http://journal.unoeste.br/index.php/ca/index
DOI: 10.5747/ca.2020.v16.n4.a378
ISSN on-line 1809-8215

Colloquium Agrariae

Submetido:16/05/2019 Revisado: 26/06/2020 Aceito:24/07/2020

Ajuste da distribuição diamétrica e similaridade florística para áreas ciliares através do uso de funções de densidade de probabilidade

Mathaus Messias Coimbra Limeira, Walberisa Magalhães Gregório, Marcos Vinicius Cardoso Silva, Yasmim Andrade Ramos, Thiêssa Tamilla de Carvalho Santana, Thiago Gomes Andrade, Maria Cristina Bueno Coelho, André Ferreira dos Santos

Universidade Federal do Tocantins – UFT, TO. E-mail: thiago.gmes.a@gmail.com

Resumo

Neste trabalho, a área ciliar no cerrado presente em cinco córregos pertencentes a micro bacia urbanizada do município de Gurupi - TO, foi estudada com os seguintes objetivos: ajustar funções matemáticas (logarítmicos, exponenciais, hiperbólicos, lineares e não-lineares) para determinação de funções de densidade de probabilidade por serem usadas como assinatura dos processos ecológicos que ocorrem nas florestas, bem como determinar a similaridade florística. Observa-se os resultados expressos pelos gráficos de frequência, a formação do J-invertido, com uma pequena perturbação entre as classes diamétricas iniciais e intermediarias, indicando presença ações antrópicas. As funções foram selecionadas pelos valores de R²aj, Syx%, análise gráfica dos resíduos e valor de F, sendo elas: $y = \exp(25{,}581 + \frac{-60{,}611}{x} + (-6{,}184) * \ln(x))$ para Água Franca, $y = x/(0{,}639 + -0{,}084 * x + 0{,}004 * x^2)$para Dois Irmãos, $y = 124{,}243 * \exp(\frac{(\ln(x)-2{,}559)^2}{-0{,}379})$ para Mutuca, $y = 1/(0{,}0001 * (x + (-15{,}250))^2 + 0{,}020)$ para Pouso do Meio I e $y = \frac{0{,}497+0{,}313*x}{1+(-0{,}121)*x+0{,}004*x^2}$ para Pouso do Meio II. As FDP's selecionadas para estimativas dos DAP's são acurada e podem ser utilizadas em outras áreas de mesma tipologia vegetal. Há dissimilaridade florística entre os córregos e também dentro dos córregos.

Palavras-chave: distância euclidiana; dissimilaridade florística; origem nativa.

Adjustment of diametric distribution and floristic similarity for riparian areas through the use of probability density functions

Abstract

In this work, the riparian area in the cerrado present in five streams belonging to the micro urbanized basin of the municipality of Gurupi - TO, was studied with the following objectives: to adjust mathematical functions (logarithmic, exponential, hyperbolic, linear and nonlinear) to determine probability density functions because they are used as a signature of ecological processes that occur in forests, as well as to determine floristic similarity. The results expressed by the frequency graphs, the formation of the inverted J, with a small disturbance between the initial diametric classes and intermediates, indicating the presence of anthropic actions. The functions were selected by the values of R²aj, Syx%, graphical analysis of the residues and F value, which are: y=exp(25,581+(-60.611)/x+(-6,184)*ln(x)) for Água Franca, y=x/(0.639+-0.084*x+0.004*x 2)for Two Brothers, y=124.243*exp(((ln(x)-2,559)^2/(-0.379)) for Mutuca, y=1/(0.0001*(x+(-15,250))^2+0.020) for Medium I Landing and y=(0.497+0.313*x)/(1+(-0.121)*x+0.004*x^2) for Medium Landing II. The FDP's selected for DAP's estimates are accurate and can be used in other areas of the same plant typology. There is floristic dissimilarity between streams and also within streams.

Keywords: Euclidean distance; floristic dissimilarity ;native origin.

Introdução

As matas ciliares são protegidas pelo código florestal (Lei n^0 12.651 de 25 de maio de 2012), sendo consideradas áreas de preservação permanente estabelecidas como florestas pertencentes a cursos d'água, possuindo ampla distribuição geográfica, entretanto percorre uma superfície pequena na paisagem. Destacam-se ainda pela vulneral e particular importância para preservação da fauna e da flora. Para Castro (2016) a mata ciliar ocupa as áreas mais sensíveis de uma bacia hidrográfica, localizando-se às margens das redes hidrográficas, ao redor das nascentes desempenhando forte influência sobre os cursos de agua.

Segundo Santos (2015), a presença de matas de galeria contribui tanto para suavização da ocorrência do escoamento superficial que pode causar erosão, arraste de nutrientes e sedimentos para os cursos d'água, quanto para desempenhar um efeito de filtragem superficial e sub superficial dos fluxos de água. Ao longo dos anos, estas formações vegetais têm sido submetidas a impactos antrópicos devastadores, gerando como consequência a redução dos fragmentos esparsos em diversas partes do Brasil, a maioria altamente perturbada (CECONI *et al.*, 2018), colocando em risco a diversidade da fauna aquática e silvestre (SCHNEIDER; ROCHA, 2014).

Segundo Barra *et al*. (2004) as funções de densidade de probabilidade (FDP) permitem estimar a possível distribuição que apresentam os diâmetros, descrevendo a estrutura de um povoamento, o qual facilita o planejamento da produção da floresta. O estudo da distribuição diamétrica, por meios de formulações matemáticas, pode ser um fator de relevante importância para o bom planejamento, e controle das atividades florestais a serem desenvolvidas, inclusive para o conhecimento das produções futuras, além de ser um instrumento para a prognose da produção e o crescimento das árvores.

A informação da estrutura florestal em área demarcada abre expectativas para a ampliação de pesquisas relacionadas à fitossociologia e à dinâmica das populações ali abrigadas. Da mesma forma, a vasta quantia de informações sobre a flora do cerrado é um importante auxílio para a idealização e execução de áreas representativas dessa fitofisionomia, que necessitam de priorização para conservação e manejo adequado (SOUZA *et al.*, 2019).

A diversidade refere-se à abundância de espécies de uma determinada comunidade, habitat ou região. Essa diversidade é comprovada através do Índice Sorensen (Ss) e comparada através de dendrogramas e matrizes de similaridades que agrupam dados de acordo com a similaridade entre eles. O cálculo do índice de Sorensen, a construção dos dendrogramas e o uso de matrizes de similaridade, é muito utilizado em ecologia de comunidades, e apresenta as mesmas propriedades do índice de Jaccard (SANTOS *et al.*, 2017).

Os estudos detalhados sobre a composição florística e a ecologia das comunidades vegetais são fundamentais para embasar quaisquer iniciativas de preservação e conservação de remanescentes florestais bem como para o desenvolvimento de modelos de recuperação de áreas degradadas, para a seleção de espécies para fins silviculturais e para a utilização racional dos recursos vegetais através do manejo adequado.

Esta pesquisa teve como objetivo ajustar funções matemáticas (logarítmicos, exponenciais, hiperbólicos, lineares e não-lineares) para determinar a função de densidade de probabilidade na estimativa de árvores de áreas ciliares bem como determinar a similaridade florística através de índice de Sorensen.

