



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**USO DA ESPECTROSCOPIA VIS/NIR NA DISCRIMINAÇÃO
DE FOLHAS DE CASTANHEIRA-DO-PARÁ (*Bertholletia
excelsa* Bonpl.) NA TERRA INDÍGENA XIPAYA**

Kananda Maria Moraes Oliveira

Altamira-Pará

2018

Kananda Maria Moraes Oliveira

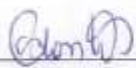
**USO DA ESPECTROSCOPIA VIS/NIR NA DISCRIMINAÇÃO
DE FOLHAS DE CASTANHEIRA-DO-PARÁ (*Bertholletia
excelsa* Bonpl.) NA TERRA INDÍGENA XIPAYA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de Engenharia
Florestal, Campus Universitário de
Altamira, Universidade Federal do Pará,
como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia
Florestal.

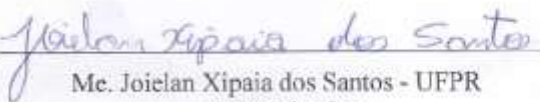
Aprovado em 12 de dezembro de 2018.



Prof. Dra. Márcia Orié de Sousa Hamada - UFPA
Orientadora



Prof. Dra. Patrícia Soares Bilhalva dos Santos - UFPA
1º Examinador



Me. Joielan Xipaia dos Santos - UFPR
2º Examinador

*À Deus e minha mãe Cleonice Moraes.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará (UFPA) pela oportunidade de realizar este curso e pelo ambiente propício ao aprendizado, a faculdade de Engenharia Florestal e todo o seu corpo docente por todo o conhecimento e despertar a minha paixão pelas ciências florestais;

A minha orientadora Márcia Hamada por toda confiança durante a elaboração do TCC;

A Joielan Xipaia sem a qual não seria possível a realização deste trabalho. Por toda orientação, dedicação, incentivo e cuidado desde a elaboração deste projeto até o desenvolvimento final para que tudo saísse como planejado. E principalmente pela amizade durante toda a graduação;

Ao professor Alisson Reis por todo incentivo à pesquisa e exemplo de dedicação a ciência, bem como por todos os ensinamentos transmitidos;

À Universidade Federal do Paraná (UFPR) e ao Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) pela oportunidade de desenvolver o projeto, em especial a Professora Silvana Nisgoski e Helena Vieira por todo apoio;

À Aldeia Tukamã e Tukayá pela confiança e abertura para a realização da pesquisa;

Aos amigos Jairo Fidelis, Jordan Pantoja e Kwazady Xipaya pela companhia e desenvolvimento das atividades de campo;

Aos colegas de turma pelos momentos de dificuldades, sorrisos e companheirismo durante toda a graduação, eternamente grata;

Ao Movimento Empresa Júnior pela vivência empresarial durante esses últimos três anos, sem dúvidas uma das experiências mais enriquecedoras;

A Altaflora Júnior e a Federação Paraense de Empresas Juniores pela oportunidade de viver momentos tão incríveis ao lado de pessoas comprometidas e capazes, meus agradecimentos a diretoria executiva e ao conselho administrativo da Pará Júnior por compartilhar esta jornada;

A Luana Cruz pela amizade, todo incentivo, cumplicidade e apoio durante os momentos mais difíceis. Obrigada por sempre se fazer presente em minha vida;

Ao Marcio Carvalho por todo amor, paciência, apoio incondicional e companheirismo ao longo de toda essa jornada. Obrigada por ser tão atencioso e por entender a minha ausência em diferentes momentos;

Aos amigos de Altamira, por me acolherem tão bem durante toda a graduação e através de toda motivação nunca me deixar desistir;

A minha mãe Cleonice Moraes, que encheu meu coração de amor e esperança, pelo exemplo de força e humildade. Obrigada pelo esforço e compreensão nos momentos de ausência;

A toda minha família, em especial, a minha madrinha Eunice Moraes, minha avó Maria Vitalina e minha prima Jaqueline Moreira, que fizeram de tudo para tornar os momentos difíceis mais brandos, sem a força de vocês eu não conseguiria seguir em frente. Esse TCC também é de vocês!

À Deus, que em sua infinita sabedoria colocou força em meu coração para vencer essa etapa de minha vida;

À todos aqueles que direta ou indiretamente me ajudaram a realizar este trabalho.

“Não precisamos nos arriscar na jornada sozinhos, pois os heróis de todos os tempos já o fizeram antes de nós.

O labirinto já é conhecido. Temos apenas que seguir a trilha do herói.

Onde pensávamos que encontraríamos um monstro, encontramos um deus.

Onde pensávamos que derrotaríamos alguém, derrotamos a nós mesmos.

Onde pensávamos em viajar para fora, viajamos para o centro de nossa existência.

E onde pensávamos que estaríamos sozinhos, seremos um com o mundo. ”

Joseph Campbell

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
MATERIAL E MÉTODOS	8
Levantamento de campo	8
Coleta e caracterização foliar.....	9
Medição da cor.....	9
Aquisição dos espectros do NIR.....	10
Análises estatísticas	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
CONCLUSÃO.....	13
REFERÊNCIAS	13

Este trabalho trata sobre o uso de técnicas não destrutivas para discriminação de folhas em duas comunidades indígena na Terra Indígena Xipaya, e será submetido à Revista Ciência Florestal (Universidade Federal de Santa Maria).

USO DA ESPECTROSCOPIA VIS/NIR NA DISCRIMINAÇÃO DE FOLHAS DE CASTANHEIRA-DO-PARÁ (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) NA TERRA INDÍGENA XIPAYA

THE USE OF VIS/NIR SPECTROSCOPY OF CASTANHEIRA-DO-PARÁ's (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) LEAVES DISCRIMINATION ON XIPAYA's INDIGENOUS LAND

