos de seus podendo indicar erros nas estimativas.

Considerando apenas os escores estatísticos, o modelo de Meyer foi o que apresentou melhor ajuste, podendo este ser empregado para a estimativa de volume da espécie *M. paraensis*, entretanto devido a intercorrelação entre as variáveis independentes e não contribuição da variável d^2h do modelo, considera-se o modelo de Schumacher-Hall logarítmico como o mais indicado para estimar o volume com casca para a espécie devido à boa precisão apresentada e melhor facilidade de trabalho em relação aos demais.

Este modelo, amplamente difundido na área florestal, apresentou valor de F altamente significativo, elevado coeficiente de determinação ajustado, não apresentando tendenciosidade com baixos valores de erros padrão da estimativa e erros padrão relativos. Resultados semelhantes foram encontrados por Tonini e Melo (2009) que ajustaram os mesmos modelos e concluíram que a equação de Schumacher-Hall logarítmico foi o que apresentou melhor precisão e estimativas confiáveis para a espécie Angelim ferro no Estado de Roraima. Oliveira et al. (2011) ajustaram modelos volumétricos para *Araucária angustifolia*, concluindo também que o modelo matemático mais indicado para a estimativa do volume total com casca é o de Schumacher-Hall logarítmico demonstrando sua precisão e confiabilidade e flexibilidade para estimativa de volume de árvores individuais de espécies florestais.

A análise gráfica de resíduos, para os modelos de simples e dupla entrada, demonstrou distribuição dos pontos (Figura 2), em sua maior parte, concentrados em torno da reta de erro, ou seja, a amplitude residual em porcentagem entre o volume real e o estimado para a espécie *Mora paraensis* é maior nos modelos de simples

entrada, não se distribuindo uniformemente em torno da reta de erro percentual, indicando maior heterogeneidade de variância e consequentemente sub e superestimativas. Na inclusão da variável altura, a amplitude em porcentagem decaiu significativamente, conforme observado na Figura 2.

Os modelos de Koperzky-Gehrhardt e Hohenald-Krenn apresentam tanto subestimativas quanto superestimativas para as menores amplitudes diamétricas, indicando, segundo Campos e Leite (2009) possível presença de outliers (dados discrepantes). Nota-se ainda a ocorrência de heterogeneidade de variância, e de acordo ainda com estes autores isto desacredita os limites de

confiança das estimativas, tendo como solução a troca de modelo ou transformação da variável dependente para logaritmo ou a justaposição de modelos, ou ainda ponderação de variáveis.

Desta forma, quando os resíduos não se comportam de forma aleatória, ou seja, não seguem um padrão, a condição de independência não é satisfeita. Isto pode traduzir o fato de não existir uma relação linear entre as variáveis ou então, não constam no modelo uma ou várias variáveis independentes que influenciam significativamente a variável dependente e, portanto também os erros, o que justifica o fato de algumas variáveis apresentarem os valores de seus coeficientes não significativos ao teste t.

