

1 **Avaliação da coloração interna de frutos da *Opuntia stricta* através dos**
2 **sistemas CIE L*a*b* e RGB. Expedito Cavalcante do Nascimento Neto¹;**
3 **Silvanda de Melo Silva¹; Renato Pereira Lima¹; Ana Lima Dantas¹; Renato Lima**
4 **Dantas¹; Walter Esfrain Pereira¹**

5 ¹ UFPB - Universidade Federal da Paraíba, CCA - Centro de ciências Agrárias - DCFS - Departamento de
6 Ciências Fundamentais e Sociais - Rua João Barreto s/n, 58397-000 - Areia - PB.
7 cav.expedito@gmail.com; silvandasilva@gmail.com; renatolima.p@gmail.com@gmail.com;
8 dantas.ana.lima@gmail.com; renato_dantas@hotmail.com; walterufpb@yahoo.com.br

9
10 **RESUMO**

11 Este trabalho tem por objetivo avaliar diferenças entre a coloração do mesocarpo e do
12 endocarpo de frutos da *O. stricta*, bem como o espectro de absorção de seus extratos
13 aquosos. Os frutos foram separados em três repetições de 24 frutos, apresentando
14 coloração visual da casca púrpura uniforme. Estes, foram cortados longitudinalmente,
15 obtendo-se duas metades iguais, de forma a expor as duas porções da polpa. As duas
16 porções foram avaliadas individualmente quanto à coloração no sistema L*a*b* (com
17 calorímetro digital), no sistema RGB (a partir de visão computacional) e seus espectros
18 de absorção dos extratos aquosos (por espectrofotometria). Os dados foram submetidos a
19 análise de variância comparando-se as médias entre mesocarpo e endocarpo através do
20 teste F ao nível de até 5% de probabilidade de erro. O mesocarpo e o endocarpo dos frutos
21 da *O. stricta* se diferenciam quanto à coloração, nos sistemas L*a*b* e C°H, no sistema
22 RGB através da visão computacional, e quanto a seus espectros de absorção de 190 a 900
23 nm. As diferenças observadas na coloração objetiva, na visão computacional e na
24 varredura espectrofotométrica dos extratos do mesocarpo e do endocarpo dos frutos
25 sugerem a presença de diferentes pigmentos e/ou diferentes concentrações dos pigmentos
26 presentes. Estes resultados são úteis para expandir e proporcionar o uso adequado destes
27 frutos como corantes alimentares saudáveis e de potencial funcional, bem como consiste
28 numa alternativa para o desenvolvimento de métodos de análise não destrutivos associado
29 a indicadores de qualidade.

30 **Palavras chave:** Visão Computacional; RGB; Índices de qualidade

31

32 **ABSTRACT**

33 **Evaluation of inner coloration of *Opuntia stricta* fruits by CIELa*b* and**
34 **RGB systems**

35 This work aims to evaluate differences between the color of the mesocarp and endocarp
36 the fruits of *O. stricta* as well as the absorption spectrum of its extracts in water. Fruits
37 divided in three replications of 24 fruits were used, with visual uniformity for purple color
38 in the peel. Then they were cut longitudinally to give two equal halves to expose the two
39 portions of the pulp. These two portions were individually evaluated as to the L*a*b*
40 color system (digital colorimeter) in the RGB system (from computer vision) and their
41 absorption spectra of water extracts (by spectrophotometry). Data were submitted to
42 analysis of variance comparing the means of mesocarp and endocarp through the F test
43 up to 5% of error probability. The mesocarp and the endocarp of the fruits of the *O. stricta*
44 differ regarding color in the systems L*a*b* * and the RGB through computer vision as
45 well as for their absorption spectra 190-900 nm. The differences observed in the objective
46 color in computer vision and spectrophotometric scanning of the fruits of mesocarp and
47 endocarp extracts suggest the presence of different pigments and/or different
48 concentrations of pigments present. These results are useful to expand and provide the
49 proper use of these fruits as healthy food colors and functional potential. Also, consist as
50 an alternative to the development of non-destructive analytical methods associated quality
51 indicators.