Materiais e Métodos

Caracterizações da área de estudo

O Município de Gurupi está localizado na Mesorregião Ocidental ao centro sul do Estado do Tocantins entre as coordenadas 11°43'45" S e 49°04'07" W com altitude média de 287m sendo a sede da 10ª Região Administrativa do Estado. Fica no limite do divisório de águas dos rios Araguaia e Tocantins, às margens da BR-153, no quilômetro 663 no sentido Brasília a Belém; entre os Paralelos 11 e 12. As áreas de estudo foram as áreas de preservação permanente (APP's) dos córregos que compreendem a micro bacia urbanizada deste município formada pelos cursos de água dos córregos Água Franca, Dois Irmãos, Mutuca, Pouso do Meio I e Pouso do Meio II.

O clima desta região segundo Köppen e Geiger (1928) é quente e úmido durante todo o ano, com período chuvoso entre os meses de outubro a abril e estiagem entre os meses de maio a setembro. A temperatura média anual aqui varia entre a mínima de 12˚e a máxima de 30˚ C.

Os solos da região são classificados como argissolos, com grande capacidade para a agricultura. São solos muito profundos, porosos, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis, situados em relevo plano, com declividades que raramente ultrapassam 3% (SEPLAN, 2000).

Determinação das funções matemáticas

As FDP's foram testadas pelo Software Curve Fit (2.0.1) utilizadas na obtenção dos dados e foram selecionadas as catorze equações que melhor se ajustaram aos dados observados dos cinco córregos de acordo com o coeficiente de determinação (R^2aj), erro padrão (Syx%) da estimativa e análise gráfica dos resíduos (Tabela 1).

Tabela 1. Funções densidade de probabilidade selecionadas para o ajuste dos dados

Funções	Numero	Expressão
Vapor Pressure	1	$y = \exp(a + b/x + c * \ln(x))$
Hoerl Model	2	$y = a * (b\hat{}x) * (x\hat{}c)$
Pow (2)	3	$y = a * x\hat{}(b + c * x)$
Exp (2)	4	$y = a * \exp\left(b * x + \sqrt{(c * x)}\right)$
Pow (4)	5	$y = a * x\hat{}(b + c * \ln(x))$
Straight / parabola – 2	6	$y = x/(a + b * x + c * x\hat{}2)$
Inv: straight line and hiperbola	7	$y = 1/(a + b * x + c/x)$
Inverse	8	$y = a + b/x + c/x\hat{}2$
2nd order Hyperbola – 3	9	$y = a + b/x + c/x\hat{}2$
Gaussian log	10	$y = a * \exp(((\ln(x) - b)\hat{}2)/c)$
Exp (3)	11	$y = a * \exp(b/x + c * x)$
Cauchy	12	$y = 1/(a * (x + b)\hat{}2 + c)$
Rational Function	13	$y = (a + b * x)/(1 + c * x + d * x\hat{}2)$
Guanary	14	$y = a * \exp\left(b * x + \sqrt{(c * x)}\right)$

Em que: *y* = ponto médio da classe diamétrica. X = DAP em cm.; a, b, c, d = parâmetros da equação, exp. = exponencial

Para verificar a aderência das funções aos dados estudados, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnorv a um nível de 5% de probabilidade de confiança. Segundo Machado *et al*., (2009), o teste Kolmogorov-Smirnov compara a frequência acumulativa estimada com a frequência observada, sendo este o valor que mostra o ponto de maior divergência entre as duas distribuições. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para testar as hipóteses de H_0 e H_1 do teste bilateral. H_0 = os diâmetros observados seguem as distribuições propostas e H_1= os diâmetros observados não seguem as distribuições propostas.

$$Dcalc = \frac{Sup_x(Fo_x - Fe_x)}{n} \quad (1)$$

Em que: Fe = frequência acumulada observada, Fo = frequência estimada pela função densidade de probabilidade, n = número de observações

A assimetria foi calculada pelo coeficiente de Pearson onde:

$$As = \frac{\bar{x} - M_0}{s} \quad (2)$$

Em que: As= coeficiente de assimetria, $\bar{x}$ = média, M_0 = moda e s = desvio padrão .

A curtose foi calculada pelo seguinte coeficiente de curtose onde:

$$K = \frac{Q_3 - Q_1}{2(P_{90} - P_{10})} \quad (3)$$

Em que: K= coeficiente de curtose, Q_3 = terceiro quartil, Q_1 = primeiro quartil, P_{90} = percentil noventa e P_{10} = percentil dez.

Índice de diversidade e similaridade florística

Para o estudo de índice de diversidade e similaridade florística utilizou-se o método de amostragem de parcelas múltiplas, distribuídas a partir de uma parcela inicial (nascente) demarcada às margens de cada córrego próximo a nascente. A partir desta parcela foram medidas as próximas, de forma sistemática, com distancia uma da outra de 100 metros com dimensões 10m x 50m (500m²), sendo o número total regulado pela curva espécie/área (Tabela 2).

Tabela 2. Extensão e número de parcelas dos cinco córregos que compõe a microbacia urbanizada do município de Gurupi-TO

Córrego	Extensão (km)*	Número de Parcelas
Água Franca	12.0	24
Mutuca	5.0	11
Pouso do Meio I	2.9	31
Dois Irmãos	3.0	28
Pouso do Meio II	0.9	8
TOTAL	23.8	95

* Extensão em quilometro do comprimento do córrego que passa dentro dos limites do município de Gurupi-TO.

Nas parcelas foram mensurados e identificados todos os indivíduos com DAP ≥ 5 cm, determinada as categorias sucessionais tomando-se como referência os trabalhos de Gandolfi *et al.* (1995) e feita a classificação sistemática das espécies de acordo com o APG III (2016).

A similaridade florística entre as parcelas amostradas foi verificada por meio de uma análise de agrupamentos, utilizando para tal o índice de Sorense (BROWER *et al*., 1984).

Para interpretar a similaridade florística entre cada uma das unidades amostrais, utilizou-se o método de médias não-ponderadas (UPGMA), que resulta em um dendrograma de classificação hierárquica aglomerativa, baseada na distância média mínima (distância euclidiana) entre os grupos de parcelas e que expressa graficamente as relações de similaridade entre essas unidades (SNEATH; SOKAL, 1973).

Para efeito de comparação, empregaram-se ainda os métodos de ligação simples e de ligação completa, que reuniram os objetos (unidades de observação) de um grupo pela maior ou menor semelhança, respectivamente (SNEATH; SOKAL, 1973). Os dendrogramas foram produzidos por meio do programa Fitopac2.0. O Índice de Sorensen, onde varia entre 0(semelhança nula) e 1 (semelhança máxima) e é dado pela fórmula:

$$Ss = \frac{2c}{a+b!} \qquad (4)$$

Em que: Ss= índice de similaridade de Sorensen; a=número total de espécies presentes na amostra ‘a’; b= número total de espécies presentes na amostra ‘b’; c= número total de espécies comuns às amostras ‘a’ e ‘b’.

O coeficiente de correlação de Pearson (r), foi utilizado para indicar a relação entre duas variáveis sendo o grau determinado entre os valores de -1 e 1. Quanto mais próximo dos extremos mais forte será a correlação, e quanto mais próximo de 0 mais fraca será a mesma.

