

## Estimativa de produção de taninos da casca de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville

Luís Gustavo Gomes Oliveira<sup>1</sup>, Luiz Otávio Rodrigues Pinto<sup>2\*</sup>, Lorena Oliveira Barbosa<sup>3</sup>, Carlos Alberto Araújo Júnior<sup>4</sup>, Christian Dias Cabacinha<sup>5</sup>

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de taninos em diferentes partes da árvore e gerar equações que possibilitassem estimar a produção de taninos baseadas no diâmetro a 1,30m de altura do solo e altura total das árvores. Os dados foram coletados no Município de Botumirim - MG. Para modelagem utilizou dados de produção de taninos em amostras de cascas e folhas do barbatimão, utilizando os métodos de Folin-Ciocalteu de precipitação da caseína. A partir da absorvância, utilizou-se a curva de calibração para determinação de tanino. As médias da produção de taninos das cascas dos galhos grossos e finos, do fuste e das folhas foram comparadas em uma análise de variância de um critério e teste de Tukey para um nível de significância de 5%. As equações foram ajustadas para modelagem da produção de tanino em função do diâmetro e altura. As produções nas diferentes partes da árvore diferiram estatisticamente e com o teste de médias, no qual as folhas apresentam quantidades inferiores de taninos em relação às demais partes da árvore que não diferiram entre si. Estas equações poderão ser usadas para estimar a produção de tanino em inventário florestais e subsidiar planos de manejo sustentáveis para essa espécie.

**Palavras-chave:** *Stryphnodendron adstringens*; estimativa; manejo Florestal.

## Estimation of the production of tannins from the bark of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville

### Abstract

The aim of this study was to evaluate the production of tannins in different parts of trees and to generate equations that will make the estimative of tannins production possible, based on the diameter at 1.3 m at soil height and total height of the trees. The data were collected in Botumirim - MG. For modeling, it was used the data of the production of tannins in samples of barks and leaves of *Stryphnodendron adstringens*, using the methods of Folin-Ciocalteu and casein precipitation. For absorbance analysis, calibration curve for tannin determination was performed. Tannin production average from bark of thin and thick branches, of stem and the leaves were compared in an analysis of variance of one way and Tukey test at a 5% level of significance. The equations were adjusted for modeling production of tannin in function of diameter and height. The production of different parts of the tree differed statistically and the leaves presents lower amounts of tannins regarding the other parts of the tree that did not differ among themselves. These equations can be used to estimate the production of tannins in forest inventory and subsidize sustainable management plans for this specie.

**Keywords:** *Stryphnodendron adstringens*; estimation; forest management.

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal da Luma Florestal, Montes Claros, MG, Brasil, [luisgooliveira@gmail.com](mailto:luisgooliveira@gmail.com)

<sup>2</sup>Mestrando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, LEMAF, Lavras, MG, Brasil, [luizorp@outlook.com](mailto:luizorp@outlook.com)

<sup>3</sup>Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, LEMAF, Lavras, MG, Brasil, [lorena.obarbosa@gmail.com](mailto:lorena.obarbosa@gmail.com)

<sup>4</sup>Doutor em Ciência Florestal, professor na Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, MG, Brasil, [carlosaraujo@ica.ufmg.br](mailto:carlosaraujo@ica.ufmg.br)

<sup>5</sup>Doutor em Ciências Ambientais, professor na Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, MG, Brasil, [christian.cabacinha@gmail.com](mailto:christian.cabacinha@gmail.com)

\*Autor para correspondência : [luizorp@outlook.com](mailto:luizorp@outlook.com)

## Introdução

O Cerrado é o segundo maior bioma da América Latina, abrangendo cerca de 22% do território brasileiro, cobrindo a maior parte do Brasil central. Devido à grande alteração sofrida pelo bioma, é considerado um dos *hospots* mundiais, que são áreas com alta biodiversidade e que estão passando por grande processo de degradação (Brasil, 2018). Além de apresentar uma grande extensão de área, o Cerrado também é composto por uma ampla variedade de espécies de fauna e flora. O bioma se caracteriza por uma grande produção agropecuária, e por isso teve grande parte de sua vegetação nativa retirada para implantação desses sistemas produtivos (Meira *et al.*, 2016; Brasil, 2018).

Devido à grande quantidade de espécies nativas existentes nesse bioma, muitas são usadas pelas comunidades locais para diversos fins, onde se destacam a retirada de frutos para alimentação e comércio, recuperação de áreas degradadas e aplicação medicinal (Costa *et al.*, 2010). O uso desordenado das espécies tem causado grandes danos à vegetação nativa, o que se verifica nas formações do cerrado, onde espécies são extintas sem que haja nenhum estudo sobre as mesmas (Pereira *et al.*, 2012). A falta de informações dendrométricas, volumétricas e de produção sobre as espécies também é um fator que influencia na exploração indevida dos seus recursos (Gama, 2013).

