

04_ArvoreDeDecisao_Tarefa

March 31, 2021

1 Heurística para escolher o melhor valor de cada característica

Crie a sua heurística para escolher a melhor característica para um nó de uma árvore de decisão e compare com a implementação feita nos vídeos postados nesse tópico aqui no AVA e com a implementação do scikit learn.

Faça comparações plotando as regiões de decisão com resubstituição para a base iris e as características usadas nos vídeos.

Também faça comparações usando validação cruzada com pelo menos 3 bases de classificação com atributos contínuos.

Escreva um parágrafo expondo sua interpretação dos resultados obtidos.

1.0.1 Bibliotecas

```
[1]: #-----  
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt  
import statistics  
  
from sklearn.metrics import accuracy_score  
from sklearn.base import BaseEstimator, ClassifierMixin  
from collections import Counter  
from sklearn.model_selection import cross_validate  
#-----
```

1.0.2 Carregando a Base IRIS

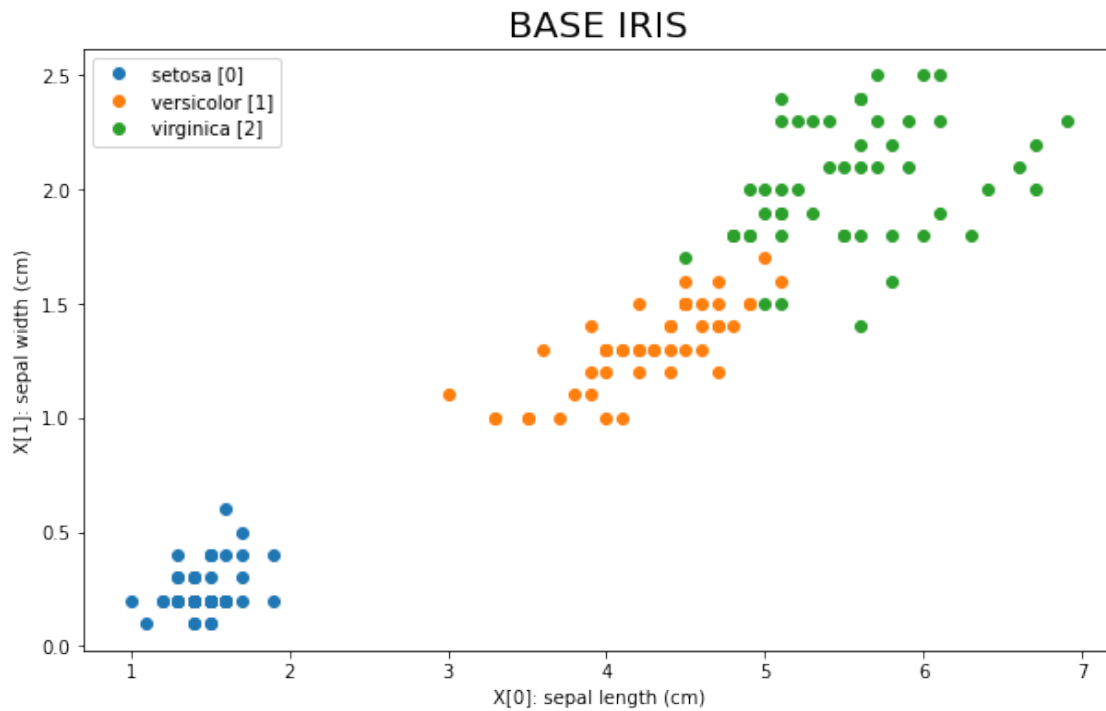
```
[2]: #-----  
from sklearn.datasets import load_iris  
  
iris = load_iris()  
X, y = iris.data[:,2:], iris.target  
  
plt.figure(figsize=(10,6))  
plt.title('BASE IRIS', fontsize=20)  
  
for k in sorted(set(y)):  
    plt.plot(X[:, 0][y==k], X[:, 1][y==k], 'o',
```

```

label=f"{iris.target_names[k]} [{k}]"

plt.legend()
plt.xlabel(f"X[0]: {iris.feature_names[0]}")
plt.ylabel(f"X[1]: {iris.feature_names[1]}")
plt.show()
#-----

```



1.0.3 IMPUREZA

```

[3]: #-----
def impureza(y): #Gini
    labels = list(set(y))                # lista com labels únicos do y
    labels.sort()                        # ordenar dá uma garantia de
    →que a lista sempre vai estar na mesma sequência.
    probabilidades = np.zeros((len(labels),)) # probabilidade de cada
    →característica/label de estar mais puro que os demais.
    for i,k in enumerate(labels):        # passa por todos os labels
        probabilidades[i] = sum(y==k)/len(y) # A probabilidade de Label
    →ocorrer.
    result = 1 - sum(probabilidades**2)   # A Gini eleva essa
    →probabilidade ao quadrado.

```

```

    return result

ytmp = y[:]
valor = impureza(ytmp)

print('-'*60)
print()
print("Impureza_GINI(y)=", valor)
print()
print('-'*60)
#-----

```

Impureza_GINI(y)= 0.6666666666666667

```

[4]: #-----
def impurezaValor(x, y, valor):
    # MAIORES que o valor
    maiores = x > valor
    impurezaMaiores = impureza(y[maiores])
    propMaiores = sum(maiores)/len(y)
    # MENORES que o valor
    impurezaMenores = impureza(y[~maiores])
    propMenores = sum(~maiores)/len(y)

    impurezaTotal = propMaiores*impurezaMaiores + propMenores*impurezaMenores

    return impurezaTotal, impurezaMaiores, impurezaMenores

# Impureza de uma Valor determinado
# impurezaValor(X[:,0], y, 2)
print('-'*60)
print()
print("Impureza(Maior|Menor) do Valor '2' =", impurezaValor(X[:,0],y,2)[0])
print()
print('-'*60)
#-----

```

Impureza(Maior|Menor) do Valor '2' = 0.3333333333333333

```
[5]: #-----
def maisFrequente(y):
    return Counter(y.flat).most_common(1)[0][0]
#-----
```

[6]:

```
=====
```

1.1 Crie a sua heurística para escolher a melhor característica para um nó de uma árvore de decisão e compare com a implementação feita nos vídeos postados nesse tópico aqui no AVA e com a implementação do scikit learn.

1.1.1 Heurística Padrão dado em AULA.

```
[7]: #-----
def melhorValor_HPAdrao(x, y):
    result = None
    menorImpureza = float('inf')
    xmax = np.max(x)
    xmin = np.min(x)

    while True:
        valor = (xmax+xmin)/2
        impTotal, impMaiores, impMenores = impurezaValor(x, y, valor)
        if impTotal < menorImpureza:
            menorImpureza = impTotal
            result = valor
            if impMaiores == 0 or impMenores == 0:
                break
            if impMaiores < impMenores:
                xmin = valor
            else:
                xmax = valor
        else:
            break
    return result, menorImpureza

aux1, aux2 = melhorValor_HPAdrao(X[:,0], y)

print('='*60)
# =====
print("                                melhorValor_HPAdrao                                ")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Result =", aux1)
print("menorImpureza =", aux2)
print()
```

```

print('-'*60)
print('='*60)
#-----

```

```

=====
melhorValor_HPAdrao
=====
-----

```

```

Result = 2.475
menorImpureza = 0.3333333333333333

```

```

[8]: #-----
def melhorCaracteristica_HPAdrao(X, y):
    impurezas = []
    valores = []
    for caracteristica in range(X.shape[1]):
        valor, imp = melhorValor_HPAdrao(X[:,caracteristica], y)
        impurezas.append(imp)
        valores.append(valor)
    impurezas = np.array(impurezas)
    caracteristica = np.argmin(impurezas)

    return caracteristica, valores[caracteristica], impurezas[caracteristica]

aux1, aux2, aux3 = melhorCaracteristica_HPAdrao(X,y)

print('='*60)
#-----
print("melhorCaracteristica_HPAdrao")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Caracteristica =",aux1)
print("Valores[caracteristica] =",aux2)
print("Impurezas[caracteristica] =",aux3)
print()
print('-'*60)
print('='*60)
#-----