RESUMO

A Castanheira-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) apresenta grande valor social, econômico e ecológico, a sua amêndoa configura-se como um dos produtos mais importantes para economia florestal e uma das principais fontes de renda de comunidades ribeirinhas e indígenas da Amazônia. O aumento da exploração nos castanhais nativos da Amazônia brasileira, tem contribuído com o declínio da produção das amêndoas de castanha-do-pará. Sendo assim, este trabalho tem por objetivo verificar o uso da espectroscopia VIS/NIR na discriminação das folhas de castanheira-do-Pará oriundas de duas comunidades indígena. O estudo foi conduzido em duas aldeias indígenas Tukamã e Tukayá da Terra Indígena Xipaya, Altamira, no Estado do Pará. Inicialmente, foram coletadas amostras de folhas de 30 árvores de castanheira, sendo 15 de cada comunidade. Posteriormente, estas foram enviadas ao Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Foi utilizado o sistema CIELAB para determinação da cor, efetuando 10 medições de forma aleatória na região do espectro visível, as variáveis (L^* , a^* , b^* , C , e h^*), foram analisadas quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($K-S$), sob 95% de probabilidade, por procedência, a comparação entre médias foi realizada através do teste de Tukey a 95% de probabilidade. Os espectros do NIR foram obtidos através do espectrômetro Tensor 37, nas 30 folhas de castanheira das duas procedências. Na diferenciação das amostras, foram utilizados a Análise de Componentes Principais (PCA) em conjunto com a segunda derivada, e o software Unscrambler X (versão 10.1). Com resultados, pode-se concluir que os espectros médios do NIR e da PCA em conjunto com a segunda derivada mostrou-se mais promissores na discriminação das folhas de castanheira das duas comunidades.

Palavras-chave: Parâmetros colorimétricos; curva espectral; TI Xipaya.

ABSTRACT

The Castanheira-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) with a great social, economic and ecological value, your almond sets up as one of the most important products to forest economy and one of the main source of income on riverside and indigenous community of amazon. The increase of exploitation on the native chestnuts of Brazilian amazon, has contributed to the decrease of castanha-do-pará's almond production. However, this study aims verify the VIS/NIR spectroscopy use to discriminate the castanheira-do-pará's leaves natives from twp indigenous communities. This study was conducted on those two indigenous village: Tukamã and Tukayá on Xipaya's indigenous land, Altamira, Pará's state. Initially, were collected leaves samples of 30 chestnut trees, being 15 of each community. After, those samples were sent to Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (Wood's anatomy and quality lab) from Paraná University (UFPR). It was utilized CIELAB system to determine color, realizing 10 measurement randomly in the visible spectrum area, the variables (L^* , a^* , b^* , C , e h^*), were analyzed within normality by the Kolmogorov-Smirnov ($K-S$) test, by probability of 95%, as precedence, the comparison between averages were realized through the Tukey's test, using 95% as probability. The NIR's spectrum were obtained through the Tensor 37 spectrometer, on each of 30 leaves of chestnuts from both precedencies. On the samples differentiation, were utilized the Principal Components Analysis (PCA) in harmony with the second derivate, and the Unscrambler X (version 10.1) software. With the results, it may concluded that the average spectrum from NIR and PCA altogether with the second derivate showed most promising on discriminating the leaves of chestnut on both communities.

Keywords: Colorimetric parameters; spectral curve; TI Xypaya.

INTRODUÇÃO

A castanheira-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), também conhecida como castanheira-do-Brasil, é uma árvore de porte majestoso e copa frondosa. Ela pode ser encontrada em florestas às margens de grandes rios, essa espécie pertencente à família Lecythidaceae, é considerada pioneira na Amazônia brasileira, com grande valor social, econômico e ecológico para a região (BORÉM et al., 2009). Entre os produtos florestais não madeireiros (PFNM), a amêndoa da castanha caracteriza-se como um dos produtos mais importantes da economia florestal (COELHO, 2013). O extrativismo e beneficiamento sustentam inúmeras comunidades, estando presente como principal elemento, senão único, na fonte de geração de renda de milhares de famílias indígenas, ribeirinhas e quilombolas, além de promover a conservação da floresta (RIBEIRO, 2011; SILVA et al., 2013).

Na região Amazônica as coletas das amêndoas de castanha-do-Pará têm sido realizadas de forma intensa nos últimos séculos, conseqüentemente, a reposição das árvores mais antigas pelas jovens não ocorrem mais no

58 ritmo desejado, dificultando a sucessão das gerações de castanheiras (COELHO, 2013). Nesse sentido, a extração
59 de produtos florestais não madeireiros no Brasil tem apresentado, a cada dia, grande importância social,
60 econômica e ambiental, já que atua prioritariamente em pequenas propriedades e preserva parte importante da
61 biodiversidade das florestas nativas. No entanto, as políticas públicas e o desenvolvimento científico devem estar
62 voltados para disponibilizar, a estes projetos de extração, meios que permitam a manutenção de suas atividades
63 sem que haja comprometimento de sua viabilidade e sustentabilidade econômica, social e ambiental (FIEDLER
64 et al., 2008).

65 A Terra indígena Xipaya engloba duas aldeias Tukamã e Tukayá, ambas localizadas no município de
66 Altamira, Pará. Fazem parte do mosaico de áreas protegidas da região, que possuem fundamental importância
67 para conservação e preservação ambiental (SANTOS et al., 2016). O extrativismo sempre foi um dos meios de
68 subsistência desses indígenas, aliado a outras atividades produtivas como a agricultura e pesca, com destaque para
69 a comercialização da castanha-do-Pará. Porém, as comunidades Tukamã e Tukayá, estão enfrentando as
70 consequências da baixa produtividade desta matéria prima que têm sido uma problemática, visto que é uma das
71 principais fontes de geração de renda para os indígenas (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2017). O declínio
72 na produção de castanha-do-Pará estar diretamente ligado a exploração e mal-uso de técnicas de extração que
73 afeta a dinâmica populacional desses indivíduos, comprometendo assim o futuro da espécie (COELHO, 2013).

74 Atualmente utiliza-se de diversas tecnologias para discriminação e identificação de espécies arbóreas
75 tropicais, dentre estas técnicas, a espectroscopia do infravermelho próximo (NIR) e colorimetria são métodos
76 considerados atrativos devido a diversas vantagens, assim como, agilidade no preparo das amostras e sem
77 danificar o material analisado (HADLICH, 2017). Deste modo, visando auxiliar no processo de discriminação das
78 espécies, a colorimetria pode ser utilizada para a identificação, caracterização, discriminação e qualificação do
79 material, através da medição de cores, já que a cor está correlacionada com as propriedades foliar (RIBEIRO,
80 2009). O sistema CIELAB é o mais utilizado para medição da cor devido a sua facilidade de interpretação e
81 cálculo de cores diferentes, estima-se a cor do material em três coordenadas: luminosidade (L^*), representando a
82 posição no eixo preto-branco; coordenada cromática (a^*), definindo a posição no eixo verde-vermelho;
83 coordenada cromática (b^*), definindo a posição no eixo azul-amarelo. Além disso, os parâmetros de saturação
84 (C) e ângulo de tinta (h^*), que derivam das coordenadas a^* e b^* , podem ser obtidos (ATAYDE et al., 2011).