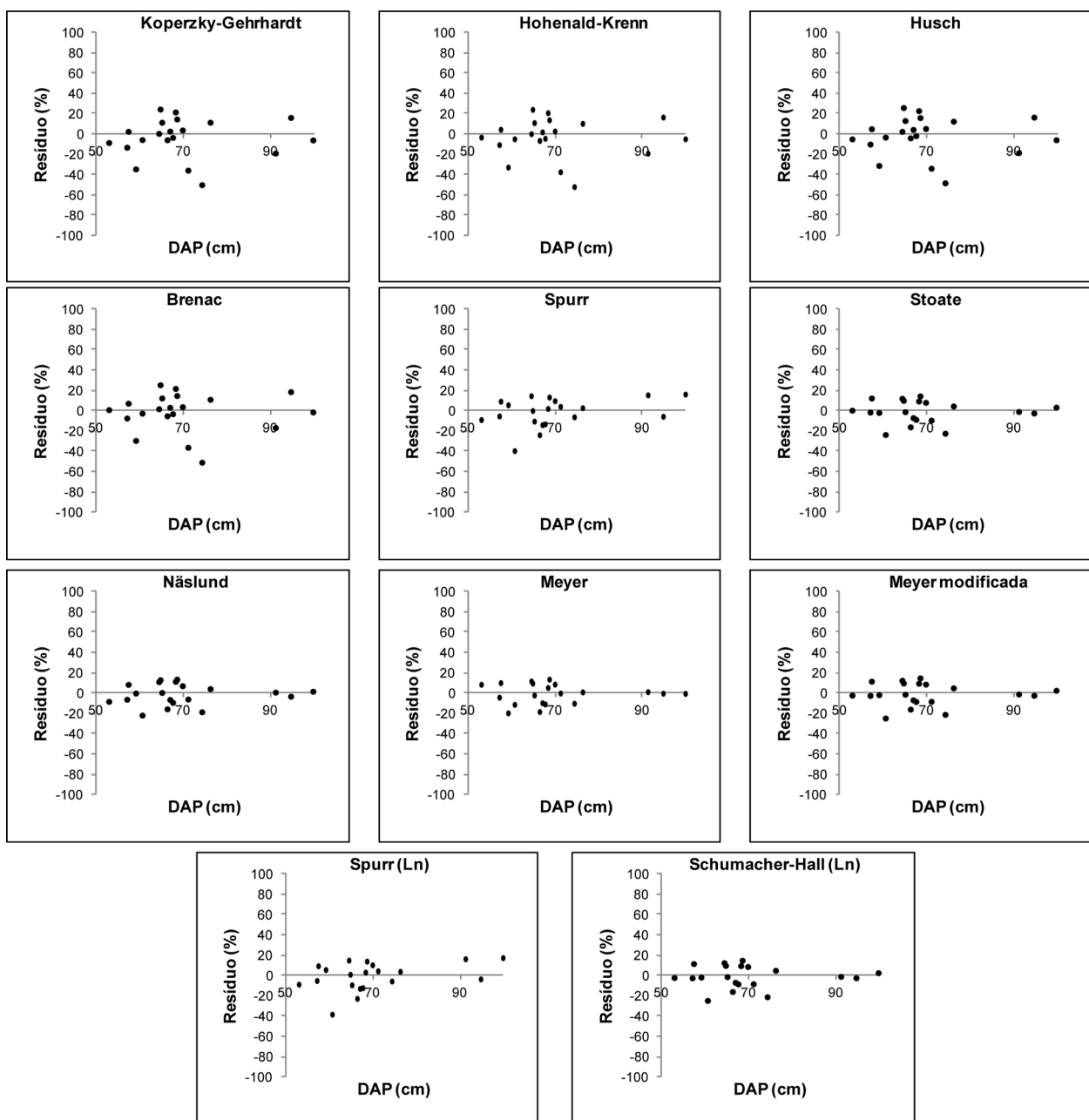


Figura 2. Análise gráfica de resíduos para os modelos de simples e dupla entrada para a espécie *M. paraensis* em floresta de várzea do estuário Amapaense.

Figure 2. Graphical residual analysis for models with single entry for the species *M. paraensis* in a floodplain forest of the Amapa estuary.

Analisando os modelos de dupla entrada (Spurr, Stoate, Naslund, Meyer, Meyer modificada, Spurr logarítmico e Schumacher-Hall logarítmico), observa-se que a amplitude residual é menor (entre $\pm 15\%$), demonstrando a necessidade de inclusão da variável altura. Porém, o modelo de Spurr logarítmico apresentou uma distribuição de resíduos mais ampla na reta de erro em relação aos de dupla entrada e com maior tendenciosidade, fato fortalecido pelo seu maior coeficiente de variação (12,87%) e menor coeficiente de determinação (0,8675) apresentado.

A boa distribuição em torno da linha de regressão (Figura 2) proporcionando homogeneidade de variância e baixa amplitude residual, aliada a 91% da quantidade da variação total explicada pela regressão e menores erro padrão da estimativa e coeficiente de variação, tornam o modelo de Schumacher-Hall logarítmico como o mais preciso para o ajuste da equação de volume para a espécie *Mora paraensis*. Assim, a equação para a espécie é $\text{LnV} = -9,67223 + 2,19161 * \text{LnDAP} + 0,67540 * \text{LnHC}$.

Dessa forma, considera-se que os erros são independentes, de média nula e variância constante. Os bons resultados obtidos por meio dos escores estatísticos confirmam sua aplicabilidade prática, aliada facilidade de obtenção do volume de forma logarítmica. A credibilidade desta equação é assegurada somente dentro da amplitude

dendrométrica coletada, não sendo recomendadas extrapolações para além de seus limites.

