

AMOSTRAGEM PARA INVENTÁRIO FLORESTAL EM SISTEMAS SILVIPASTORIS¹

Tiago Antonio Fick²

RESUMO – O inventário florestal, segundo diversos processos de amostragem, fornece estimativas de produção para todo povoamento florestal. Neste trabalho, testaram-se diferentes processos de amostragem em um sistema silvipastoril com arranjo em faixas de *Eucalyptus grandis*, no Município de Umuarama, noroeste do Paraná. A distribuição das plantas de *E. grandis* foi explorada para mapa em escala da área, no qual aplicaram-se diferentes técnicas de amostragem: amostragem aleatória simples (com parcelas retangulares paralelas – ALS-RPA, perpendiculares às faixas – ALS-RPE, e parcelas circulares - ALS-AC) e amostragem sistemática (com 5%, 10% e 20% de intensidade, respectivamente, AS-5, AS-10 e AS-20). Para comparação dos processos de amostragem, foi considerado o erro de amostragem (E%), segundo o qual verificou-se a melhor metodologia. Os resultados observados, demonstraram que os maiores E% foram obtidos na amostragem aleatória simples: ALS-C (61,64%), ALS-RPA (47,30%) e ALS-RPE (31,19%). Para a amostragem sistemática, o E% observado foi baixo: AS-10 (6,05%), AS-20 (7,04%) e AS-5 (12,49%). Desta forma, a amostragem sistemática foi eficiente em inventário florestal de sistemas silvipastoris por seu baixo E%.

Palavras-chave: Silvicultura, Amostra e Estimadores.

SAMPLING FOR FOREST INVENTORY IN SILVIPASTORAL SYSTEMS

ABSTRACT – Forest inventory, according to many sampling processes, produces production estimates for the entire forest stand. In this work, it was tested many sampling processes in a silvopastoral system with band arrangements of *Eucalyptus grandis* in Umuarama, northeastern Paraná. The distribution of *E. grandis* bands were plotted in a map in aerial scale, in which it was applied some different sampling techniques: simple random sampling (with parallel rectangular plots – ALS-RPA, perpendicular to the bands – ALS-RPE, and circular plots – ALS-C), and systematic sampling (with 5%, 10% and 20% of intensity, respectively, AS-5, AS-10 and AS-20). For comparison among sampling processes, the sampling error (E%) was considered, according to which it was verified to be the best methodology. The observed results showed that the greatest E% were obtained in the simple random sampling: ALS-C (61.64%), ALS-RPA (47.30%) and ALS-RPE (31.19%). For the systematic sampling, it was observed smaller E% values: AS-10 (6.05%), AS-20 (7.04%) and AS-5 (12.49%). The systematic sampling is efficient in forest inventory in silvopastoral system due to its low E%.

Keywords: Forestry, Sample and Estimators.

1. INTRODUÇÃO

A criação de bovinos sob essências florestais é prática conhecida no sul e sudeste brasileiro (SCHREINER, 1988), apresentando diversos benefícios ao sistema (IBRAHIM et al., 2005), como o controle da erosão (GARCIA et al., 1994), redução do risco de

incêndios (ALMEIDA, 1991), melhor eficiência econômica do uso da terra (DUBÉ et al., 2000), aumento do rendimento animal (SILVA et al., 2001), dentre outros.

A prática silvipastoril pode ser dividida em dois grandes grupos: um em que os animais são elementos secundários e outro em que as árvores se inserem num

¹ Recebido em 28.09.2009 e aceito para publicação em 02.05.2011.

² Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR, Brasil. E-mail: <tafflorestal@yahoo.com.br>.

sistema predominantemente pecuário (SÁNCHEZ, 2001). É neste segundo grupo que se enquadram a maioria dos sistemas silvipastoris, onde, ainda conforme Sanches (2001), a espécie florestal é introduzida para um ou mais dos objetivos, como sombra, cercas vivas, forragem, agregação de renda (madeira, mel, frutos e carbono), fixação de nitrogênio (c/ leguminosas).

Por apresentar o componente florestal, a sua avaliação e o acompanhamento para estimativas de crescimento e produção de madeira se fazem com inventário florestal (SILVA et al., 2007), que se constitui uma importante ferramenta para estimação do comportamento florestal, (SOARES et al., 2006).

