

Plantarum: API para reconhecimento de plantas

Arno Wilson Cassaniga

Orientador: Prof. Aurélio Faustino Hoppe

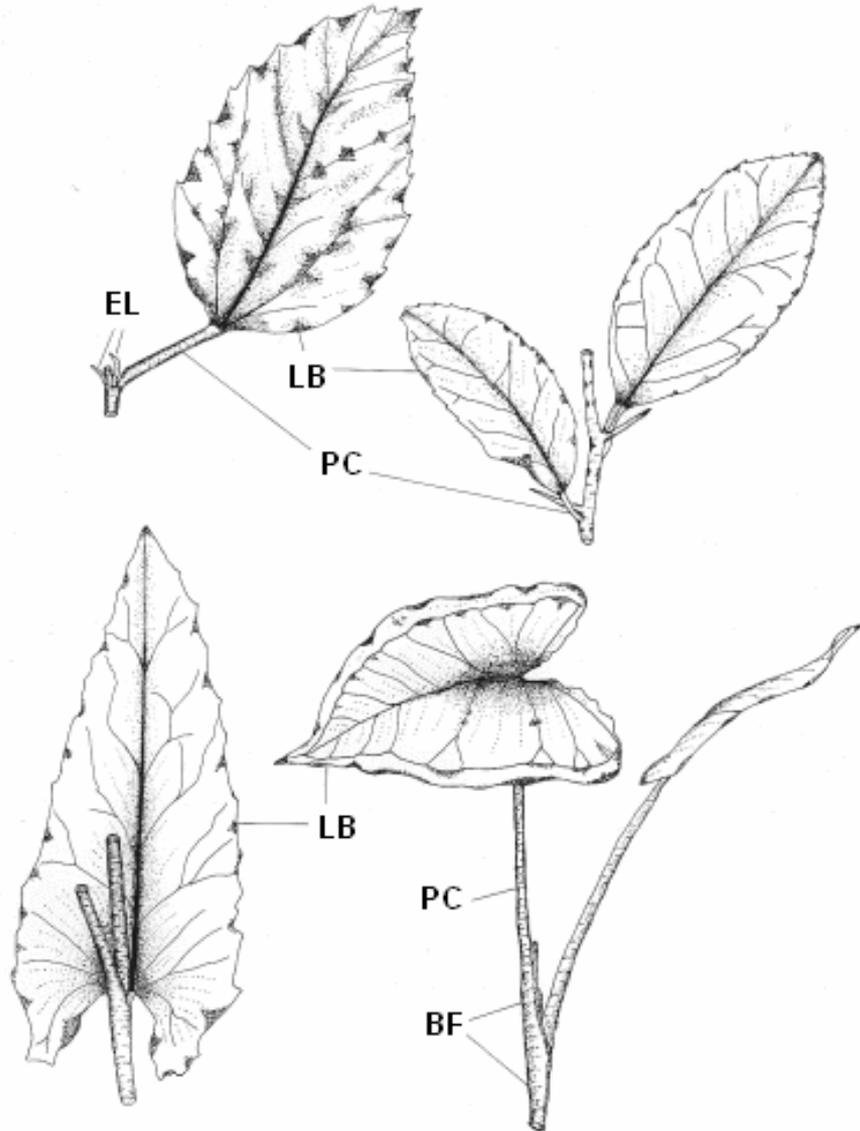
Roteiro

- Motivação
- Fundamentação
- Trabalhos relacionados
- Trabalho proposto
- Requisitos
- Desenvolvimento
- Experimentos
- Conclusão
- Limitações
- Extensões
- Demonstração

Motivação

- A taxonomia é uma tarefa realizada manualmente, devido a seu caráter especializado
- Tarefa torna-se mais complicada, devido à grande biodiversidade existente no Brasil
- Diferentemente de flores, folhas estão presentes em diversas espécies de plantas e possuem maior independência das estações do ano

Fundamentação



Partes da folha

- Bainha Foliar
- Limbo
- Pecíolo
- Estípula

Trabalhos relacionados

características / trabalhos relacionados	Wu et al. (2007)	Singh, Gupta e Gupta (2010)	Chaki e Parekh (2012)	Kadir et al. (2011)
mecanismo de classificação	RNP	SVM-BDT	Máxima	RNP
espécies diferentes	32 (Flavia)	32 (Flavia)	3	32 (Flavia)
características utilizadas	geométricas, nervuras	geométricas, nervuras	silhueta	geométricas, nervuras, descritores de Fourier, cor, textura
invariância geométrica	translação, escala, rotação	translação, escala, rotação	-	translação, escala, rotação
número de descritores	5	5	-	62
precisão média	90,3%	96%	99%	93,75%

Trabalho proposto

Desenvolver uma *Application Programming Interface* (API) para a classificação de plantas a partir da imagem digital de folhas.

Objetivos:

- Extrair de uma imagem de entrada a região correspondente à folha da planta
- Extrair características relevantes da folha, em especial as geométricas, de cor e descritores morfológicos
- Classificar as plantas dentre as espécies previamente registradas em uma base de dados

Requisitos

A seguir estão enumerados os requisitos funcionais do projeto:

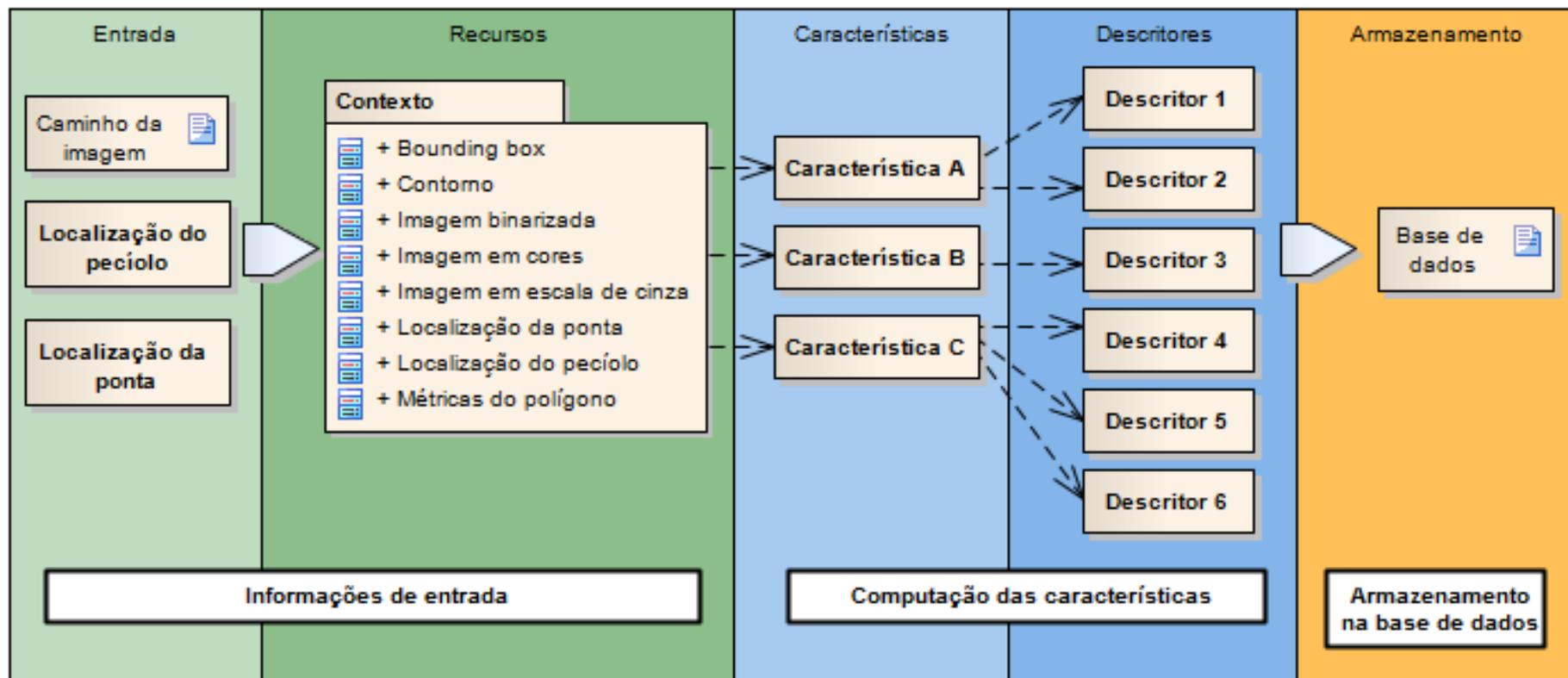
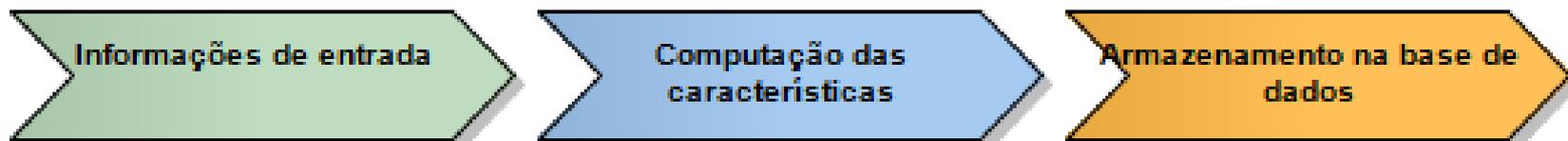
- Identificar na imagem de entrada a região correspondente à folha da planta (RF)
- Extrair descritores a partir das características estruturais das folhas (RF)
- Disponibilizar um mecanismo de treinamento para a inclusão e o reconhecimento de novas espécies de plantas (RF)
- Classificar as folhas de acordo com sua espécie (RF)

Requisitos

A seguir estão enumerados os requisitos não funcionais do projeto:

- Ser implementado utilizando a linguagem C/C++ (RNF)
- Ser implementado utilizando o ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio (RNF)
- Ser desenvolvido para a plataforma Windows (RNF)
- Ser implementado utilizando a biblioteca OpenCV (RNF)