As análises estatísticas foram feitas com o uso dos softwares Sigmaplot versão 12.0, Fitopac versão 2.1 e MVSP versão 3.0 (multivariate statistical packcage)

Resultados e Discussões

Foram identificados 1.885 indivíduos, destes 616 indivíduos correspondem ao córrego Água Franca, 288 para o córrego Dois Irmãos, 560 para o córrego Mutuca, 308 para o córrego Pouso do meio I e 113 para o Pouso do meio II, que foram agrupados em 49 famílias botânicas (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros gerais dos córregos que compõe a microbacia urbanizada de Gurupi-TO

Córrego	N^0. Esp.	N^0 Fam.	G	Densidade	IVI
Água Franca	68	40	20,27	513,33	Arecaceae (41,40)
					Mimosoideae (30,06)
					Anacardiaceae (18,83)
Dois Irmãos	47	29	1,86	207,85	Palmaceae (67,32)
					Anacardiaceae (28,25)
					Fabaceae (24,65)
Mutuca	54	32	2,77	1018,18	Leguminosae-Mimosoideae (27,47)
					Anacardiaceae (22)
					Arecaceae(22,69)
Pouso do Meio I	47	21	23,22	198,71	Moraceae (72,38)
					Leguminosae-Mimosoideae (43,47)
					Anacardiaceae (24,28)
Pouso do Meio II	16	11	13,98	285,5	Moraceae (144,11)
					Malvaceae (11,14)
					Fabaceae (8,86)

Em que: N^0 esp. = número de espécies, N^0 Fam. = Número de famílias, G= área basal em m^2 por hectare, Densidade por hectare, IVI = índice de valor de importância das três primeiras famílias.

Observa-se que as amplitudes diamétrica e altimétricas são altas, oscilando entre 3,78 cm a 130 cm e 1m a 23m respectivamente, sendo o CV% considerado alto para ambas as variáveis. Ocorre um crescimento médio para o DAP de forma semelhante nos córregos Dois Irmãos e Pouso do Meio I e entre os córregos Dois Irmãos, Pouso do Meio I e Pouso do Meio II para altura (Ht). Também os coeficientes de variação são considerados altos para ambas as variáveis o que é característico de áreas ciliares.

As classificações diamétricas e altimétricas são assimétricas positiva e a curtose evidenciam uma curva leptocúrtica, ou seja, a distribuição possui uma curva mais achatada que a curva normal, para todos os córregos com exceção do córrego Pouso do Meio II sendo considerado platicúrtica a qual possui uma distribuição mais elevada (Tabela 4).

O padrão de distribuição decrescente ocorreu devido à redução do número de árvores por hectare e ao aumento da amplitude diamétrica ao longo dos anos, resultando em um "achatamento" e um "alargamento" das curvas de distribuições diamétricas no decorrer dos anos. O crescimento em diâmetro fez com que as curvas de distribuição dos diâmetros se deslocassem para a direita. Jesus (2016), explica que uma justificativa seria a relação do regime de manejo do povoamento e a ausência de tratos silviculturais.

Tabela 4. Estatística descritiva das variáveis DAP (cm) e Ht (m) dos córregos que compõem a micro bacia urbanizada do município de Gurupi – TO

Estatística descritiva do diâmetro a altura do peito em centímetros					
Estatísticas	Água Franca	Dois Irmãos	Mutuca	Pouso do Meio I	Pouso do Meio II
Média (cm)	16,75*	24,17^{ns}	20,68*	25,32^{ns}	30,42*
Erro padrão (cm)	0,47	0,88	0,59	1,10	2,41
Mediana (cm)	12,73	18,46	15,92	20,05	20,05
Moda (cm)	9,55	14,96	12,73	18,14	8,91
Desvio padrão (cm)	11,78	15,00	13,99	19,24	25,62
Variância da amostra	138,48	224,12	195,44	368,86	656,46
CV %	65,67	62,06	67,65	75,98	84,22
Curtose	1,77	0,54	4,85	3,36	-0,17
Assimetria	1,13	0,76	1.73	1.27	0,94
Amplitude (cm)	89,13	97,23	102,81	120,32	656,46
Mínimo (cm)	6,37	4,77	3,18	6,68	7,00
Máximo (cm)	95,49	102,00	106,00	127,01	130,00
Soma	10318,05	6960,93	11580,75	7799,65	123,00
Estatística descritiva da altura dos indivíduos em metros					
Média (m)	7,11*	6,94^{ns}	4,19*	7,59^{ns}	7,66^{ns}
Erro padrão	0,14	0,19	0,11	0,20	0,29
Mediana (m)	6.5	6,5	3.5	7	6,5
Modo (m)	8	7	2	7	5,5
Desvio padrão	3,65	3.28	2,80	3,63	3,09
Variância da amostra	13,39	10,79	7.87	13,21	9,56
CV(%)	51,46	47,31	66.92	47,85	40,34
Curtose	1,91	1,37	2.54	2,34	-0,17
Assimetria	1,16	0,95	1.42	1,46	0,94
Amplitude (m)	22	19	17,5	19,5	12,5
Mínimo (m)	1	1	0.5	2,5	2,5
Máximo (m)	23	20	18	22	15
Soma	4380,5	2000	2348,14	2340	866,5
Contagem	616	288	560	308	113

*= significância a 5%; ns= valores não significativos

As FDP$^{'s}$ foram escolhidas através do valor de correlação R^2_{aj} (tabela 5), coeficiente de variação em percentual (CV%) e variância (Tabela 5). São classificadas como hiperbólicas e exponenciais e podem ser comparadas ao modelo de Weibull, o qual tem sido utilizado na maioria dos estudos, por ser uma função flexível e possuir parâmetros facilmente correlacionados com características dos povoamentos, pela simplicidade de ajuste (CAMPOS; LEITE, 2009) e pelo fato da função ser intensamente estudada na área florestal.

Scolforo (2006) cita que o modelo de Weibull, apresenta características que se ajustam a distribuição de frequência de florestas nativas e plantadas. Machado *et al.* (1998) comprova esse resultado, analisando o ajuste de FDP$^{'s}$ para *A. angustifólia* em florestas naturais de Santa Catarina, diferenciando-as em florestas primárias e secundárias, concluindo que a função de melhor ajuste para a floresta primária foi a de Weibull. Esta equação possui grande flexibilidade e capacidade para ajuste, a outros estudos empíricos de diâmetro em Florestas Tropicas (LIMA *et al.*, 2015).

Pelo teste Kolmogorov-Smirnov aplicado para frequência acumulada dos córregos que compõem a microbacia urbanizada do município de Gurupi-TO, é notável uma amplitude de 0.054 a 0.128, sendo que todos os valores calculados do teste foram menores que o tabelado (D' = 0.309), indicando a aceitação da hipótese de nulidade, o que significa que as frequências esperadas e observadas são similares sob ponto de vista estatístico, ou seja, os modelos representaram bem o conjunto de dados (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros das funções matemáticas testadas para determinação das FDP's dos córregos que compõem a microbacia urbanizada do município de Gurupi-TO.