Um inventário florestal visa informar os recursos florestais de determinada área (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997), pela medição parcial da população (LEITE; ANDRADE, 2002). Pode ser classificado quanto à forma de coleta de dados: *enumeração* ou *censo* – em que todos os indivíduos da população são avaliados, obtendo-se os valores reais dos parâmetros daquela população; *amostragem* – coletam-se informações de apenas parte das árvores do plantio, obtendo-se estimativas dos parâmetros do povoamento. Com este levantamento, obtêm-se informações com menor tempo e custo (SOARES et al., 2006; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

A maioria dos trabalhos de mensuração florestal são feitos por amostragem. Com a tomada de um conjunto de amostras, porção da população que é efetivamente mensurada, obtêm-se os estimadores. Vários processos de amostragem tratam da forma de abordagem da população sobre o conjunto de unidades amostrais, divididos em aleatório, sistemático ou misto. Na amostragem aleatória ou casual, todas as unidades amostrais são sorteadas segundo critérios probabilísticos (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997), e todas as n unidades da população têm as mesmas chances de serem selecionadas (SOARES et al., 2006). Na amostragem sistemática, a seleção das amostras segue um esquema rígido de seleção, cobrindo toda a extensão da população (SOARES et al., 2006), e somente a primeira é selecionada aleatoriamente, a partir da qual todas as demais são automaticamente selecionadas e distribuídas na população em estudo. Outro processo é o misto, com mais de um ponto aleatório e sequência sistemática de seleção (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

A confiabilidade dos valores obtidos na amostragem é apresentada através da precisão e exatidão, proximidade do estimador ao valor real e grau de aproximação do valor estimado do verdadeiro, o que depende principalmente da variabilidade da população mensurada, do tamanho da amostra e da metodologia de amostragem empregada no inventário. O grau de confiabilidade das estimativas calculadas pode ser expresso pelo erro de amostragem, que se trata do erro que se obtém por analisar apenas uma fração da população (SOARES et al., 2006).

Visando facilitar o acompanhamento do crescimento florestal em sistemas silvipastoris de pequenas áreas e diante da carência de informações neste tipo de sistema, este trabalho teve por objetivo testar diferentes processos de amostragem em um sistema silvipastoril.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Mensurou-se o componente florestal de um sistema silvipastoril em uma pequena área, com 5 anos de desenvolvimento, no Município de Umuarama, noroeste do Paraná. As árvores presentes no sistema, da espécie *Eucalyptus grandis*, apresentavam-se distribuídas linearmente, espaçadas 3 m entre plantas e 25 m entre linhas, em um espaço de 11.000 m², num total de 187 árvores, consorciadas com tanzânia (*Panicum maximum* c.v. *tanzania*), constituinte da pastagem para o rebanho leiteiro.

Foram obtidas as alturas (h) das árvores e suas circunferências a 1,30 m do solo (cap), utilizando-se hipsômetro tipo haga e fita diamétrica, respectivamente, possibilitando assim estimar o volume individual por árvore, segundo a equação (SOARES et al., 2006):

$V = [\pi(Dap^2)/4]hf$, sendo $Dap = cap/\pi ef =$ fator de forma (0,6) conforme ao observado para espécie *E. grandis* (OLIVEIRA et al., 1999).

Elaborou-se um mapa em escala, representativo do terreno e da distribuição das árvores, sobre o qual efetivou-se a simulação de diferentes processos de amostragem. Foi efetuada amostragem do tipo aleatório simples, com parcelas retangulares (10x40m) em duas disposições (perpendicular e paralelas às linhas) e parcelas circulares (raio=11,28m), cobrindo 10% da área; e amostragem sistemática em três diferentes intensidades, aferindo 5, 10 e 20% das árvores.

No processo aleatório, a unidade amostral foi dada pelo somatório do volume das árvores dentro de uma parcela. Para a amostragem sistemática, a unidade amostral foi a própria árvore. Sorteou-se a primeira, entre 1 e K (em que K é o intervalo de amostragem), a partir da qual selecionou-se no mapa a cada K árvores. Os valores de K foram de 20, 10 e 5, respectivamente, para 5, 10 e 20% de intensidade na amostragem.

Uma vez selecionadas as amostras, foram então estimadas as variáveis estatísticas para cada conjunto de amostras obtido, segundo os processos de amostragem testados, para avaliação e comparação, conforme metodologia descrita em SOARES et al. (2006):

$$\text{Variância (S}^2\text{)} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2}{n}}{n-1} \text{ em que:}$$

Y_i = valor da característica de interesse na i-ésima unidade de amostra;

n = número de unidades de amostra.

$$\text{Desvio-padrão (S): } S = \pm\sqrt{S^2}$$

$$\text{Coeficiente de variação (CV): } CV = \pm \frac{S}{\bar{Y}} \cdot 100$$

Erro-padrão da média (Sy): trata-se do desvio-padrão entre as estimativas médias.