Etapas da catalogação



Informação de entrada: Imagens da amostra

Imagem original

```
cv::imread(arquivo, CV_LOAD_IMAGE_COLOR);
```

Imagem em escala de cinza

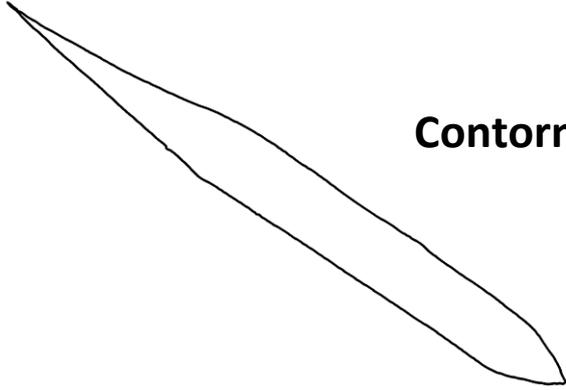
```
cvCvtColor(&imgEntrada, &imgSaida, CV_BGR2GRAY);
```

Imagem binarizada

```
cv::threshold(in, aux, 0, 255,  
cv::THRESH_OTSU | cv::THRESH_BINARY_INV);
```

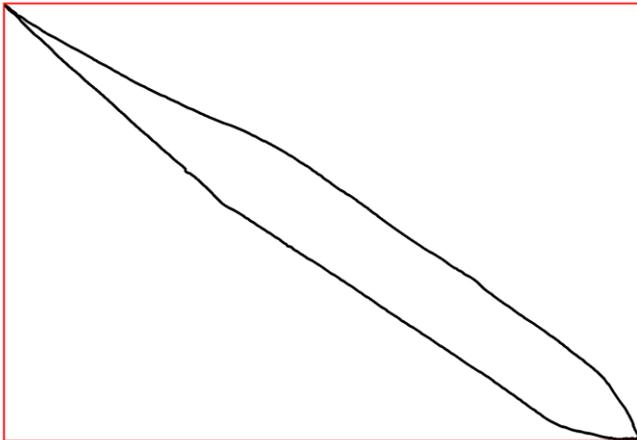


Informação de entrada: Contorno e Bounding Box



Contorno da imagem

```
cv::findContours(in, contours, CV_RETR_EXTERNAL,  
                CV_CHAIN_APPROX_TC89_KCOS);
```



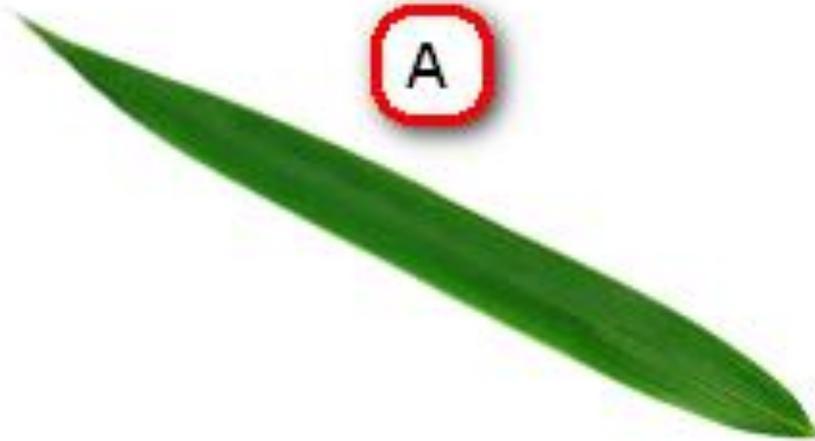
Bounding Box

```
cv::boundingRect(contorno);
```

Característica: Circularidade

$$\textit{roundness} = \frac{4\pi A}{p^2}$$

A



0.22

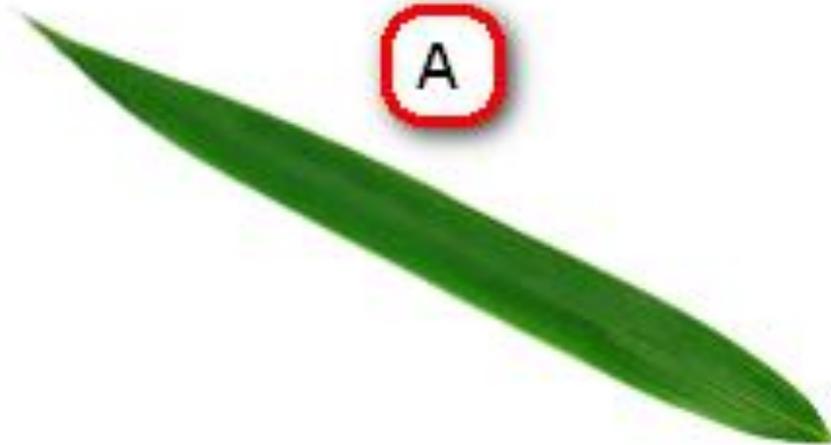
B



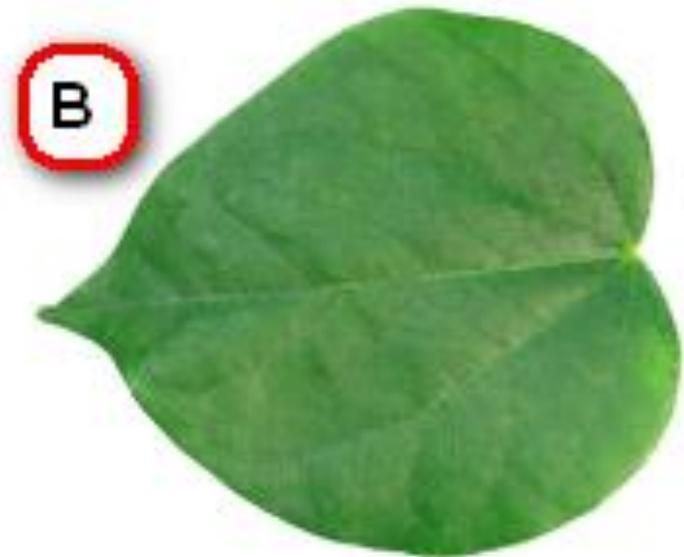
0.86

Característica: Dispersão

$$dispersion = \frac{\max(\sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2})}{\min(\sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2})}$$



