10.30612/agrarian.v12i45.8241

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Amostragem da relação hipsométrica de Cerrado *sensu stricto* utilizando subparcelas

Sampling of the hyperometric relationship of cerrado sensu stricto using subpart

Mayronne Joaquim Fonseca dos Santos[1], Valdir Carlos Lima de Andrade[2]

[1] Analista de Projeto de Engenharia – AGETO, Engenheiro Florestal, MSc Ciências Florestais e Ambientais, Rod-TO 010, km 1lote 11 - Setor Leste, Palmas - Tocantins. CEP 77006-210 Cx.P. 20.
[2] Engenheiro Florestal, Universidade Federal do Tocantins, Rua Badejos, Lote 7 - Chácaras 69/72, Caixa Postal 66, Gurupi-TO, CEP: 77.402-970, vclandrade@uft.edu.br

Recebido em: 01/06/2018 Aceito em:18/12/2018

Resumo: A relação hipsométrica (RH) é de funamental uso em inventários florestais porque reduz o tempo na coleta de dados e também o seu custo. Apesar de ser muito estudada em plantios florestais, a relação hipsométrica ainda carece de estudos em florestas nativas brasileiras, principalmente, em como amostrá-la. Por isso, este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes sistemas de amostragem de dados de RH de mata nativa. Nesse caso, foram utilizados cinco parcelas de 1000 m² (20x50m) cada uma em um fragmento de Cerrado *sensu stricto*. Para definir o melhor ajuste da RH, foram avaliados quatro modelos hipsométricos com dados obtidos em cinco sistemas de amostragem com área relativa a área total da parcela de 1000 m². Nessa avaliação, além da análise de distribuição dos resíduos, foram adotados os critérios estatísticos de erro padrão residual, coeficiente de determinação, desvio médio absoluto, desvio padrão das diferenças, soma dos quadrados dos resíduos relativos, resíduo percentual, raiz quadrada do erro médio, desvio padrão das diferenças absolutas, desvio médio e correlação linear múltipla. Concluiu-se que a relação funcional hipsométrica: Ln(h)=f[Ln(N/d);Ln(dq/d);1/d;ln(G)] foi a melhor opção para se caracterizar a RH na área inventariada de Cerrado *sensu stricto*, em que os dados para o seu ajuste, devem ser obtidos de uma subparcela que represente 40 % da área total da parcela.

Palavra-chave: Análise de regressão, inventário florestal, mata nativa

Abstrac: The hypsometric relationship is of fundamental use in forest inventories because it reduces the time in collecting data and also its cost. Although it is much studied in forest plantations, the hypsometric relation still lacks studies in native Brazilian forests, mainly, in how to sample it. Therefore, this work had as objective to evaluate different systems of data sampling of hypsometric relation of native forest. In this case, five plots of 1000 m² (20x50m) each were used in a savana fragment. To this end, five samples of 1000m² (20x50m) were used, in a cerrado *sensu stricto* area situated in south Tocantins. To define the best fit of the hypsometric relationship, four hypsometric models adjusted with data obtained from five sampling systems with area relative to the total plot area of 1000 m² were evaluated. In this evaluation, besides the analysis of waste distribution, the statistical criteria were adopted: standart error of waste, coefficient of determination absolute mean deviation, standart deviation of differences, squares sum of relative residues, percentage residue, medium error square root, standart deviation of absolutes differences, mean deviation and multiple linear correlation. It was concluded that the funcional relation Ln(h)= f [Ln(N/d); Ln(dq/d); 1/d; ln(G)] was the best option to characterize the hyposometric relationship in forest inventory of cerrado *sensu stricto* and it must be ajusted with the obtained data in a 40% subplot of the plot total area.

keywords: Regression analysis, forest inventory, native forest

Introdução

Delinear decisões adequadas ao uso dos recursos florestais exige conhecer os fenômenos que retratam o desenvolvimento das árvores. Dentre estes, está o estudo das relações biométricas, onde se destaca a relação hipsométrica (RH) que é essencial na prática de

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

inventários florestais, pois propicia maior rapidez e redução de custos do inventário do que medir a altura de todas as árvores. Ocorre que existem alguns questionamentos sobre este assunto, dos quais, se destacam a precisão da amostragem da altura das árvores e o tipo de amostragem se tem custo e precisão otimizados. Segundo Andrade et al. (2015), isto se resume em três etapas fundamentais para ter êxito na sua implementação num sistema de inventário florestal, ou seja: avaliar diferentes modelos hipsométricos a fim de selecionar o mais adequado; avaliar diferentes amostragens de dados de RH nas parcelas de inventário; e avaliar diferentes formas de estratificação destes dados para proceder ao ajuste do modelo hipsométrico selecionado.