Córrego	Função	a	b	c	d	R^2_{aj}	CV%	F	K-S-O	K-S-T
Água Franca	1	25,581	-60,611	-6,184		0,99	22,4	1029,2	0,054*	*0,309
	2	1,671	0,687	3,673		0,99	24,4	898,1		
	3	2,838	2,632	-0,082		0,99	24,8	874,2		
	4	0,828	-0,571	12,321		0,98	26,4	757,5		
Dois Irmãos	6	0,639	-0,084	0,004		0,96	12,7	214,4	0,080*	
	7	-0,084	0,004	0,64		0,96	12,7	214,4		
	1	14,251	-35,391	-2,989		0,95	14	180,2		
	8	-17,506	1410,559	-7789,486		0,95	14,5	165,8		
Mutuca	10	124,243	2,559	-0,379		0,98	23	482,2	0,058*	
	7	22015,44	-33,502	-0,2		0,98	23,3	445,5		
	3	0,578	-0,079	0,003		0,98	22,8	445		
	11	-0,079	0,003	0,578		0,98	22,8	481,3		
Pouso do Meio I	12	0,0001	-15,25	0,02		0,94	15,6	142,3	0,077*	
	4	1,67	-0,24	3,21		0,94	15,8	139,4		
	11	3,485	1,376	-0,027		0,94	15,8	132,5		
	2	2,371	0,873	1,858		0,94	15,7	137,9		
Pouso do Meio II	15	0,497	0,313	-0,121	0,004	0,89	4,72	64,82	0,128*	
	17	-0,352	0,014	2,829		0,89	4,8	58,28		
	7	2,829	-0,352	0,014		0,89	4,8	64,12		
	12	0,001	-15,166	0,051		0,88	5,45	60,69		

Em que: a, b, c e d = parâmetros das equações; R^2aj = coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação em percentagem; F= valor de F; *= significância a 5%; ns= não significativo

Ao analisarmos os resultados expressos pelos gráficos de frequência de indivíduos pelas FDP's testadas (Figura 1), podemos observar que ocorre a formação do J-invertido em todos os córregos avaliados, com uma pequena variação entre as classes iniciais e médias, indicando que a área tem sua estrutura horizontal alterada através de ações antrópicas justificado pelo fato dos córregos cortarem o município. O comportamento do gráfico, em apresentar uma maior quantia de indivíduos nas menores classes e diminuir conforme o DAP aumenta, está relacionado à capacidade de autorregeneração da floresta, com regeneração continua das espécies. Diversos fatores atuam na dinâmica da estrutura horizontal de florestas constituídas por indivíduos de diferentes espécies e diferentes idades (mortalidade de indivíduos, crescimento, incremento, variações das condições climáticas, distúrbios, entre outros), causando heterogeneidade no tempo e no espaço (NASCIMENTO *et al.*, 2012).

Ao se utilizar como objeto de comparação os 5 gráficos (figura 1), observa-se que o córrego Água franca apresenta estrutura mais próxima de uma mata ciliar, ou seja, apresenta uma conformação similar a um J-invertido. Esse tipo de forma (J' invertido) está relacionado à dinâmica de florestas nativas. Segundo Giácomo *et al.* (2013), e Ferreira *et al.* (2015) este padrão de formação da curva de acumulação de espécies é característico da vegetação do Cerrado.

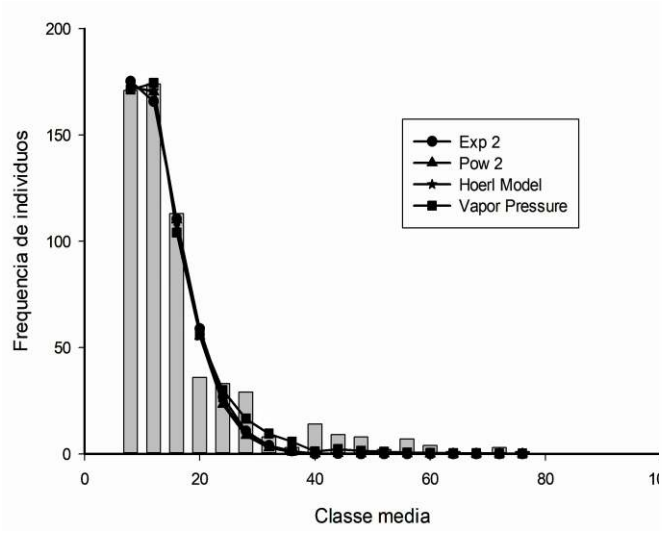
O córrego Dois Irmãos possui um número menor de indivíduos nas suas primeiras classes diamétricas, onde na classe média de 8 cm, é inferior as classes médias de 12cm e 16 cm, a distribuição de indivíduos continua como esperada nas demais classes, havendo novamente uma distorção na classe média de 48 cm. Esta distribuição é característica de áreas nativas que possuem presença de ações antrópicas.

Já para o córrego Mutuca, ocorre uma disfunção em suas três primeiras classes medias, onde o número de indivíduos cresce conforme aumenta o valor da classe média. A partir da quarta classe média, a curva segue seu padrão normal, sofrendo novamente uma alteração na classe média de 50 cm, 68 cm e 76+ cm, ocorrendo respectivamente um aumento no

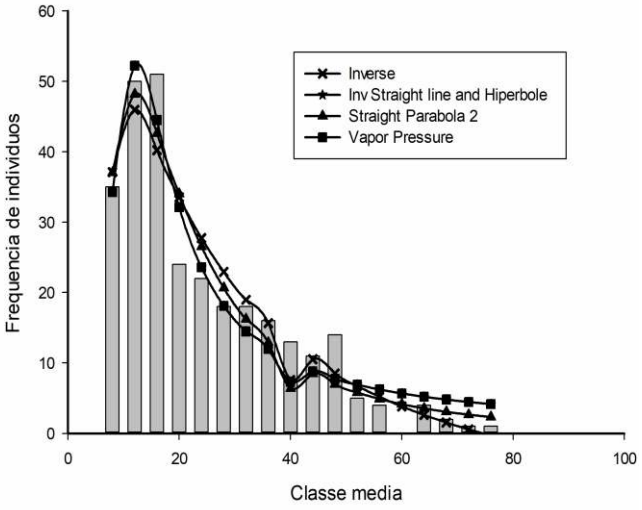
número de indivíduos quando comparada as classes medias anteriores 48 cm, 66cm e 74cm.

A distribuição diamétrica expressa pelo Pouso do Meio I, se mostrou a com maior perturbação entre os cinco córregos, havendo oscilação no número de indivíduos entre cada classe diamétrica. A classe diamétrica média de 20 cm, possui uma acentuação no número de indivíduos. E para o córrego Pouso do meio II, apresentou semelhança com os córregos Dois Irmãos e Mutuca, diferenciando pela ausência de indivíduos nas classes 56 cm, 60cm, 68cm e um aumento significativo na classe de 76+ cm.

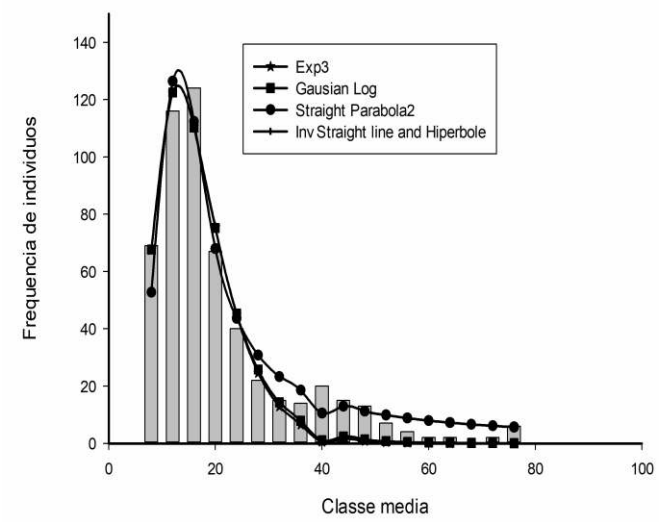
Figura 1. Histograma de frequência de indivíduos por classe diamétrica e FDP´s descrita pelas funções matemáticas testadas para os córregos: Água Franca, Dois Irmãos, Mutuca, Pouso do Meio I e Pouso do Meio II.