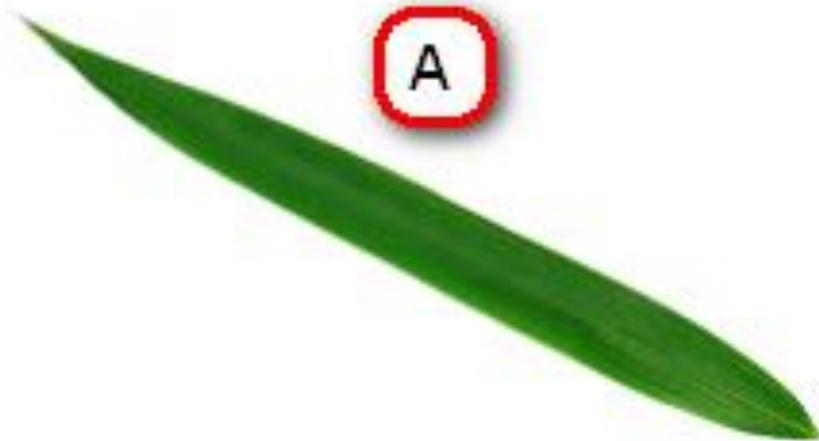
12.15



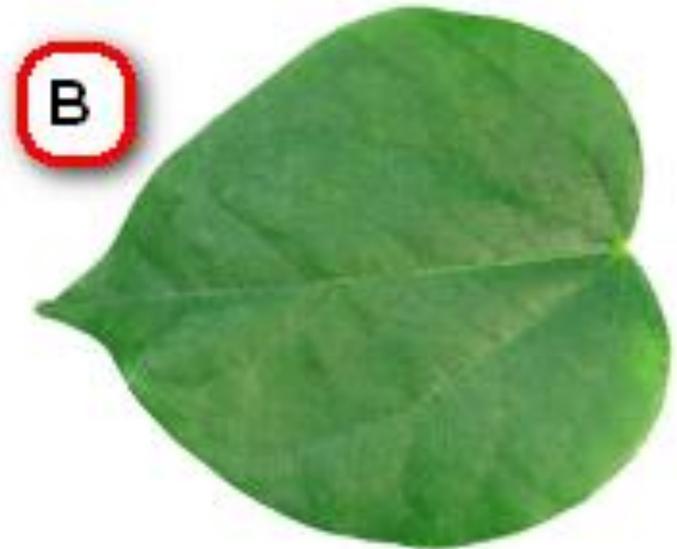
1.52

Característica: Magreza

$$\textit{slimness} = \frac{l_1}{l_2}$$

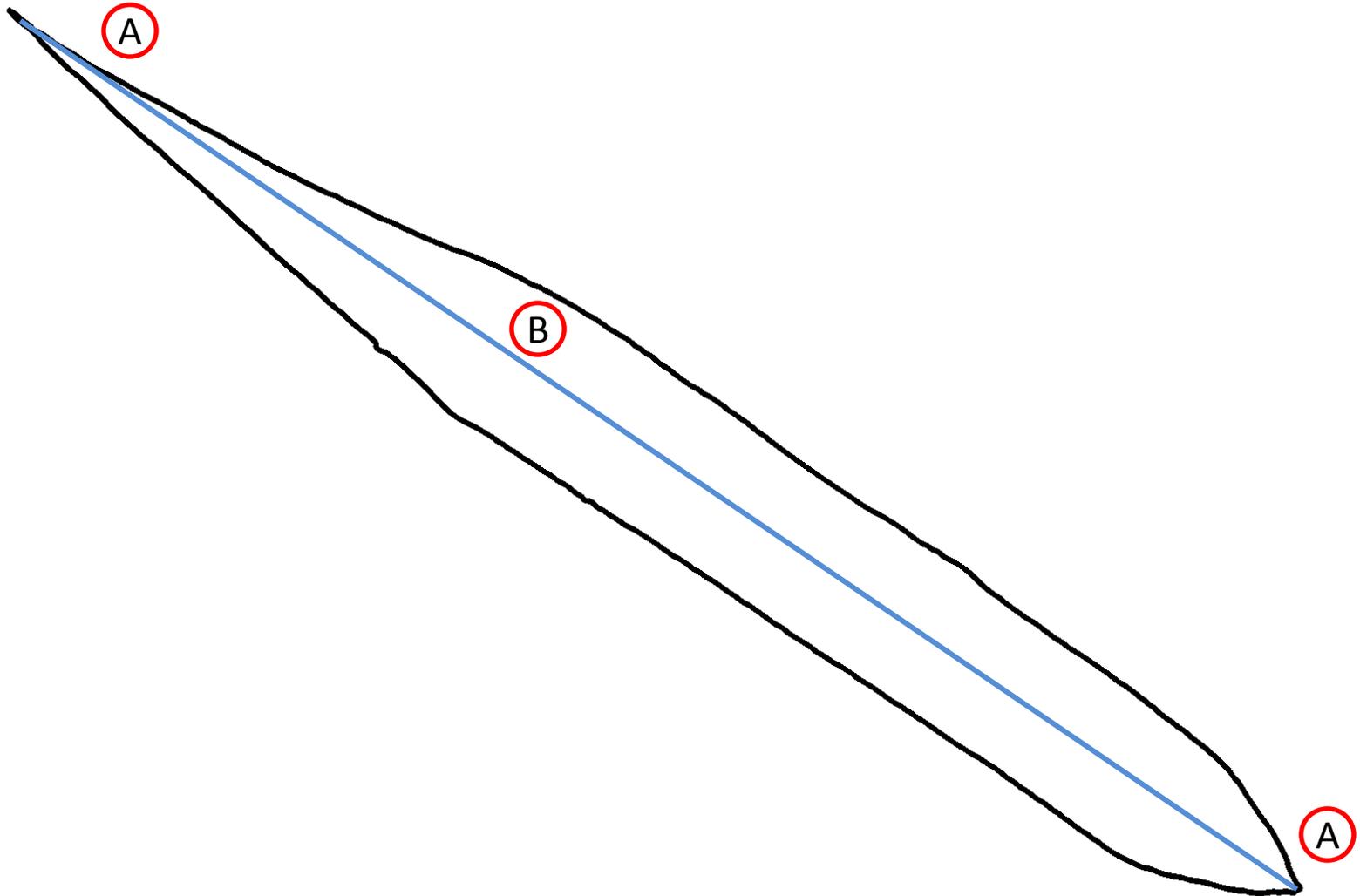


10.31

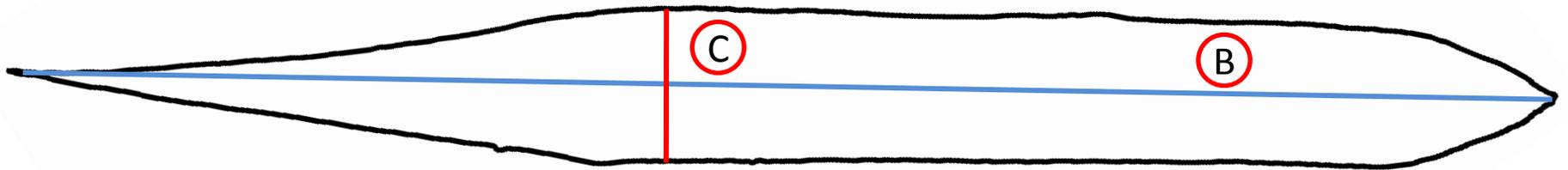


1.10

Magreza: como calcular

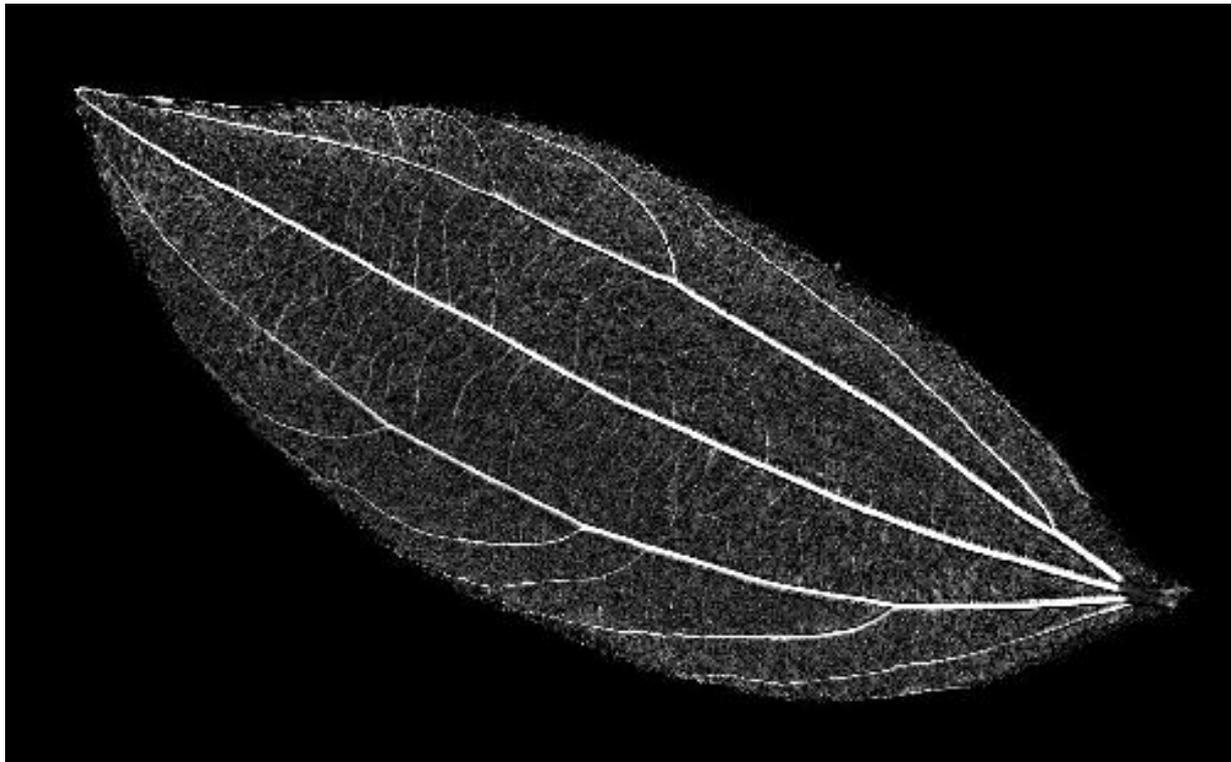


Magreza: como calcular



Característica: Nervura

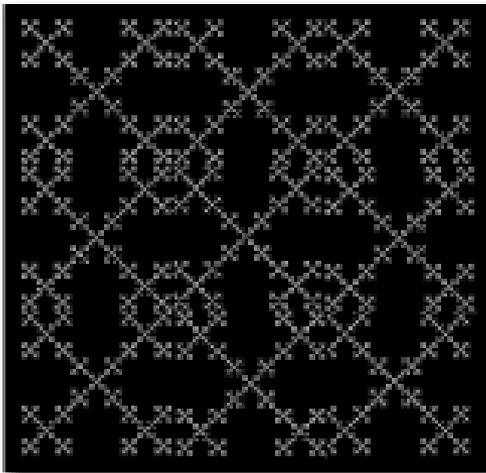
```
cv::morphologyEx(imgCinza, output, cv::MORPH_TOPHAT, strel)
```



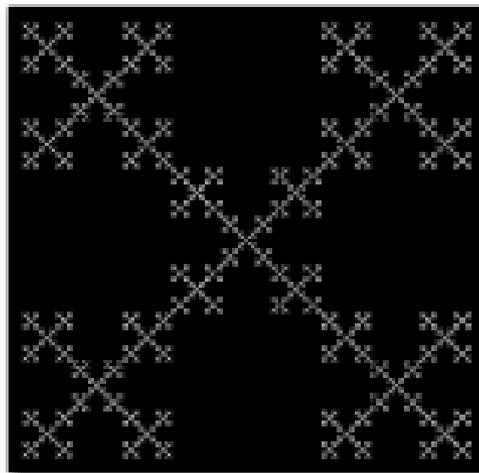
Característica: Lacunaridade

$$L_p = \left(\frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \left(\frac{P_{mn}}{\frac{1}{MN} \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^N P_{kl}} - 1 \right)^p \right)^{1/p}$$