```

```

=====
melhorCaracteristica_HPAdrao
=====

```

```
-----
Caracteristica = 0
Valores[caracteristica] = 2.475
Impurezas[caracteristica] = 0.3333333333333333
=====
```

```
[9]: #-----
class Arvore_A(BaseEstimator, ClassifierMixin):
    def fit(self, X, y):
        self.caracteristica, self.valor, self.imp = \
        ↳melhorCaracteristica_HPAdrao(X,y)
        maiores = X[:,self.caracteristica] > self.valor
        if sum(maiores)>0 and sum(~maiores)>0:
            self.maiores = Arvore_A()
            self.maiores.fit(X[maiores,:], y[maiores])
            self.menores = Arvore_A()
            self.menores.fit(X[~maiores,:], y[~maiores])
        else:
            self.resposta = maisFrequente(y)
    def predict(self, X):
        y = np.empty((X.shape[0]))
        if hasattr(self, 'resposta'):
            y[:] = self.resposta
        else:
            maiores = X[:,self.caracteristica] > self.valor
            y[maiores] = self.maiores.predict(X[maiores,:])
            y[~maiores] = self.menores.predict(X[~maiores,:])

        return y

modelo_A = Arvore_A()
modelo_A.fit(X,y)
ypred_A = modelo_A.predict(X)

name = "Arvore_A: Definido na AULA"
print('='*80)
print(' '*((round((80-len(name))/2)),name))
print('='*80)
print('-'*80)
print()
print("Accuracy Score =", accuracy_score(y, ypred_A))
print("Matriz_Acerto:")
print((ypred_A == y))
```

```
print()
print('-'*80)
print('='*80)
#-----
```

```
=====
Arvore_A: Definido na AULA
=====
-----
```

Accuracy Score = 0.9933333333333333

Matriz_Acerto:

```
[ True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True False True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True]
```

1.1.2 Heurística 01 Criada: Porém não houve melhoras, usando a base Iris.

```
[10]: #-----
def melhorValor_HPior(x, y):
    result = None
    menorImpureza = float('inf')

    while True:
        valor = np.median(x)
        impTotal, impMaiores, impMenores = impurezaValor(x, y, valor)
        if impTotal < menorImpureza:
            menorImpureza = impTotal
            result = valor
            if impMaiores == 0 or impMenores == 0:
                break
            if impMaiores < impMenores:
                xmin = valor
        else:
```

```

        xmax = valor
    else:
        break
    return result, menorImpureza

aux1, aux2 = melhorValor_HPior(X[:,0], y)

print('='*60)
# =====
print("                melhorValor_HPior                ")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Result =",aux1)
print("menorImpureza =",aux2)
print()
print('-'*60)
print('='*60)
#-----

```

```

=====
                melhorValor_HPior
=====
-----

Result = 4.35
menorImpureza = 0.4444444444444444

-----
=====

```

```

[11]: #-----
def melhorCaracteristica_HPior(X, y):
    impurezas = []
    valores = []
    for caracteristica in range(X.shape[1]):
        valor, imp = melhorValor_HPior(X[:,caracteristica], y)
        impurezas.append(imp)
        valores.append(valor)

    impurezas = np.array(impurezas)
    caracteristica = np.argmin(impurezas)

    return caracteristica, valores[caracteristica], impurezas[caracteristica]

aux1, aux2, aux3 = melhorCaracteristica_HPior(X,y)

```



```

print('='*60)
# =====
print("                melhorCaracteristica_HPior                ")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Caracteristica =",aux1)
print("Valores[caracteristica] =",aux2)
print("Impurezas[caracteristica] =",aux3)
print()
print('-'*60)
print('='*60)
#-----

```

```

=====
                melhorCaracteristica_HPior
=====
-----

Caracteristica = 1
Valores[caracteristica] = 1.3
Impurezas[caracteristica] = 0.44301994301994296

-----
=====

```

```

[12]: #-----
class Arvore_B(BaseEstimator, ClassifierMixin):
    def fit(self, X, y):
        self.caracteristica, self.valor, self.imp = \
        →melhorCaracteristica_HPior(X,y)
        maiores = X[:,self.caracteristica] > self.valor
        if sum(maiores)>0 and sum(~maiores)>0:
            self.maiores = Arvore_B()
            self.maiores.fit(X[maiores,:], y[maiores])
            self.menores = Arvore_B()
            self.menores.fit(X[~maiores,:], y[~maiores])
        else:
            self.resposta = maisFrequente(y)
    def predict(self, X):
        y = np.empty((X.shape[0]))
        if hasattr(self, 'resposta'):
            y[:] = self.resposta
        else:
            maiores = X[:,self.caracteristica] > self.valor
            y[maiores] = self.maiores.predict(X[maiores,:])
            y[~maiores] = self.menores.predict(X[~maiores,:])

```


1.1.3 Heurística 02 Criada: Com um pequeno ajuste, afetando um pouca a melhora do `np.mean(scores['test_score'])`, usando a base Iris.

```
[13]: #-----
def melhorValor_HBestScore(x, y):
    result = None
    menorImpureza = float('inf')

    while True:
        xmax = np.max(x)
        xmin = np.min(x)
        valor = (xmax+xmin)/2

        impTotal, impMaiores, impMenores = impurezaValor(x, y, valor)
        if impTotal < menorImpureza:
            menorImpureza = impTotal
            result = valor
            if impMaiores == 0 or impMenores == 0:
                break
            if impMaiores < impMenores:
                xmin = valor
            else:
                xmax = valor
        else:
            break
    return result, menorImpureza

aux1, aux2 = melhorValor_HBestScore(X[:,0], y)

print('='*60)
# =====
print("                melhorValor_HBestScore                ")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Result =",aux1)
print("menorImpureza =",aux2)
print()
print('-'*60)
print('='*60)
#-----
```

```
=====
                melhorValor_HBestScore
=====
-----
```

Result = 3.95

```
menorImpureza = 0.41235341069564685
```

```
-----  
=====
```

```
[14]: #-----  
def melhorCaracteristica_HBestScore(X, y):  
    impurezas = []  
    valores = []  
    for caracteristica in range(X.shape[1]):  
        valor, imp = melhorValor_HBestScore(X[:,caracteristica], y)  
        impurezas.append(imp)  
        valores.append(valor)  
  
    impurezas = np.array(impurezas)  
    caracteristica = np.argmin(impurezas)  
  
    return caracteristica, valores[caracteristica], impurezas[caracteristica]  
  
aux1, aux2, aux3 = melhorCaracteristica_HBestScore(X,y)  
  
print('='*60)  
#      =====  
print("                melhorCaracteristica_HBestScore                ")  
print('='*60)  
print('-'*60)  
print()  
print("Caracteristica =",aux1)  
print("Valores[caracteristica] =",aux2)  
print("Impurezas[caracteristica] =",aux3)  
print()  
print('-'*60)  
print('='*60)  
#-----
```

```
=====
```

```
                melhorCaracteristica_HBestScore
```

```
=====
```

```
-----
```

```
Caracteristica = 0  
Valores[caracteristica] = 3.95  
Impurezas[caracteristica] = 0.41235341069564685
```

```
-----  
=====
```

```
[15]: #-----
class Arvore_C(BaseEstimator, ClassifierMixin):
    def fit(self, X, y):
        self.caracteristica, self.valor, self.imp = \
        ->melhorCaracteristica_HBestScore(X,y)
        maiores = X[:,self.caracteristica] > self.valor
        if sum(maiores)>0 and sum(~maiores)>0:
            self.maiores = Arvore_C()
            self.maiores.fit(X[maiores,:], y[maiores])
            self.menores = Arvore_C()
            self.menores.fit(X[~maiores,:], y[~maiores])
        else:
            self.resposta = maisFrequente(y)
    def predict(self, X):
        y = np.empty((X.shape[0]))
        if hasattr(self, 'resposta'):
            y[:] = self.resposta
        else:
            maiores = X[:,self.caracteristica] > self.valor
            y[maiores] = self.maiores.predict(X[maiores,:])
            y[~maiores] = self.menores.predict(X[~maiores,:])

        return y

modelo_C = Arvore_C()
modelo_C.fit(X,y)
ypred_C = modelo_C.predict(X)
accuracy_score(y, ypred_C), (ypred_C == y)

name = "Arvore_C: Heurística 02"
print('='*80)
print(' '*(round((80-len(name))/2)),name)
print('='*80)
print('-'*80)
print()
print("Accuracy Score =", accuracy_score(y, ypred_A))
print("Matriz_Acerto:")
print((ypred_A == y))
print()
print('-'*80)
print('='*80)
#-----
```

```
=====
Arvore_C: Heurística 02
=====
-----
```

Accuracy Score = 0.9933333333333333

Matriz_Acerto:

```
[ True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True
  True True True True True True True True True True True True]
```