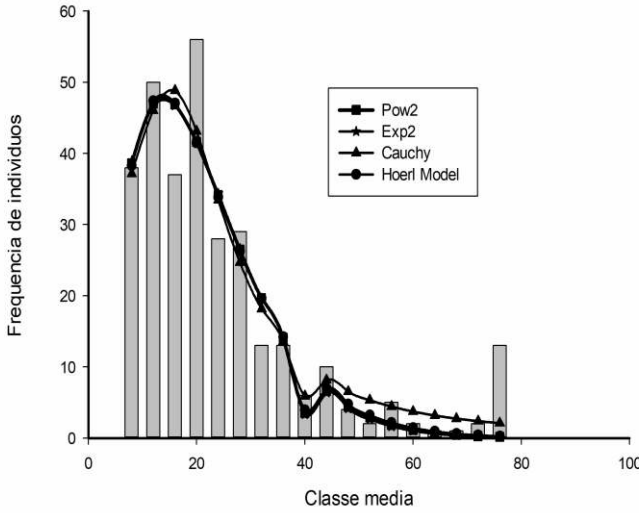
Água Franca



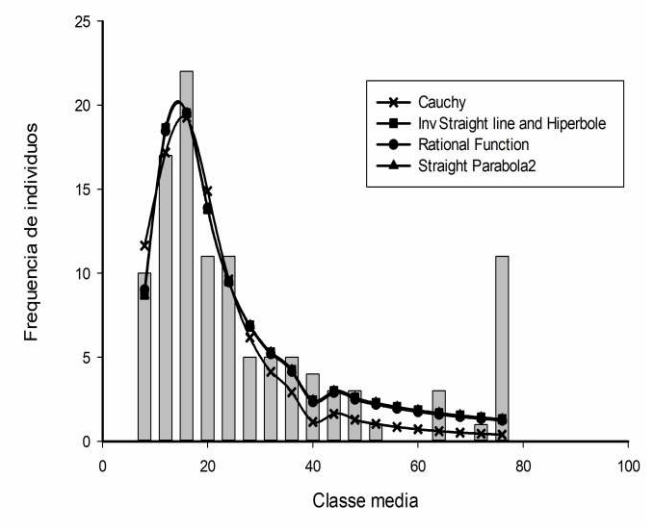
Dois Irmãos



Mutuca



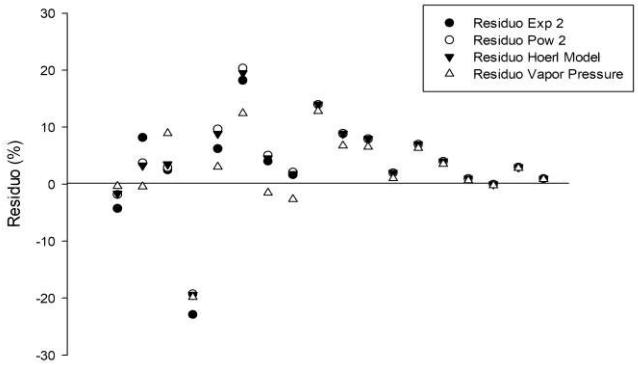
Pouso do Meio I



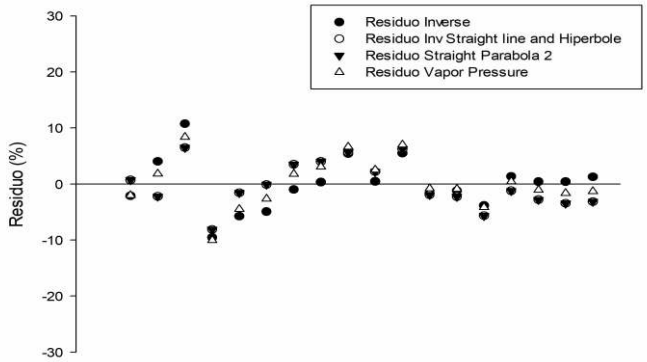
Pouso do Meio II

Na análise gráfica de dispersão de resíduos (Figura 2), entre as funções estimadas, onde se verificou que todos os modelos apresentaram tendências para superestimar os diâmetros inferiores e intermediários, e subestimar os maiores valores de diâmetro dentro dos limites de erro permitido. Netto *et al.* (2008), no estudo da dinâmica da distribuição diamétrica de diversas espécies no Brasil, também encontraram uma maior amplitude dos diâmetros com o avanço da idade.

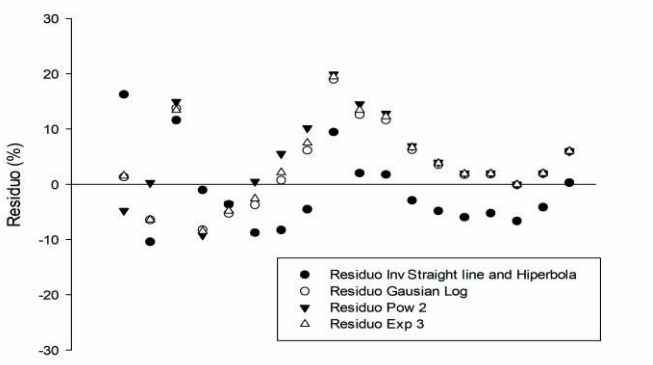
Figura 2. Dispersão dos resíduos dos córregos que compõe a microbacia urbanizada de Gurupi-TO



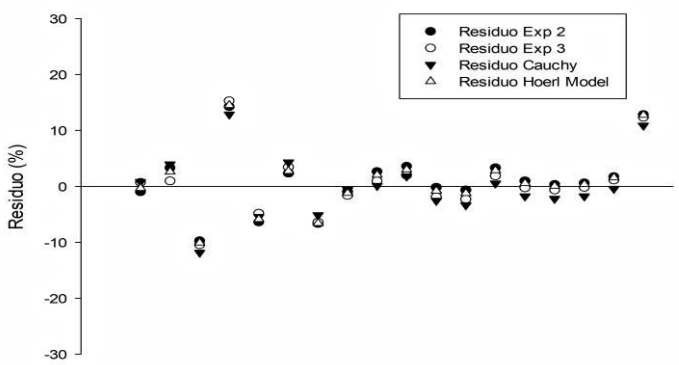
Água Franca



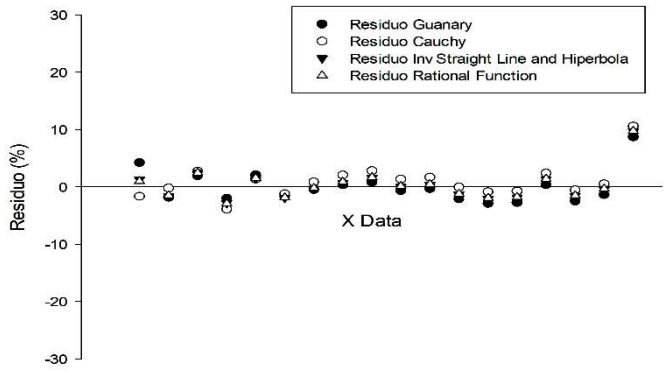
Dois Irmãos



Mutuca



Pouso do Meio I



Pouso do Meio II

Quanto a assimetria das FDP's (tabela 5), pode-se observar que a curva descrita é assimétrica positiva ou a direita para todos os córregos que compõe a micro bacia urbanizada do município de Gurupi e a curtose evidencia uma curva leptocúrtica, ou seja, a distribuição possui uma curva mais achatada que a curva normal, para todos os córregos com exceção do córrego Pouso do Meio I sendo considerado platicúrtica a qual possui uma distribuição mais elevada. Resultado semelhante a este foi encontrado por Ferreira (2015) que ao avaliar a distribuição diamétrica em clones de eucalipto aos 60 meses de idade encontrou curva assimétrica positiva.