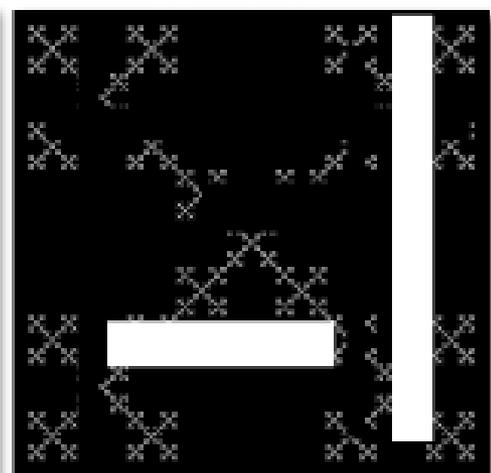
$\Lambda = 0.21$



$\Lambda = 0.39$

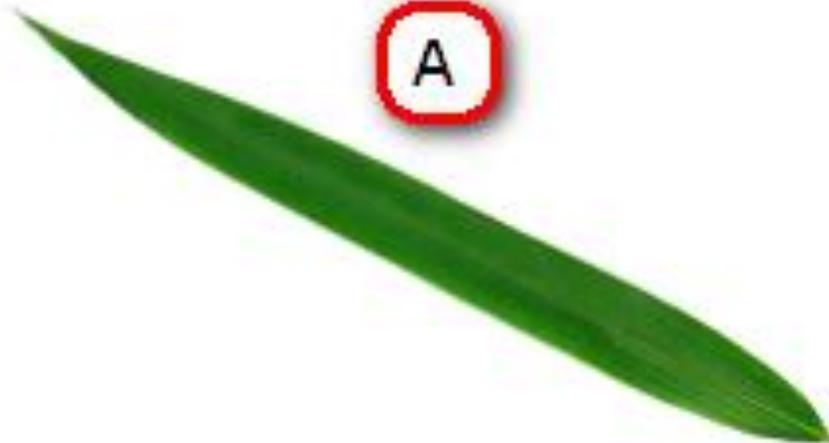


$\Lambda = 1.09$



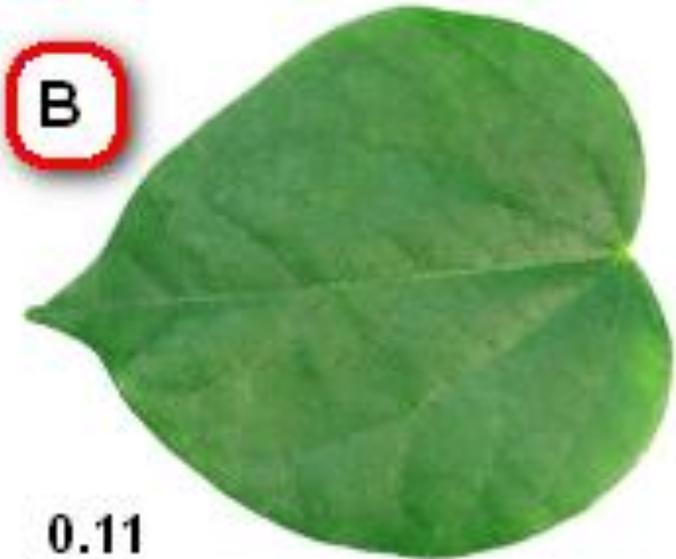
Característica: Lacunaridade

$$L_p = \left(\frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \left(\frac{P_{mn}}{\frac{1}{MN} \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^N P_{kl}} - 1 \right)^p \right)^{1/p}$$



A

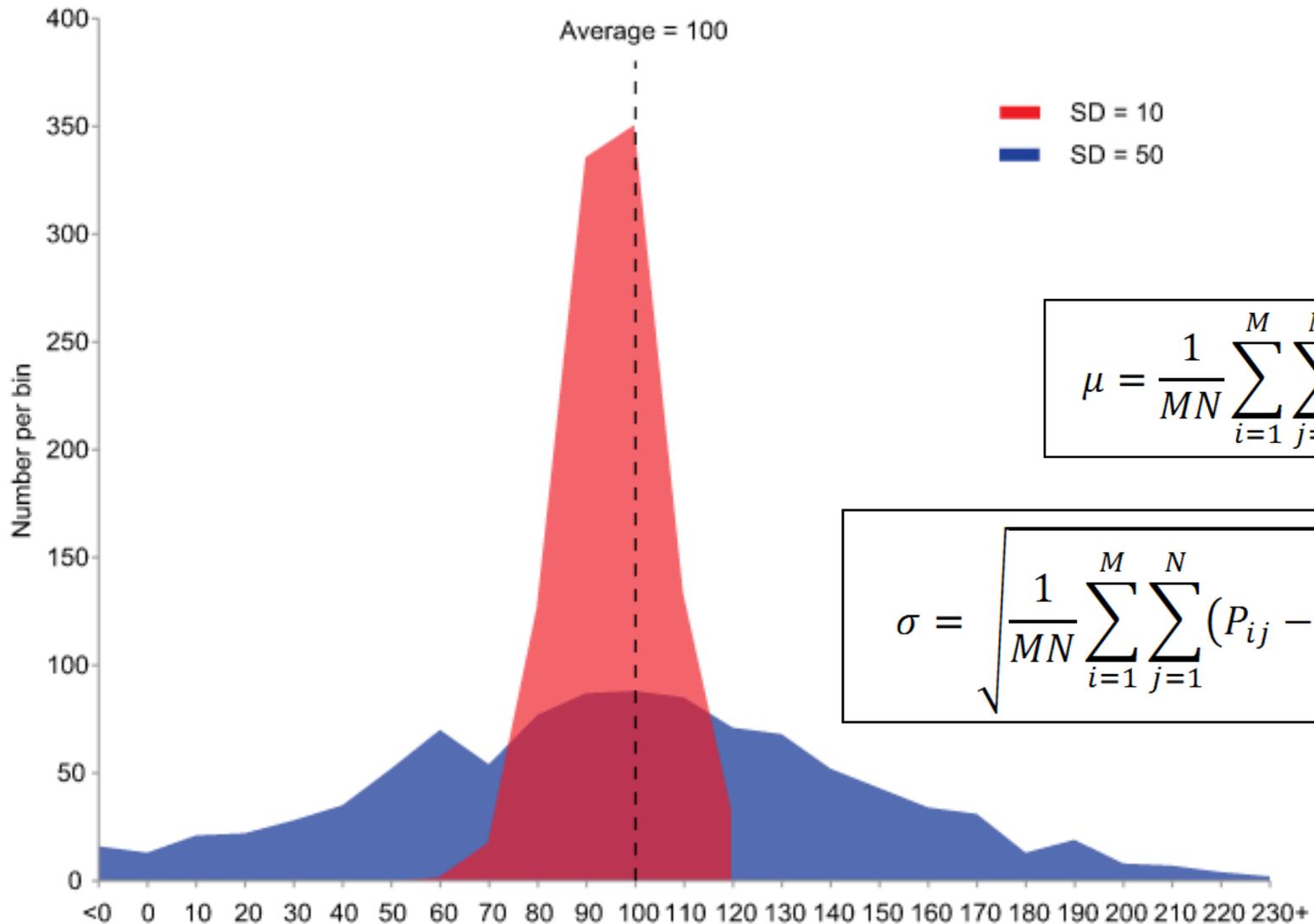
P=2	0.15
P=4	0.27
P=6	0.38



B

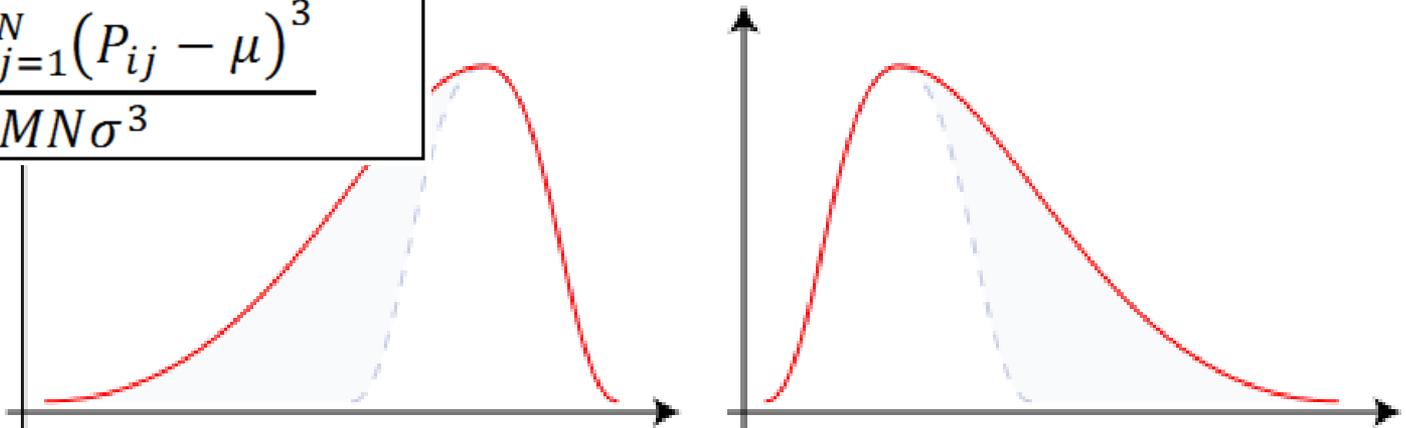
0.11
0.17
0.24

Característica: Estadísticas de cor



Característica: Estadísticas de cor

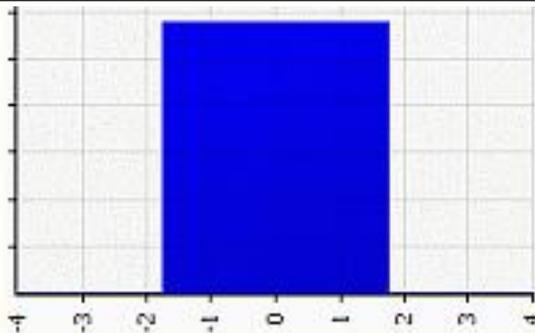
$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu)^3}{MN\sigma^3}$$



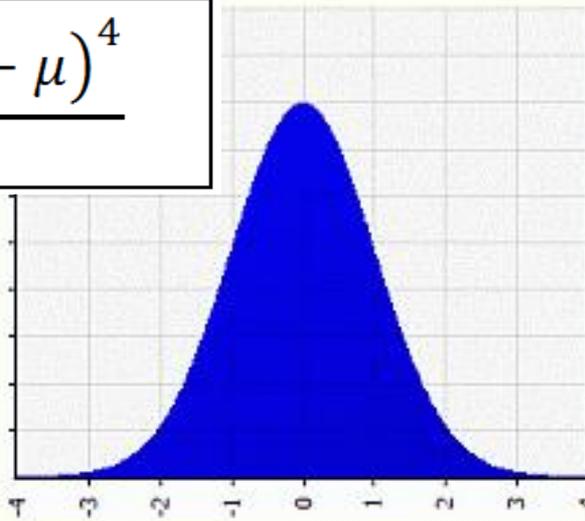
Negative Skew

Positive Skew

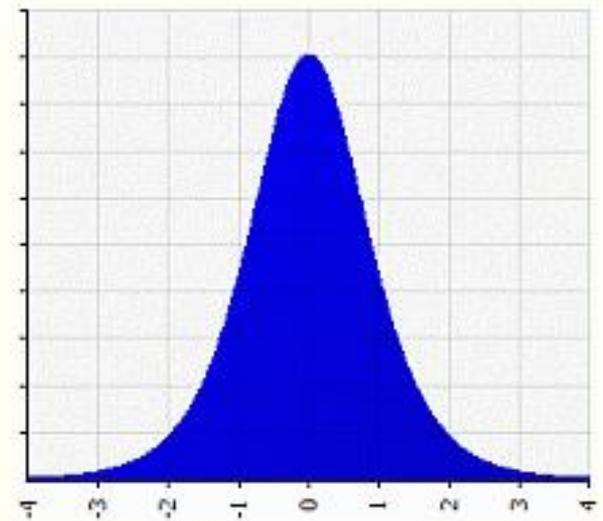
$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu)^4}{MN\sigma^4}$$