1.1.4 Heurística 03 Criada: Não houve melhoras, usando a base Iris.

```
[16]: #-----
def melhorValor_Z(x, y):
    result = None
    menorImpureza = float('inf')

    zSort = np.sort(x)
    z20P = int(len(x)*0.2)
    z20PINI = sum(zSort[:z20P])
    z20PEND = sum(zSort[(len(x)-z20P):])

    if (z20PINI == 0):
        z20PMin = 0
    else:
        z20PMin = (z20PINI/z20P)

    if (z20PEND == 0):
        z20PMax = 0
    else:
        z20PMax = (z20PEND/z20P)

    while True:
        valor = (z20PMin+z20PMax)/2

        impTotal, impMaiores, impMenores = impurezaValor(x, y, valor)
```

```

        if impTotal < menorImpureza:
            menorImpureza = impTotal
            result = valor
            if impMaiores == 0 or impMenores == 0:
                break
            if impMaiores < impMenores:
                xmin = valor
            else:
                xmax = valor
        else:
            break
    return result, menorImpureza

aux1, aux2 = melhorValor_Z(X[:,0], y)

print('='*60)
# =====
print("                                melhorValor_Z                                ")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Result =",aux1)
print("menorImpureza =",aux2)
print()
print('-'*60)
print('='*60)
#-----

```

```

=====
                                melhorValor_Z
=====
-----

Result = 3.6316666666666664
menorImpureza = 0.383485309017224

-----
=====

```

```

[17]: #-----
def melhorCaracteristica_Z(X, y):
    impurezas = []
    valores = []
    for caracteristica in range(X.shape[1]):
        valor, imp = melhorValor_Z(X[:,caracteristica], y)
        impurezas.append(imp)
        valores.append(valor)

```

```

impurezas = np.array(impurezas)
caracteristica = np.argmin(impurezas)

return caracteristica, valores[caracteristica], impurezas[caracteristica]

aux1, aux2, aux3 = melhorCaracteristica_Z(X,y)

print('='*60)
# =====
print("                melhorCaracteristica_Z                ")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Caracteristica =",aux1)
print("Valores[caracteristica] =",aux2)
print("Impurezas[caracteristica] =",aux3)
print()
print('-'*60)
print('='*60)
#-----

```

```

=====
                melhorCaracteristica_Z
=====
-----

Caracteristica = 0
Valores[caracteristica] = 3.6316666666666664
Impurezas[caracteristica] = 0.383485309017224

-----
=====

```

```

[18]: #-----
class Arvore_Z(BaseEstimator, ClassifierMixin):
    def fit(self, X, y):
        self.caracteristica, self.valor, self.imp = melhorCaracteristica_Z(X,y)
        maiores = X[:,self.caracteristica] > self.valor
        if sum(maiores)>0 and sum(~maiores)>0:
            self.maiores = Arvore_Z()
            self.maiores.fit(X[maiores,:], y[maiores])
            self.menores = Arvore_Z()
            self.menores.fit(X[~maiores,:], y[~maiores])
        else:
            self.resposta = maisFrequente(y)
    def predict(self, X):

```



```

        y = np.empty((X.shape[0]))
        if hasattr(self, 'resposta'):
            y[:] = self.resposta
        else:
            maiores = X[:,self.caracteristica] > self.valor
            y[maiores] = self.maiores.predict(X[maiores,:])
            y[~maiores] = self.menores.predict(X[~maiores,:])

        return y

modelo_Z = Arvore_Z()
modelo_Z.fit(X,y)
ypred_Z = modelo_Z.predict(X)
accuracy_score(y, ypred_Z), (ypred_Z == y)

name = "Arvore_Z: Heurística 03"
print('='*80)
print(' '*(round((80-len(name))/2)),name)
print('='*80)
print('-'*80)
print()
print("Accuracy Score =", accuracy_score(y, ypred_A))
print("Matriz_Acerto:")
print((ypred_A == y))
print()
print('-'*80)
print('='*80)
#-----

```

```

=====
                        Arvore_Z: Heurística 03
=====
-----

```

Accuracy Score = 0.9933333333333333

Matriz_Acerto:

[True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	False	True
True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True

```

True True True True True True True True True True True True
True True True True True True]

```

[19]:

```

#=====

```

1.2 Faça comparações plotando as regiões de decisão com resubstituição para a base iris e as características usadas nos vídeos.

[20]:

```

#-----
def plotDecisao(modelo, X, y, axs, title):
    modelo.fit(X, y)
    x0s = np.linspace(np.min(X[:,0])-0.2, np.max(X[:,0])+0.2, 100)
    x1s = np.linspace(np.min(X[:,1])-0.2, np.max(X[:,1])+0.2, 100)

    x0, x1 = np.meshgrid(x0s, x1s)
    Xdec = np.c_[x0.ravel(), x1.ravel()]

    ypred = modelo.predict(Xdec)

    axs.contourf(x0, x1, ypred.reshape(x0.shape), alpha=0.25)
    for k in set(y):
        axs.plot(X[:,0][y==k], X[:,1][y==k], 'o')

    axs.set_title(title, fontsize=20)
    # ax.set_xlabel('X[0]', fontsize=fontsize)
    axs.set_xlabel(f"X[0]: {iris.feature_names[0]}", fontsize=12)

    # ax.set_ylabel('X[1]', fontsize=fontsize)
    axs.set_ylabel(f"X[1]: {iris.feature_names[1]}", fontsize=12)
#-----

```

[21]:

```

#-----
name = "BASE IRIS"
print('='*80)
print(' '*(round((80-len(name))/2)),name)
print('='*80)
print()

Title01 = "Arvore_A(): Heurística Aula"
Title02 = "Arvore_B(): Heurística 01 Criada"
Title03 = "Arvore_C(): Heurística 02 Criada"
Title04 = "Arvore_Z(): Heurística 03 Criada"

fig, axs = plt.subplots(2, 2, figsize=(15,10), constrained_layout=True)

```

```

plotDecisao(Arvore_A(), X, y, axs[0,0], Title01)
plotDecisao(Arvore_B(), X, y, axs[0,1], Title02)
plotDecisao(Arvore_C(), X, y, axs[1,0], Title03)
plotDecisao(Arvore_Z(), X, y, axs[1,1], Title04)

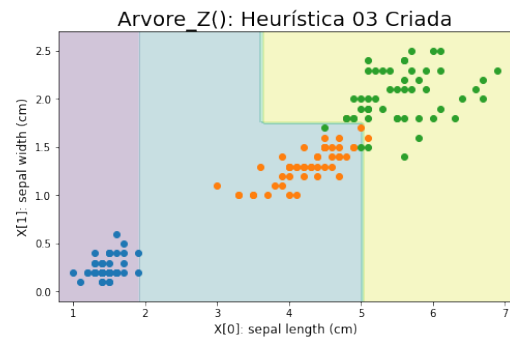
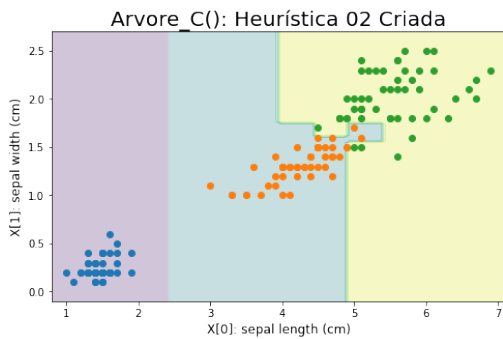
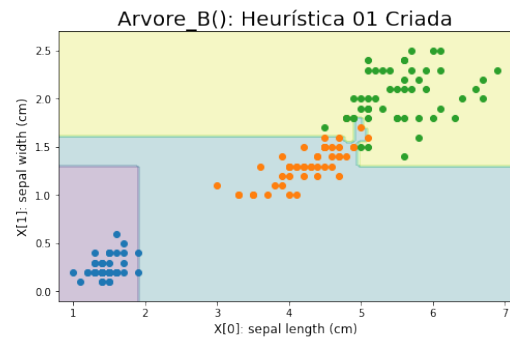
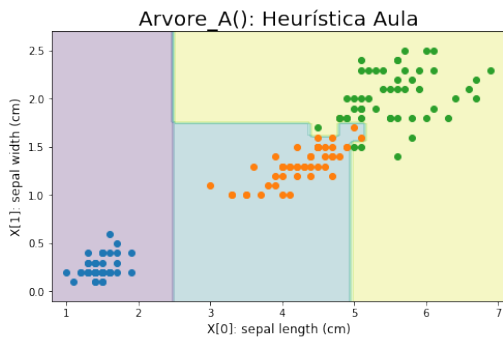
fig.set_constrained_layout_pads(w_pad=4 / 72, h_pad=4 / 72,
                                hspace=0.2, wspace=0.2)

plt.show()

print()
print('='*80)
#-----