Também Gama *et al.* (2018) ao ajustarem funções de densidade de probabilidade para descrever duas áreas de Cerrado sendo: Cerrado sensu stricto (3,89 ha) e Mata Ciliar (2,1 ha) determinaram que a curva descrita é assimétrica positiva ou a direita para Cerrado sensu stricto e Mata Ciliar e a curtose evidencia uma curva leptocúrtica, para Cerrado sensu stricto a curva se apresenta platicúrtica, a qual possui uma distribuição mais elevada para Mata Ciliar.

De acordo com as estatísticas dos dados observados em relação aos estimados pelas FDP's foi confirmado a eficiência dos mesmos, pois as médias e variâncias dos valores dos parâmetros observados estão muito próximos dos valores paramétricos das funções probabilísticas ajustadas. Os valores da média, moda e mediana observadas revelam também proximidade com os parâmetros das funções ajustadas (Tabela 6).

Tabela 6. Assimetria e curtose para as FDP's dos córregos que compõem a micro bacia urbanizada do município de Gurupi.

FDP's	Média (cm)	Moda (cm)	Erro padrão %	Mediana (cm)	CV (%)	Assimetria	Curtose
Água Franca							
Vapor Pressure	14,48	12	41,51	2,10	22,43	1,94	2,63
Hoerl Model	13,34	12	47,85	2,01	24,48	1,92	2,46
Pow -2	13,27	12	48,38	2,00	24,88	1,92	2,45
Exp (2)	13,48	12	46,78	1,89	26,41	1,89	2,35
Dois Irmãos							
Straight / parábola (2)	26,04	12	16,77	3,44	12,76	1,35	0,76
Inv: straight line and hiperbola	26,04	12	16,77	4,37	12,76	1,35	0,76
Vapor Pressure	24,53	12	17,74	3,00	14	1,02	-0,35
Inverse	24,15	12	18,54	2,85	14,54	0,75	-0,78
Mutuca							
Gaussian log	17,11	12	33,86	3,82	23,01	1,48	1,01
Exp (3)	16,78	12	34,59	3,82	23,31	1,49	1,01
Straight / parábola (2)	23,49	12	25,79	4,36	22,84	1,78	2,36
Inv: straight line and hiperbola	23,49	12	25,79	4,36	22,84	1,78	2,36
Pouso do Meio I							
Cauchy	24,02	16	19,18	2,85	15,63	0,86	-0,91
Exp (2)	21,25	16	21,49	2,74	15,82	0,73	-1,21
Pow (2)	21,43	16	21,30	2,79	15,8	0,73	-1,18
Hoerl Model	21,72	16	21,00	2,84	15,77	0,75	-1,13
Pouso do Meio II							
Rational Function	25,32	16	10,72	4,26	4,72	1,43	0,96
Inv: straight line and hiperbola	25,63	16	10,69	4,34	4,8	1,45	1,05
Straight / parábola (2)	25,63	16	10,69	4,34	4,8	1,45	1,05
Cauchy	21,25	16	11,85	3,52	5,45	1,22	0,08

O teste qui-quadrado (χ2) foi utilizado para verificar se as frequências observadas não são diferentes das frequências esperadas a um nível de 5% de probabilidade de confiança. Para os córregos Água Franca o valor χ2 calculado 1,673, Dois Irmãos o valor χ2 calculado 1,002, Mutuca valor χ2 calculado 2,390, Pouso do Meio I o valor χ2 calculado 1,774 e Pouso do Meio II o valor χ2 calculado 1,272. Sendo todos menores que χ^2 tabelado 3,25. Em todos os casos não verificou diferença significativa entre os valores observados e os estimados pelas FDP's indicando aderência dos dados observados aos modelos selecionados.

As variáveis DAP e Ht quanto a correlação de Pearson são consideradas fracas (valores entre 0 e 0,3) para todos os córregos avaliados (Tabela 7).

Tabela 7. Correlação de Pearson para variável diâmetro entre os córregos analisados.

DAP (cm)					
Córrego	Água Franca	Dois Irmãos	Mutuca	Pouso do Meio I	Pouso do Meio II
Água Franca	1				
Dois Irmãos	0,05380	1			
Mutuca	0,1320	0,0065	1		
Pouso do Meio I	-0,0337	-0,0089	-0,0646	1	
Pouso do Meio II	-0,0854	0,0391	0,3124	-0,0762	1
H Total (m)					
Água Franca	1				
Dois Irmãos	-0,0486	1			
Mutuca	-0,0401	0,1837	1		
Pouso do Meio I	0,0452	-0,0164	0,0026	1	
Pouso do Meio II	-0,0543	-0,1394	0,2062	-0,1283	1

A maior similaridade florística encontrada no córrego Água Franca foi entre as parcelas 9 e 11 (100%) onde aparece em abundância espécies das famílias Anacardiacea, Moraceae e Mimosoideae, e nas parcelas 2 e 5 (67%) com espécies representadas pelas famílias Simaruaceae, Euphorbiaceae e Tiliaceae e a menor similaridade ocorreu entre a parcela 17 e as demais (5%) onde a única família que se destacou foi a Mimosoideae. As espécies que se destacam pelo maior IVI em toda a área do córrego Agua Franca foram: *Mauritia flexuosa Schultz Sch.* (39,07%) *Myracrodruon urumbeva Allemão* (18,60%) e *Anadenanthera columbrina (Vell.) Brenan* (15,03%).

Para o córrego Dois Irmãos mostrou que as parcelas 21 e 24 apresentaram 100% de semelhança entre si, onde a família Euphorbiaceae acompanhado por uma taxa de similaridade de 89% é a mais representativa, entre as parcelas 3 e 13 onde a família mais abundante é a Fabaceae. As parcelas 23 e 25 não apresentaram similaridade. O córrego Mutuca (Figura 3) apresentou nível de semelhança entre todas as suas parcelas, com variação de amplitude entre 74% nas parcelas 3 e 6 onde a família mais abundante é a Dilleniaceae, e um nível de semelhança de 42% nos pontos 6 e 9 onde a família mais representativa é a Anacardiaceae. Ao analisar todas as parcelas, as espécies *Mauritia flexuosa* (56,70%), *Mangifera indica* L. (15,11%) e *Pachira aquática Aubl.* (13,13%) se destacam por maior IVI.

O córrego Mutuca apresentou nível de semelhança entre todas as suas parcelas com variação de amplitude entre 74% nas parcelas 3 e 6 onde a família que é mais abundante é a Dilleniaceae, a 42% nos nós 6(compreende as parcelas 9 e 4) e 9, onde a família mais representativa é a Anacardiaceae. As espécies que se destacaram pelo maior IVI em todo a área do córrego foram: *Mauritia flexuosa* (24,84%), *e Anadenanthera columbrina* (24,12%) e *Pithecoctenium crucigerum (L.) A.H. Gentry* (20,52%)

A similaridade encontrada no Pouso do Meio I se mostrou elevada nas parcelas 4 e 11 (80%) seguida pela parcela 23 e 24 (73%) e a com menor similaridade foi entre os pontos 21 e 22. As espécies *Ficus adhatodifolia Schott in Spreng.* (56,52%), *Inga vera subsp. affinis Willd.* (13,72%) *Tapirira guianensis var. cuneata Engl.* (7,8%) se destacaram por apresentar maior IVI em toda a área do córrego Pouso Do Meio I.