1.8

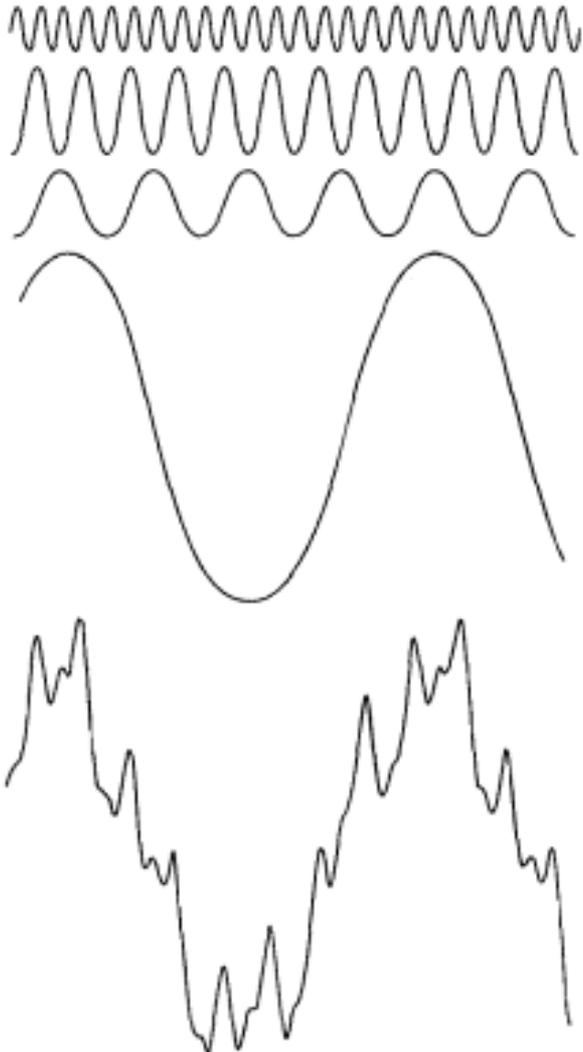


3



4.2

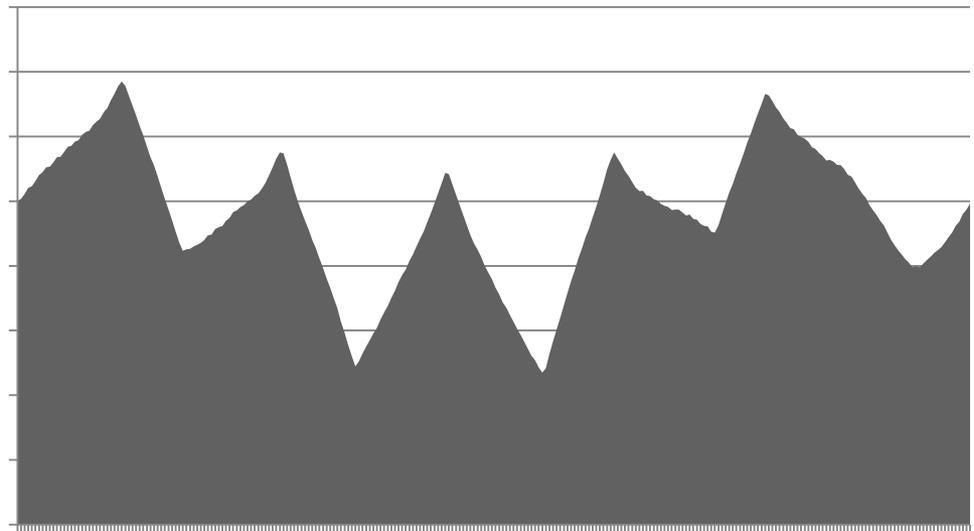
Característica: Fourier



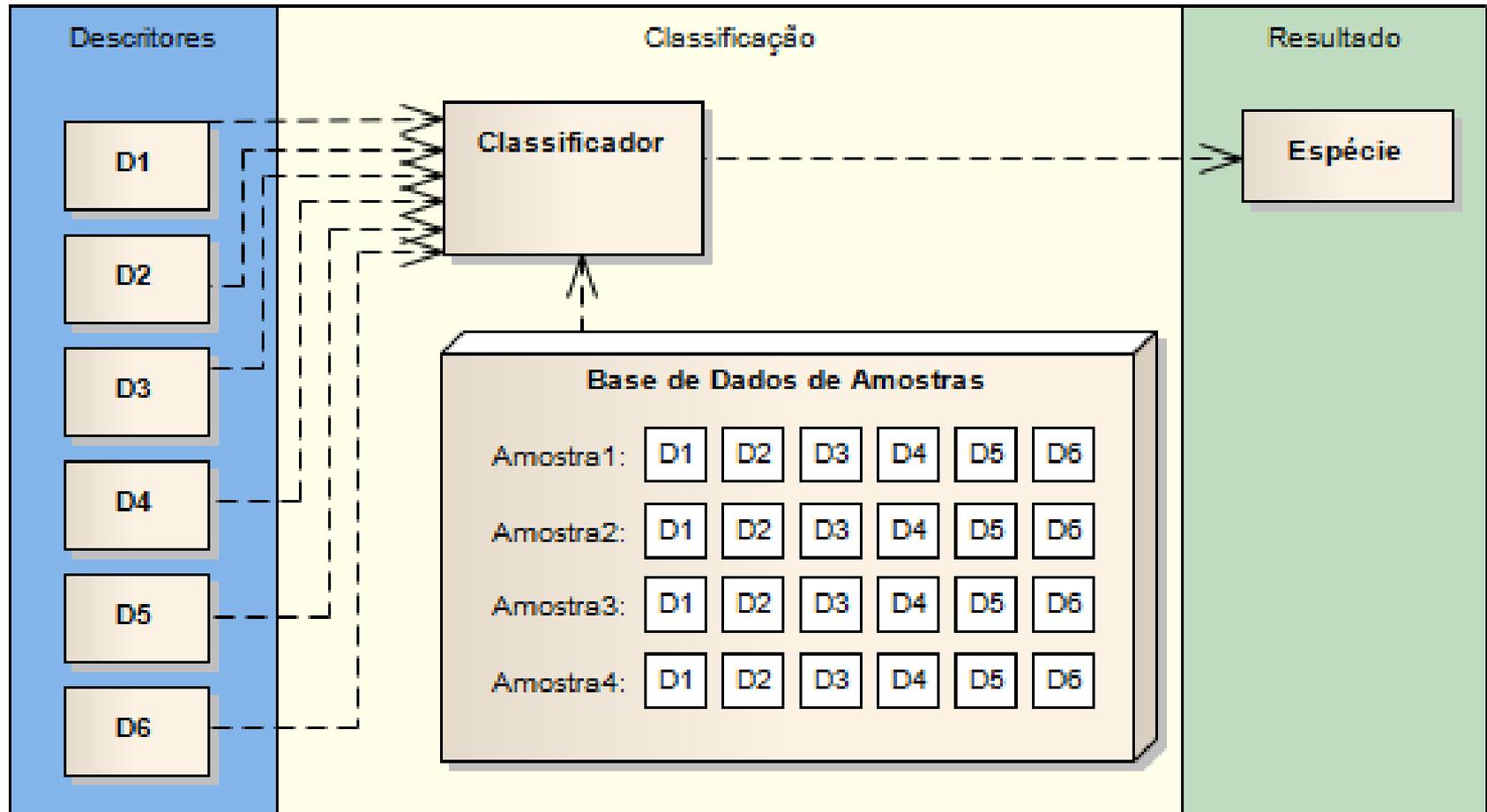
Discrete Fourier Transform (DFT) para 1 dimensão

$$F_m = \sum_{n=0}^{M-1} f_n e^{-j2\pi mn/M} \quad m = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