Nesse tocante, alguns trabalhos foram conduzidos em diferentes tipos de floresta nativa do Brasil, ou, povoamentos florestais inequiâneos, ou, multiâneos brasileiros, tais como, da Floresta Estacional Decidual do Rio Grande do Sul (Durlo e Denardi, 1998), Floresta Tropical Equatorial Ombrófila Densa do Maranhão (Batista et al., 2001), Mata Atlântica no Rio de Janeiro (Andrade et al., 2006), diferentes fisionomias de florestas em Minas Gerais (Costa et al., 2012), fragmentos de Floresta Ombrófila Mista no Paraná (Sanqueta et al., 2013), Floresta Aberta no Acre e Rondônia (Hess et al., 2014), Tipologias florestais em Santa Catarina (Vibrans et al., 2015) e Cerrado *sensu stricto* no Tocantins (Andrade et al., 2015; Santos et al., 2016).

Andrade et al. (2015) salientaram sobre a RH da floresta nativa e destacaram alguns estudos que avaliaram as etapas fundamentais deste tema conforme descritas anteriormente, cabendo citar os autores Durlo e Denardi (1998), Andrade et al. (2006), Sanqueta et al. (2013) e Andrade et al. (2015). No entanto, apenas Andrade et al. (2006 e 2015) e Santos et al. (2016) avaliaram também, a amostragem da RH em mata nativa. Nesses trabalhos, nota-se que houve um enfoque na seleção do número absoluto de árvores e, também, relativo ao total das árvores dentro das parcelas de inventário.

É importante ressaltar que, devido a distribuição das árvores e de subbosque nos povoamentos inequiâneos, é muito dificultoso, do ponto de vista técnico-operacional, selecionar algumas árvores dentro das parcelas de inventário. Seria mais apropriado, delimitar uma área relativa ao total da parcela para amostragem da RH, isto é, delimitar uma subparcela para se medir o diâmetro e a altura das árvores e o restante da área da parcela ser destinado à medição de apenas do diâmetro das árvores. Nestas árvores, sem medição da altura, é que se aplica uma equação hipsométrica gerada com os dados da subparcela resultando na altura das mesmas.

Diante disso, objetivou-se neste estudo avaliar alguns sistemas de amostragens da RH feitos em subparcelas tendo área relativa a área total da parcela de inventário num fragmento de cerrado *sensu stricto*.

Material e Métodos

Foram utilizados dados de um inventário florestal feito em um fragmento de cerrado *sensu stricto* localizado no município de Gurupi, Estado do Tocantins, tendo as coordenadas geográficas: 11º46'25'' S e 49º02'54'' W. O clima da região, segundo Köppen é do tipo Aw', definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média ao longo do ano varia entre 22ºC e 28ºC e a precipitação média anual entre 1.500 mm a 1.400 mm (Tocantins, 2012).

Para obter os sistemas de amostragens de RH, foram utilizadas cinco parcelas retangulares de 1000 m^2 cada (20m x 50m) distribuídas sistematicamente na área inventariada. Isso resultou em cinco sistemas de amostragem de dados da RH em cada parcela, quais sejam:

1) Sub-parcela com 10% (SA10): teve 100 m^2 (20m x 5m) relativo à 10% da área total de cada parcela de 1000 m^2;
2) Sub-parcela com 20% (SA20): teve 200 m^2 (20m x 10 m) relativo a 20% da área total de cada parcela de 1000 m^2;
3) Sub-parcela com 30% (SA30): teve 300 m^2 (20m x 15 m) relativo a 30% da área total de cada parcela de 1000 m^2;
4) Sub-parcela com 40% (SA40): teve 400 m^2 (20m x 20 m) relativo a 40% da área total de cada parcela de 1000 m^2;
5) Sub-parcela com 50% (SA50): teve 500 m^2 (20m x 25 m) relativo a 50% da área total de cada parcela de 1000 m^2.

Os outros 50%, restantes da área de 1000 m^2, foram utilizados para teste de validação das equações geradas a partir do ajuste dos modelos hipsométricos selecionados para este

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

estudo (Tabela 1), os quais foram ajustados e analisados em cada um dos cinco sistemas de amostragens SA10 a SA50, apresentados anteriormente.

Tabela 1. Modelos lineares para gerar equações hipsométricas em um fragmento de cerrado *sensu stricto* localizado na região sul do Tocantins utilizando-se dados amostrados em cinco subparcelas de inventário