52 **Keywords:** Computer Vision; RGB; Quality indexes

53

54 **INTRODUÇÃO**

55 Os frutos da *O. stricta* quando maduros apresentam consideráveis concentrações
56 de compostos antioxidantes como fenóis e elevadas concentrações de pigmentos de cor
57 vermelho-purpura (YEDDES et al., 2013), podendo inclusive, ser um sistema modelo
58 para o estudo das vias biossintéticas das betalaínas e dos fatores que regulam a
59 ramificação entre betacianinas e betaxantinas (CASTELLAR et al., 2012). Devido essas
60 altas concentrações de pigmentos, os frutos da *O. stricta*, vem sendo estudados como
61 matéria prima na obtenção de corante alimentício natural de cor vermelho-púrpura
62 (OBÓN et al., 2009). Comparativamente os frutos da *O. stricta* apresentam maior
63 capacidade antioxidante que frutos da palma ‘Gigante’ (*O. ficus indica*), característica
64 esta, relacionada com o elevado nível de betalaínas. Outra característica interessante é a
65 diferença entre a casca (exocarpo) e a polpa (mesocarpo e endocarpo) destes frutos
66 (YEDDES et al., 2013). Em estudos realizados por Santos et al. (2012) com a maturação

67 e porções de frutos da palma ‘Gigante’ foram observadas diferenças significativas entre
68 o mesocarpo e o endocarpo destes frutos para características físico-químicas.

69 A coloração é um importante parâmetro de qualidade de frutos, sendo muitas
70 vezes, utilizado por consumidores para informar o grau de maturidade e integridade dos
71 alimentos. Com o intuito de se diminuir a utilização de avaliações subjetivas, diversas
72 técnicas de visão computacional vem sendo empregadas para descrever estádios de
73 maturação ou classificar através da coloração a presença de manchas (SIMÕES et al.,
74 2003). O processamento de imagem digital se configura como uma importante ferramenta
75 na determinação de parâmetros de cor, sobretudo, devido à possibilidade de utilização de
76 softwares livres como o Image J (ABRÀMOFF et al., 2004). Desta forma, este trabalho
77 tem por objetivo avaliar diferenças entre a coloração do mesocarpo e do endocarpo de
78 frutos da *O. stricta*, bem como o espectro de absorção de seus extratos aquosos.

79

80 MATERIAL E MÉTODOS

81 Os frutos da *O. stricta* foram coletados nas últimas horas do dia, no município de
82 Areia-PB, acondicionados em caixas de polietileno expandido e transportadas para o
83 Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita, CCA/UFPB. Os frutos foram lavados
84 em água corrente e retirados seus ocelos com o auxílio de uma escova de nylon. Após
85 secagem ao ar, os frutos foram separados em três repetições de 24 frutos, apresentando
86 coloração visual da casca púrpura uniforme. Os frutos foram cortados longitudinalmente,
87 obtendo-se duas metades iguais, de forma a expor as duas porções da polpa, mesocarpo e
88 endocarpo, como ilustrado na Figura 1. Após a avaliação da coloração, o endocarpo foi
89 separado do mesocarpo, com o auxílio de colheres domésticas, sendo ambos avaliados
90 individualmente posteriormente. A avaliação da coloração dessas porções foi realizada
91 por dois diferentes métodos, como descritos a seguir:

92 Coloração através dos parâmetros L, a^* , b^* , C e $^{\circ}H$: Efetuaram-se duas leituras para
93 cada porção do fruto, mesocarpo e endocarpo. Os parâmetros de cor L^* , a^* , b^* foram
94 determinados a partir de colorímetro Minolta CM-508d. Os valores de Cromaticidade (C)
95 e $^{\circ}H$ matizes, cujos ângulos 0° = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde, 270° = azul foram
96 determinados segundo Minolta (1998).

97 Coloração RGB: Foram capturadas imagens das 24 fatias de cada repetição,
98 utilizando uma câmara fotográfica coolpix p500 com resolução de 12.1 megapixel e zoom

99 de 36x. As imagens foram capturadas sobre fundo preto, com as fatias rodeadas por uma
100 caixa de papel branco (difusor) e quatro lâmpadas fluorescentes de 12W acopladas nas
101 laterais. O processamento foi realizado utilizando o programa ImageJ®. Com o auxílio
102 da ferramenta seleção do software ImageJ, selecionou-se áreas iguais nas regiões do
103 mesocarpo e do endocarpo de cada fatia e mensurou-se os valores médios dos canais RGB
104 (Vermelho, Verde e Azul).