No cerrado, segundo Brasil (2018), as espécies são exploradas de forma predatória com o intuito de abastecimento da cadeia produtiva do carvão. Contudo, o bioma apresenta espécies com diversos potenciais o que permite um maior aproveitamento dos recursos florestais como é o caso da *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Barbatimão) (Lorenzi, 2010).

Estudos sobre espécies como *Caryocar brasiliensis*, *Stryphnodendron* sp. e *Anadenanthera peregrina* do bioma cerrado com potenciais para exploração devem ser feitos com o intuito de servir como base para planos de manejo que possibilitem um uso sustentável, respeitando aspectos sociais, econômicos e ambientais. Borges Filho e Felfili (2003) afirmam que a exploração desordenada da casca do barbatimão apresenta um mercado consolidado, causando danos a distribuição da espécie no cerrado. Segundo Felfili *et al.* (1999), o barbatimão é uma espécie amplamente distribuída no cerrado e de ocorrência em diversos estados brasileiros, desde o norte do país passando pelo centro e se estendendo até o norte do Paraná.

O grande interesse sobre o barbatimão se deve ao tanino, principalmente para uso medicinal (Benvido *et al.*, 2010). O componente está presente em grandes quantidades na casca do barbatimão, com isso essa espécie se torna uma boa fonte de renda para as comunidades de ocorrência natural dessa espécie. Contudo, existe uma dificuldade de quantificar o tanino presentes na casca do

barbatimão, uma vez que não se tem um método padrão para tal determinação. Assim, diferentes trabalhos que buscaram modelar equações para estimativa de tanino, chegaram a diferentes resultados, além de não alcançarem resultados satisfatórios, como o encontrado por Scolforo *et al.* (2008), em que as equações apresentaram valores muito baixos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), reduzindo a confiabilidade no uso de tais equações. Um dos métodos de determinação de taninos é o de Folin-Ciocalteu, onde a quantidade de taninos é determinada com base na absorvância do espectrofotômetro a 760nm quando a solução contendo amostra de tanino é colocada no aparelho.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de tanino (kg) nas cascas de galhos finos e grossos, nas cascas do fuste e nas folhas e modelar a produção nas cascas, principal componente explorado do barbatimão, a partir de variáveis dendrométricas (diâmetro a 1,30 metros de altura do solo (DAP) e altura total (HT), o que irá possibilitar um melhor manejo da espécie visando a sua conservação.

## Material e métodos

### Localização e caracterização da área de coleta de dados

Os dados utilizados nesse estudo são provenientes de uma propriedade particular localizada no município de Botumirim, Norte de Minas Gerais, Brasil. A propriedade apresenta área de 170 hectares. O município é caracterizado por uma precipitação média anual de 1.082 mm, 22,4°C de temperatura média anual e uma altitude média de 892,22 metros, solos classificados como Latossolos Vermelho Amarelo distróficos e Cambissolos háplicos distróficos, apresentando clima Aw de acordo com Köppen, estando localizada nas coordenadas 16°58' 4,05" S e 43°4'31,16" W (Meira *et al.*, 2016).

### Coleta de dados

Os dados das variáveis dendrométricas são oriundos do trabalho desenvolvido por Gama (2013), onde foi realizado um inventário florestal em uma área de 33,20 hectares. Neste inventário, utilizou procedimentos de amostragem sistemática, com 25 parcelas quadradas de 400m<sup>2</sup> (20m x 20m), equidistantes a 20 metros. Todos os indivíduos de *S. adstringens* com DAP maior ou igual a 3 cm foram mensurados, coletando DAP e HT.

A cubagem foi realizada pelo método de Huber até o diâmetro mínimo de 2 cm, uma vez que até esse ponto a retirada da casca é facilitada. No total, foram cubadas 100 árvores. Retirou-se amostras de aproximadamente 300 gramas de casca em galho grosso, galho fino, fuste e uma amostra de folhas, para determinação do tanino.

## Determinação do tanino

Para determinação dos taninos foram obtidos os teores de fenóis totais e residuais (fenóis não tânico), de acordo com o protocolo padrão de Amorim *et al.* (2008). Com isso, a quantidade de taninos totais correspondia à diferença entre o valor encontrado na determinação dos fenóis totais e a encontrada na determinação dos fenóis residuais (Eq. 1). O valor de fenóis e taninos é dada em mg de matéria seca. O valor de fenóis e taninos é dada em g de matéria seca.

$$Tan = Fenóis_{Totais} - Fenóis_{Residuais} \text{ (Eq. 1)}$$

Preparou-se amostras de casca e folhas maduras, onde foi usada 1g da parte vegetal e 10mL de metanol 80% v/v (extrato bruto). Foram realizadas 5 extrações de 10 mL cada até que se atingisse o ponto de fervura, o processo foi feito em triplicata de acordo com metodologia de Folin e Ciocalteu (1927). As análises das amostras para determinação de fenóis totais foram realizadas pelo método de Folin-Ciocalteu e as de taninos totais feitas de acordo com o método da precipitação em caseína (Folin; Ciocalteu, 1927).