Para populações finitas, em amostragem casual simples:

$$S_y = \pm\sqrt{\frac{S^2}{n}\left(1 - \frac{n}{N}\right)} \text{ em que: N= número total de unidades amostrais,}$$

Em uma amostragem sistemática, ao observar-se um gradiente de variação na área amostrada, o erro-padrão da média deverá ser obtido através do estimador das diferenças sucessivas. O erro-padrão, considerando-se estas diferenças sucessivas, é dado por:

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - Y_{i+1})^2}{2n(n-1)} \times \left(\frac{N-n}{N}\right)}$$

Erro de amostragem (E%): $E = \pm \left(\frac{S_y \cdot t}{\bar{Y}}\right) 100$ em que:
 \bar{Y} = média aritmética estimada da característica avaliada.

em que t=distribuição de Student, a 95% de probabilidade e n-1 graus de liberdade.

Para a avaliação da eficiência entre os diferentes métodos, considerou-se o erro de amostragem em percentagem (E%), quanto menor, maior a precisão (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). Para todas as variáveis, utilizaram-se os valores de volume das árvores amostradas para a resolução dos cálculos.

3. RESULTADOS

O número de unidades amostrais obtido para os processos aleatórios foi de 3 para parcelas retangulares paralelas (ALS-RPA), perpendiculares (ALS-RPE) e circulares (ALS-C). Para a amostragem sistemática, foram 10, 19 e 38 amostras, respectivamente, para 5% (AS-5), 10% (AS-10) e 20% de intensidade (AS-20).

O povoamento florestal mensurado neste sistema silvopastoril apresentou um coeficiente de variação (CV%) de 61,88%, uma significativa variabilidade na população. Na amostragem aleatória, o CV% apresentado foi inferior, 20,15%, 13,29% e 26,26% respectivamente para ALS-RPA, ALS-RPE e ALS-C. Na amostragem sistemática, o CV% observado foi maior, porém próximo do percebido no censo, com valores de 68,28%, 60,98% e 71,97%, respectivamente, para AS-5, AS-10 e AS-20.

Na estimativa do volume em pé, somente a ALS-C apresentou valores distantes do censo, 46,17% acima do valor observado (Figura 1). Os demais métodos apresentaram valores muito próximos com -0,23%, -1,16%, +4,6%, -6,08% e -7,25%, para AS-20, ALS-RPE, AS-5, AS-10 e ALS-RPA, respectivamente.

Os erros de amostragem percebidos em cada levantamento apresentaram-se elevados para os processos do tipo aleatório, enquanto no sistemático todas as intensidades testadas apresentaram baixos valores, conferindo maior confiabilidade nos resultados do trabalho de inventário (Figura 2).

4. DISCUSSÃO

No acompanhamento do crescimento das árvores, para informar o estoque de madeira e outros parâmetros, o uso de metodologias de amostragem, em um inventário florestal, possibilita agilidade na coleta destas informações, o que depende da correta definição do processo de amostragem, tamanho e forma das unidades amostrais e ainda da quantidade da população que será efetivamente mensurada (UBIALLI et al., 2009).

Apesar da vantagem de serem facilmente instaladas e controladas na mensuração florestal de maciços, por terem menor perímetro (PRODAM, 1965; SPURR, 1971; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997) e serem preferidas em trabalhos de inventário dos países europeus (SPURR, 1971; PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997), as parcelas circulares em sistemas silvipastoris, assim como as retangulares, associadas a uma amostragem casual simples, não se apresentaram confiáveis, com E% elevado, além de não terem muita praticidade na sua instalação, uma vez que, neste sistema, a maior parte da área não está ocupada pela população-alvo, que é o componente florestal. Não há, portanto, muito sentido na utilização

deste tipo de parcelas, sendo neste trabalho aplicadas no intuito de comprovar a melhor eficácia do método sistemático, perante o aleatório com áreas fixas.