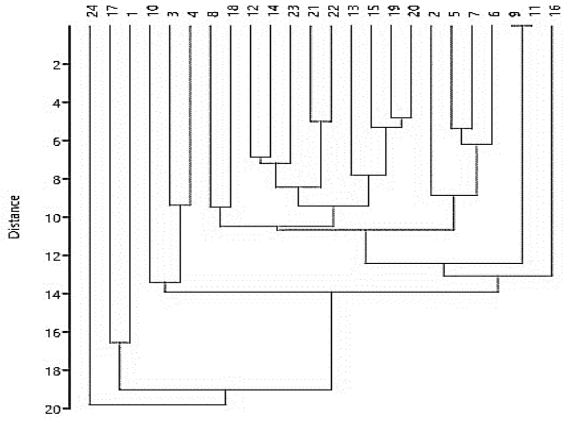
Para o córrego Pouso do Meio II (Figura 3) o seu maior valor de similaridade foi entre as parcelas 5 e 6 (75%) onde a família mais representativa é a Moraceae, e o menor valor entre os pontos 2 e 6. As espécies que se destacaram pelo maior IVI em toda a área do córrego foram: *Ficus adhatodifolia* (43,41%), *Heliocarpus popayanensis subsp. popayanensis L.* (20,51%) e *Licania kunthiana Hook.f.* (14,67%).

Observando o resultado obtido em cada córrego, conclui-se que a menor taxa de similaridade foi encontrada no córrego Água Franca ao valor de 5% entre a parcela 17 e as demais. Por outro lado, foi deparado como o maior valor de similaridade 100% no córrego Água Franca e Dois Irmãos respectivamente entre as parcelas 9 e 11 e as parcelas 21 e 24.

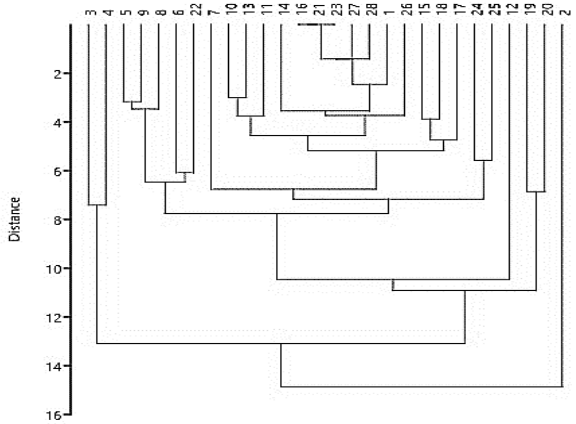
O dendrograma exibe graficamente que foram constituídos 4 pontos de amostra. O primeiro ponto é constituído pelos córregos Água

Franca e Mutuca, expressando uma similaridade de 67%, o mesmo nível de similaridade encontrada no segundo ponto, composto pelos córregos Pouso do Meio I e Pouso do Meio II. O ponto de número 3, é formado pela similaridade entre o córrego Dois Irmãos e o ponto de número 1, onde apresentaram uma a proximidade de 59,3%. E por fim, o quarto ponto, é a junção entre o ponto 2 e 3, o qual expressa uma comparação mais ampla entre os córregos, encontrando como similaridade o valor de 48,2 % (Figura 3).

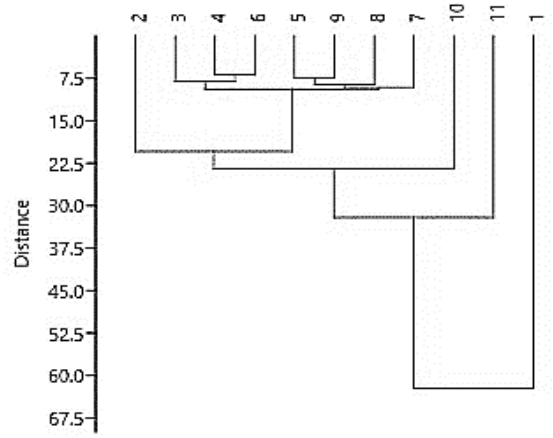
Figura 3. Dendrogramas de similaridade florística das parcelas dos córregos e entre os córregos que compõe a microbacia urbanizada do município de Gurupi-TO



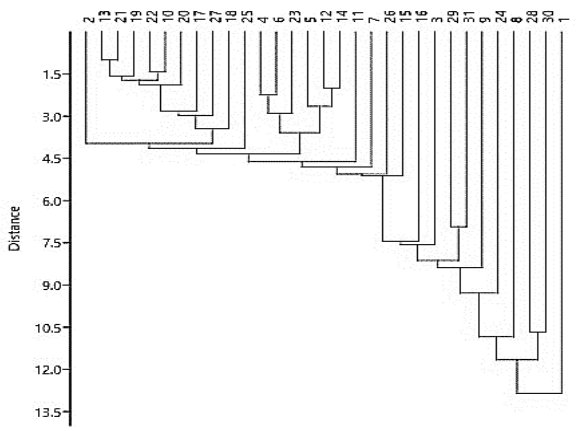
Água Franca - 1



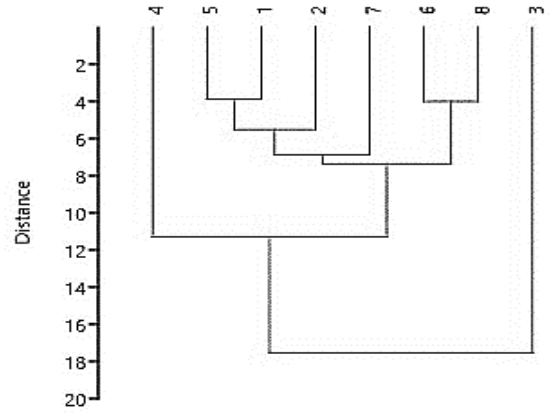
Dois Irmãos - 2



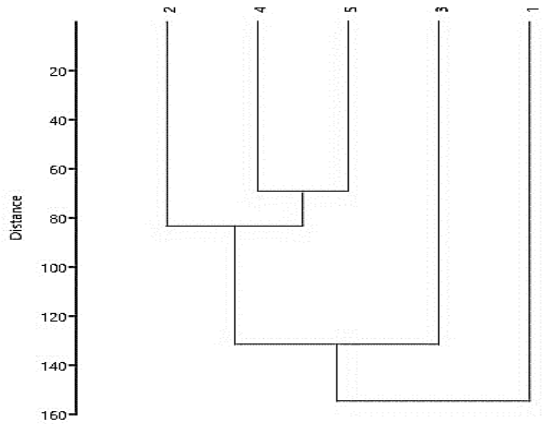
Mutuca - 3



Pouso do Meio I - 4



Pouso do Meio II - 5



Todos os corregos - 1,2,3,4,5

A matriz com a similaridade florística estabelecidas entre as áreas de cerrado determinado pelo índice de similaridade de Sorensen (Tabela 8) foi calculada entre os córregos. Exemplos análogos de categorização foram encontrados para matas de galeria no Distrito Federal, onde os níveis do lençol freático foram decisivos para a formação de grupos (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2001) corroborando com a ideia de que a presença de água nos solos é um fator principal na classificação da vegetação.