O método Folin-Ciocalteu consistiu em adicionar 25 $\mu$ L do extrato bruto em tubo de ensaio contendo 7,5 mL de água, adicionou-se 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (solução aquosa 10%), 1 mL de solução de carbonato de sódio (7,5%) e volume completado com água destilada. Essa solução foi agitada por meio de uma mesa agitadora orbital AO-330, e depois locada em repouso por 30 minutos protegida da luz, e após esse período, realizada a leitura da em 760 nm no espectrofotômetro Micronal B582. Para determinação dos fenóis residuais foram adicionados 0,5 g de caseína em pó e alíquotas de 3mL do extrato diluído em 6mL de água e procedeu-se da mesma maneira descrita na determinação de fenóis totais, obtendo-se assim, os fenóis residuais.

Para a curva de calibração foram preparadas soluções padrão de ácido tânico de 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5mg/mL submetidas ao método de Folin-Ciocalteu. Foram retiradas 25 $\mu$ L de cada solução de ácido tânico e transferidas para tubos de ensaio de 10 mL contendo 7,5mL de água, acrescentou-se 0,5mL do reagente Folin-Ciocalteu (solução aquosa 10%), 1mL de solução de carbonato de sódio (7,5%) e o volume foi completado com água destilada. Essa solução foi agitada e depois colocada em repouso por 30 minutos. Após esse período, foi realizada a leitura da absorbância em 760nm no espectrofotômetro Micronal B582.

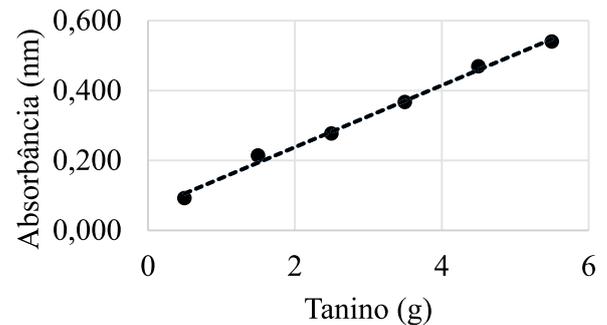
A curva de calibração obtida com ácido tânico (Figura 1), gerou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de

0,9943. A curva apresenta correlação de 0,9971, forte correlação, logo quanto maior a leitura da absorbância no espectrofotômetro maior será a quantidade de tanino na amostra. Essa é representada pela equação (2).

$$Y = 0,0884X + 0,0612 + \varepsilon \text{ (Eq. 2)}$$

em que: Y: absorbância (nm); X: tanino (g).

Figura 1 – Curva de calibração



## Análise de dados

A produção de taninos observado em cada parte da árvore foi comparada em uma análise de variância de um critério e posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em um nível de significância estatística de 5%. Estas análises foram realizadas no software R Core Team (R Core Team, 2017).

## Modelagem da produção de taninos

Com quantidade de tanino para as árvores amostradas, buscou-se modelar a produção de taninos (kg) em função das variáveis dendrométricas DAP e HT. Os ajustes foram realizados no software R Core Team (R Core Team, 2017) por meio dos pacotes *minipack*, *lme nlme*, ajustando 15 modelos, apresentados na Tabela 1. Os modelos utilizados, são modelos clássicos da literatura florestal para estimativa do volume. Para a modelagem da produção de taninos a variável dependente volume ( $m^3$ ) destes modelos foi substituída pela variável produção de taninos (kg) (Azevedo *et al.*, 2011; Pelissari *et al.*, 2011; Gama *et al.*, 2017).

O peso seco total das árvores amostra foi estimado de acordo com a equação (3) proposta por Gama (2013), para os mesmos dados utilizados neste estudo.

$$P_{sc} = -3,71841 + 0,8962 * DAP^2 HT + \varepsilon \text{ (Eq. 3)}$$

em que:  $P_{sc}$ : peso seco de casca (kg); DAP: diâmetro da árvore medido à 1,30 m do solo (cm); HT: altura total da árvore (m).