```

===== BASE IRIS =====



```
[22]: #-----
from sklearn.model_selection import cross_validate

scoresA = cross_validate(Arvore_A(), X, y, cv=10)

print('='*60)
# =====
print("                Arvore_A: Definido na AULA                ")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Scores:")
print(scoresA['test_score'])
print()
print("Mean =", np.mean(scoresA['test_score']))
print()
print('-'*60)
print('='*60)
#-----
```

```
=====
                Arvore_A: Definido na AULA
=====
-----

Scores:
[1.          0.93333333 1.          0.93333333 0.93333333 0.8
 0.93333333 0.93333333 1.          1.          ]

Mean = 0.9466666666666667

-----
=====
```

```
[23]: #-----
scoresB = cross_validate(Arvore_B(), X, y, cv=10)

print('='*60)
# =====
print("                Arvore_B: Heurística 01                ")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Scores:")
print(scoresB['test_score'])
print()
print("Mean =", np.mean(scoresB['test_score']))
```

```

print()
print('-'*60)
print('='*60)
#-----

```

```

=====
Arvore_B: Heurística 01
=====
-----

```

Scores:

```

[1.          0.93333333 1.          1.          0.93333333 0.93333333
 0.93333333 0.86666667 1.          1.          ]

```

Mean = 0.96000000000000002

```

-----
=====

```

```

[24]: #-----
scoresC = cross_validate(Arvore_C(), X, y, cv=10)

print('='*60)
#-----
print("                Arvore_C: Heurística 02                ")
print('='*60)
print('-'*60)
print()
print("Scores:")
print(scoresC['test_score'])
print()
print("Mean =", np.mean(scoresC['test_score']))
print()
print('-'*60)
print('='*60)
#-----

```

```

=====
Arvore_C: Heurística 02
=====
-----

```

Scores:

```

[1.          0.93333333 1.          0.93333333 0.93333333 0.93333333
 0.93333333 0.93333333 1.          1.          ]

```

Mean = 0.96

=====

```
[25]: #-----  
scoresZ = cross_validate(Arvore_Z(), X, y, cv=10)  
  
print('='*60)  
#      =====  
print("                Arvore_Z: Heurística 03                ")  
print('='*60)  
print('-'*60)  
print()  
print("Scores:")  
print(scoresZ['test_score'])  
print()  
print("Mean =", np.mean(scoresZ['test_score']))  
print()  
print('-'*60)  
print('='*60)  
#-----
```

=====

Arvore_Z: Heurística 03

=====

Scores:

[1.	0.93333333	1.	0.93333333	0.93333333	1.
0.93333333	1.	1.	1.]

Mean = 0.9733333333333334

=====

```
[26]: #-----  
# GRAFICOS PARA COMPARAÇÃO  
#-----  
margem = 80  
tamanho=(16,6)  
  
y0 = ['0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9']  
  
x1GP = scoresA['test_score']  
x2GP = scoresB['test_score']  
x3GP = scoresC['test_score']
```

```

x4GP = scoresZ['test_score']

print('='*margem)
print()
#-----
plt.figure(figsize=tamanho)

# SCORES
plt.plot(y0, x1GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C0')
plt.plot(y0, x2GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C1')
plt.plot(y0, x3GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='black')
plt.plot(y0, x4GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C2')

# MEANS
plt.plot(y0, [np.mean(x1GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C0')
plt.plot(y0, [np.mean(x2GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle='-', color='C1')
plt.plot(y0, [np.mean(x3GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='black')
plt.plot(y0, [np.mean(x4GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C2')

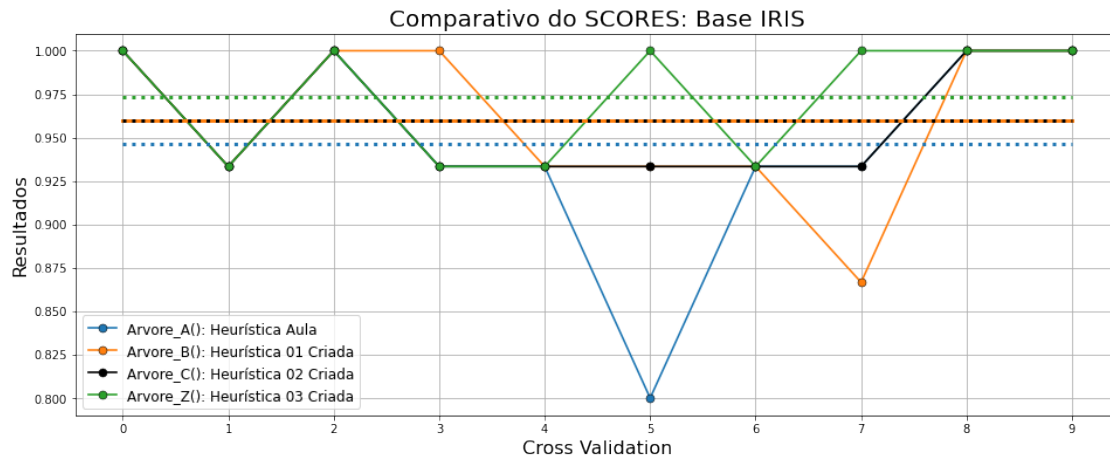
plt.legend(labels=[Title01, Title02, Title03, Title04], fontsize=12)
plt.title(f"Comparativo do SCORES: Base IRIS", fontsize=20)
plt.ylabel("Resultados", fontsize=16)
plt.xlabel("Cross Validation", fontsize=16)

plt.grid()
plt.show()

print()
print('='*margem)
#-----

```

```
=====
```



```
[27]: #=====
#
#          TABELA COM RESULTADOS
#=====
import pandas as pd

A = [Title01, Title02, Title03, Title04]
B = []

B.append(np.mean(scoresA['test_score']))
B.append(np.mean(scoresB['test_score']))
B.append(np.mean(scoresC['test_score']))
B.append(np.mean(scoresZ['test_score']))

name = "TABELA COM RESULTADOS - BASE IRIS"
print('='*60)
print(' '*(round((60-len(name))/2)),name)
print('='*60)
print()

df = pd.DataFrame(index=A)
df['Score.Means'] = B

df
#=====
```

```
=====
TABELA COM RESULTADOS - BASE IRIS
=====
```



```
[27]:
```

	Score.Mean
Arvore_A(): Heurística Aula	0.946667
Arvore_B(): Heurística 01 Criada	0.960000
Arvore_C(): Heurística 02 Criada	0.960000
Arvore_Z(): Heurística 03 Criada	0.973333

```
[28]: #=====
```