Estratificação volumétrica

Empregando a equação para a estimativa volumétrica da espécie *M. paraensis* nas Unidades de Trabalho na região do Maracá, obteve-se um volume total estimado de 5186,12 m³, com uma média de 2,85 m³ e um erro padrão da média de 0,049 m³.

De acordo com o inventário realizado, a espécie *M. paraensis* só não apresentou indivíduos em apenas uma unidade de trabalho, no caso a UT 32. Isto demonstra que esta espécie apresenta densidade relativamente alta nesses ambientes, com indivíduos adultos e de grande porte e com características volumétricas específicas para a aplicação de planos de manejo.

Por meio da análise de agrupamento, considerando linha fenon em 27,8%, as 35 unidades de trabalho foram reunidas em três classes de estoque volumétrico (Figura 3), denominadas classes de capacidade produtiva mínima, média e máxima para a espécie.

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza e Souza (2006), Medeiros (2008), Lima et al. (2011b), em que ambos obtiveram o mesmo número de classes de estoque volumétrico para florestas amazônicas, ao empregar a mesma metodologia de agrupamento.

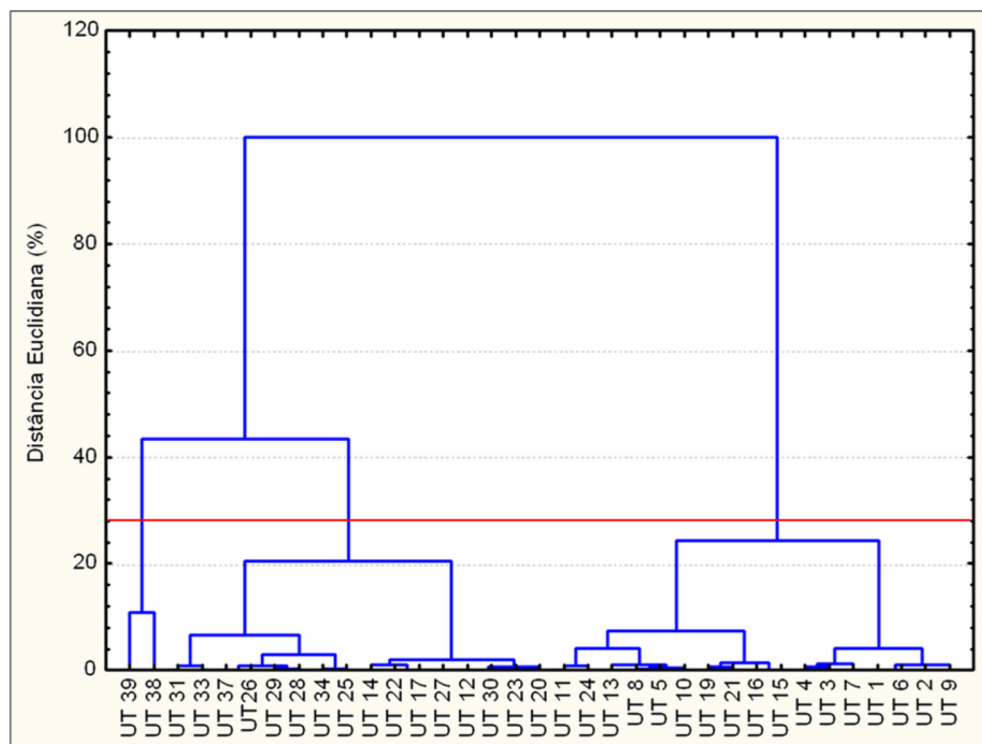


Figura 3. Dendrograma gerado a partir da análise de agrupamento, utilizando-se o método de Ward e a distância euclidiana simples para as 35 UTs da Unidade de Produção Anual do Maracá, Município de Mazagão, Estado do Amapá.

Figure 3. Dendrogram generated from the cluster analysis, using Ward's method and Euclidean distance simple for 35 UTs of the Production Unit Annual Maraca, City of Mazagão, State of Amapá.