Denominação	Forma funcional de ajuste	Modelo
Proposto pelo presente estudo	$(\mathrm{h}) = f\left[Ln\,(d); Ln\,(hd); \left(\frac{1}{hd}\right); Ln\,(N); Ln\,(G)\right]$	1
Proposto pelo presente estudo	$(h) = f\left[Ln\,(d); Ln\,(hd); \left(\frac{1}{hd}\right); \left(\frac{1}{d}\right)^2; Ln\left(\frac{N}{d}\right); Ln\,(G)\right]$	2
Adaptado de Scolforo (1993)	$\mathrm{Ln\ (h)} = f\left[Ln\left(\frac{N}{d}\right);\ Ln\left(\frac{dq}{d}\right); \left(\frac{1}{d}\right); Ln\,(G)\right]$	3
Proposto pelo presente estudo	$1/\sqrt{\mathrm{h}} = f\left[Ln\,(hd);\ \left(\frac{1}{dq}\right);\ Ln\left(\frac{N}{d}\right); Ln\,(G)\right]$	4

Em que: h= altura total (m), d = diâmetro a 1,3m do solo (cm), dq = diâmetro médio quadrático (cm), hd = altura dominante (m), N = número de árvores por hectare, G = área basal ($m^2.ha^{-1}$), Ln = logaritmo neperiano

Na análise do ajuste dos modelos hipsométricos, utilizou-se os critérios estatísticos de coeficiente de determinação ajustado (CDA) e erro padrão residual (EPR). Já, para selecionar o método de amostragem dentre SA10 a SA50, foram utilizados os dados de validação contendo informações diferentes daquelas utilizadas no ajuste dos modelos da Tabela 1. Neste caso, adotou-se os critérios estatísticos de desvio médio absoluto (D), desvio padrão das diferenças (SD), soma do quadrado dos resíduos relativos (SQRR), resíduo percentual (RP), raiz quadrada do erro médio (RQEM), desvio padrão das diferenças absolutas (DPD), desvio médio (DM) e correlação linear múltipla (CLM).

A análise de D, SD, SQRR, RP, RQEM, DPD, DM e CLM, baseou-se na atribuição de notas à cada uma de acordo com a classificação em cada modelo e dentro do respectivo sistema de amostragem SA10 a SA50. Visto que foram geradas ao total vinte equações hipsométricas, preliminarmente, atribuiu-se notas aos critérios estatísticos para comparação das equações de modo geral. A equação que apresentou o menor somatório de notas, foi avaliada novamente nos sistemas de amostragens onde se realizou a análise gráfica dos resíduos.

Resultados e Discussão

Observa-se, na Tabela 2, que os valores de EPR pouco diferiram, variando entre 25,11% para o modelo 2 (SA20) a 32,02% para o modelo 4 (SA40). Já, os valores de CDA variaram de 0,415 para o modelo 2 (SA20) a 0,817 para o modelo 4 (SA50). Também, se nota que as variáveis d, hd, N e G em diferentes transformações (modelo 1 e 2), resultaram nos menores valores de EPR, porém, as mesmas pouco expressaram a variabilidade das alturas estimadas resultando em CDA baixo (Tabela 2).

Por outro lado, ao se incluir a variável dq (modelo 4), nota-se equações hipsométricas estimadas com o mesmo comportamento nos cinco sistemas de amostragem avaliados (CDA>0,72), porém apresentou aumento do EPR. O equilíbrio foi verificado quando se incluiu apenas as variáveis d, dq, N e G (modelo 3) em que, ocorreu redução do EPR em relação ao modelo 4 e aumento do CDA em relação aos modelos 1 e 2.

Andrade et al. (2015) e Santos et al. (2016), que avaliaram diferentes sistemas de amostragem da RH em cerrado tocantinense, constataram para os melhores modelos EPR valores entre 27,66% a 30,77% e CDA variando de 0,510 a 0,568. Logo, pode-se inferir que o presente estudo, utilizando-se subparcelas, revelou uma sutil superioridade quanto a precisão do ajuste dos modelos em comparação com os trabalhos supracitados neste parágrafo.

Os resultados de D, SD, SQRR, RP, RQEM, DPD, DM e CLM, obtidos no teste de validação com dados independentes, foram englobados em um único valor de notas (Tabela 3). Nessa situação, o ranking de notas evidência superioridade do modelo 3 quando se empregou a equação gerada pelos sistemas SA40 e SA50.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 2. Coeficientes e estatísticas de quatro modelos hipsométricos ajustados para um fragmento de cerrado *sensu stricto* localizado no sul do Tocantins, utilizando-se dados obtidos em cinco diferentes sistemas de amostragem