1.3 Também faça comparações usando validação cruzada com pelo menos 3 bases de classificação com atributos contínuos.

1.3.1 BASE01 (sklearn.datasets.load_wine)

```
[29]: #-----
from sklearn.datasets import load_wine

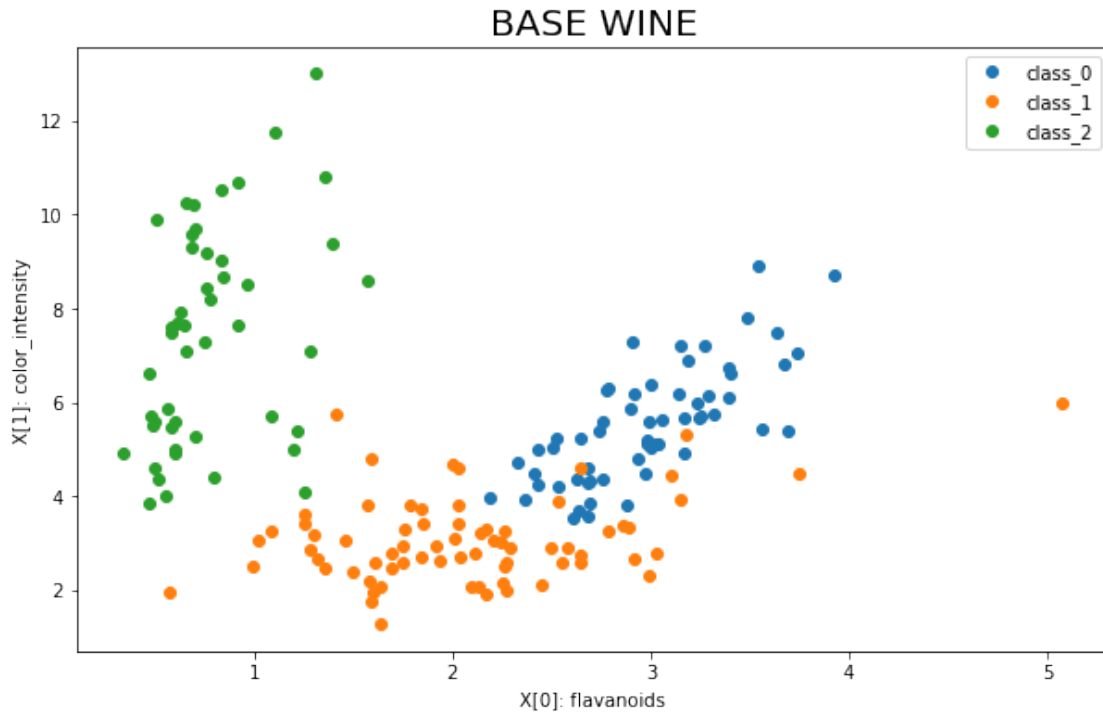
dataset1 = load_wine()
X1, y1 = dataset1.data[:,[6,9]], dataset1.target

plt.figure(figsize=(10,6))
plt.title('BASE WINE', fontsize=20)

for k in sorted(set(y1)):
    plt.plot(X1[:,0][y1==k], X1[:,1][y1==k], "o", label=f"{dataset1.
→target_names[k]}")

plt.legend()
plt.xlabel(f"X[0]: {dataset1.feature_names[6]}")
plt.ylabel(f"X[1]: {dataset1.feature_names[9]}")

plt.show()
#-----
```



```
[30]: #-----
name = "BASE WINE"
print('='*80)
print(' '*(round((80-len(name))/2)),name)
print('='*80)
print()

fig, axs = plt.subplots(2, 2, figsize=(15,10), constrained_layout=True)

plotDecisao(Arvore_A(), X1, y1, axs[0,0], Title01)
plotDecisao(Arvore_B(), X1, y1, axs[0,1], Title02)
plotDecisao(Arvore_C(), X1, y1, axs[1,0], Title03)
plotDecisao(Arvore_Z(), X1, y1, axs[1,1], Title04)

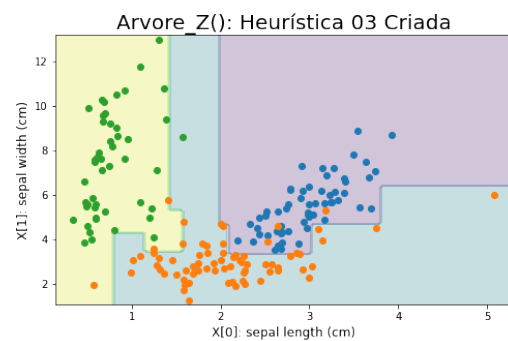
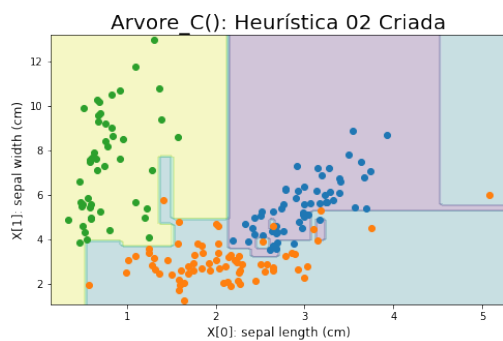
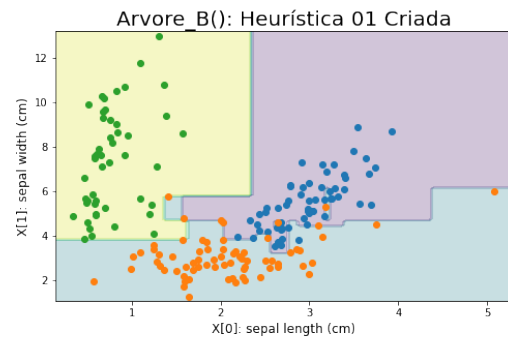
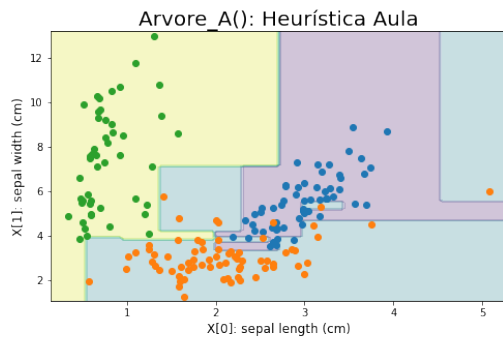
fig.set_constrained_layout_pads(w_pad=4 / 72, h_pad=4 / 72,
                                hspace=0.2, wspace=0.2)

plt.show()

print()
print('='*80)
#-----
```

=====

BASE WINE



```
[31]: #-----
# SCORES CROSS_VALIDADE
#-----
scoresA1 = cross_validate(Arvore_A(), X1, y1, cv=10)
scoresB1 = cross_validate(Arvore_B(), X1, y1, cv=10)
scoresC1 = cross_validate(Arvore_C(), X1, y1, cv=10)
scoresZ1 = cross_validate(Arvore_Z(), X1, y1, cv=10)
#-----
```

```
[32]: #-----
# GRAFICOS PARA COMPARAÇÃO
#-----
margem = 80
tamanho=(16,6)

y0 = ['0','1','2','3','4','5','6','7','8','9']

x1GP = scoresA1['test_score']
```

```

x2GP = scoresB1['test_score']
x3GP = scoresC1['test_score']
x4GP = scoresZ1['test_score']

print('='*margem)
print()
#-----

plt.figure(figsize=tamanho)

# SCORES
plt.plot(y0, x1GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C0')
plt.plot(y0, x2GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C1')
plt.plot(y0, x3GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='black')
plt.plot(y0, x4GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C2')

# MEANS
plt.plot(y0, [np.mean(x1GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C0')
plt.plot(y0, [np.mean(x2GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C1')
plt.plot(y0, [np.mean(x3GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='black')
plt.plot(y0, [np.mean(x4GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C2')

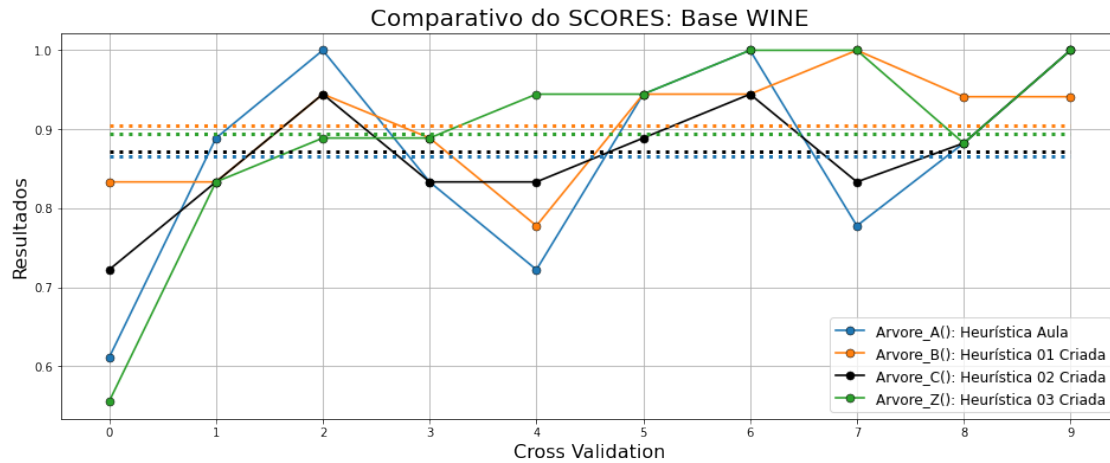
plt.legend(labels=[Title01, Title02, Title03, Title04], fontsize=12)
plt.title(f"Comparativo do SCORES: Base WINE", fontsize=20)
plt.ylabel("Resultados", fontsize=16)
plt.xlabel("Cross Validation", fontsize=16)

plt.grid()
plt.show()

print()
print('='*margem)
#-----

```

```
=====
```



```
[33]: #=====
#
#          TABELA COM RESULTADOS
#=====
C = []

C.append(np.mean(scoresA1['test_score']))
C.append(np.mean(scoresB1['test_score']))
C.append(np.mean(scoresC1['test_score']))
C.append(np.mean(scoresZ1['test_score']))

name = "TABELA COM RESULTADOS - BASE WINE"
print('='*60)
print(' '*(round((50-len(name))/2)),name)
print('='*60)
print()

df = pd.DataFrame(index=A)
df['Score.Means(WINE)'] = C

df
#=====
```

```
=====
TABELA COM RESULTADOS - BASE WINE
=====
```

```
[33]: Score.Mean(WINE)
Arvore_A(): Heurística Aula 0.866013
Arvore_B(): Heurística 01 Criada 0.904902
Arvore_C(): Heurística 02 Criada 0.871569
Arvore_Z(): Heurística 03 Criada 0.893791
```

```
[34]: #=====
```