105 A polpa de cada porção foi homogeneizada em água, na proporção de 1:5 (g:v), e
106 centrifugada a 9000 rpm por 15 min. O sobrenadante foi submetido a varredura
107 espectrofotométrica, com comprimento de onda variando de 190 a 900 nm, em
108 espectrofotômetro Geneses™ (10s UV VIS).

109 Os dados foram submetidos a análise de variância comparando-se as médias entre
110 mesocarpo e endocarpo a partir do teste F ao nível de até 5% de probabilidade.

111

112 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

113 A coloração entre o mesocarpo e endocarpo dos frutos da *Opuntia stricta*
114 diferenciou nos parâmetros a^* , b^* , C e °H (Tabela 1). O mesocarpo apresentou valor de
115 a^* superior ao endocarpo, com uma diferença de 12,58, indicando intensidade da cor
116 vermelha mais forte para o mesocarpo. O valor médio de b^* , observado para o mesocarpo
117 foi 21,64, sendo ligeiramente superior ao valor médio observado para o endocarpo, com
118 21,02. No entanto, não houve diferença entre as porções, dos frutos, estudadas quanto à
119 luminosidade, observando-se valor médio de 17,84. Frutos da *O. stricta*, quando
120 totalmente maduros, coletados em dois municípios do estado da Paraíba, apresentaram
121 coloração da casca vermelho púrpura forte, com valores de a^* variando de 6,77 a 15,42 e
122 de b^* entre 19,16 e 7,31 (DANTAS, 2010). Para Chitarra e Chitarra (2005), a coloração
123 dos frutos está relacionada com a síntese ou manifestação de pigmentos específicos de
124 cada fruto e se manifestam principalmente durante a maturação.

125 O mesocarpo dos frutos da palma da cerca apresentam cromaticidade da cor
126 (Tabela 1) superior ao endocarpo, indicando uma maior vividez da coloração vermelha.
127 Na casca dos frutos da *O. stricta* a cromaticidade e a luminosidade são menores quando
128 os frutos estão maduros, em relação a frutos com maturação inferior, e isso decorre da
129 presença de pigmentos de cor roxo que aumentam com a maturação (CASTELLAR et al.,
130 2012). Avaliando em conjunto, as diferenças nos parâmetros de cor entre as porções

131 estudadas neste trabalho, observa-se a coloração vermelha mais intensa no mesocarpo,
132 enquanto para o endocarpo a coloração mais intensa é vermelho-purpura. Os frutos da *O.*
133 *stricta*, avaliados como um todo, apresentam dois pigmentos vermelhos, betanina e
134 isobetanin (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2002), ambos adequados para alimentos e
135 aplicações farmacológicas, além disso, estes pigmentos são facilmente extraídos em água,
136 que são características desejadas na produção de pigmentos vermelhos (CASTELLAR et
137 al., 2003).

138 O processamento de imagens dos frutos permitiu diferenciar a coloração entre o
139 mesocarpo e o endocarpo através da intensidade de distribuição dos pixels nos canais
140 RGB, ou seja, observa-se diferença entre os valores médios de cada uma das cores (Red
141 – vermelha; Green - verde e Blue - azul) presentes nas regiões de interesse da imagem
142 (Tabela 1). A maior diferença ocorre para a intensidade dos pixels do vermelho (Red),
143 observando-se valores mais altos para a região do mesocarpo. Para este parâmetro
144 também foi registrado os maiores valores de correlação com os demais parâmetros de
145 coloração (L, a^* , b^* , C e $^{\circ}$ H) (Figura 2). Os valores dos pixels obtidos no processamento
146 de imagens são usualmente utilizados para classificar, diferenciar e até mesmo prever
147 índices de qualidade (SIMÕES et al., 2003).