Tabela 1 – Modelos volumétricos adaptados para a produção de tanino (kg)

Autor	Modelo
Kopezky-Gehrhardt	$Tan = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \varepsilon$
Dissescu-Meyer	$Tan = \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \varepsilon$
Berkhout	$Tan = \beta_0 dap^2 + \varepsilon$
Husch	$LnTan = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \varepsilon$
Brenac	$LnTan = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \beta_2 \frac{1}{dap} + \varepsilon$
Schumacher-Hall(log)	$LnTan = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \beta_2 Lnht + \varepsilon$
Spurr	$Tan = \beta_0 + \beta_1 dap^2 ht + \varepsilon$
Schumacher-Hall	$Tan = \beta_0 + dap^{\beta_1} ht^{\beta_2} + \varepsilon$
Honner	$Tan = \frac{dap^2}{\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{ht}} + \varepsilon$
Ogaya	$Tan = dap^2(\beta_0 + \beta_1 ht) + \varepsilon$
Stoate	$Tan = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \beta_2 dap^2 ht + \beta_3 ht + \varepsilon$
Naslund	$Tan = \beta_1 dap^2 + \beta_2 dap^2 ht + \beta_3 dapht^2 + \beta_4 ht^2 + \varepsilon$
Spurr(log)	$LnTan = \beta_0 + \beta_1 Ln(dap^2) + \varepsilon$
Meyer	$Tan = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \beta_3 dapht + \beta_4 dap^2 ht + \beta_5 ht + \varepsilon$
Rezende	$Tan = \beta_1 dap^2 * ht + \varepsilon$

Em que: Tan: produção de tanino (kg); dap: diâmetro à 1,30 m do solo (cm); ht: altura total (m).

A seleção do modelo foi realizada de acordo com a análise da dispersão de resíduos, permitindo avaliar a homogeneidade da variância (Miguel *et al.*, 2010), o erro padrão da estimativa (Syx), critério de informação Akaike (AIC) que compara as diferenças entre o valor real e o valor estimado pelo modelo. Assim os modelos que fizerem estimativas mais próximas aos reais, serão os melhores (Sobral; Barreto, 2011), a significância dos parâmetros do modelo e coeficiente de determinação ajustado também foram avaliados.

Ainda, para avaliar a precisão das estimativas, foram comparadas a produção de tanino média estimada

para cada modelo com a produção média observada, a partir do erro gerado pelas diferentes equações.

## Resultados e discussão

### Determinação dos taninos

Após a análise dos dados de determinação de taninos, observou-se que a quantidade de taninos existentes nos galhos grossos, galhos finos e fuste são superiores em relação às das folhas, logo essa foi desconsiderada para as demais análises. A Tabela 2 apresenta os principais parâmetros das estimativas de taninos.

Tabela 2 – Valores de Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação para as estimativas de tanino nas diferentes partes da árvore

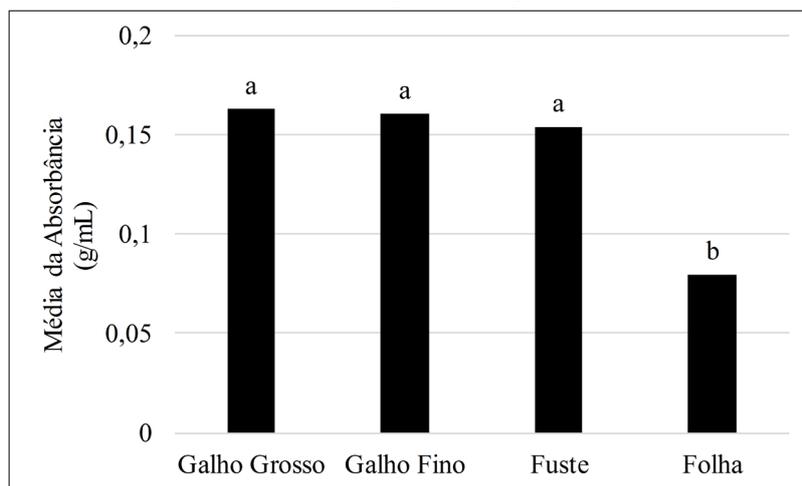
Parâmetros	Estimativas de Tanino (g/g)			
	GG	GF	FT	FO
Média	0,3139	0,4615	0,1542	0,0703
Desvio Padrão	0,0904	0,2564	0,1395	0,0094
CV (%)	28,80	55,55	90,46	13,37

em que: GG: galho grosso; GF: galho fino; FT: fuste; FO: folha; CV (%): coeficiente de variação.

O teste de *Tukey* mostrou que não existe diferença estatística significativa entre a quantidade de tanino das cascas de galho grosso, galho fino e fuste, apresentando diferença estatística significativa somente para quantidade de tanino das folhas. Galho grosso, galho fino e fuste apresentaram as maiores médias de teores de taninos, o que já era esperado pelo fato do tanino ser um componente majoritariamente presente nas cascas, observado na Figura 2. A comparação entre cascas e

folhas realizada nesse estudo se deu devido a conflitos encontrados na literatura a respeito da quantidade de taninos nas folhas. [Monteiro et al. \(2005\)](#), avaliaram espécies arbóreas da Caatinga e não encontraram diferenças significativas entre a quantidade de tanino na casca e nas folhas. Porém, [Martins et al. \(2009\)](#), avaliando o barbatimão no Norte de Minas Gerais, observaram os maiores teores de taninos nos galhos e no fuste quando comparados com a folha.