1.3.2 BASE 02 (sklearn.datasets.load_breast_cancer)

```
[ ]: #-----
from sklearn.datasets import load_breast_cancer

dataset2 = load_breast_cancer()
print(dataset2.DESCR)
#-----
```

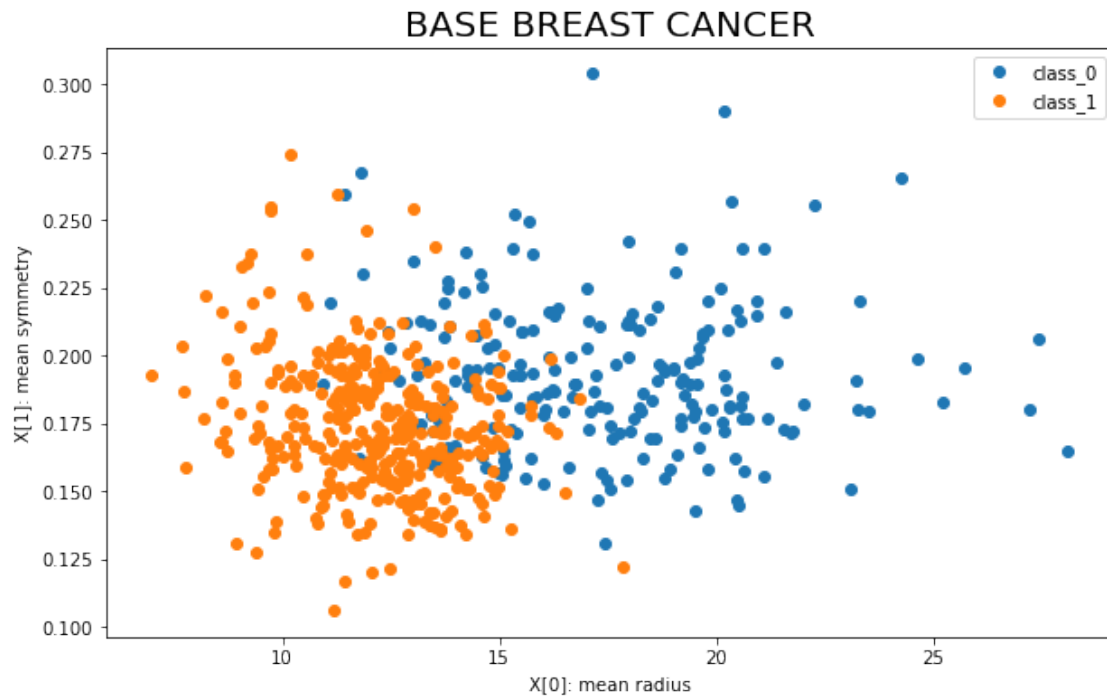
```
[36]: #-----
X2, y2 = dataset2.data[:,[0,8]], dataset2.target

plt.figure(figsize=(10,6))
plt.title('BASE BREAST CANCER', fontsize=20)

for k in sorted(set(y2)):
    plt.plot(X2[:, 0][y2==k], X2[:, 1][y2==k], 'o', label=f"{dataset1.
    ↳target_names[k]}")

plt.legend()
plt.xlabel(f"X[0]: {dataset2.feature_names[0]}")
plt.ylabel(f"X[1]: {dataset2.feature_names[8]}")

plt.show()
#-----
```



```
[37]: #-----
name = "BASE BREAST CANCER"
print('='*80)
print(' '*((round((80-len(name))/2))),name)
print('='*80)
print()

fig, axs = plt.subplots(2, 2, figsize=(15,10), constrained_layout=True)

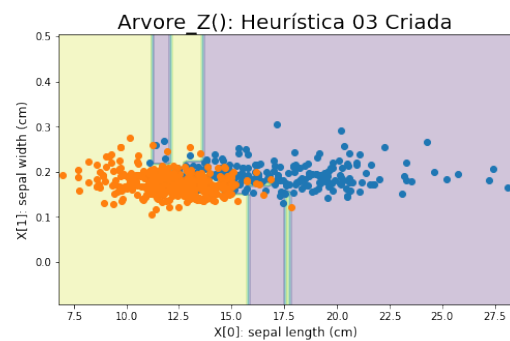
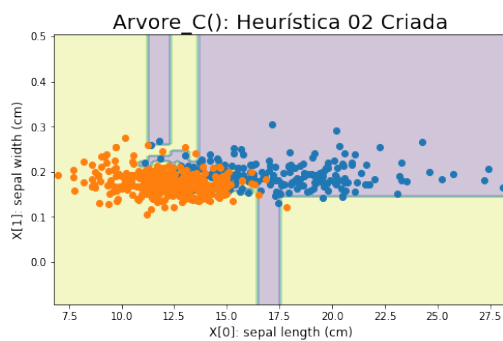
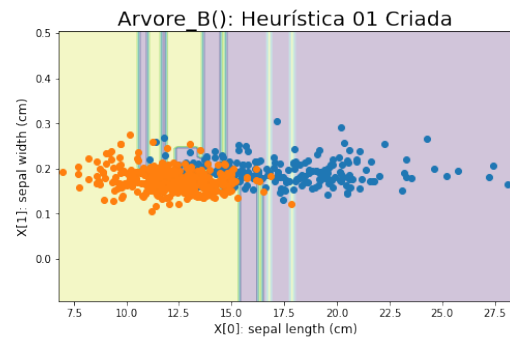
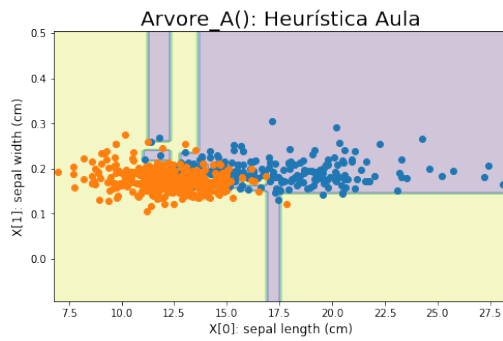
plotDecisao(Arvore_A(), X2, y2, axs[0,0], Title01)
plotDecisao(Arvore_B(), X2, y2, axs[0,1], Title02)
plotDecisao(Arvore_C(), X2, y2, axs[1,0], Title03)
plotDecisao(Arvore_Z(), X2, y2, axs[1,1], Title04)

fig.set_constrained_layout_pads(w_pad=4 / 72, h_pad=4 / 72,
                                hspace=0.2, wspace=0.2)

plt.show()

print()
print('='*80)
#-----
```

```
=====
                        BASE BREAST CANCER
=====
```



=====

```
[38]: #-----
# SCORES CROSS_VALIDADE
#-----
scoresA2 = cross_validate(Arvore_A(), X2, y2, cv=10)
scoresB2 = cross_validate(Arvore_B(), X2, y2, cv=10)
scoresC2 = cross_validate(Arvore_C(), X2, y2, cv=10)
scoresZ2 = cross_validate(Arvore_Z(), X2, y2, cv=10)
#-----
```

```
[39]: #-----
# GRAFICOS PARA COMPARAÇÃO
#-----
margem = 80
tamanho=(16,6)

y0 = ['0','1','2','3','4','5','6','7','8','9']

x1GP = scoresA2['test_score']
x2GP = scoresB2['test_score']
```



```

x3GP = scoresC2['test_score']
x4GP = scoresZ2['test_score']

print('='*margem)
print()
#-----
plt.figure(figsize=tamanho)

# SCORES
plt.plot(y0, x1GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C0')
plt.plot(y0, x2GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C1')
plt.plot(y0, x3GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='black')
plt.plot(y0, x4GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C2')

# MEANS
plt.plot(y0, [np.mean(x1GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C0')
plt.plot(y0, [np.mean(x2GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C1')
plt.plot(y0, [np.mean(x3GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='black')
plt.plot(y0, [np.mean(x4GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C2')

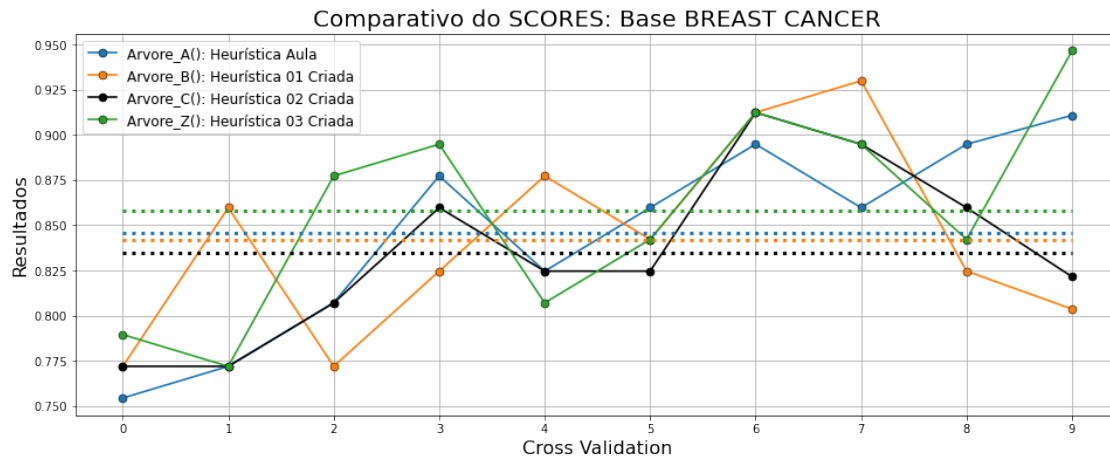
plt.legend(labels=[Title01, Title02, Title03, Title04], fontsize=12)
plt.title(f"Comparativo do SCORES: Base BREAST CANCER", fontsize=20)
plt.ylabel("Resultados", fontsize=16)
plt.xlabel("Cross Validation", fontsize=16)

plt.grid()
plt.show()

print()
print('='*margem)
#-----