As classes de capacidade produtiva ou classes de estoque foram nomeadas em ordem crescente de volume médio observado, em que a classe I foi a que apresentou menor número de indivíduos acumulando o menor volume total com 925, 945 m³ (UTs 38 e 39), a classe II apresentou um volume intermediário com 1120, 426 m³ (UTs 9, 2, 6, 1, 7, 3, 4, 15, 16, 21, 19, 10, 5, 8, 13, 24 e 11) e a classe III a de maior volume médio com 3139, 446 m³ (UTs 20, 23, 12, 27, 17, 22, 14, 25, 34, 28, 29, 26, 37, 33 e 31). Portanto, as unidades de trabalho com baixo, médio e alto estoque correspondem, respectivamente, às classes I, II e III de capacidade produtiva de madeira da espécie *M. paraensis* (Tabela 3).

Segundo Souza e Souza (2006), a classificação multivariada da floresta em classes I, II e III de estoques volumétricos mostra-se um método eficiente na estratificação de áreas homogêneas de povoamentos inequidanos, que podem se constituir em estratos, compartimentos, classes de sítio e unidades de produção anual (UPA).

Para florestas de várzea ainda não se tem respostas quanto à classificação da capacidade produtiva, logo se pode inferir que a distinção de grupos ou classes de estoque volumétrico por técnicas de análise multivariada pode ser favorável na definição de estratégias de manejo e regulação, norteando planos de ação para esses ambientes e suas espécies.

Vale ressaltar que a classe de estoque volumétrica mínima agrupou apenas 2 UTs (38 e

39) com volume mínimo superior à classes de estoque II e III (Tabela 3). Desta maneira, os indivíduos da espécie encontrados nessas UTs são dominantes vertical e horizontalmente, ou seja, com indivíduos grandes, em termos de altura e diâmetro, o que de fato reflete no agrupamento desses indivíduos apenas nessas UTs, tornando-as componentes separadas das demais formando um grupo com apenas 115 indivíduos.

Nos valores dos desvios padrões encontrados, nota-se que a classe de estoque volumétrica intermediária e máxima apresenta indivíduos com características dendrométricas semelhantes dentro de suas classes e diferentes características entre as mesmas, ou seja, com diferentes volumes, demonstrando a flexibilidade da aplicação da técnica em agrupar objetos com diferentes medidas. Neste sentido, uma possível exploração aos indivíduos nestas classes de estoque alcançaria indivíduos com diferentes tamanhos, não se restringindo apenas aos indivíduos maiores, principalmente em árvores do estrato superior que podem apresentar dificuldades no processo de exploração (corte traçamento e transporte) até à sua transformação (serraria).

A análise discriminante apresentou probabilidades de 0,26667; 0,43333; e 0,30000, respectivamente, nas classes I, II e III de estoques volumétricos. O procedimento final de classificação indicou que 97,14% das unidades de trabalho foram corretamente classificados nas classes de capacidade produtiva (Tabela 4).

Table 3. Caracterização das classes de estoque volumétrico com vistas ao número de UTs, número de árvores e volume mínimo, médio e máximo, total e desvios padrão por classe, em que a área total de cada UT é 4 hectares e N é o número total de árvores da espécie *M. paraensis* por UT.

Tabela 3. Characterization of classes of volumetric stock related to the number of UTs, number of trees, minimum volume, mean volume, maximum volume, total volume and standard deviations, by class, where the total area of each UT is 4 ha and N is the total number of trees for the species *M. paraensis* by UT.

Classes de Estoque	Nº Uts*	N	Volume (m ³)				Desvio Padrão
			Mínimo	Médio	Máximo	Total	
I	2	115	3,845	7,884	46,799	925,945	5,359
II	17	627	0,968	1,792	3,224	1120,726	0,378
III	16	1075	1,232	2,936	6,502	3139,446	0,953
Total	35	1817	0,968	2,854	46,799	5186,118	2,094

* Nº de UTs por classe de estoque a partir da análise discriminante com 97, 14% das UTs classificadas corretamente.

Table 4. Número de classes de estoque volumétrico e porcentagens de classificação correta obtidas da análise discriminante.

Tabela 4. Number of stock classes and volumetric percentages of correct classification obtained from the discriminant analysis.

Classes de estoque	I (p=0,48571)	II (p=0,45714)	III (p=0,05714)	Classificação correta (%)	Total
I	0	0	2	100,00	2
II	0	16	0	100,00	16
III	16	1	0	94,12	17
Total	16	17	2	97,14	35

* p é a probabilidade de classificação correta obtida pela análise discriminante na definição das classes de estoque volumétrico.