148 Os espectros de absorção dos extratos do mesocarpo e do endocarpo estão
149 representados na Figura 3. Embora, ambos os extratos, apresentem um pico a 535 nm, o
150 extrato do endocarpo demonstrou um pico de maior absorção. No entanto, o pico de
151 absorção do mesocarpo apresenta uma faixa de absorção mais abrangente, a partir de 460
152 nm. Como já foi relatado, há dois pigmentos vermelhos (betanina e isobetanin) em frutos
153 da *O. stricta* (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2002). Assim, a varredura
154 espectrofotométrica permite apontar a presença e/ou concentrações diferenciadas de
155 betacianinas (pigmentos vermelho-roxo com uma máxima absorvância a 535 nm) e
156 betaxantinas (pigmentos amarelos-alaranjado com máxima absorvância em torno de 460-
157 480 nm) nas porções estudadas (CASTELLAR et al., 2003).

158

159 CONCLUSÃO

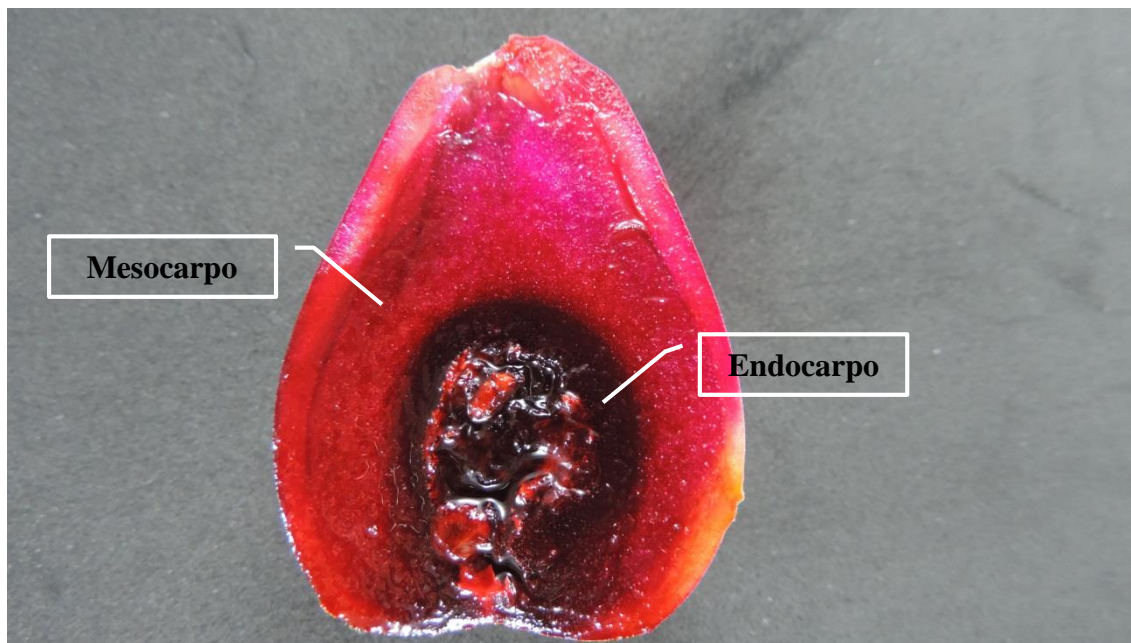
160 O mesocarpo e o endocarpo dos frutos da *O. stricta* se diferenciam quanto à
161 coloração, nos sistemas La^*b^* e $C^{\circ}H$, no sistema RGB através da visão computacional,
162 e quanto a seus espectros de absorção de 190 a 900 nm. As diferenças observadas na

NASCIMENTO NETO, E. C.; SILVA, S. M.; LIMA, R. P.; DANTAS, A. L.; DANTAS, R. L.; PEREIRA, W. E. A **Coloração nos frutos da *Opuntia stricta*: diferenças entre mesocarpo e endocarpo**. In: Congresso Brasileiro de Processamento Mínimo e Pós-colheita de Frutas, Flores e Hortaliças, 001. Anais... Aracaju-SE.