```

=====



```
[40]: #=====
#
#          TABELA COM RESULTADOS
#=====
D = []

D.append(np.mean(scoresA2['test_score']))
D.append(np.mean(scoresB2['test_score']))
D.append(np.mean(scoresC2['test_score']))
D.append(np.mean(scoresZ2['test_score']))

name = "TABELA COM RESULTADOS - BASE CANCER"
print('='*60)
print(' '*(round((60-len(name))/2)),name)
print('='*60)
print()

df = pd.DataFrame(index=A)
df['Score.Means(CANCER)'] = D

df
#=====
```

```
=====
TABELA COM RESULTADOS - BASE CANCER
=====
```

```
[40]: Score.Mean(CANCER)
Arvore_A(): Heurística Aula 0.845457
Arvore_B(): Heurística 01 Criada 0.841761
Arvore_C(): Heurística 02 Criada 0.834774
Arvore_Z(): Heurística 03 Criada 0.857801
```

```
[41]: #=====
```

1.3.3 BASE03 (sklearn.datasets.fetch_openml - WDBC)

```
[42]: #-----
from sklearn.datasets import fetch_openml

# https://www.openml.org/d/1510
#
# Breast Cancer Wisconsin (Diagnostic) Data Set (WDBC). Features are computed
# → from a digitized
# image of a fine needle aspirate (FNA) of a breast mass.
# They describe characteristics of the cell nuclei present in the image.
# The target feature records the prognosis (benign (1) or malignant (2)).

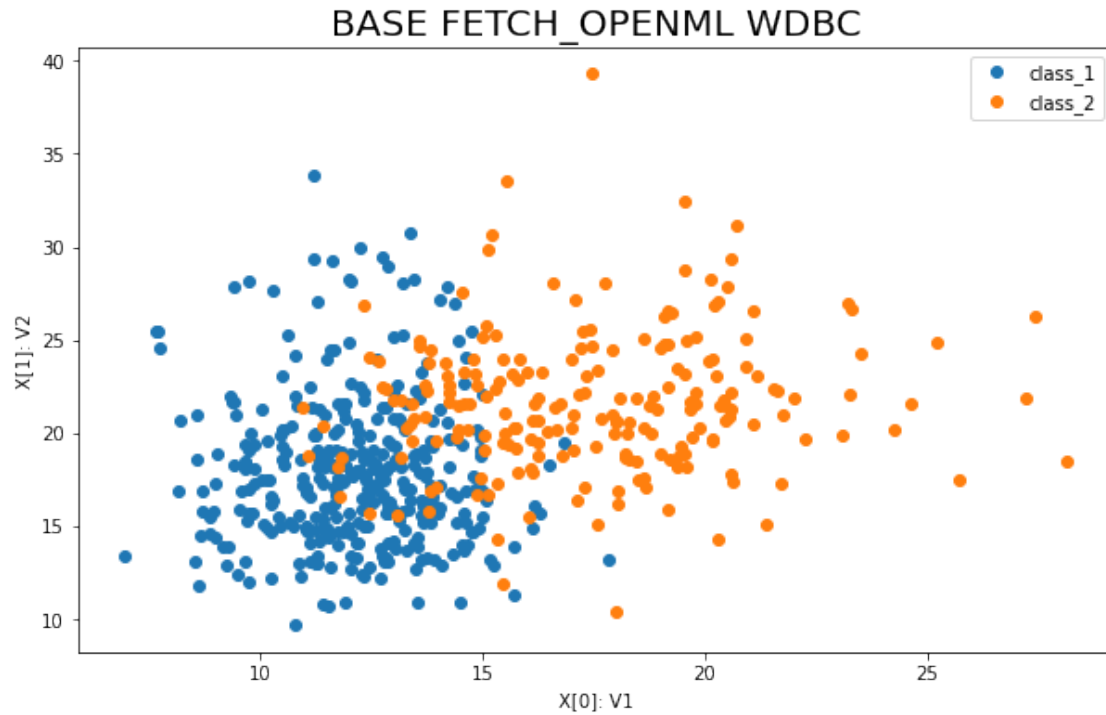
dataset3 = fetch_openml('wdbc')
X3, y3 = dataset3.data[:, :2], np.array(dataset3.target).astype(np.int)

plt.figure(figsize=(10,6))
plt.title('BASE FETCH_OPENML WDBC', fontsize=20)

for k in sorted(set(y3)):
    plt.plot(X3[:, 0][y3==k], X3[:, 1][y3==k], 'o', label=f"{dataset1.
    → target_names[k]}")

plt.legend()
plt.xlabel(f"X[0]: {dataset3.feature_names[0]}")
plt.ylabel(f"X[1]: {dataset3.feature_names[1]}")

plt.show()
#-----
```



```
[43]: #-----
name = "BASE FETCH_OPENML WDBC"
print('='*80)
print(' '*(round((80-len(name))/2)),name)
print('='*80)
print()

fig, axs = plt.subplots(2, 2, figsize=(15,10), constrained_layout=True)

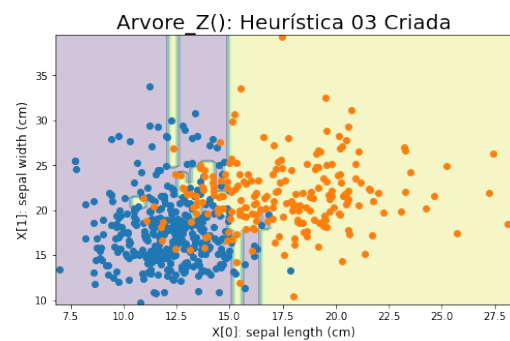
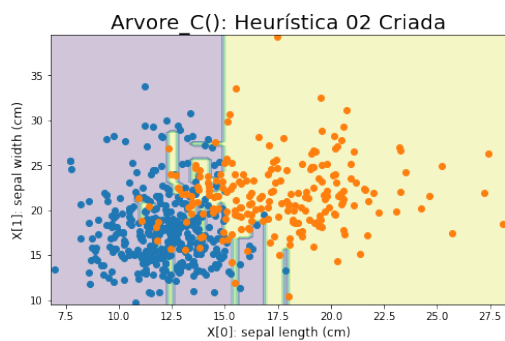
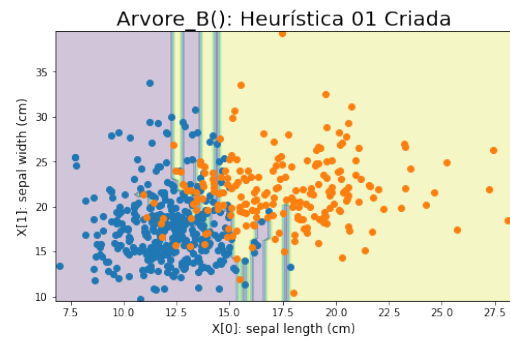
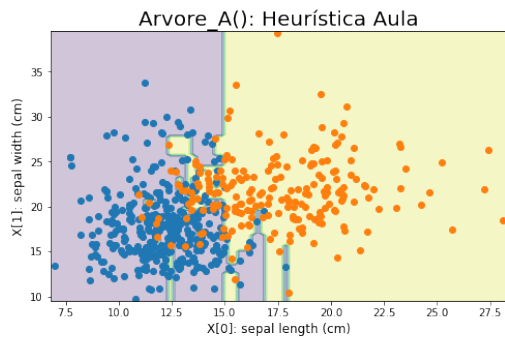
plotDecisao(Arvore_A(), X3, y3, axs[0,0], Title01)
plotDecisao(Arvore_B(), X3, y3, axs[0,1], Title02)
plotDecisao(Arvore_C(), X3, y3, axs[1,0], Title03)
plotDecisao(Arvore_Z(), X3, y3, axs[1,1], Title04)

fig.set_constrained_layout_pads(w_pad=4 / 72, h_pad=4 / 72,
                                hspace=0.2, wspace=0.2)

plt.show()

print()
print('='*80)
#-----
```

```
=====
BASE FETCH_OPENML WDBC
```



```
[44]: #-----
# SCORES CROSS_VALIDADE
#-----
scoresA3 = cross_validate(Arvore_A(), X3, y3, cv=10)
scoresB3 = cross_validate(Arvore_B(), X3, y3, cv=10)
scoresC3 = cross_validate(Arvore_C(), X3, y3, cv=10)
scoresZ3 = cross_validate(Arvore_Z(), X3, y3, cv=10)
#-----
```

```
[45]: #-----
# GRAFICOS PARA COMPARAÇÃO
#-----
margem = 80
tamanho=(16,6)

y0 = ['0','1','2','3','4','5','6','7','8','9']

x1GP = scoresA3['test_score']
```

```

x2GP = scoresB3['test_score']
x3GP = scoresC3['test_score']
x4GP = scoresZ3['test_score']

print('='*margem)
print()
#-----

plt.figure(figsize=tamanho)

# SCORES
plt.plot(y0, x1GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C0')
plt.plot(y0, x2GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C1')
plt.plot(y0, x3GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='black')
plt.plot(y0, x4GP, linewidth=1.6, linestyle='-', marker='o', ms=7,
        ↳markeredgecolor="black", markeredgewidth=0.5, color='C2')

# MEANS
plt.plot(y0, [np.mean(x1GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C0')
plt.plot(y0, [np.mean(x2GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C1')
plt.plot(y0, [np.mean(x3GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='black')
plt.plot(y0, [np.mean(x4GP)]*len(y0), linewidth=3, linestyle=':', color='C2')

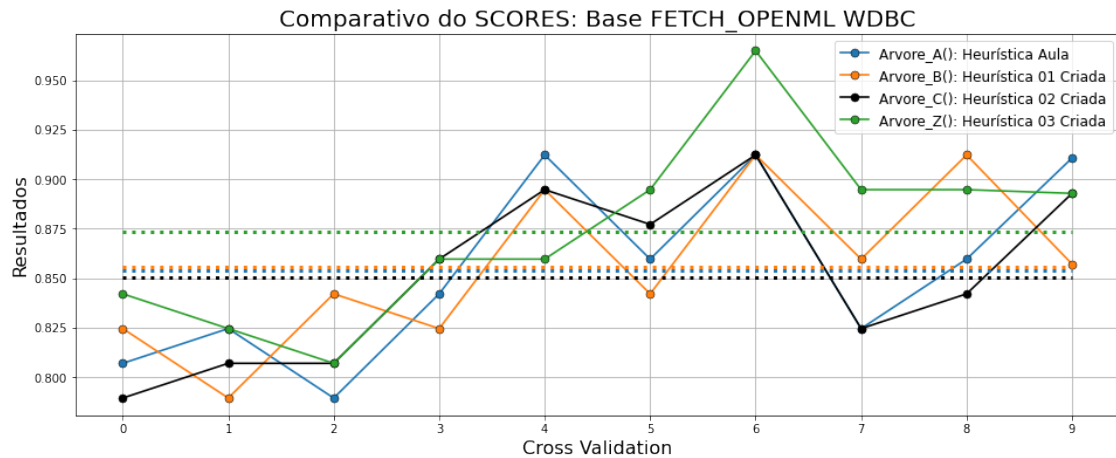
plt.legend(labels=[Title01, Title02, Title03, Title04], fontsize=12)
plt.title(f"Comparativo do SCORES: Base FETCH_OPENML WDBC", fontsize=20)
plt.ylabel("Resultados", fontsize=16)
plt.xlabel("Cross Validation", fontsize=16)

plt.grid()
plt.show()

print()
print('='*margem)
#-----