Ao simular diversos tamanhos de amostra para ajuste de relações hipsométricas em maciços de *E. grandis*, Silva et al. (2007) observaram que a mensuração de apenas 5,7% da população foi o suficiente. Na avaliação da continuidade espacial para características dendrométricas, Mello et al. (2009) verificaram que a alocação sistemática de parcelas (120 m na linha), na proporção de uma para cada 4 ou 7 ha, possibilitou boa representatividade da população. Intensidades de 5 e 10% também foram suficientes para obtenção

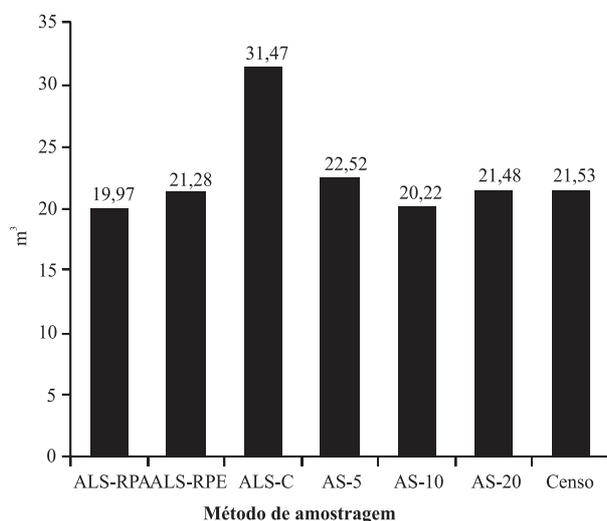


Figura 1 – Estimativa de produção, em volume de madeira (m³), em área silvipastoril, segundo diferentes processos de amostragem. ALS-RPA: amostragem aleatória simples, parcela retangular paralela às linhas de plantio; ALS-RPE: amostragem aleatória simples, parcela retangular perpendicular às linhas de plantio; ALS-C: amostragem aleatória simples, parcela circular; AS-5, AS-10 e AS-20: amostragem sistemática a 5, 10 e 20% de intensidade respectivamente.

Figure 1 – Production estimative in wood volume (m³), in silvipastoral area, according to distinct sampling method. ALS-RPA: simple random sampling, rectangular plot parallel to planting lines; ALS-RPE: simple random sampling, rectangular plot perpendicular to planting lines; ALS-C: simple random sampling, circular plot; AS-5, AS-10 and AS-20: systematic sampling at 5, 10 and 20% of intensity, respectively.

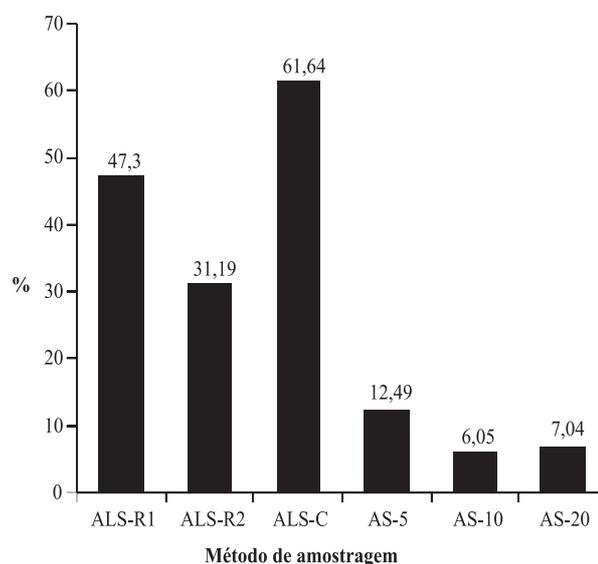


Figura 2 – Erro de amostragem em área silvipastoril, segundo diferentes métodos de amostragem. ALS-RPA: amostragem aleatória simples, parcela retangular paralela às linhas de plantio. ALS-RPE: amostragem aleatória simples, parcela retangular perpendicular às linhas de plantio; ALS-C: amostragem aleatória simples, parcela circular; AS-5, AS-10 e AS-20: amostragem sistemática a 5, 10 e 20% de intensidade, respectivamente.

Figure 2 – Sampling error in silvipastoral area according to distinct sampling method. ALS-RPA: simple random sampling, rectangular plot parallel to planting lines; ALS-RPE: simple random sampling, rectangular plot perpendicular to planting lines; ALS-C: simple random sampling, circular plot; AS-5, AS-10 and AS-20: systematic sampling at 5, 10 and 20% of intensity, respectively.

de uma boa precisão, com erros próximos de 10% para estimativa de área basal em uma floresta ecotonal no norte de Mato Grosso (UBIALLI et al., 2009). Neste trabalho, percebeu-se que, na amostragem sistemática, mesmo a intensidade mais baixa de seleção obteve resultados confiáveis, com melhor resultado para intensidade de 10%, o que atende à premissa de que toda amostra deve ter um tamanho que permita boa representatividade da população e seja pequena o suficiente para permitir rapidez na coleta dos dados (SOARES et al., 2006).