Distância a partir do centro



Etapas da classificação

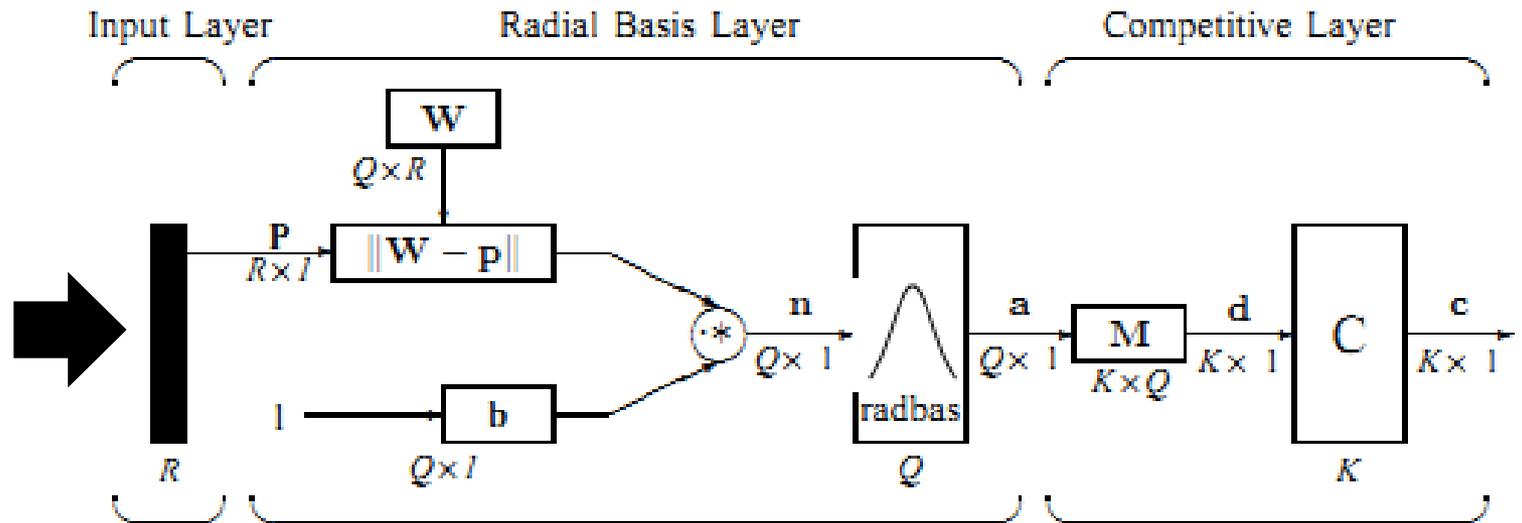


Classificador: RNP

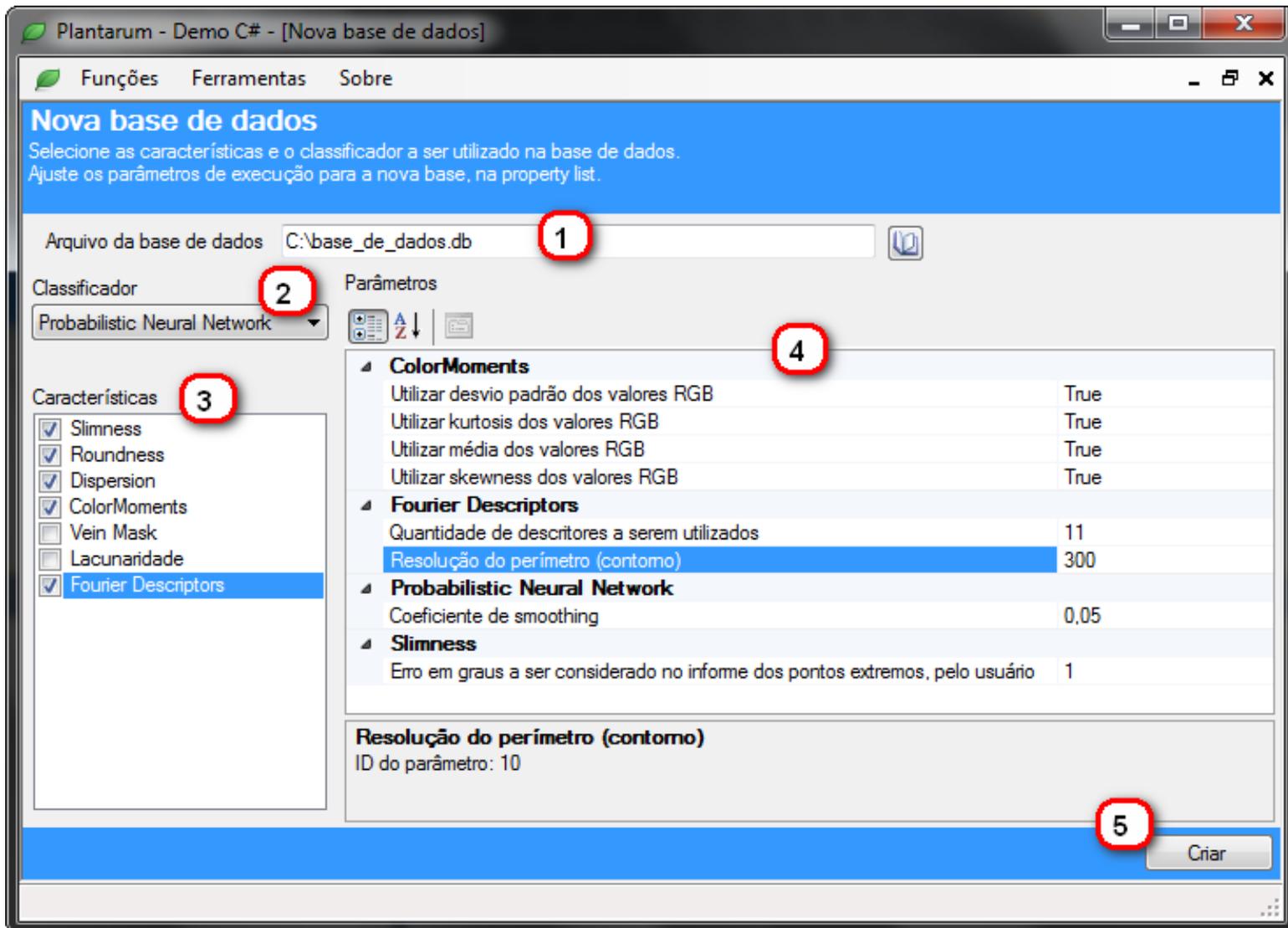
$$p(x|w_j) = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} \exp\left(-\frac{(x - X_k)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Valores descritores