85 A tecnologia da Espectroscopia no Infravermelho Próximo (NIR) que tem sido utilizada com sucesso
86 como um método não-destrutivo, com qualidade de análises satisfatórias e dispõe de equipamento portáteis
87 comerciais e exibe resultado da análise em tempo real (PASTORE et al., 2011; BERGO et al., 2016). O uso do
88 NIR é eficaz na discriminação de espécies arbóreas, como madeiras e folhas e normalmente está associado a
89 procedimentos estatísticos que auxiliam na identificação e classificação de caracteres de interesse, em conjunto
90 com a quimiometria que é uma palavra-chave envolvendo processos matemáticos para derivar informações
91 químicas significativas de amostras de complexidade variada, permitindo extrair informações relevantes do
92 material analisado (TSUCHIKAWA e KOBORI, 2015). Essa técnica permite medir a interação da luz com o
93 material, que é determinada pela vibração das ligações químicas dos constituintes das amostras.

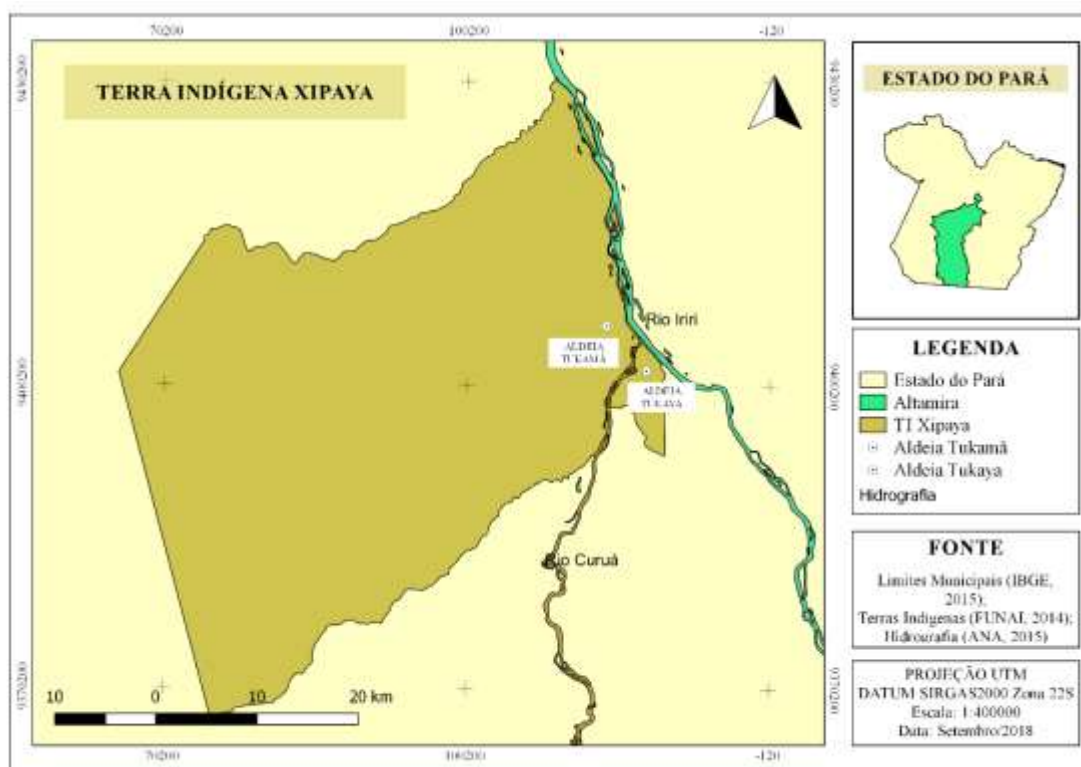
94 Assim, tendo em vista a importância da conservação e preservação dessa espécie este estudo tem como
95 objetivo principal verificar o uso da espectroscopia VIS/NIR na discriminação das folhas de Castanheira-do-Pará
96 (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) oriundas de duas comunidades indígena.

97

98 MATERIAL E MÉTODOS

99 Levantamento de campo

100 A coleta das folhas de Castanheira-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) foi realizada no mês de abril de
101 2016 na Terra Indígena Xipaya, aldeias Tukamã e Tukayá situadas no município de Altamira, Pará. A Terra
102 Indígena Xipaya ocupa uma área de 178.624 hectares situada dentro da região denominada Terra do Meio, sendo
103 que a aldeia Tukamã localiza-se à margem esquerda do rio Iriri e a aldeia Tukayá à margem direita do Curuá
104 (Figura 1). O clima da região equivale à floresta tropical com chuvas do tipo monção. Considerando-se o regime
105 úmido, a estação de seca é de pequena duração (julho a setembro). A temperatura fica em torno de 22 a 25°C. Os
106 solos predominantes são do tipo argilosos e Latossolos com coloração vermelho-amarelo, profundos, bem
107 drenados e com porções férteis (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2012).



108
109
110
111
112

FIGURA 1: Mapa de localização da Terra Indígena Xipaya, aldeias Tukamã e Tukayá.
FIGURE 1: Location map of Xipaya's land, Tukamã and Tukayá village.

Coleta e caracterização foliar

113
114
115
116
117
118
119
120
121
122

Foram coletadas um total de 30 de folhas de Castanheira-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl) em área de floresta, 15 indivíduos por aldeia e 1 folha de cada. As folhas foram extraídas da primeira bifurcação, medindo entre 17x30x1 cm (comprimento, largura e espessura) com espaçamento de 100 metros entre as castanheiras. O método utilizado para a retirada da folha foi o estilingue, a ferramenta foi definida como a mais adequada devido as características da espécie e a da tipologia da floresta do tipo densa. O material foi devidamente acondicionado em sacos do tipo 'ziploc' contendo sílica para controle de umidade e transportado para o Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) no estado do Paraná para a realização de análises. Por população de castanheira-do-Pará foram coletadas 3 amostras de solo, por meio de tradagens nas profundidades de 0 – 30 cm, posteriormente foram homogeneizadas e expostas ao sol por 2 horas e enviadas ao laboratório de análises de solos da Embrapa Amazônia Oriental na cidade de Belém, estado do Pará.