Medeiros (2008) afirma que a análise discriminante é uma técnica útil não só para avaliar a consistência da análise de agrupamento, mas também é utilizada para alocar dados aos grupos com maior afinidade estatística. Nesse caso, as UTs apresentaram características volumétricas semelhantes dentro do grupo a qual pertencem, e heterogeneidade entre os grupos.

Assim, é justificável o uso da estatística multivariada para a definição das classes de capacidade produtiva em termos de volume, bem como inferir sobre as UTs com maior probabilidade de pertencer a determinado grupo ou classe de capacidade produtiva.

Para Grandis et al. (2010), as regiões da Amazônia sujeitas a períodos de alagamento representam condições favoráveis para o crescimento de algumas espécies arbóreas e este processo implica na necessidade de adaptação das plantas. Fato fortalecido por Almeida e Jardim (2011), que afirmaram que em levantamentos florísticos do estrato arbóreo com o DAP ≥ 10 cm em florestas de várzea no estado do Pará e Amapá mostraram que Fabaceae agrupam o maior número de indivíduos e espécies, representadas principalmente por *Pterocarpus officinalis*, *Symphonia globulifera*, *Macrolobium angustifolium*, *Pentaclethra maculosa*, *Mora paraensis*.

Entretanto, de acordo com o relatório técnico do IBAMA (IBAMA, 2004), detalhando

estratégias para estudos sobre as espécies de potencial madeireiro nas florestas de várzea, os mesmos afirmaram que a espécie *M. paraensis* é uma espécie na qual não se conhece a biologia e a ecologia, necessitando de estudos urgentes para viabilizar a conservação e o manejo desta espécie no estuário Amazônico.

Na Figura 4 é ilustrado o mapa onde é apresentada a distribuição espacial das classes de estoque volumétrico I, II, III na UPA Maracá de acordo com a localização das 35 unidades de trabalho na qual a espécie *M. paraensis* foi amostrada no inventário, completamente circundada por floresta de várzea com influência do rio principal e seus afluentes.

CONCLUSÕES

O modelo de dupla entrada de Schumacher-Hall logarítmico foi mais adequado para a estimativa de volume do fuste com casca para a espécie;

As 35 unidades de trabalho em que a espécie *M. paraensis* foi inventariada foram estratificadas em classes de capacidade produtiva de estoque volumétrico (volumes mínimo, médio e máximo) podendo permitir futuramente melhor planejamento e ações de manejo, bem como a execução das atividades de colheita, de tratamentos silviculturais e de monitoramento ou inventário florestal contínuo;