Figura 2 – Comparação entre as absorvâncias de tanino para cada parte das árvores avaliadas.



em que: barras seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de *Tukey* para  $\alpha=5\%$ .

A Figura 2 mostra a diferença entre as leituras de absorvância realizadas pelo espectrofotômetro, ressaltando a diferença estatística entre as demais partes e a folha.

### Modelagem da produção de tanino

Na modelagem, as equações foram selecionadas de acordo com os critérios apresentados anteriormente, aquelas que não apresentaram parâmetros importantes com significância para o modelo foram desconsideradas, uma vez que quando os parâmetros não são significativos o mesmo pode ser retirado do modelo. A Tabela 3 mostra os resultados dos ajustes dos modelos, bem como suas medidas de precisão. A Tabela 4 apresenta os modelos ajustados e as estatísticas avaliadas.

Na Tabela 3, pode-se observar que dos 15 modelos ajustados, apenas sete modelos (destacados em negrito) apresentaram pelo menos um parâmetro significativo. Os modelos de *Kopezky-Gehrhardt*, *Berkhout*, *Husch*, *Schumacher e Hall (Log)*, *Spurr, Spurr (log)* e *Rezende*. Sendo que alguns ainda não apresentaram interceptos ou o parâmetro associado à variável altura (no caso do modelo de *Schumacher e Hall (Log)*), significativos. A falta de ajuste para os demais modelos, pode estar associada às relações estabelecidas entre as variáveis dos modelos.

Para os modelos de dupla entrada (que usam o *dap* e *ht* como variáveis) verificou-se que os parâmetros eram significativos apenas quando essas variáveis en-

travam no modelo de forma combinada (*dap<sup>2</sup>ht*), como nos modelos de *Spurr, Spurr (Log)* e *Rezende*. Quando a variável altura entrava no modelo de forma isolada (*Schumacher e Hall (Log)*) está não apresentava significância estatística para o modelo. Este resultado aponta que a variável altura, para a base de dados deste estudo, não é importante para estimar a produção de tanino.

Os valores apresentados de  $R^2$  (coeficiente de determinação ajustado) (Tabela 4), foram considerados satisfatórios diante das relações entre as variáveis (dependente e independentes) e da dificuldade de quantificar a produção de tanino, para a maioria dos modelos ajustados. A única exceção foi o modelo de *Husch* que apresentou um  $R^2$  inferior a 50%. Contudo foi observado elevados valores de erro padrão residual (*Syx*), o que pode estar associado a grande variabilidade entre as amostras utilizadas neste estudo. [Scolforo et al. \(2012\)](#), modelando o volume de óleo em *Candeia*, obteve elevados valores de erro padrão residual, e associando este resultado a grande variabilidade das amostras, apresentando boas estimativas. Esses valores elevados mostram que, mesmo os modelos apresentando razoáveis correlações entre as variáveis, o erro gerado a partir da estimativa é alto o que não é interessante para as estimativas do modelo.

Entretanto ao avaliar a dispersão dos resíduos dos melhores modelos (Figura 3) não se verificou graves tendências, mesmo com elevados erros associados aos mesmos. Observou-se que estes erros se compensavam.