123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133

Para a caracterização arquitetônica da folha de castanheira, foi utilizado o método de diafanização baseado em Foster (1949) sugerida por Kraus e Arduin (1997). Para a clarificação utilizou-se o hidróxido de sódio a 10%, com tempo de permanência da folha na solução por 48 horas, sendo trocada diariamente. Em seguida, foi imersa no hipoclorito 50% por 15 minutos e lavada levemente em água corrente para a retirada do excesso de hipoclorito. Posteriormente, corada com safranina a 1% por 30 minutos e adicionada em uma série crescente de álcool etílico (50%, 70%, 90% e álcool puro V:V) e xilol (em proporção de álcool etílico:xilol em porcentagem de 70:30; 50:50; 30:70 e xilol puro V:V), cada bateria com duração de 30 minutos. Após a diafanização, a folha foi montada com verniz vitral entre lâminas de vidros de 2 mm de espessura, para análise das redes de nervuras. Para as análises, fotografou-se a folha inteira e os detalhes com auxílio da máquina digital SONY T30 com 7.2 MP sobre a mesa luminosa, em seguida, descritas seguindo a tabela de descrição e conceito do Manual of Leaf Architecture do Leaf Architecture Working Group (1999).

134

Colorimetria

135
136
137
138
139
140
141

A determinação da cor das folhas foi realizada através do sistema CIELAB (1976), usando-se o espectrofotômetro Konica Minolta CM-5, acoplado a um computador com programa SpectraMagic NX. O iluminante utilizado foi o D65 com uma lâmpada de xenônio difusa que simula a radiação solar diurna com um ângulo de observação de 10 graus. As 30 folhas de castanheira-do-Pará, foram submetidas a medições aleatórias em toda área foliar. Em cada folha, foram efetuadas 10 medições de forma aleatória na região do espectro visível, no intervalo de 360 a 740 nm na parte axial da folha evitando-se nervuras centrais e eventuais pontos de oxidação,

142 totalizando 300 medidas. Foram obtidos os seguintes parâmetros colorimétricos: luminosidade (L^*); coordenada
 143 do eixo verde-vermelho (a^*); e coordenada do eixo azul-amarelo (b^*). Com os valores anteriores foram calculados
 144 a saturação (C) e o ângulo de tinta (h^*) de acordo com as equações, respectivamente:

$$145 C = (a * 2 + b * 2)^{1/2}$$

$$146 h * = \arctg (b * / a *)$$

147

148 Espectroscopia do Infravermelho Próximo - NIR

149 Os espectros foram coletados utilizando um espectrômetro Tensor 37 (Bruker), adaptado com uma esfera
 150 de integração, operando em reflectância difusa (4.000 a 10.000 cm^{-1}) com resolução 4 cm^{-1} e 64 de varreduras. A
 151 aquisição dos espectros foi realizada diretamente nas 30 folhas de castanheira na parte axial evitando-se nervuras
 152 e eventuais pontos de oxidação. Em cada folha, foram 10 leituras, totalizando 300 medidas.

153

154 Análises estatísticas

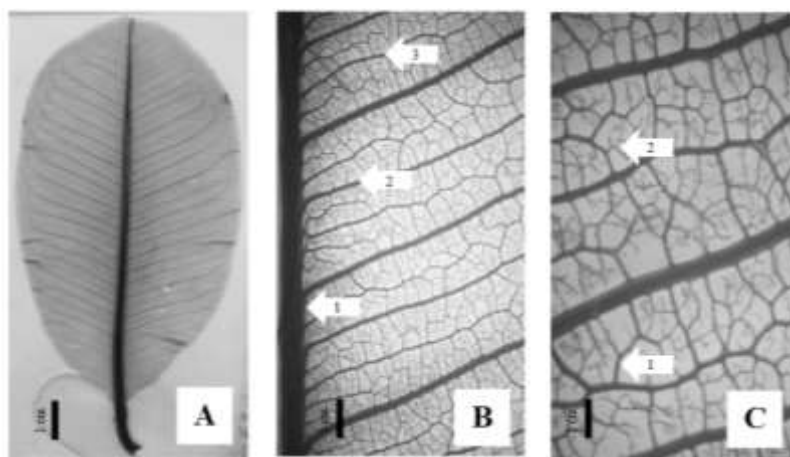
155 Os dados dos parâmetros colorimétricos e dos espectros do NIR obtidos das 30 amostras de folha de
 156 castanheira, foram submetidos ao teste de *Kolmogorov-Smirnov (K-S)*, sob 95% de probabilidade, para
 157 constatação de normalidade univariada, exigida por testes de comparações paramétricos. Após constatação de
 158 normalidade foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey sob 95% de probabilidade ($\alpha = 0,05$). O
 159 software utilizado para as análises de componentes principais (PCA) foi o Unscrambler X (versão 10.1). As
 160 análises foram efetuadas com os espectros em segunda derivada.

161

162 RESULTADOS E DISCUSSÃO

163 As folhas das castanheiras do Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) da Terra Indígena Xipaya apresentaram
 164 as seguintes características: folha simples e alterna; pecíolo piloso, canaliculado, de inserção marginal; lâmina
 165 simétrica de 30 cm de comprimento x 17 cm de largura; área foliar do tipo “Mesophyll” (variação de $4,500 -$
 166 $18,225 \text{ mm}^2$), forma obovada-oblonga; base com ângulo agudo, convexa; ápice com ângulo obtuso, cuspidado;
 167 de margem inteira ou levemente crenulada, glabra, coriácea. Venação de 1° categoria pinada; veia de 2° categoria
 168 levemente broquidródoma, de espaçamento uniforme, angulação crescente em direção ao ápice; intersecundárias
 169 presentes; veias de 3° categoria alterna percorrente, de simetria sinuosa, ramificada em direção a 2°, angulação
 170 obtusa e variabilidade angular decrescente; veia de 4° categoria alterna percorrente e 5° categoria dicotômica.
 171 Aréolas moderadamente desenvolvidas; últimas veias finas da folha com duas ou mais ramificações; ausência de
 172 ordens maiores de veias; veia marginal do tipo lobada. A mesma caracterização foi encontrada nos resultados da
 173 coleta na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé (RDS), localizada no município de Manaus-AM,
 174 amparando o fator de confiabilidade de identificação para a mesma espécie (MATTA, 2011).