SA	MD	$\widehat{\beta}_0$	$\widehat{\beta}_1$	$\widehat{\beta}_2$	$\widehat{\beta}_3$	$\widehat{\beta}_4$	$\widehat{\beta}_5$	$\widehat{\beta}_6$	EPR	CDA
10	1	-1822,642	3,340	522,981	6690,099	-3,338	-3,380	-	25,72	0,426
	2	-1774,271	-0,786	510,427	6520,093	-14,116	-3,554	-3,342	25,52	0,415
	3	6,831	-0,441	0,191	-2,320	-0,839	-	-	28,29	0,519
	4	0,830	-0,283	-0,500	0,466	0,689	-	-	35,51	0,813
20	1	-1466,910	3,403	428,007	5479,300	-5,282	-4,943	-	25,22	0,561
	2	-1371,900	-2,663	402,574	5141,908	-11,922	-5,593	-5,007	25,11	0,556
	3	8,313	-0,576	0,398	-2,734	-1,103	-	-	26,68	0,598
	4	0,969	-0,291	-0,573	0,968	0,632	-	-	31,51	0,727
30	1	-1331,915	3,636	390,565	5028,275	-5,622	-5,762	-	26,06	0,652
	2	-1311,460	-2,218	385,151	4957,221	-3,790	-5,706	-5,783	26,08	0,651
	3	7,881	-0,577	0,240	-1,810	-0,991	-	-	27,68	0,682
	4	0,471	-0,216	-0,568	0,569	0,699	-	-	31,72	0,763
40	1	-1010,986	3,811	303,526	3945,295	-7,109	-6,997	-	26,87	0,717
	2	-1026,292	-3,086	307,543	3997,681	3,844	-7,042	-6,975	26,89	0,716
	3	8,150	-0,648	0,225	-1,127	-0,980	-	-	28,13	0,737
	4	-0,223	-0,114	-0,621	0,173	0,775	-	-	32,02	0,798
50	1	-896,532	3,866	271,788	3545,285	-7,308	-7,331	-	27,05	0,756
	2	-920,687	-3,090	278,102	3626,692	6,101	-7,186	-7,278	27,05	0,755
	3	8,427	-0,672	0,209	-0,888	-1,045	-	-	28,07	0,769
	4	-0,691	-0,062	-0,665	0,149	0,847	-	-	31,53	0,817

SA= sistemas de amostragens, MD= Modelos hipsométricos avaliados

Tabela 3. Critérios estatísticos adotados para avaliar a predição realizada com os modelos 1, 2, 3 e 4 em uma área de cerrado *sensu stricto*, na região sul do Tocantins

SA	MD	D	SD	SQRR	RP	RQEM	DM	DPD	CLM	RK
10	1	-0,158 ^{9}	1,995 ^{9}	2205,807 ^{14}	-16,537 ^{14}	2,663 ^{9}	-0,158 ^{6}	3,983 ^{10}	73,15 ^{10}	81
	2	-0,169 ^{10}	2,034 ^{14}	2212,288 ^{15}	-16,562 ^{15}	2,852 ^{10}	-0,169 ^{7}	4,134 ^{14}	71,94 ^{14}	99
	3	0,044 ^{3}	2,027 ^{13}	1449,291 ^{6}	-13,405 ^{6}	0,741 ^{3}	0,044 ^{3}	4,125 ^{13}	72,21 ^{13}	60
	4	-0,050 ^{4}	2,911 ^{19}	1801,845 ^{8}	-14,947 ^{8}	0,846 ^{4}	6,640 ^{17}	8,495 ^{19}	54,34 ^{20}	99
20	1	-0,325 ^{20}	1,968 ^{7}	3010,531 ^{20}	-19,320 ^{20}	5,495 ^{20}	-0,325 ^{15}	3,806 ^{7}	73,93 ^{8}	117
	2	-0,322 ^{19}	1,999 ^{10}	2931,761 ^{18}	-19,065 ^{18}	5,432 ^{19}	-0,322 ^{14}	3,927 ^{8}	73,02 ^{12}	118
	3	-0,136 ^{8}	2,048 ^{15}	2134,466 ^{12}	-16,268 ^{12}	2,302 ^{8}	-0,136 ^{5}	4,203 ^{15}	71,61 ^{15}	90
	4	-0,268 ^{16}	2,822 ^{18}	2934,323 ^{19}	-19,074 ^{19}	4,523 ^{16}	6,858 ^{20}	7,926 ^{18}	54,71 ^{19}	145
30	1	-0,191 ^{11}	1,940 ^{5}	2085,760 ^{10}	-16,081 ^{10}	3,222 ^{11}	-0,191 ^{8}	3,754 ^{5}	74,94 ^{5}	65
	2	-0,192 ^{12}	1,947 ^{6}	2073,173 ^{9}	-16,032 ^{9}	3,241 ^{12}	-0,192 ^{9}	3,778 ^{6}	74,75 ^{6}	69
	3	0,084 ^{6}	2,011 ^{11}	1111,457 ^{2}	-11,739 ^{2}	1,422 ^{6}	0,084 ^{4}	4,051 ^{11}	73,04 ^{11}	53
	4	0,116 ^{7}	2,760 ^{16}	928,193 ^{1}	-10,728 ^{1}	1,956 ^{7}	6,474 ^{16}	7,614 ^{16}	58,54 ^{18}	82
40	1	-0,306 ^{17}	1,925 ^{4}	2478,264 ^{16}	-17,529 ^{16}	5,161 ^{17}	-0,306 ^{12}	3,643 ^{3}	75,54 ^{4}	89
	2	-0,307 ^{18}	1,920 ^{2}	2508,830 ^{17}	-17,637 ^{17}	5,181 ^{18}	-0,307 ^{13}	3,624 ^{1}	75,67 ^{3}	89
	3	-0,032 ^{2}	1,988 ^{8}	1448,497 ^{5}	-13,401 ^{5}	0,549 ^{2}	-0,032 ^{2}	3,971 ^{9}	74,02 ^{7}	40
	4	-0,058 ^{5}	2,806 ^{17}	1313,670 ^{4}	-12,762 ^{4}	0,972 ^{5}	6,648 ^{18}	7,887 ^{17}	60,69 ^{16}	86
50	1	-0,238 ^{14}	1,921 ^{3}	2097,178 ^{11}	-16,125 ^{11}	4,022 ^{14}	-0,238 ^{10}	3,658 ^{4}	75,73 ^{2}	69
	2	-0,243 ^{15}	1,914 ^{1}	2158,076 ^{13}	-16,357 ^{13}	4,106 ^{15}	-0,243 ^{11}	3,632 ^{2}	75,90 ^{1}	71
	3	0,018 ^{1}	2,021 ^{12}	1224,848 ^{3}	-12,323 ^{3}	0,301 ^{1}	0,018 ^{1}	4,100 ^{12}	73,41 ^{9}	42
	4	-0,212 ^{13}	2,947 ^{20}	1744,961 ^{7}	-14,709 ^{7}	3,586 ^{13}	6,803 ^{19}	8,660 ^{20}	60,64 ^{17}	116