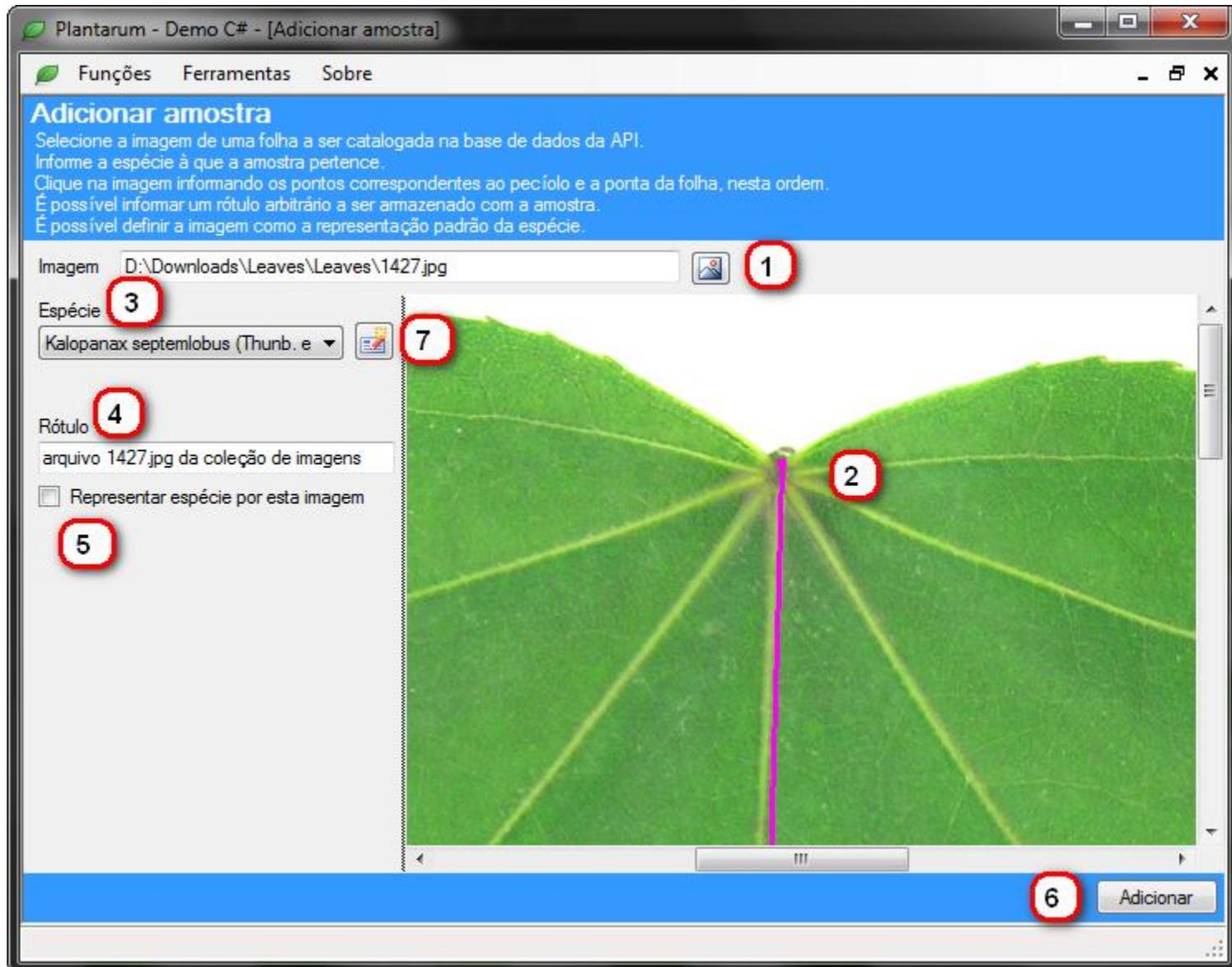
0.22
12.15
10.31



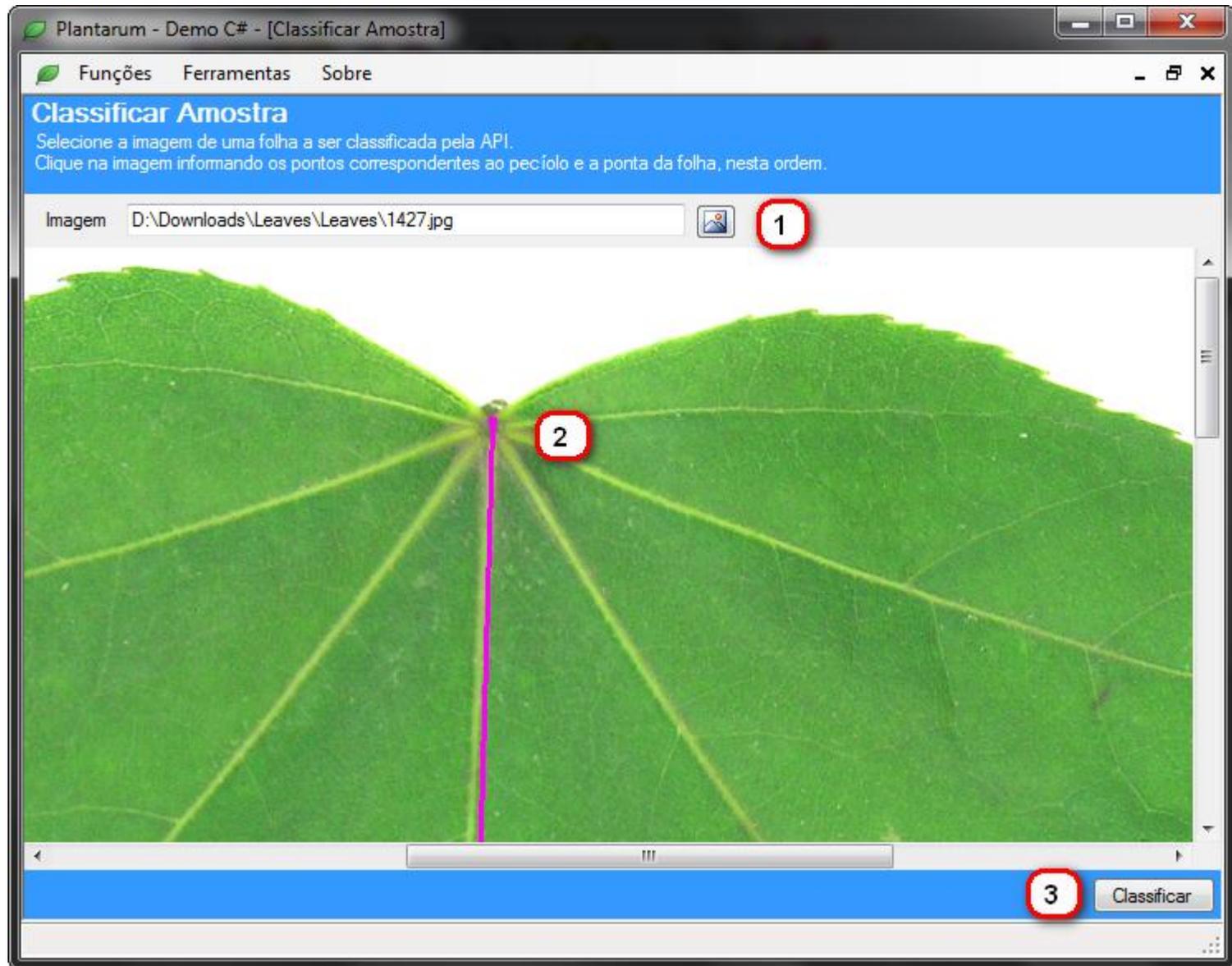
Operacionalidade: criar base de dados



Operacionalidade: registro de amostra



Operacionalidade: classificação



Operacionalidade: resultado

Resultado da Classificação

A amostra informada é: **Kalopanax septemlobus (Thunb. ex A.Murr.) Koidz.** 1

ID: 8

Imagem representativa da espécie



2

Testes

- Testes efetuados utilizando o Flavia dataset, com 75% das amostras utilizadas como base de dados e o restante como amostras a serem classificadas
- Cada série de teste, o número de características utilizadas era acrescido
- Percentual de acerto era computado para cada espécie

RESULTADO DOS TESTES DE CLASSIFICAÇÃO (Desc. Fourier)

Espécie	Número de amostras de teste	Número de classificações corretas	Percentual de acerto
Acer buergerianum Miq.	14	14	100,00%
Acer Palmatum	14	13	92,86%
Aesculus chinensis	16	6	37,50%
Berberis anhweiensis Ahrendt	17	16	94,12%
Cedrus deodara (Roxb.) G. Don	20	20	100,00%
Cercis chinensis	18	17	94,44%
Chimonanthus praecox L.	13	8	61,54%
Cinnamomum camphora (L.) J. Presl	17	12	70,59%
Cinnamomum japonicum Sieb.	14	3	21,43%
Citrus reticulata Blanco	14	11	78,57%
Ginkgo biloba L.	16	14	87,50%
Ilex macrocarpa Oliv.	13	9	69,23%
Indigofera tinctoria L.	19	17	89,47%
Kalopanax septemlobus (Thunb. ex A.Murr.) Koidz.	13	13	100,00%
Koelreuteria paniculata Laxm.	15	4	26,67%
Lagerstroemia indica (L.) Pers.	16	3	18,75%
Ligustrum lucidum Ait. f.	14	1	7,14%
Liriodendron chinense (Hemsl.) Sarg.	14	12	85,71%
Magnolia grandiflora L.	15	8	53,33%
Mahonia bealei (Fortune) Carr.	14	11	78,57%
Manglietia fordiana Oliv.	13	2	15,38%
Nerium oleander L.	17	12	70,59%
Osmanthus fragrans Lour.	14	1	7,14%
Phoebe nanmu (Oliv.) Gamble	16	13	81,25%
Phyllostachys edulis (Carr.) Houz.	15	8	53,33%
Pittosporum tobira (Thunb.) Ait. f.	16	14	87,50%
Podocarpus macrophyllus (Thunb.) Sweet	15	13	86,67%
Populus - canadensis Moench	16	16	100,00%
Prunus persica (L.) Batsch	14	7	50,00%
Prunus serrulata Lindl. var. lannesiana auct.	14	9	64,29%
Tonna sinensis M. Roem.	17	12	70,59%
Viburnum awabuki K.Koch	15	7	46,67%
	488	326	66,80%

RESULTADO DOS TESTES DE CLASSIFICAÇÃO (Desc. Fourier, geométricas)

Espécie	Número de amostras de teste	Número de classificações corretas	Percentual de acerto
Acer buergerianum Miq.	14	14	100,00%
Acer Palmatum	14	13	92,86%
Aesculus chinensis	16	7	43,75%
Berberis anhweiensis Ahrendt	17	16	94,12%
Cedrus deodara (Roxb.) G. Don	20	20	100,00%
Cercis chinensis	18	17	94,44%
Chimonanthus praecox L.	13	9	69,23%
Cinnamomum camphora (L.) J. Presl	17	13	76,47%
Cinnamomum japonicum Sieb.	14	2	14,29%
Citrus reticulata Blanco	14	12	85,71%
Ginkgo biloba L.	16	14	87,50%
Ilex macrocarpa Oliv.	13	10	76,92%
Indigofera tinctoria L.	19	19	100,00%
Kalopanax septemlobus (Thunb. ex A.Murr.) Koidz.	13	13	100,00%
Koelreuteria paniculata Laxm.	15	12	80,00%
Lagerstroemia indica (L.) Pers.	16	16	100,00%
Ligustrum lucidum Ait. f.	14	7	50,00%
Liriodendron chinense (Hemsl.) Sarg.	14	12	85,71%
Magnolia grandiflora L.	15	11	73,33%
Mahonia bealei (Fortune) Carr.	14	10	71,43%
Manglietia fordiana Oliv.	13	5	38,46%
Nerium oleander L.	17	16	94,12%
Osmanthus fragrans Lour.	14	4	28,57%
Phoebe nanmu (Oliv.) Gamble	16	14	87,50%
Phyllostachys edulis (Carr.) Houz.	15	4	26,67%
Pittosporum tobira (Thunb.) Ait. f.	16	14	87,50%
Podocarpus macrophyllus (Thunb.) Sweet	15	15	100,00%
Populus - canadensis Moench	16	16	100,00%
Prunus persica (L.) Batsch	14	9	64,29%
Prunus serrulata Lindl. var. lannesiana auct.	14	10	71,43%
Tonna sinensis M. Roem.	17	14	82,35%
Viburnum awabuki K.Koch	15	8	53,33%
	488	376	77,05%

RESULTADO DOS TESTES DE CLASSIFICAÇÃO (Desc. Fourier, geométricas, cor (c/ kurtosis))

Espécie	Número de amostras de teste	Número de classificações corretas	Percentual de acerto
<i>Acer buergerianum</i> Miq.	14	14	100,00%
<i>Acer Palmatum</i>	14	14	100,00%
<i>Aesculus chinensis</i>	16	15	93,75%
<i>Berberis anhweiensis</i> Ahrendt	17	17	100,00%
<i>Cedrus deodara</i> (Roxb.) G. Don	20	20	100,00%
<i>Cercis chinensis</i>	18	18	100,00%
<i>Chimonanthus praecox</i> L.	13	12	92,31%
<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J. Presl	17	14	82,35%
<i>Cinnamomum japonicum</i> Sieb.	14	7	50,00%
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	14	11	78,57%
<i>Ginkgo biloba</i> L.	16	15	93,75%
<i>Ilex macrocarpa</i> Oliv.	13	11	84,61%
<i>Indigofera tinctoria</i> L.	19	19	100,00%
<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb. ex A.Murr.) Koidz.	13	13	100,00%
<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	15	15	100,00%
<i>Lagerstroemia indica</i> (L.) Pers.	16	16	100,00%
<i>Ligustrum lucidum</i> Ait. f.	14	12	85,71%
<i>Liriodendron chinense</i> (Hemsl.) Sarg.	14	12	85,71%
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	15	14	93,33%
<i>Mahonia bealei</i> (Fortune) Carr.	14	14	100,00%
<i>Manglietia fordiana</i> Oliv.	13	13	100,00%
<i>Nerium oleander</i> L.	17	16	94,12%
<i>Osmanthus fragrans</i> Lour.	14	12	85,71%
<i>Phoebe nanmu</i> (Oliv.) Gamble	16	16	100,00%
<i>Phyllostachys edulis</i> (Carr.) Houz.	15	15	100,00%
<i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) Ait. f.	16	15	93,75%
<i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) Sweet	15	15	100,00%
<i>Populus - canadensis</i> Moench	16	15	93,75%
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	14	13	92,86%
<i>Prunus serrulata</i> Lindl. var. <i>lannesiana</i> auct.	14	12	85,71%
<i>Tonna sinensis</i> M. Roem.	17	15	88,23%
<i>Viburnum awabuki</i> K.Koch	15	15	100,00%
	488	455	93,24%