175



176

177 FIGURA 2: A) Folha inteira de *Bertholletia excelsa* Bonpl. B) Destaque das Veia primária (1), veias secundárias
 178 (2) e veias intersecundárias (3). C) Destaque das Veias terciárias (1) e quaternárias (2).

179 FIGURE 2: A) *Bertholletia excelsa* Bonpl. B) Primary veins, secondary veins. C) Tertiary and quaternary veins.

180

181 Os valores médios e o desvio-padrão dos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* , C e h^*), obtidos por local
 182 de coleta, para as amostras de folhas de castanheira da Terra Indígena Xipaya estão na Tabela 1. Apenas os
 183 parâmetros colorimétricos (a^* e h^*) reportaram diferenças estatísticas significativas através do teste de Tukey (α
 184 $= 0,05$), os demais não diferiram estatisticamente.

185

186 TABELA 1: Valores médios e o desvio-padrão dos parâmetros colorimétricos, por local de coleta das folhas da
187 castanheira-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

188 TABLE 1: Average values and standart deviation of colometric parameters, by each collection point of the
189 castanheira-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

Local	L*		a*		b*		C		h*	
	Média	SD	Média	SD	Média	SD	Média	SD	Média	SD
Tukamã	31,91a	3,75	2,29b	0,90	8,23a	3,08	8,66a	2,87	71,28a	11,25
Tukayá	33,3a	3,97	1,59a	0,88	9,36a	2,81	9,56a	2,73	78,83b	7,27

190 Em que: L* = luminosidade; a* = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde; b* = coordenada do eixo vertical
191 azul-amarelo; C = saturação ou cromaticidade; h* = ângulo de tinta; SD = Desvio-padrão. Médias seguidas pela
192 mesma letra, na mesma coluna, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

193

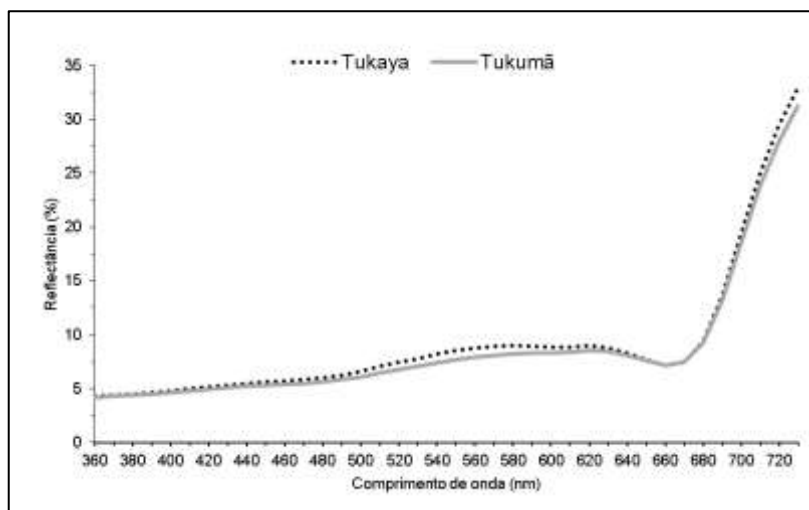
194

195 As folhas de castanheira das duas comunidades indígenas Tukamã e Tukayá apresentaram igualdade de
196 médias nos componentes (L*, b* e C). Em relação à coordenada a*, as folhas de castanheira da aldeia Tukamã
197 exibiu uma maior média do que a aldeia Tukayá, porém no parâmetro h* Tukamã obteve uma menor média. Para
198 as folhas das duas comunidades indígenas, constatou-se a predominância de uma tonalidade mais escura na
199 coordenada a* e b*, corroborando com os valores do parâmetro h*, já que quanto menor a razão b*/a* mais
200 acentuado será o ângulo de tinta. Assim, as folhas de castanheira de ambas as comunidades, apresentaram valores
201 da pigmentação avermelhada (a*) e forte influência da cor azulada dada pela coordenada b*.

202

203 Embora se tenha constatado igualdade de médias, entre procedências, para alguns parâmetros
204 colorimétricos, teve-se indícios de que o fator procedências pode afetar a cor das folhas de castanheira, sobretudo,
205 quando considerados os parâmetros a* e h*, haja vista significância de a* entre as procedências. Nesse sentido, a
206 cor pode ser afetada por características físicas como, por exemplo, tratos silviculturais, taxa de crescimento, altura,
207 diâmetro e idade da árvore, condições edáficas e climáticas (GARCIA e MARINONIO, 2016).

208 Na Figura 3 são ilustradas as curvas de reflectância no espectro do visível para as folhas de Castanheira
209 das aldeias Tukamã e Tukayá, onde observou-se uma uniformidade em suas curvas espectrais, que pode ser
210 explicado pela proximidade de suas médias para os valores dos parâmetros colorimétricos. Em baixos
comprimentos de onda apresentou-se uma baixa porcentagem de reflectância nas duas áreas, acentuando-se a
partir de 670 nm.



211

212 FIGURA 3: Curva de reflectância no espectro do visível para os dois locais de coleta das folhas de castanheira-
213 do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

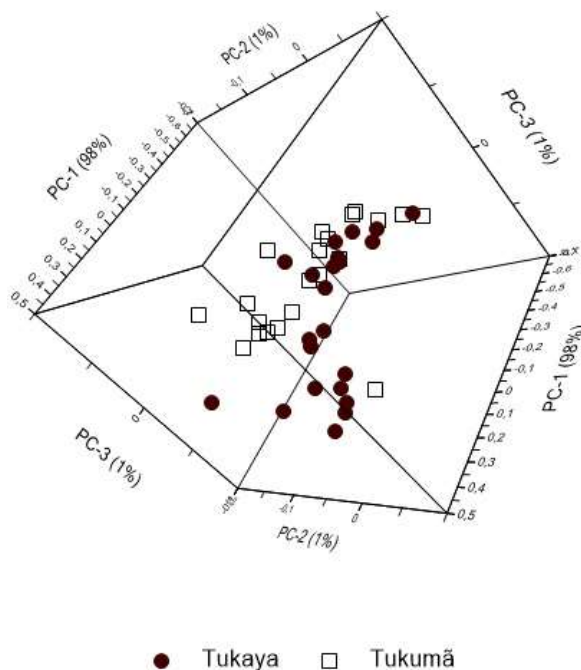
214 FIGURE 3: Reflectance curve on the visible spectrum for both of the collection points of castanheira-do-Pará
215 (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

216

217 Ao analisar o comportamento das curvas nas regiões do azul, verde e vermelho, Carriello et al. (2003)
218 observou feições características da interação da radiação eletromagnética com os pigmentos da folha, o qual
219 apresenta maior reflectância na região do verde (500 a 600 nm) devido a clorofila presente, porém, os espectros
220 foram realizados com folhas secas, o que justifica a baixa taxa de reflectância, pois as folhas estão absorvendo
221 mais do que refletindo radiação eletromagnética.