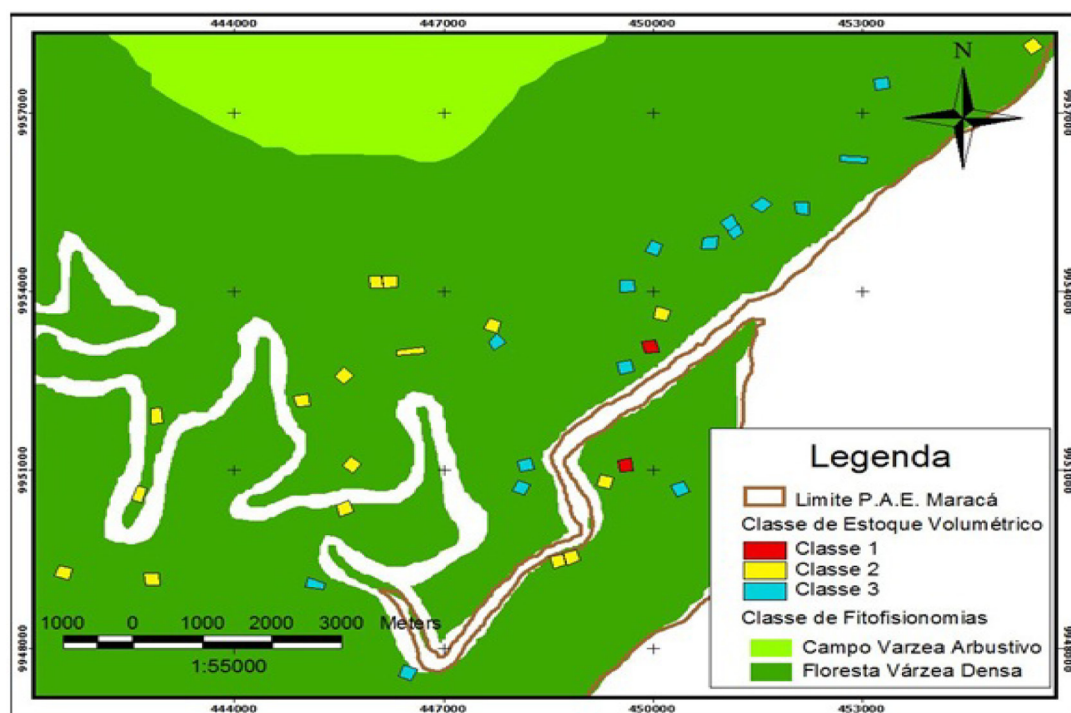


Figura 4. Mapa apresentando as classes de estoque volumétrico I, II e III a partir da pós-estratificação da UPA Maracá, Município de Mazagão, Estado do Amapá.

Figure 4. Map showing the classes of stock volume I, II and III from the post-stratification of the UPA Maraca, City of Mazagão, State of Amapá.

REFERENCES

- ALMEIDA, A. M.; JARDIM, A. G. Florística e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de várzea na Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 191-198, 2011.
- BARROS, P. L. C.; SILVA JÚNIOR, A. T. Equação de volume para árvores de uma floresta Tropical densa no município de Anapu, oeste do estado do Pará, Amazônia Oriental. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 51, p. 115-126, 2009.
- BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S.; GAMA, J. R. V. Potencial produtivo de madeira e palmito de uma floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 311-319, 2002.
- BRASIL, 2003. Instrução Normativa, nº05, 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. **D.O.U.**, 13/12/2006, Seção 1.
- BRASIL. Lei 4.771, de 15 de Setembro de 1965. Dispõe sobre o Código Florestal Brasileiro de 1965. Disponível em: <www.senado.gov.br>. Acesso em: 01 dez 2011.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**, 3.ed. Viçosa: UFV, 2009, 548 p.
- CHRISTOFOLETTI, S. R.; THOMAZELLA, H. R.; MORENO, M. M. T. MASSON, M. R. Utilização da análise estatística multivariada no tratamento de dados aplicados a matérias-primas cerâmicas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 26, n. 1-2, p. 19-29, 2005.
- COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de eucalyptus no estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, n. 37, p. 33-44, 1987.
- ENCINAS, J. I.; SANTANA, O. A.; DE PAULA, J. E.; IMAÑA, C. R. Equações de volume de madeira para o cerrado de Planaltina de Goiás, **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 107-116, 2009.
- ENCINAS, J. I.; KLEINN, C. Determinação do volume de madeira em Florestas de galeria. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 70, p. 10, 2001.
- FERNANDES, T. A. G.; LIMA, J. E. Uso de Análise Multivariada para Identificação de Sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Colombo, v. 26, n. 10, p. 1823-1836, 1991.
- FERREIRA, R. L. C.; SOUZA, A. L. Técnicas de Análise Multivariada Aplicadas ao Manejo Florestal no Brasil. **Boletim Técnico SIF**, Viçosa, n. 14, 1997.
- FREDDI, O. S.; FERRAUDO, A. S.; FREDERICO, C. J. Análise multivariada na compactação de um latossolo vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 953-961, 2008.
- GIRARD, E. A. **Volume, biomassa e rendimento de óleos essenciais do Craveiro (pimenta *Pseudocaryophyllus* (Gomes) landrum) em floresta ombrófila mista**. 2005. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.
- GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. Adeterminação de equações volumétricas na engenharia florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 9, n. 26, p. 1-36. 1993.
- GRANDIS, A.; GODOI, S.; BUCKERIDGE, M. S. Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 1. p. 1-12, 2010.
- HAIR, JR. J. F.; TATHAM, A. **Análise Multivariada de Dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N. **Biometria Florestal**. Manaus: INPA/ CPST, 2008a. 141 p.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; SILVA, R. P.; LIMA, A. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; FELSEMBURGH, C. A.; TRIBUZY. **Noções Básicas de Manejo Florestal**. Manaus: INPA, 2008b. 270 p.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Situação atual das espécies de árvores de valor madeireiro nas florestas de várzea**. Belém, 2004. 88 p. Relatório Técnico Final.