Em que, SA=sistema de amostragem, MD= modelo hipsométrico, números subscritos= notas atribuídas a cada equação, RK= somatório das notas

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Vale salientar que o modelo 3 foi superior na predição da altura das árvores em todos os sistemas avaliados SA10 a SA50. Notou-se que, quanto maior a área da subparcela, menor o valor da nota (ranking). Portanto, para gerar equações hipsométricas em áreas de cerrado *sensu stricto* no fragmento inventariado, é mais apropriado considerar o modelo hipsométrico 3 adaptado de Scolforo (1993), conforme consta na Tabela 1.

Evidenciada a superioridade do modelo 3, verificou-se o sistema de amostragem para caracterização da RH dentre SA10 a SA50. Na Tabela 4, considerando o somatório de notas, observa-se uma igualdade entre os sistemas SA40 e SA50. Destaca-se ainda, no sistema SA30, que se obteve os melhores valores para SQRR e RP com demais resultados bem próximos aos obtidos pelos sistemas SA40 e SA50. Devido a isso, para melhor verificar o comportamento das equações geradas pelos sistemas SA30, SA40 e SA50, elaborou-se a Figura 1.

Tabela 4. Critérios estatísticos adotados para avaliar as equações geradas pelo modelo 3 em cinco sistema de amsotragem com subparcelas tendo área relativa a área total parcela

Modelo	SA	D		SD		SQRR		RP		RQEM		DM		DPD		CLM		RK
	10	0,044	3	2,027	4	1449,291	4	-13,405	4	0,741	3	0,044	3	4,125	4	72,21	4	29
	20	-0,136	5	2,048	5	2134,466	5	-16,268	5	2,302	5	-0,136	5	4,203	5	71,61	5	40
3	30	0,084	4	2,011	2	1111,457	1	-11,739	1	1,422	4	0,084	4	4,051	2	73,04	3	21
	40	-0,032	2	1,988	1	1448,497	3	-13,401	3	0,549	2	-0,032	2	3,971	1	74,02	1	15
	50	0,018	1	2,021	3	1224,848	2	-12,323	2	0,301	1	0,018	1	4,100	3	73,41	2	15