RESULTADO DOS TESTES DE CLASSIFICAÇÃO (Desc. Fourier, geométricas, cor (s/ kurtosis))

Espécie	Número de amostras de teste	Número de classificações corretas	Percentual de acerto
Acer buergerianum Miq.	14	14	100,00%
Acer Palmatum	14	14	100,00%
Aesculus chinensis	16	15	93,75%
Berberis anhweiensis Ahrendt	17	17	100,00%
Cedrus deodara (Roxb.) G. Don	20	20	100,00%
Cercis chinensis	18	18	100,00%
Chimonanthus praecox L.	13	12	92,31%
Cinnamomum camphora (L.) J. Presl	17	14	82,35%
Cinnamomum japonicum Sieb.	14	7	50,00%
Citrus reticulata Blanco	14	11	78,57%
Ginkgo biloba L.	16	15	93,75%
Ilex macrocarpa Oliv.	13	11	84,61%
Indigofera tinctoria L.	19	19	100,00%
Kalopanax septemlobus (Thunb. ex A.Murr.) Koidz.	13	13	100,00%
Koelreuteria paniculata Laxm.	15	15	100,00%
Lagerstroemia indica (L.) Pers.	16	16	100,00%
Ligustrum lucidum Ait. f.	14	12	85,71%
Liriodendron chinense (Hemsl.) Sarg.	14	12	85,71%
Magnolia grandiflora L.	15	14	93,33%
Mahonia bealei (Fortune) Carr.	14	14	100,00%
Manglietia fordiana Oliv.	13	13	100,00%
Nerium oleander L.	17	16	94,12%
Osmanthus fragrans Lour.	14	12	85,71%
Phoebe nanmu (Oliv.) Gamble	16	16	100,00%
Phyllostachys edulis (Carr.) Houz.	15	15	100,00%
Pittosporum tobira (Thunb.) Ait. f.	16	15	93,75%
Podocarpus macrophyllus (Thunb.) Sweet	15	15	100,00%
Populus - canadensis Moench	16	15	93,75%
Prunus persica (L.) Batsch	14	13	92,86%
Prunus serrulata Lindl. var. lannesiana auct.	14	12	85,71%
Tonna sinensis M. Roem.	17	15	88,23%
Viburnum awabuki K.Koch	15	15	100,00%
	488	455	93,24%

RESULTADO DOS TESTES DE CLASSIFICAÇÃO (Desc. Fourier, geométricas, cor (s/ kurtosis), nervura)

Espécie	Número de amostras de teste	Número de classificações corretas	Percentual de acerto
Acer buergerianum Miq.	14	14	100,00%
Acer Palmatum	14	13	92,86%
Aesculus chinensis	16	15	93,75%
Berberis anhwaiensis Ahrendt	17	17	100,00%
Cedrus deodara (Roxb.) G. Don	20	20	100,00%
Cercis chinensis	18	18	100,00%
Chimonanthus praecox L.	13	13	100,00%
Cinnamomum camphora (L.) J. Presl	17	14	82,35%
Cinnamomum japonicum Sieb.	14	10	71,43%
Citrus reticulata Blanco	14	11	78,57%
Ginkgo biloba L.	16	15	93,75%
Ilex macrocarpa Oliv.	13	12	92,31%
Indigofera tinctoria L.	19	19	100,00%
Kalopanax septemlobus (Thunb. ex A.Murr.) Koidz.	13	13	100,00%
Koelreuteria paniculata Laxm.	15	14	93,33%
Lagerstroemia indica (L.) Pers.	16	16	100,00%
Ligustrum lucidum Ait. f.	14	14	100,00%
Liriodendron chinense (Hemsl.) Sarg.	14	14	100,00%
Magnolia grandiflora L.	15	14	93,33%
Mahonia bealei (Fortune) Carr.	14	13	92,86%
Manglietia fordiana Oliv.	13	13	100,00%
Nerium oleander L.	17	17	100,00%
Osmanthus fragrans Lour.	14	12	85,71%
Phoebe nanmu (Oliv.) Gamble	16	16	100,00%
Phyllostachys edulis (Carr.) Houz.	15	14	93,33%
Pittosporum tobira (Thunb.) Ait. f.	16	15	93,75%
Podocarpus macrophyllus (Thunb.) Sweet	15	15	100,00%
Populus - canadensis Moench	16	15	93,75%
Prunus persica (L.) Batsch	14	13	92,86%
Prunus serrulata Lindl. var. lannesiana auct.	14	13	92,86%
Tonna sinensis M. Roem.	17	15	88,23%
Viburnum awabuki K.Koch	15	15	100,00%
	488	462	94,67%

RESULTADO DOS TESTES DE CLASSIFICAÇÃO (Desc. Fourier, geométricas, cor (s/ kurtosis), nervura, lacunaridade)

Espécie	Número de amostras de teste	Número de classificações corretas	Percentual de acerto
Acer buergerianum Miq.	14	14	100,00%
Acer Palmatum	14	13	92,86%
Aesculus chinensis	16	15	93,75%
Berberis anhweiensis Ahrendt	17	16	94,12%
Cedrus deodara (Roxb.) G. Don	20	20	100,00%
Cercis chinensis	18	18	100,00%
Chimonanthus praecox L.	13	13	100,00%
Cinnamomum camphora (L.) J. Presl	17	14	82,35%
Cinnamomum japonicum Sieb.	14	11	78,57%
Citrus reticulata Blanco	14	12	85,71%
Ginkgo biloba L.	16	15	93,75%
Ilex macrocarpa Oliv.	13	12	92,31%
Indigofera tinctoria L.	19	19	100,00%
Kalopanax septemlobus (Thunb. ex A.Murr.) Koidz.	13	13	100,00%
Koelreuteria paniculata Laxm.	15	14	93,33%
Lagerstroemia indica (L.) Pers.	16	16	100,00%
Ligustrum lucidum Ait. f.	14	14	100,00%
Liriodendron chinense (Hemsl.) Sarg.	14	14	100,00%
Magnolia grandiflora L.	15	13	86,67%
Mahonia bealei (Fortune) Carr.	14	13	92,86%
Manglietia fordiana Oliv.	13	13	100,00%
Nerium oleander L.	17	17	100,00%
Osmanthus fragrans Lour.	14	12	85,71%
Phoebe nanmu (Oliv.) Gamble	16	15	93,75%
Phyllostachys edulis (Carr.) Houz.	15	14	93,33%
Pittosporum tobira (Thunb.) Ait. f.	16	15	93,75%
Podocarpus macrophyllus (Thunb.) Sweet	15	15	100,00%
Populus - canadensis Moench	16	14	87,50%
Prunus persica (L.) Batsch	14	13	92,86%
Prunus serrulata Lindl. var. lannesiana auct.	14	11	78,57%
Tonna sinensis M. Roem.	17	16	94,12%
Viburnum awabuki K.Koch	15	15	100,00%
	488	459	94,06%

Tabela comparativa dos resultados

características / trabalhos relacionados	Wu et al. (2007)	Singh, Gupta e Gupta (2010)	Chaki e Parekh (2012)	Kadir et al. (2011)	Plantarum (2012)
mecanismo de classificação	RNP	SVM-BDT	Máxima	RNP	RNP
espécies diferentes	32 (Flavia)	32 (Flavia)	3	32 (Flavia)	32 (Flavia)
características utilizadas	geométricas, nervuras	geométricas, nervuras	silhueta	geométricas, nervuras, descritores de Fourier, cor, textura	geométricas, nervuras, descritores de Fourier, cor, textura
invariância geométrica	translação, escala, rotação	translação, escala, rotação	-	translação, escala, rotação	translação, escala, rotação
número de descritores	5	5	-	62	38
precisão média	90,3%	96%	99%	93,75%	94,06%

Conclusões

- Resultados satisfatórios, no mesmo patamar nos trabalhos correlatos
- Devido à construção de uma DLL, a integração com outras plataformas é simples

Limitações

- Operado apenas na plataforma Windows
- Trabalha com o reconhecimento somente de imagens de folhas com alto contraste (folhas com coloração esverdeada disposta em um fundo branco, por exemplo) e devidamente dispostas na imagem (sem galhos, dobradas ou parcialmente omitidas)
- O processo de classificação não fornece um coeficiente indicando a certeza do resultado fornecido e tal resultado é composto de atualmente apenas 1 espécie identificada como similar

Limitações

- O classificador utilizado utiliza o mesmo peso para todos os descritores utilizados, isso faz com que características com maior número de descritores tenham uma influência maior no processo de decisão
- É necessária a intervenção do usuário, para o informe dos pontos correspondentes ao pecíolo e à ponta da folha
- Alguns caminhos de arquivos, devido à funções de bibliotecas utilizadas internamente pela API, são restritos ao *charset ASCII*

Extensões

- Detecção automática do pecíolo e da ponta da folha
- Disponibilizar, através do classificador, o coeficiente de certeza da decisão efetuada sobre a espécie da folha
- Permitir o processo de classificação retornar uma lista de espécies como resultado
- Implementação de pesos no mecanismo de classificação, definindo características com maior influência
- Utilização de *Principal Component Analysis* (PCA) para reduzir o número de descritores utilizados pela API

Extensões

- Suplantar a DFT com a *Fast Fourier Transform* (FFT)
- Implementação de novas características
- Implementação de novos classificadores
- Portabilizar a API para outras plataformas

Demonstração

Obrigado!