Tabela 8. Matriz de similaridade florística estabelecida entre os córregos, Água Franca, Dois Irmãos, Mutuca, Pouso do Meio I e Pouso do Meio II, da microbacia urbanizada dos rios Santa Tereza e Santo Antônio do município de Gurupi.

Água Franca	1				
Dois Irmãos	0,59	1			
Mutuca	0,66	0,59	1		
Pouso do Meio I	0,53	0,50	0,64	1	
Pouso Do Meio II	0,32	0,43	0,46	0,66	1
	Água Franca	Dois Irmãos	Mutuca	Pouso do Meio I	Pouso do Meio II

Conclusões

A aderência dos valores estimados pelas funções densidades de probabilidade mostraram que as funções vapor pressure, exponencial, pow (2), cauchy e rational function podem ser utilizadas para modelagem da distribuição diamétrica dos córregos Água Franca, Dois Irmãos, Mutuca, Pouso do Meio I e pouso do Meio II respectivamente.

O teste X^2 para todas as áreas mostrou que não há diferença significativa entre os conjuntos de dados comparados. Ou seja, a FDP selecionada para as estimativas dos DAP's é acurada e pode ser utilizada em outras áreas de mesma tipologia vegetal.

O agrupamento entre os córregos ocorre de forma que o Pouso do Meio I é semelhante ao Pouso do Meio II, o córrego Dois Irmãos possui semelhança com os córregos Água Franca e Mutuca, por fim estes se assemelham entre si.

Através da correlação de Pearson pode-se concluir que para a variável H apresenta em todos os casos valores insignificantes de relação, enquanto somente entre os córregos Mutuca e Pouso do Meio II para a variável DAP, apresentou uma correlação fraca com o valor de 0.31, enquanto os demais valores para a mesma variável apresentaram-se desprezíveis indicando que o comportamento de crescimento em altura e diâmetro não é o mesmo nas áreas estudadas.

Referências

APG. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.181, n.1, p.1-20, 2016. https://doi.org/10.1111/boj.12385

BARRA, O. S. V.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A.; CORTE A. P. D.; Proposta Metodológica Para O Ajuste Ótimo Da Distribuição Diamétrica Weibull 3p. **Revista Floresta,** v.34, n.3, p.387-393, Set/Dez 2004. https://doi.org/10.5380/rf.v34i3.2425

BROWER, J. E.; ZAR, J. H.; ENDE, V. N. C. **Field and Laboratory Methods of General Ecology**. 2. ed. Iowa: Brown Company Publishers, 1998. p. 226.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal:** perguntas e respostas**.** 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 543p.

CASTRO, K. B.; HENRIQUE, L. R., JORGE; E. F. W. L.; SARA, F. Aplicação de série temporal mínima para simulação de vazões em bacia experimental do cerrado. **Revista Brasileira de Cartografia,** v.68, n.8, 2016. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia. Acesso: 14 abr. 2019.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; SALVADOR, S. M.; ALLASIA, P.; DANIEL, G. Composição florística e potencial de regeneração da mata ciliar

remanescente de um tributário do Vacacaí-Mirim, Santa Maria-RS. **Ciência Florestal**, 2018. Disponível em: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53458221016. Acesso: 10 maio 2020.

FERREIRA, R. Q. D. S.; CAMARGO, M. O.; SOUZA, P. B.; ANDRADE, V. C. L. D. Fitossociologia e estrutura diamétrica de um cerrado sensu stricto, Gurupi – TO. **Revista Verde**, v.10, n. 1, p.229-235, 2015. http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i1.2996.

GAMA, C. C.; AGUIAR, B. A. C.; FERNANDES, P. R. S.; LIMA, E. N. P.; SANTOS, A. F.; COELHO, M. C. B. Funções probabilísticas para descrever a distribuição diamétrica em Peixe –TO. **Scientia Agraria Paranaensis,** 2018.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia,** v.55, p.753-767, 1995.

GIÁCOMO, R. G.; CARVALHO, D. C.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, A. B.; GAUI, T. D. Florística e fitossociologia em áreas de campo sujo e cerrado sensu stricto na estação ecológica de Pirapitinga–MG. **Ciência Florestal**, v.23, n.1, p.29-43, 2013. http://dx.doi.org/10.5902/198050988437

JESUS, C. M. **Funções de densidade de probabilidade para estimativa das distribuições de variáveis dendrométricas em um povoamento clonal de eucalipto no Distrito Federal.** 2016. 45 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map.

LIMA, R. A. F.; BATISITA, J. L. F.; PRADO, P. I. Modeling tree diameter distributions in natural forests: An evaluation of 10 statistical models. **Forest Science**, v.61, n.2, p.320-327, 2015. https://doi.org/10.5849/forsci.14-070

MACHADO, S. A.; Augustynczik, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; MIGUEL, E. P.; TÉO, S. J. Distribuição Diamétrica de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Agraria**, v.10, n.2, p.103-110, Mar./Apr. 2009. https://doi.org/10.5380/rsa.v10i2.13575

NASCIMENTO, R. G. M.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. E.; HIGUCHI, N. Modelo de projeção por classe diamétrica para florestas nativas: enfoque na função probabilística de Weibull. **Pesquisa Florestal Brasileira,** v.32, n.209. 2012. https://doi.org/10.4336/2012.pfb.32.70.93

NETTO, C. C.; SCHNEIDER, P. R. Distribuição diamétrica para povoamento de *Pinus taeda* em função da idade. *In*: Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, 4., **Anais** [...]. Santa Maria: Gráfica e Editora Pallotti, 2008.

SANTOS, M. J.; ANDRADE, V. C. L.; FREITAS, B. C.; FERRERIRA, R. Q. S.; BANDEIRA, S. S. 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. doi:10.18188/1983-1471/sap.v16n3p328-334.

SANTOS, M. C. V.; SILVA, N. M.; RODRIGUES, R. Análise Comparativa da Recuperação de Trecho de Mata Ciliar (Rio Cuiabá-MT) Quadrantes Submentidos a diferentes condições de Manejo. **Caderno de Publicações Univag**, n.2, 2015.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal.** Lavras, UFLA/FAEPE, 2006. 393p.

SEPLAN. **Base de Dados Geográficos do Estado do Tocantins**. Palmas, 2000. Disponível em: http://zoneamento.sefaz.to.gov.br/TO_AtlasTocantins2012_1/Atlas_do_Tocantins_2012.pdf. Acesso: 22 jun. 2020.

SILVA JÚNIOR, M. C. Análise da flora arbórea de Matas de Galeria no Distrito Federal: 21 levantamentos. *In*: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUZA-SILVA, J. C. (orgs.). **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 2001.

SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy. The principles and practice of**

numerical classification. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573 p.

SOUZA, P. B.; JUNIOR, A. W. S.; SOARES, M. P.; VIANA, R. H. O.; CAMARGOS, V. L. de; NETO, J. A. A. M. Florística de uma Área do Cerradão dentro da Floresta Nacional da Paraopeba- Minas Gerais. **Cerne**, v.16, n.1, p.086-093, maio 2015. Disponível em: http://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/169. Acesso: 01 abr. 2019.