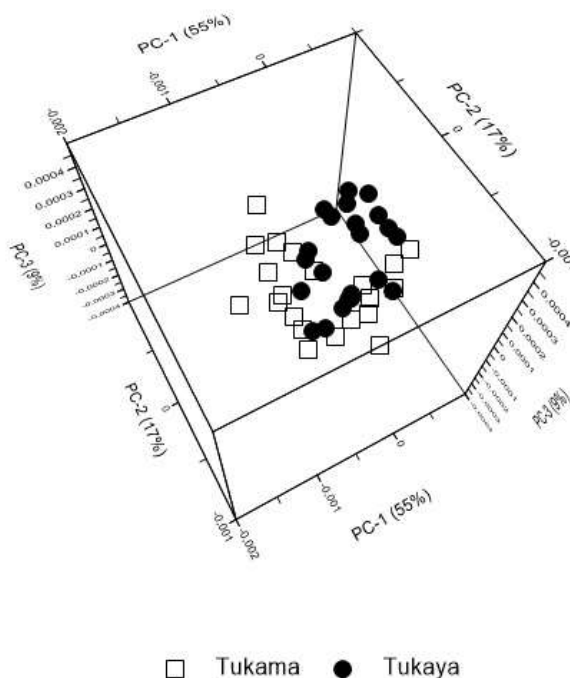
222 Na Figura 4, pode-se observar a PCA resultante da análise do espectro colorimétrico em segunda derivada,
223 no intervalo do comprimento de onda de 360 a 740 nm. Nesta análise, três componentes principais foram capazes
224 de explicar 100% da variação total dos dados, sendo a PC1 com 98% e as PC2 e PC3 com 1% cada. Observa-se

225 também, que as folhas da mesma procedência tendem a se agrupar, contudo, há amostras que aparecem
 226 misturadas. Esse agrupamento pode ser considerado resultado da similaridade na resposta espectral das diferentes
 227 procedências. Ainda, vale destacar que o universo dos dados é multivariado e está sendo representado em 3 eixos.



228
 229 FIGURA 4: Análise de componentes principais (PCA) do espectro colorimétrico em segunda derivada, para as
 230 folhas de castanheira de diferentes procedências.

231 FIGURE 4: Main components analysis (PCA) of the collometric spectrum on second derivative, to the leaves of
 232 chestnut tree from diferente provenances.



233
 234 FIGURA 5: Análise de componentes principais (PCA) do espectro do NIR em segunda derivada, para as folhas
 235 de castanheira de diferentes procedências.

236 FIGURE 5: Main component analysis (PCA) of the spectrum of NIR in second derivative, to the chestnut's leaves
 237 of different provenances.

238
 239 A Figura 5 representa o resultado da PCA dos espectros médios do NIR em segunda derivada, na faixa
 240 espectral de 4.000 a 10.000 cm^{-1} , para as folhas de castanheiras oriundas de duas procedências diferentes.
 241 Observa-se que as amostras de ambas as procedências tenderam a um agrupamento. Assim, pode-se inferir que
 242 houve uma clara distinção no comportamento das amostras de castanheira em função das procedências. A

243 distinção no comportamento das amostras pode estar associada com os gradientes do solo e conseqüentemente
 244 com os nutrientes disponíveis em cada localidade. Está distribuição pode ser relacionada com as exigências
 245 nutricionais da espécie (KINUPP e MAGNUSSON, 2005; HARIDASAN, 2005; COSTA et al., 2005; JOHN et
 246 al. 2007).

247 Para corroborar com os resultados do NIR e cor, foram analisados os componentes químicos presentes no
 248 solo nas áreas de coleta, visto que estão separadas por dois rios distintos, Rio Iriri e Curuá (Tabela 2). Percebe-se
 249 que os teores de P, K, Na e pH são maiores nas amostras da aldeia Tukamã, enquanto que o Al, Ca e Ca+Mg são
 250 maiores na comunidade Tukayá. Portanto, as ligações de todas as bases trocáveis auxiliam na interpretação dos
 251 dados e indicam o grau de intemperismo do solo, o qual foi mais elevado para a aldeia Tukayá.

253 TABELA 2: Análises químicas dos solos coletados nas aldeias Tukamã e Tukayá.

254 TABLE 2: Chemical analysis of collected lands on villages Tukamã and Tukayá.

Amostra	Profundidade	P	K	Na	Al	Ca	Ca+Mg	pH
	(cm)	mg/dm ³			cmol/dm ³			água
Tukamã	0-20	8	110	17	0,8	0,2	0,6	4,73
Tukayá	0-20	6	41	4	1,6	0,4	0,7	4,54

255 Em que: P = teor de fósforo; K = teor de potássio; Na = teor de sódio; Al = teor de alumínio; Ca = cálcio; Ca+Mg
 256 = relação cálcio e magnésio.

257 CONCLUSÃO

258 A técnica de colorimetria pode ser utilizada como uma ferramenta de suporte na discriminação das folhas
 259 de castanheira, visto que todas as folhas, advindas das duas comunidades indígenas, tiveram um padrão de cor
 260 semelhante. Porém, para melhor distinção no que tange a discriminação entre as populações se faz necessário o
 261 uso de técnicas complementares.

262 A técnica da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), aliada às análises de componentes
 263 principais, se mostrou promissora na discriminação das folhas de castanheira das duas comunidades. De maneira
 264 geral, os espectros médios do NIR e da PCA realizados por procedências, apresentaram valores de correlação
 265 relevantes, porém de baixa magnitude.