Tabela 3 – Ajuste das Equações e significância dos parâmetros

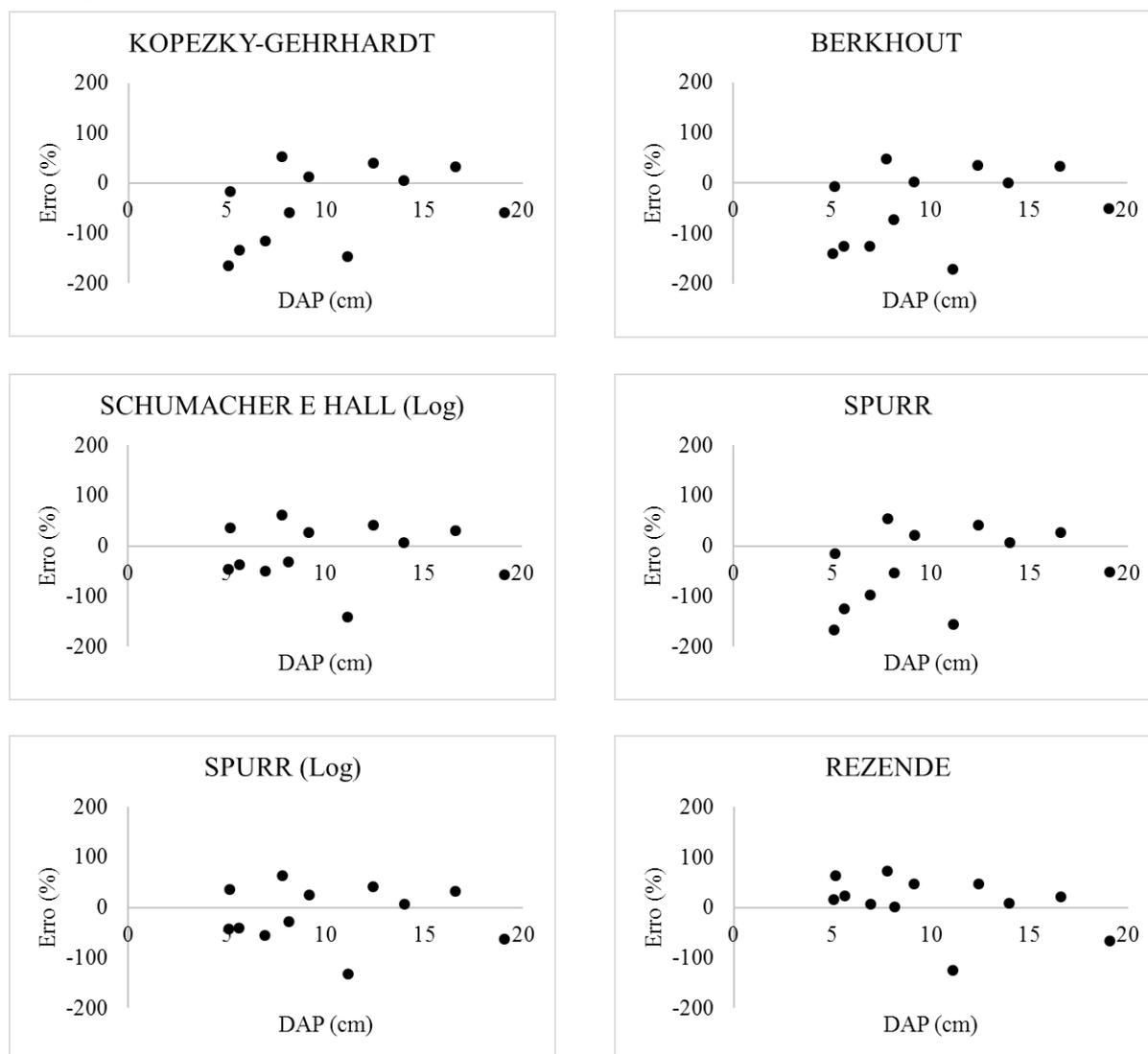
Modelo	Parâmetros	Erro Padrão	t	p >  t	Modelo	Parâmetros	Erro Padrão	t	p >  t
Kopecky-Gehrhardt	0,4303	0,4308	0,999	0,341	Ogaya	-0,0002	0,0192	-0,013	0,990
	0,0099	0,0027	3,652	0,005		0,0028	0,0044	0,637	0,539
Dissescu-Meyer	0,1062	0,0813	1,314	0,218	Stoate	-0,6768	2,9563	-0,229	0,825
	0,0049	0,0056	0,868	0,406		-0,0192	0,0273	-0,702	0,502
Berkhout	0,0667	0,0759	0,879	0,940		0,0058	0,0065	0,896	0,397
	1,3715	0,4254	3,224	0,001		0,4755	0,8842	0,538	0,605
Husch	-3,9603	0,8477	4,672	0,001		0,0092	0,0359	0,256	0,805
	1,8243	0,3750	4,684	0,001		-0,0048	0,0127	-0,378	0,715
Brenac	-0,8389	7,0299	-0,119	0,908	Naslund	0,0247	0,0306	0,807	0,443
	0,8759	2,1549	0,406	0,694		-0,0741	0,1913	-0,397	0,709
Schumacher e Hall (log)	-8,5541	19,1129	-0,448	0,665	Spurr (log)	-3,9603	0,8477	-4,672	0,001
	-4,1096	1,3376	3,072	0,013		0,9122	0,1875	4,864	0,001
Spurr	1,7000	0,9190	1,850	0,097		-7,0384	17,3402	-0,406	0,699
	0,3326	2,2192	0,150	0,884		2,6805	3,2840	0,816	0,446
Schumacher e Hall	0,5188	0,3818	1,359	0,204	Meyer	-0,1650	0,1528	-1,080	0,322
	0,0022	0,0005	4,019	0,002		-0,4572	0,9231	-0,495	0,638
Honner	0,0107	0,0177	0,605	0,560		0,0344	0,0404	0,850	0,428
	0,8454	0,6253	1,352	0,209		0,6895	5,3735	0,128	0,902
Honner	2,2466	1,5049	1,492	0,170	Rezende	0,0028	0,0004	6,969	0,000
	-105,6000	140,6000	-0,751	0,470					
	828,2000	641,0000	1,292	0,225					

Em que: \*significativo para  $\alpha = 5\%$ .