163 coloração objetiva, na visão computacional e na varredura espectrofotométrica dos
164 extratos do mesocarpo e do endocarpo dos frutos sugerem a presença de diferentes
165 pigmentos e/ou diferentes concentrações dos pigmentos presentes. Estes resultados são
166 úteis para expandir e proporcionar o uso adequado destes frutos como corantes
167 alimentares saudáveis e de potencial funcional, bem como consiste numa alternativa para
168 o desenvolvimento de métodos de análise não destrutivos associado indicadores de
169 qualidade.

170 REFERÊNCIAS

- 171 ABRÀMOFF, M. D.; MAGALHÃES, J.; RAM, S. J. Image processing with ImageJ.
172 **Biophotonics International** © Laurin Oublishing Co. Inc. July. 2004.
- 173 CASTELLAR, M. R.; SOLANO, F.; OBÓN, J. M. Betacyanin and other antioxidants
174 production during growth of *Opuntia stricta* (Haw.) fruits. **Plant foods for human**
175 **nutrition**, v. 67, n. 4, p. 337-343, 2012.
- 176 CASTELLAR, R.; OBÓN, J. M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Color
177 properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. **Journal of agricultural and**
178 **food chemistry**, v. 51, n. 9, p. 2772-2776, 2003.
- 179 CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças:**
180 **Fisiologia e manuseio**. 2ª Edição. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 523p.
- 181 DANTAS, R. L. **Maturação e qualidade de frutos de *Opuntia stricta* (Haw.) do**
182 **curimataú paraibano**. Areia-PB, 2010 (Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
183 Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às
184 exigências para obtenção do título de Engenheiro Arônomo).
- 185 FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A.; CASTELLAR, R.; OBON, J. M.; ALMELA, L. Screening
186 and mass-spectral confirmation of betalains in cactus pears. **Chromatographia**, v. 56, p.
187 591-595, 2002.
- 188 MINOLTA, K. **Precise color communication**. Color Control from Perception to
189 Instrumentation, Osaka, Japan, 1998.
- 190 OBÓN, J. M.; CASTELLAR, M. R.; ALACID M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.A.
191 Production of a red–purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and
192 its application in food model systems. **Journal of Food Engineering** v.90, p. 471–479,
193 2009.
- 194 SANTOS, L. F.; SILVA, S. M.; LIMA, R. P.; SOARES, L. G. Aspectos de qualidade
195 durante a maturação de porções de frutos da palma ‘gigante’ (*Opuntia ficus-indica*).
196 **Anais do XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura**. XXII Congresso Brasileiro de
197 Fruticultura, Bento Gonsalves-RS, Out. 2012.
- 198 SIMÕES, A. S.; COSTA, A. H. R. Classificação de laranjas baseada em padrões
199 visuais. **Anais do Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**. VI Simpósio
200 Brasileiro de Automação Inteligente, Bauru-SP, Set. 2003.
- 201 YEDDES, N.; CHÉRIF, J. K.; GUYOT, S.; SOTIN, H.; AYADI, M. T. Comparative
202 Study of Antioxidant Power, Polyphenols, Flavonoids and Betacyanins of the Peel and
203 Pulp of Three Tunisian *Opuntia* Forms. **Antioxidants**, v. 2, n. 2, p. 37-51, 2013.
- 204



205

206 **Figura 1.** Corte longitudinal em fruto da palma de cerca, *Opuntia stricta*, destacando a porção do
207 mesocarpo e endocarpo.

208 **Figure 1.** Longitudinal section in the fruit of 'fence' cactus, *Opuntia stricta*, highlighting the
209 portion of the mesocarp and endocarp.

210 **Tabela 1.** Variação da coloração entre mesocarpo e endocarpo de frutos da *O. stricta* de
211 ocorrência no município de Areia-PB.