266 Para a efetiva aplicação prática do NIR na discriminação das folhas de castanheira das duas aldeias
 267 indígenas é imprescindível ampliar os bancos de dados abrangendo uma máxima diversidade de espécies e
 268 oriundas de diferentes condições edafoclimáticas. Por fim, a técnica auxilia de forma simples, rápida e não-
 269 destrutiva na caracterização e identificação de espécies emblemáticas e de difícil separação, que compartilham
 270 diversas características em comum.

272 REFERÊNCIAS

- 273 ATAYDE, C. M. GONÇALEZ, J. C. CAMARGOS, J. A. Características colorimétricas entre as seções
 274 anatômicas da madeira de muirapiranga (*Brosimum sp.*). **Cerne**, [s.l.], v. 17, n. 2, p. 231-235, 2011.
 275 BERGO, M. C. J. et al. NIRS identification of *Swietenia macrophylla* is robust across specimens from 27
 276 countries. **LAWA Journal**, [s.l.], v. 37, n. 3, p. 420-430, 2016.
 277 BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R. **Domesticação e Melhoramento: Espécies Amazônicas**.
 278 Viçosa-MG, p. 486, 2009.
 279 COELHO, L. M. **Diversidade genética em populações de castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)**.
 280 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2013.
 281 COSTA, F. R. C.; MAGNUSSON, W. E.; LUIZÃO, R. C. Mesoscale distribution patterns of Amazonian
 282 understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. **Journal of Ecology**, [s.l.], v. 93, p. 863-878, 2005.
 283 FIEDLER, N. C.; SOARES, T. S.; SILVA, G. F. Produtos florestais não madeireiros: importância e manejo
 284 sustentável da floresta. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Alegre, v. 10, n. 2, 2008.
 285 FOSTER, A.S. **Practical plant anatomy**. **Nostrand Company Inc.**, Princeton, D. van, 228p, 1949.
 286 GARCIA, R. A. MARINONIO, G. B. Variação da cor da madeira de Teca em função da densidade e do teor de
 287 extrativos. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 1-11, 2016.
 288 HADLICH, H. L. **O reconhecimento de espécies arbóreas em campo por meio da casca com o uso da**
 289 **espectroscopia no visível e infravermelho próximo na Amazônia Central**. 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado)
 290 - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 2017.
 291 HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: Scariot, A.; Souza-Silva, J.
 292 C.; Felfili, J. M. (Eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**,
 293 p. 439, 2005.
 294

- 295 HEIN, P. R. G. **Avaliação das propriedades da madeira de *Eucalyptus urophylla* por meio da espectroscopia**
296 **no infravermelho próximo**. 2008. 88p. Dissertação (Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal
297 de Lavras. Lavras, 2008.
- 298 INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). **Xingu: histórias dos produtos da floresta**. São Paulo, 2017.
- 299 INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. **Unidades de Conservação da Amazônia Brasileira**, 2012. Disponível em:
300 < <https://pib.socioambiental.org/pt/Povo:Xipaya>>. Acesso em: outubro/2018.
- 301 JOHN, R. et al. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. **Proceedings of the National**
302 **Academy of Science**, [s.l],v. 104, p. 864-869, 2007.
- 303 KINUPP, V. F.; MAGNUSSON, W. E. Spatial patterns in the understorey shrub genus *Psychotriain* central
304 Amazonia: effects of distance and topography. **Journal of Tropical Ecology**, [s.l], v. 21, p. 1-12, 2005.
- 305 KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. **Seropédia**, Rio de Janeiro:
306 EDUR. p. 198, 1997.
- 307 LEAF ARCHITECTURE WORKING GROUP. Manual of Leaf Architecture – Morphological description and
308 categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous Angiosperms. **Smithsonian Institution**,
309 Washington, p. 65, 1999.
- 310 MATTA, L. B. V. **As Lecythydaceae Poit. na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé**. 2011.
311 Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, 2011.
- 312 MÖTTÖNEN, K.; ALVILA, L.; PAKKANEN, T. CIELab measurements to determine the role of felling season,
313 log storage and kiln drying on coloration of silver Birch wood. **Scandinavian Journal Forest Research**, v. 17,
314 p. 179-191, 2002.
- 315 PASTORE, T. C. et al. Near infrared spectroscopy (NIRS) as a potential tool for monitoring trade of similar
316 woods: Discrimination of true mahogany, cedar, andiroba, and curupixa. **Holzforschung**, [s.l], v.65, n.1, p.73-80,
317 2011.
- 318 RIBEIRO, M. B. N. **Ecologia, manejo e sustentabilidade da exploração da castanha-da-Amazônia**
319 **(*Bertholletia excelsa*) pelos índios Kayapó, sudeste da Amazônia**. 2011. 155f. Tese (Doutorado) - Instituto
320 Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 2011.
- 321 RIBEIRO, P. G. **Utilização de técnicas não destrutivas para caracterização de madeiras de *Pinus caribaea***
322 **var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis***. 2009. 114p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –
323 Universidade de Brasília. Brasília, 2009.
- 324 SANTOS, J. X. et al. Caracterização etnobotânica de essências florestais com fins medicinais utilizadas pela Etnia
325 Xipaya, no município de Altamira-PA. **Biota Amazônia**, [s.l], v. 6, n. 2, p. 1-8, 2016.
- 326 SILVA, A. A. et al. Potencial do extrativismo da castanha-do-pará na geração de renda em comunidades da
327 mesorregião baixo Amazonas, Pará. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 4, p. 500-509, 2013.
- 328 TSUCHIKAWA, S.; KOBORI, H. A review of recent application of near infrared spectroscopy to wood science
329 and technology. **Journal of Wood Science**, [s.l], v.61, p.213–220, 2015.

ANEXO I - DIRETRIZES PARA AUTORES REVISTA CIÊNCIA FLORESTAL

1. A revista CIÊNCIA FLORESTAL publica artigos técnico-científicos inéditos, resultantes de pesquisa de interesse da área florestal. Também são aceitas notas técnicas e artigos de revisão. Os textos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol.

2. Para submeter um trabalho para publicação são cobrados os seguintes valores:

§1 Taxa de submissão: R\$50,00 (cinquenta reais). O pagamento dessa taxa não garante a publicação do trabalho.

§2 Taxa de publicação: R\$250,00 (duzentos e cinquenta reais). Esse valor deve ser recolhido somente quando solicitado pelo editor.