Tabela 4 – Parâmetros dos modelos ajustados ( $\beta_j$ ), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ), erro padrão da estimativa (Syx) e critério de informação Akaike (AIC)

MODELO	$\beta_j$					$R^2$ ajustado	Syx (kg)	AIC
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$			
Kopecky-Gehrhardt	0,4303	0,0099	-	-	-	52,9227	0,9680	1,0897
Dissescu-Meyer	-	0,1062	0,0049	-	-	55,8497	0,9374	1,0220
Berkhout	0,0667	1,3715	-	-	-	56,9380	0,9258	0,9968
Husch	-3,9603	1,8243	0,0001	-	-	46,6491	1,0305	1,1114
Brenac	-0,8389	0,8759	-8,5541	-	-	51,7877	0,9796	1,0044
Schumacher e Hall (log)	-4,1096	1,7000	0,3326	-	-	50,3111	0,9945	1,0352
Spurr	0,5188	0,0022	-	-	-	57,9795	0,9145	0,9727
Schumacher e Hall	0,0107	0,8454	2,2466	-	-	62,2547	0,8667	0,7863
Honner	-105,6000	828,2000	-	-	-	51,5063	0,9824	1,1225
Ogaya	-0,0002	0,0028	-	-	-	50,2638	0,9949	1,1513
Stoate	-0,6768	-0,0192	0,0058	0,4755	-	56,1324	0,9344	0,8123
Naslund	-	0,0092	-0,0048	0,0247	-0,0741	59,1311	0,9019	0,7568
Spurr (log)	-3,9603	0,9122	-	-	-	51,9848	0,9776	1,1114
Meyer	-7,0384	2,6805	-0,1650	-0,4572	0,0344	60,0286	0,8919	0,5551
Rezende	-	0,0028	-	-	-	50,2629	0,9949	1,1513

Figura 3 – Dispersão dos resíduos dos melhores modelos ajustados



Com a dispersão de resíduos, observou-se que os modelos de Kopezky-Gehrhardt, Berkhout, Spurr apresentavam leve tendência a superestimar a produção de

taninos. Os modelos de Spurr (Log) e Schumacher e Hall (Log) foram os que apresentaram a melhor distribuição dos resíduos.

Tabela 5 – Comparação entre volume médio estimado por os melhores modelos e o volume médio observado

Modelos	Estimativa de Tanino (Kg)	Erro (%)
Kopezky-Gehrhardt	1,6275	0,02
Berkhout	1,6649	-2,27
Schumacher e Hall (log)	1,4761	9,32
Spurr	1,6137	0,87
Spurr (log)	1,4784	9,18
Rezende	1,3795	15,26
Produção média de tanino observada (kg)	1,6279	-

A Tabela 5, mostra a produção média de tanino para os modelos de melhores estatísticas e o erro associado a essa média quando comparado com a média da produção de tanino observada nas amostras. Verifica-se que os valores estimados para a maioria dos modelos apresentam pequenos erros (inferiores a 10%) quando

se compara o valor médio estimado e o valor médio observado. O que está de acordo com a dispersão verificada nos resíduos que mostram que os erros de estimava se compensam fazendo com que em média as equações estimem a produção de tanino com boa precisão. Analisando os erros da Tabela 4 e levando em consideração

as demais estatísticas associadas aos modelos, observa-se que a equação ajustada ao modelo de Spurr (destacada em negrito), apresentou em geral, os melhores resultados.

## Conclusão

A produção de taninos no barbatimão se concentra majoritariamente nas cascas e não se verificou neste trabalho diferença de produção entre galhos finos, grossos e fuste. A variável produção de tanino (kg) apresenta alto grau de dificuldade quando se deseja modelá-la em função do diâmetro e altura, no entanto, os resultados deste estudo mostram que, mesmo com um alto erro padrão de estimativa, foi possível obter equações com

razoável grau de precisão. Ao considerar todos os critérios de análise, a melhor equação para estimar a produção de tanino (kg) foi obtida a partir do modelo de Spurr.

## Agradecimentos

Ao laboratório de Plantas Medicinais e Aromáticas do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, pela análise de taninos das amostras.

## Financiamento

Grupo Centroflora.