Nota: SA = método de amostragem com sub-amostra de área relativa à área total

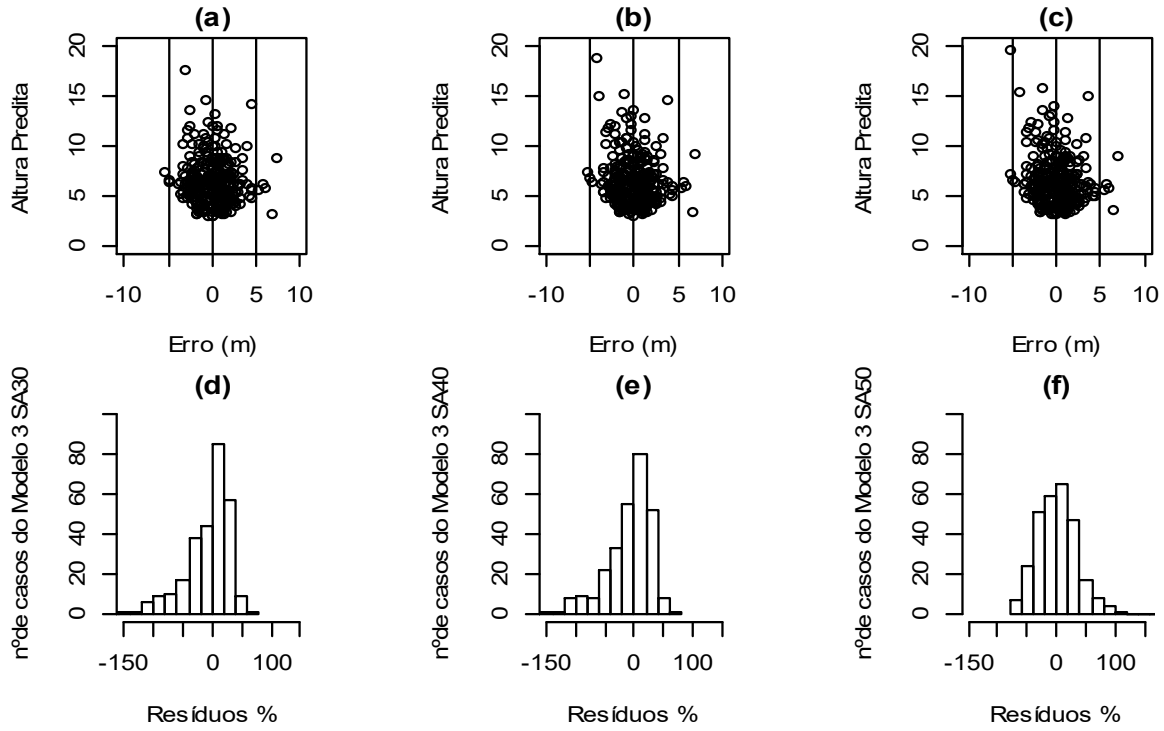


Figura 1. a, b, c= Distribuição de resíduos em relação da altura predita pelos sistemas SA30, SA40 e SA50 respectivamente; d, e, f= Histograma de distribuição dos resíduos percentuais obtidos pelos sistemas SA30, SA40 e SA50 respectivamente

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A análise da Figura 1 permitiu constatar que os sistemas se mostraram semelhantes quanto distribuição de resíduos, cuja maioria dos resíduos dispersaram-se entre ± 2 metros (Figura 1a, 1b, 1c).

Por outro lado, em sua na maioria, os resíduos se enquadraram entre ±25%, com histogramas semelhantes (Figura 1d, 1e, 1f). Assim, incluindo-se os resultados da Tabela 4, nota-se que os sistemas SA40 e SA50 são potenciais para caracterizar a RH do fragmento de cerrado inventariado.

Diante disso, convém adotar o método SA40, visto que reduz em 10% de área para se medir a altura das árvores. Tal fato, otimiza o tempo de medição e reduz o custo de um inventário florestal, sem comprometer a acurácia da altura predita pela equação hipsométrica gerada a partir do modelo 3.

Quanto a comparação entre os sistemas SA30 e SA40, nota-se que o sistema SA40 melhor caracterizou a RH que o método SA30 (Figura 2b versus 2a). Isto, de acordo com Andrade et al. (2015), é indispensável para reduzir o viés da não medição da altura de todas as árvores das parcelas de inventário. Portanto, dentre cinco sistemas de amostragem da RH avaliados neste trabalho, pôde-se demonstrar ser mais apropriado utilizar uma sub-parcela com 40% da área total da parcela.

Escolhido o sistema SA40, nota-se que a distribuição diamétrica apresentou tendência de "J-invertido" (Figura 3 a), característico de florestas nativas em equilíbrio quanto a sua estrutura diamétrica (Fidelis e Godoy, 2003; Andrade et al., 2015; Ferreira et al., 2015; Silva-Neto et al., 2016; Santos et al., 2017).

Quanto a variável altura, por ter uma distribuição com o maior número de árvores (67,7%) ocorrendo entre 4,5 e 10,5 m (Figura 3b), mostra uma tendência parecida com o que se espera de um cerrado *sensu stricto* em transição para fisionomia Cerradão (Ferreira et al., 2015).

Vale ressaltar, ainda, que o sistema de amostragem SA40, seria aprimorado ao estudar o agrupamento dos dados que resulta no melhor nível de acurácia possível na predição tanto de altura da parte restante das árvores, quanto do volume do tronco desejado (Andrade et al., 2006).