Os melhores resultados para E% na amostragem sistemática pode ser atribuído à melhor representação da população conseguida pelo processo, em que as unidades amostrais mensuradas são uniformemente distribuídas sobre a área de estudo. Isso possibilita a percepção do gradiente de crescimento, caracterizando o perfil da população (SOARES et al., 2006), o que é muito comum em áreas silvipastoris, em virtude da fertilidade do solo, de declividade do terreno, dentre outros.

O arranjo silvipastoril vem se tornando cada vez mais um importante sistema de produção, atraindo produtores pelas inúmeras vantagens ecológicas e econômicas. Diversos trabalhos confirmam sua eficácia, demonstrando o melhor desenvolvimento do pasto (OLIVEIRA et al., 2007; PACIULLO et al., 2008), melhor capacidade de suporte do rebanho de gado (SILVA, 1994), sendo considerado um sistema sustentável econômica, social e ambientalmente (SOUZA et al., 2007). O trabalho de inventário possibilita ao profissional, seja na extensão ou na pesquisa, acompanhar maior número de propriedades com este sistema implantado, para o qual a amostragem sistemática em intensidades de 10, 20 e 5% mostrou confiabilidade nos estimadores obtidos.

5. CONCLUSÃO

Recomenda-se a utilização de uma amostragem sistemática para aferir o crescimento do componente florestal em sistemas silvipastoris e similares (agroflorestais e agrossilvipastoris).

6. AGRADECIMENTO

Aos colegas do grupo de pesquisas do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), pela oportunidade de trabalho e orientações.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C. C. **Comportamento de *Eucalyptus citriodora* Hooker, em áreas pastejadas por bovinos e por ovinos no Vale do Rio Doce, Minas Gerais.** 1991. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.
- DUBÉ, F. et al. Avaliação econômica de um sistema agroflorestal com *Eucalyptus* sp. no nordeste do Estado de Minas Gerais: o caso da Companhia Mineira de Metais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 437-443, 2000.
- GARCIA, N. C. P. et al. Consórcio do *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em área de encosta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: Embrapa-CNPQ. 1994. p. 113-120.
- IBRAHIM, M.; VILANUEVA, C.; MORA, J. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. In: MOSQUERA-LOSADA, M. R.; RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A.; McADAM, J. Silvopastoralism and sustainable land management: INTERNATIONAL CONGRESS ON SILVOPASTORALISM AND SUSTAINABLE MANAGEMENT, 2004, Lugo, Spain. **Proceedings...** Oxfordshire: CABI International, 2005. p.13-18.
- LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, v.26, n.3, p.321-328, 2002.
- MELLO, J. M. et al. Continuidade espacial para características dendrométricas (número de fustes e volume) em plantios de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.33, n.1, p.185-194, 2009.
- OLIVEIRA, T. K. et al. Produtividade de *brachiaria brizantha* (hochst. Ex^a Rich.) Stapf cv. Marandu Sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com Eucalipto. **Ciência Agrotécnica**, v.31, n.3, p.748-757, 2007.
- OLIVEIRA, J. T. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia Forestalis**, n.56, p.113-124, 1999.

PACIULLO, D. S. C. et al. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, n.7, p.917-923, 2008.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**, Curitiba, Edição Autores, 1997. 316p.

PRODAM, M. **Holzmesslehre**. Frankfurt: J.D. Sauerlander's Verlag, 1965. 644p.

SÁNCHEZ, M. D. Panorama dos sistemas agroflorestais pecuários na América latina. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado e Leite, 2001. p.9-17.

SCHREINER, H. G. Viabilidade de um sistema silvipastoril em solos de areia quartzosa no estado de São Paulo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.17, p.33-38, 1988.

SILVA, V. P. Sistema silvipastoril (Grevilea + Pastagem): uma proposição para aumento da produção no arenito Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS. **Anais ...** Porto Velho: 1994. v.2. p.291.

SILVA, J. L. S.; SAIBRO, J. C.; CASTILHOS, Z. M. S. Situação da pesquisa e utilização de sistemas silvipastoris no Rio Grande do Sul. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Eds.) **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p.257-283.

SILVA, G. F. et al.. Análise da influência de diferentes tamanhos e composições de amostras no ajuste de uma relação hipsométrica para *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.31, n.4, p.685-694, 2007.

SOARES, C. P. B.; PAULANETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 276p.

SOUZA, C.A.M. et al. Avaliação de modelos de afilamento segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, v.32, n.3., p.453-463, 2008.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: Ronald Press Co, 1971. 476p.

UBIALLI, J. A. et al. Comparação de métodos e processos de amostragem para estimar a área basal para grupos de espécies em uma floresta ecotonal da região norte matogrossense. **Acta Amazonica**, v.39, n.2, p.305-314, 2009.