## Referências

- Amorim, E. L. C.; Nascimento, J. E.; Monteiro, J. M.; Peixoto Sobrinho, T. J. S.; Araújo, T.; Albuquerque, U. P. 2008. A Simple and accurate procedure for the determination of Tannin and flavonoid levels and some applications in ethnobotany and ethnopharmacology. *Functional Ecosystems and Communities* 2: 88 – 94.
- Azevedo, T. L.; Mello, A. A.; Ferreira, R. A.; Sanquetta, C. R.; Nakajima, N. Y. 2011. Equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp. localizado na FLONA do Ibura, Sergipe. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 6: 105-112. Doi: <http://doi.org/10.5039/agraria.v6i1a861>.
- Benvido, S. F.; Palmeira, J. D.; Souza, J. H.; Almeida, J. A.; Pessoa, R. M.; Catão, R. M. R. 2010. Avaliação da atividade antibacteriana in vitro do extrato hidroalcolólico de *Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville sobre isolados ambulatoriais de *Staphylococcus aureus*. *Revista Brasileira de Análise Clínica* 42: 27-31.
- Borges Filho, H. C.; Felfili, J. M. 2003. Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão [*Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville] no Distrito Federal, Brasil. *Revista Árvore* 27: 735-745. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000500016>.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 2018. O bioma cerrado. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>.
- Costa, M. A.; Ishida, K.; Kaplum, V.; Koslyk, E. D. A.; Mello, J. C. P.; Ueda-Nakamura, T.; Dias Filho, B. P.; Nakamura, C. V. 2010. Safety evaluation of proanthocyanidin polymer-rich fraction obtained from stem bark of *Stryphnodendronadstringens* (BARBATIMÃO) for use as a pharmacological agent. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 58: 330-335. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.yrtph.2010.07.006>.
- Folin, O.; Ciocalteau, V. 1927. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry* 73. Disponível em <<http://www.jbc.org/content/73/2/627.full.pdf>>
- Gama, A. T. 2013. Densidade básica, volumetria e peso seco do barbatimão (*Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville): bases para elaboração de planos de manejo sustentado no Norte de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais. 122
- Gama, J. R. V.; Souza, A. L.; Vieira, D. V.; Leite, H. G. 2017. Equações de volume para uma floresta ombrófila aberta, município de Codó, estado do Maranhão. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 12: 535-542. Doi: <http://doi.org/10.5039/agraria.v12i4a5489>.
- Lorenzi, H. 2010. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- Martins, E. R.; Santos, A. M.; Caldeira Junior, C. F.; Alves, D. S.; Paula, T. S. M.; Figueiredo, L. Silva. 2009. Teor de taninos e flavonoides em cascas e folhas de barbatimão [*Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville]. *MG. BIOTA* 2: 30-35.
- Meira, M. R.; Cabacinha, C. D.; Gama, A. T.; Martins, E. R.; Figueiredo, L. S. 2016. Caracterização estrutural do barbatimão (*Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville) no cerrado do Norte de Minas Gerais. *Ciência Florestal* 26: 627-638. Doi: <http://doi.org/10.5902/1980509822762>.
- Miguel, E. D.; C, Canzi, L. F.; Rufino, R. F.; Santos, G. A. 2010. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptusgrandis* localizados no município de Rio Verde – GO. *Enciclopédia Biosfera* 6: 1-13.
- Monteiro, J. M.; Lins Neto, E. M. F.; Amorim, E. L. C.; Strattmann, R. R.; Araújo, E. L.; Albuquerque, U. P. 2005. Teor de Tanino em três espécies medicinais arbóreas simpátricas da caatinga. *Revista Árvore* 29: 999-1005. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000600020>.
- Pelissari, A. L.; Lanssanova, L. R.; Drescher, R. 2011. Modelos volumétricos para pinus tropicais, em povoamento homogêneo, no estado de Rondônia. *Pesquisa Florestal Brasileira* 31: 173. Doi: <http://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.67.173>.
- Pereira, Z. V.; Fernandes, S. L.; Sangalli, A.; Mussury, R. M. 2012. Usos múltiplos de espécies nativas do bioma cerrado no assentamento Lagoa Grande, Dourados, Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Agroecologia* 7: 126 – 136.
- R Core Team. 2017. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Scolforo, J. R. S.; Oliveira, A. D.; Davide, A. C. 2012. Manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência em Minas Gerais. Lavras: UFLA.
- Scolforo, J. R.; Mello, J. M.; Oliveira, A. D.; Silva, C. P. C. 2008. Equações de volume, peso de matéria seca e produção de tanino do barbatimão (*Stryphnodendronadstringens* (Mart.) Coville), em Minas Gerais. In: Scolforo, J. R.; Oliveira, A. D.; Acerbi Júnior, F. W. Inventário florestal de Minas Gerais: equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa. Lavras: UFLA129-148.
- Sobral, T. E. L.; Barreto, G. 2011. Análise dos critérios de informação para a seleção de ordem em modelos autorregressivos. In: Anais da Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações. Serra Negra, SP 10. Disponível em: <<http://www.sbmec.org.br/dincon/2011/files/articles/097.pdf>>.