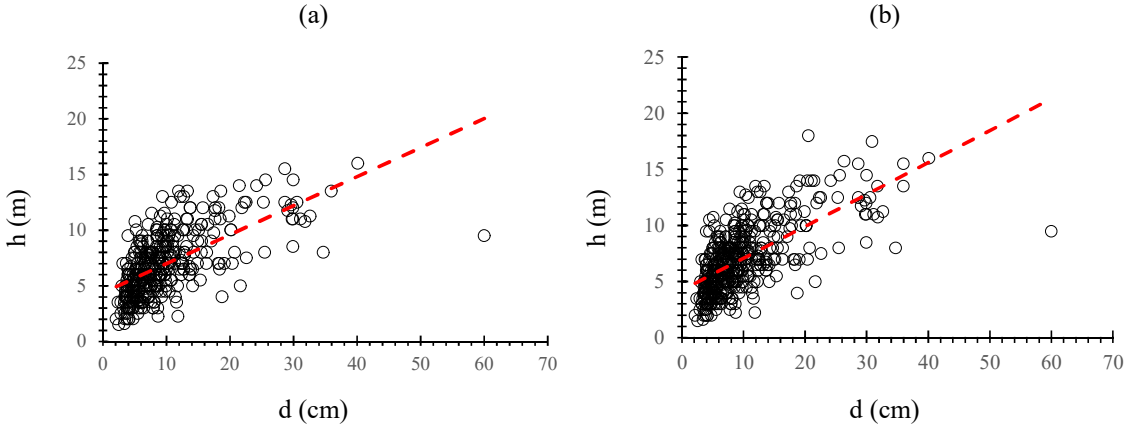


Figura 2. a) Altura (h) em relação ao diâmetro (d) obtidos pelo método SA30; b) Altura (h) em relação ao diâmetro (d) obtidos pelo método SA40. Em área de cerrado *sensu stricto* tocantinense

Importante mencionar, que o emprego do sistema SA40 possui, como principal vantagem entre os sistemas de amostragens verificados na literatura florestal (Tabela 5), a operacionalidade de sua instalação, pois otimiza o tempo e os custos com o inventário florestal devido as árvores estarem em uma mesma subparcela. Também, nos estudos desenvolvidos no Cerrado, nota-se que as variáveis d, dq e N, estiveram presentes nos modelos hipsométricos selecionados, evidenciando assim a importância dessas variáveis na caracterização da RH em áreas do cerrado *sensu stricto*.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

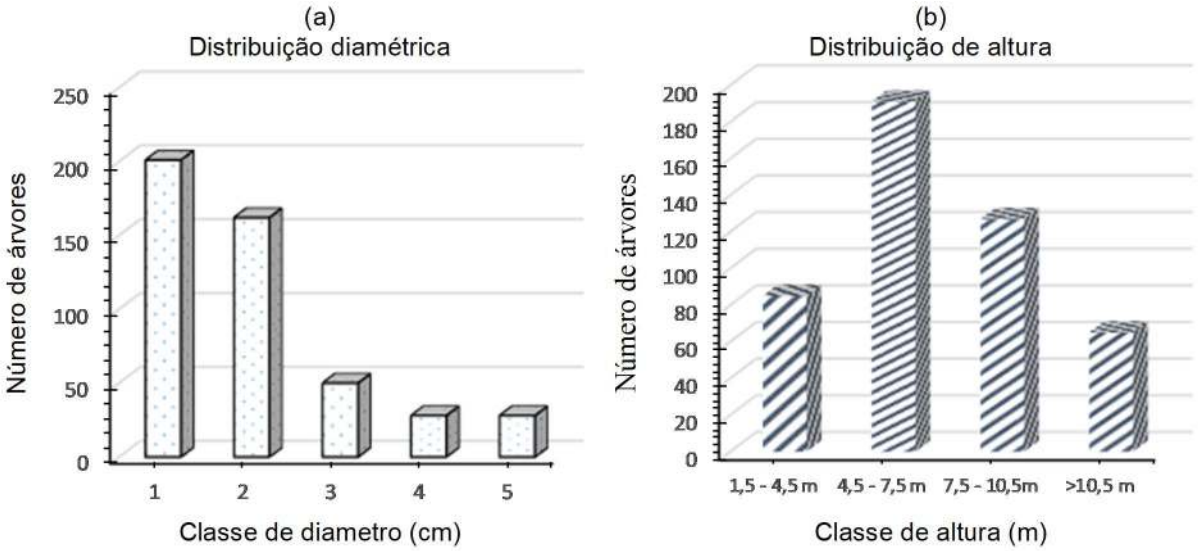


Figura 3. (a) Gráficos de distribuição diamétrica e (b) distribuição de altura das árvores amostradas pelo sistema SA40

Tabela 5. Revisão de literatura para sistemas de amostragens de dados para RH em florestas inequiâneas no Brasil

Autores	Bioma	Metodologia aplicada	Variáveis do modelo selecionado
Andrade et al. (2015)	Mata Atlântica	Amostragem com cinco árvores por classe de diâmetro.	d, hc, dq
Andrade et al. (2015)	Cerrado	Amostragem com cinquenta primeiras árvores por parcela.	d, dq e N
Santos, Andrade e Souza (2016)	Cerrado	Amostragem relativa a 50% das árvores por parcela	d, dq e N
Presente estudo	Cerrado	Amostragem relativa à 40% área total da parcela.	d, dq, N e G

Conclusões

A relação funcional $\mathrm{Ln}\,(h) = f\left[\mathrm{Ln}\left(\frac{N}{d}\right); \mathrm{Ln}\left(\frac{dq}{d}\right); \frac{1}{d}; \ln(G)\right]$, quando ajustada pelo sistema de amostragem SA40 (40% da área total da parcela), é o mais apropriado para caracterizar a RH na área do cerrado tocantinense inventariado.