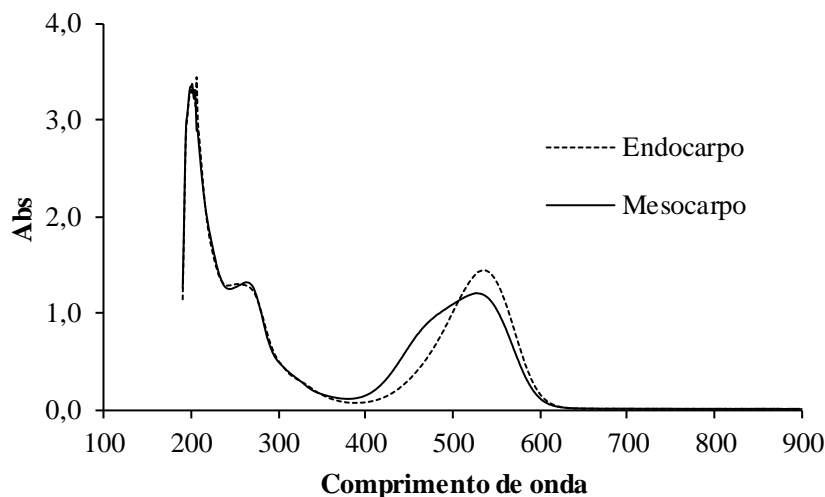
212 **Table 1.** Variation in color between mesocarp and endocarp of fruits of *O. stricta* from the
213 municipality of Areia-PB.

	L	a*	b*	C	°H	Blue	Green	Red
Mesocarpo	19,58a	23,36a	21,64a	31,99a	43,33b	39,67a	33,74a	188,80 ^a
Endocarpo	16,09a	10,78b	21,02b	23,78b	63,38a	26,77b	24,60b	55,95b

214 *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

215 *Means followed by the same letter in the column do not differ by F test at 5% probability.

216

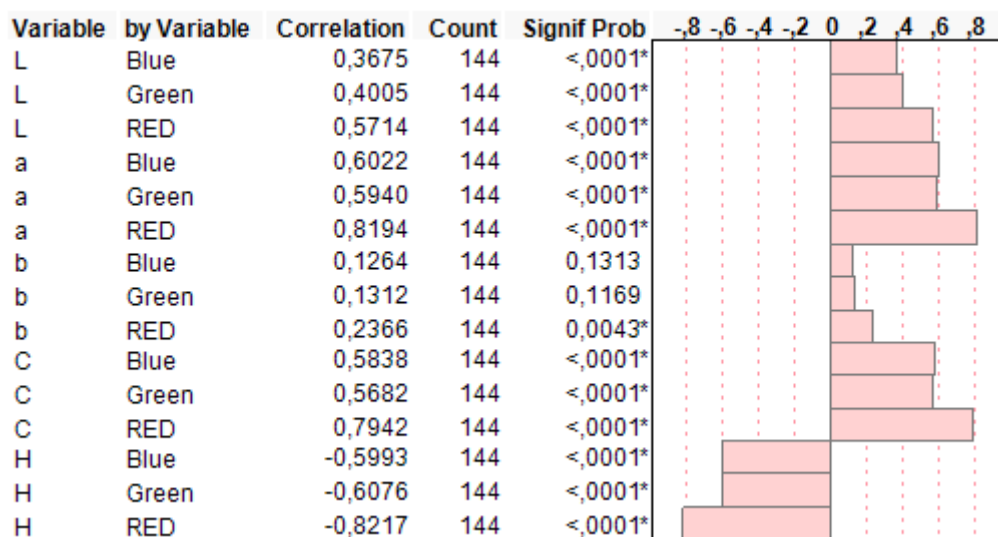


217

218 **Figura 3.** Espectro de absorção (190-900 nm) do extrato do mesocarpo e do endocarpo de frutos
 219 de *O. stricta*, de ocorrência no município de Areia-PB.

220 **Figure 3.** Absorption spectra (190-900 nm) of the extract of mesocarp and endocarp fruit *O.*
 221 *stricta* from the municipality of Areia-PB.

222



223

224 **Figura 2.** Correlação entre valores de RGB e parâmetros L, a^* , b^* , C e $^{\circ}$ H do mesocarpo e do
 225 endocarpo de frutos de *O. stricta*, de ocorrência no município de Areia-PB.

226 **Figure 2.** Correlation between RGB values and parameters L, a^* , b^* , C and $^{\circ}$ H of the mesocarp
 227 and endocarp of *O. stricta* fruits from Areia-PB.