- IEF – Instituto estadual de florestas. **Plano de manejo florestal sustentável comunitário**. Macapá, 2008.
- LEITE, F. S.; REZENDE, A. V. Estimativa do volume de madeira partindo do diâmetro da cepa em uma área explorada de floresta Amazônica de terra firme. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 71-82. 2010.
- LIMA, A. J. N. **Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do estado do Amazonas (AM)**. 2010, 183 p. Tese (Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010.
- LIMA, R. B. A.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, R. K. S. Fitossociologia de um trecho de floresta ombrófila densa na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uacari, Carauari, Amazonas. *Scientia Plena*, v. 8, n. 1, 2012.
- LIMA JÚNIOR, L. M.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SANTOS, E. S.; LIRA JÚNIOR M. A.; FERRAZ, I. Utilização de técnicas multivariadas na classificação de fases de crescimento de *Leucaena leucocephala* (lam.) De wit. *Revista Floresta*, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 921-935. 2009.
- LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de Eucalyptus Grandis em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 2003, 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- MACHADO, S. A.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; TÊO, S. J.; STOLLE, L.; URBANO, E. Modelagem volumétrica para bracatinga (*Mimosa scabrella*) em povoamentos da Região Metropolitana de Curitiba. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, n. 56, p. 17-29, 2008.
- MACHADO, S. A.; MELLO J. M.; BARROS, D. A. Comparação entre métodos para avaliação de volume total de madeira por unidade de área, para o Pinheiro do Paraná, na região sul do Brasil. *Cerne*, Lavras, v. 6, n. 2, p. 55-66, 2000.
- MEDEIROS. R. M. **Estratificação volumétrica e crescimento em uma floresta ombrófila densa, município de Almerim, Estado do Pará**. 2008, 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- OLIVEIRA, M. F.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; ROSOT, M. A. D.; SANTOS, W. C. Equação de volume para um plantio de *Araucária angustifolia* em Rio Negro, PR. **Comunicado técnico 275**, Colombo, 2011.
- QUEIROZ, J. A. L.; MACHADO, S. A. Potencial de utilização madeireira de espécies florestais de várzea no município de Mazagão no Estado do Amapá. *Floresta*, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 293-302, 2007.
- QUEIROZ, J. A. L.; MACHADO, S. A. Fitossociologia em floresta de várzea do estuário amazônico no Estado do Amapá. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, n. 57, p. 05-20, 2008.
- ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Serra dos Carajás (PA), *Acta Amazonica*, Manaus, v. 36, n. 1, p. 107-114, 2006.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de Regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2.ed. Santa Maria: FACOS, 2009. 294 p.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: métodos para a classificação de sítios florestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 151 p.
- SILVA, J. A. A.; BAILEY, R. L. Considerações teóricas sobre o uso correto do índice de furnival na seleção de equações volumétricas. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 323-327, 1991.
- SOUZA, A. L.; FERREIRA, R. L. C.; XAVIER, A. **Análise de agrupamento aplicada à área florestal**. Viçosa: SIF, 1997. 109 p. (Boletim Técnico SIF, 16).
- SOUZA, A. L.; SOUZA, D. R. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia oriental. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 49-54, 2006.
- STATSOFT. **STATISTICA (Data Analysis Software System)**, version 8. StatSoft, Inc., 2012.
- TONINI, H.; MELO, S. R. Equações Volumétricas para Espécies Nativas e Exóticas no Município do Cantá, RR. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. 17 p. (Embrapa Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16).

- VALENTE, M. D. R.; QUEIROZ, A. T.; PINHEIRO, J. G.; MONTEIRO, L. A. S. Modelo de predição para o volume total de Quaruba (*Vochysia inundata* Ducke) via análise de fatores e regressão. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 307-317, 2011.
- VICINI, L.; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM/CCNE, 2005. 215 p.
- LIMA, R. B. **Volumetria e classificação da capacidade produtiva da espécie *Mora paraensis* (Ducke) em floresta de várzea estuarina no estado do Amapá, Brasil**. 2011, 56 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado do Amapá, Macapá, 2011.
- LIMA, R. B.; APARÍCIO, P. S.; APARÍCIO, W. C. S.; SOTTA, E. D.; GUEDES, M. C.; OLIBEIRA, L. P. S. Estratificação Volumétrica da Floresta Estadual do Amapá, extremo norte, Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 5., 2011, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2011. p. 405-411.

Recebido em 26/06/2013
Aceito para publicação em 29/01/2014