Os valores devem ser depositados na conta corrente n. 38588-3, da agência do Banco do Brasil n. 1484-2 (FATEC - CNPJ: 89.252.431/0001-59). O comprovante do depósito da taxa de submissão deverá ser postado como documento suplementar, na submissão do trabalho. O comprovante da taxa de publicação deverá ser enviado a CIÊNCIA FLORESTAL, quando solicitado, via e-mail. Os valores depositados não serão devolvidos.

3. Os manuscritos devem ser submetidos à revista via online por meio da PLATAFORMA SEER. O autor que submete o artigo assume toda e qualquer responsabilidade pelas informações, que os demais autores estão de acordo com a submissão e que o artigo é inédito. Os conceitos e afirmações emitidas no artigo são de exclusiva responsabilidade dos autores. Contudo, o Conselho Editorial reserva-se o direito de solicitar ou sugerir modificações no texto original.

4. Os artigos devem ser organizados da seguinte forma:

4.1. Artigo científico e nota técnica: Título, Resumo, Introdução com Revisão de Literatura e objetivos, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos (quando houver) e Referências. Antes do item Referências, quando apropriado, mencionar a aprovação pela Comissão de Ética e Biossegurança da Instituição.

4.2. Artigo de revisão bibliográfica: Título, Resumo, Introdução, Desenvolvimento, Considerações finais, Agradecimentos (quando houver) e Referências.

5. O manuscrito deve ser editado no Microsoft Word, com espaço simples, linhas numeradas continuamente e sem os nomes dos autores, fonte Times New Roman, tamanho 11, tabulação de 1,25 cm, formato A4, com 2 cm de margens esquerda, inferior e superior, e 1,5 cm de margem direita, orientação retrato e máximo de 12 páginas.

6. O Título do manuscrito, com no máximo duas linhas, deve ser centralizado e em negrito, com letras maiúsculas (exceto nomes científicos), redigido em português ou espanhol, seguido da versão em inglês (em não-negrito).

7. O Resumo deve ser apresentado em um único parágrafo, contendo o máximo de 300 palavras) e redigido em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As palavras RESUMO e ABSTRACT devem ser redigidas em letras maiúsculas, negrito e centralizadas.

8. Logo após o texto do Resumo e do Abstract devem ser incluídos os termos Palavras-chave e Keywords, respectivamente, com alinhamento à esquerda, seguidas de dois pontos e em negrito, contendo até quatro termos (não contidos no título), separados por ponto e vírgula.

9. Os grandes itens (INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODO, RESULTADOS E DISCUSSÃO, CONCLUSÃO, AGRADECIMENTOS e REFERÊNCIAS) devem ser escritos em letras maiúsculas, negrito e alinhados à esquerda. Os demais obedecem a seguinte sequência:

MATERIAL E MÉTODO - (item primário) - todo em maiúsculas e negrito.

Caracterização do local - (item secundário) - só a inicial maiúscula e em negrito.

Solo - (item terciário) - só a inicial maiúscula, em negrito e itálico.

Horizonte A - (item quaternário) - só a inicial maiúscula, em itálico.

10. As siglas e abreviaturas, ao aparecerem pela primeira vez no trabalho, deverão ser colocadas entre parênteses, precedidas do nome por extenso.

11. Figuras (gráficos e fotografias) **PODENDO SER EM CORES**, porém sem-contorno. As dimensões (largura e altura) não podem ser maiores que 17 cm, sempre com orientação da página na forma retrato (fonte: Times New Roman, tamanho da fonte: 11, não-negrito e não-itálico).

12. As Figuras e tabelas devem ser auto-explicativas e alocadas no texto logo após sua primeira chamada, no formato de imagem. A identificação destas deve ser expressa em dois idiomas (a usada na versão do trabalho e o inglês e, se o trabalho for em inglês, a outra será o português). As tabelas também devem ter sua versão no formato Excel e vir como Documento Suplementar, com a denominação Tabela e o número correspondente. As Figuras, além de estarem no texto, devem vir como Documento Suplementar, em formato de imagem, com resolução superior a 300 dpi, com denominação de Figura e o número correspondente. Para tabelas com conteúdo numérico, as vírgulas (ou pontos) devem ficar alinhadas verticalmente e os números centralizados na coluna.

13. Nomes científicos devem ter gênero e espécie escritos por extenso (Ex: *Araucaria angustifolia*) e em itálico (e acompanhar o estilo ao qual estão inseridos).

14. Fórmulas devem vir no texto em forma de imagem e, no Documento Suplementar, editadas pelo módulo Equation Editor, do Microsoft Word, devem obedecer à fonte do texto, com símbolos, subscrito/sobrescrito etc., em proporções adequadas, nunca superior a fonte 11. No documento suplementar devem receber a denominação Equação e o número correspondente.

15. Citações bibliográficas serão feitas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, usando o sistema "autor-data". Todas as citações mencionadas no texto obrigatoriamente devem ser relacionadas na lista de Referências (e vice-versa), de acordo com a norma NBR 6023 da ABNT. Já no item REFERÊNCIAS o autor deve colocar todas as citações feitas no trabalho, fazendo uso somente das referências mais relevantes dos últimos 10 anos e em número máximo de 30 citações.

16. No momento apropriado o autor será solicitado a inserir os nomes de todos os participantes, que devem ser posicionados logo abaixo do título em inglês, e identificados com número sequencial sobrescrito. O chamamento dos autores deve ser indicado no rodapé da primeira página, antecedido do número de identificação, devendo conter: título de graduação (Ex: Engenheiro Florestal), maior titulação (Ex: Dr.), descrição da função/profissão (Ex: Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria), endereço (Ex: Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil.) e e-mail (Ex: cienciaflorestal@ufsm.br) sem o ponto final.

17. Os manuscritos submetidos à revista passam pela triagem inicial do comitê de área, são enviados para revisores ad hoc, devolvidos aos autores para correções e, posteriormente, passam pela avaliação final do Conselho Editorial. Além disso ainda passam pelas correções de língua estrangeira (inglês e espanhol), língua portuguesa e referências. Os artigos aceitos são publicados na ordem de aprovação e para os não-aceitos é feita a comunicação aos autores. Os artigos são disponibilizados no formato "pdf", no endereço eletrônico da revista (www.ufsm.br/cienciaflorestal).

18. Em caso de dúvidas sobre formatação, consultar os artigos já publicados no site ou o e-mail cienciaflorestal@ufsm.br.

19. Consulte também, no item AJUDA, "Um Trabalho Exemplo" no rodapé da janela superior CAPA.