Em análise de sistemas de amostragem para caracterização da RH, não se pode deixar de fazer a análise gráfica de resíduos aliada aos critérios estatísticos de precisão ou de validação de equações hipsométricas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos que viabilizaram a condução do referido trabalho.

Referências

ANDRADE, V.C.L.; MARTINS, S.V.; CALEGARIO, N.; CHICHORRO, J.F. Influência de três sistemas de amostragem na estimativa da relação hipsométrica e do volume de árvores em um fragmento de Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, n.70, p.31-37, 2006.

ANDRADE, V.C.L.; KROETZ, E.A.; NICOLA, A.; SOUZA, P.B.; NOHAMA, F.K.; LEITE,

H.G.; BINOTI, D.H.B; BINOTI, M.L.M.S. Amostragem e agrupamento de dados de relação hipsométrica em inventários florestais de Cerrado Tocantinense. **Pesquisa florestal brasileira**, v.35, n.83, p.227-238, 2015.

BATISTA, J.L, F; COUTO, H.T. Z; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relação hipsométricas: estudo em três florestas. **Scientia Forestalis**. n.60, p.149-163, 2001.

COSTA, M. P.; PEREIRA, J. A. A.; BENICIO, M. H. M.; SOUZA, H.; FONTES, M. A. L.; GARCIA, P. O. Alometria e arquitetura de *Copaifera langsdorffii* (desf.) kuntze (fabaceae) em fitofisionomias neotropicais no sul de Minas Gerais. **Ciência Florestal** v.22, n.2, p.223-240, 2012.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de Cabralea canjerana, em mata secundaria nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.8, n.1, p.55-66, 1998.

FERREIRA, R.Q.S.; CAMARGO, M.O.; SOUZA, P.B.; ANDRADE, V.C.L. Fitossociologia e estrutura diamétrica de um cerrado *sensu stricto*, Gurupi – TO. **Revista Verde**, v.10, n.1, p.229-235, 2015.

FIDELIS, A. T.; GODOY, S. A. P. Estrutura de um cerrado *stricto sensu* na gleba cerrado Pé-De-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Acta Botânica Brasilica**, v.17, n.4, p.531-539, 2003.

HESS, A. F.; BRZ, E.M.; THAINES, T.; MATOS, P. P. Ajuste de relação hipsométrica para espécies da Floresta Amazônica. Ambiência - **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.10, n.1, 2014.

SANQUETA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; ROGLIN, A.; PIMENTEL, A. Relações diâmetro-altura para espécies lenhosas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná**. Iheringia: Série Botânica**, v.68, n.1, p.103-114, 2013.

SANTOS, M. J. F.; ANDRADE, V. C. L.; SOUZA, P.B. Amostragem relativa de dados da relação hipsométrica de cerrado tocantinense. **Revista Brasileira de Biometria**, v.34, n.4, p.633-645, 2016.

SANTOS, M. J. F.; ANDRADE, V.C.L.; FREITAS, B.C.; FERREIRA, R.Q.S.; BANDEIRA, S.B.; SOUZA, P.B. Fitossociologia e estrutura diamétrica de um fragmento de cerrado *sensu stricto*, sul do Tocantins. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.16, n.3, p.328-334, 2017.

SCOLFORO, J. R. **Mensuração Florestal: Relações quantitativas em volume, peso e a relação hipsométrica**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1993. 292p.

SILVA NETO, V. L.; OLIVEIRA, A. L.; FERREIRA, R. Q. S.; SOUZA, P. B.; VIOLA, M. R. Fitossociologia em distribuição diamétrica de uma área de cerrado *sensu stricto*, Dueré-TO. **Revista de Ciências Ambientais** (UniLASALLE), v.10, p.91-106, 2016.

TOCANTINS (Estado). Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente. **Atlas Do Tocantins: subsídios ao planejamento à gestão territorial**. 6. ed. rev. atu. Palmas: Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente, 2012. 18-21p.

VIBRANS, A. C.; MOSER, P.; OLIVEIRA, L. Z.; MAÇANEIRO, J. P. Height-diameter models for three subtropical forest types in southern Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.3, p.205-215, 2015.