```

```
=====
```



```
[46]: #=====
#
#          TABELA COM RESULTADOS
#=====
E = []

E.append(np.mean(scoresA3['test_score']))
E.append(np.mean(scoresB3['test_score']))
E.append(np.mean(scoresC3['test_score']))
E.append(np.mean(scoresZ3['test_score']))

name = "TABELA COM RESULTADOS - BASE WDBC"
print('='*60)
print(' '*(round((60-len(name))/2)),name)
print('='*60)
print()

df = pd.DataFrame(index=A)
df['Score.Means(WDBC)'] = E

df
#-----
```

```
=====
TABELA COM RESULTADOS - BASE WDBC
=====
```

```
[46]:                                     Score.Mean(WDBC)
Arvore_A(): Heurística Aula                0.854229
Arvore_B(): Heurística 01 Criada            0.855890
Arvore_C(): Heurística 02 Criada            0.850689
Arvore_Z(): Heurística 03 Criada            0.873496
```

```
[47]: #=====
```

1.4 Escreva um parágrafo expondo sua interpretação dos resultados obtidos.

```
[48]: #=====
#                                     TABELA COM RESULTADOS
#=====
name = "TABELA COM RESULTADOS - CV SCORE.MEAN"
print('='*68)
print(' '*(round((68-len(name))/2)),name)
print('='*68)
print()

df = pd.DataFrame(index=A)
df['[IRIS]'] = B
df['[WINE]'] = C
df['[CANCER]'] = D
df['[WDBC]'] = E

df

#-----
```

```
=====
TABELA COM RESULTADOS - CV SCORE.MEAN
=====
```

```
[48]:                                     [IRIS]    [WINE]    [CANCER]    [WDBC]
Arvore_A(): Heurística Aula                0.946667    0.866013    0.845457    0.854229
Arvore_B(): Heurística 01 Criada            0.960000    0.904902    0.841761    0.855890
Arvore_C(): Heurística 02 Criada            0.960000    0.871569    0.834774    0.850689
Arvore_Z(): Heurística 03 Criada            0.973333    0.893791    0.857801    0.873496
```

Foram criadas **4 Heurísticas** distintas, contidas na: Arvore_A, Arvore_B, Arvore_C e Arvore_Z.

Para alguns exemplos (outras bases escolhidas) a Heurística demonstrada em Aula (**Arvore_A0: Heurística Aula**) teve um **resultado médio total pior**, pois ele praticamente conseguia as menores pontuações em todas as Bases testadas.

A **Heurística da Arvore_Z0** foi a que **obteve os melhores resultados** para quase todas as bases. Mas não necessariamente ele era a melhor Heurística em todas as bases, em uma das bases (WINE) a Heurística contida na **Arvore_B0** teve um resultado melhor.

Sendo assim, o estudo do "comportamento" das bases e de como Escolher/Elaborar/Desenvolver a Heurística é de extrema importância para a conseguir os melhores resultados, pois cada uma deve ser estudada qual a heurística que melhor se adapta.

[49]: #=====

1.5 FIM

```
[51]: # !wget -nc https://raw.githubusercontent.com/brpy/colab-pdf/master/colab_pdf.  
      ↪py  
      from colab_pdf import colab_pdf  
      colab_pdf('04_ArvoreDeDecisao_Tarefa.ipynb')
```

WARNING: apt does not have a stable CLI interface. Use with caution in scripts.

WARNING: apt does not have a stable CLI interface. Use with caution in scripts.

```
[NbConvertApp] Converting notebook /content/drive/My Drive/Colab  
Notebooks/04_ArvoreDeDecisao_Tarefa.ipynb to pdf  
[NbConvertApp] Support files will be in 04_ArvoreDeDecisao_Tarefa_files/  
[NbConvertApp] Making directory ./04_ArvoreDeDecisao_Tarefa_files  
[NbConvertApp] Making directory ./04_ArvoreDeDecisao_Tarefa_files  
[NbConvertApp] Making directory ./04_ArvoreDeDecisao_Tarefa_files  
[NbConvertApp] Making directory ./04_ArvoreDeDecisao_Tarefa_files  
[NbConvertApp] Making directory ./04_ArvoreDeDecisao_Tarefa_files  
[NbConvertApp] Making directory ./04_ArvoreDeDecisao_Tarefa_files  
[NbConvertApp] Making directory ./04_ArvoreDeDecisao_Tarefa_files  
[NbConvertApp] Making directory ./04_ArvoreDeDecisao_Tarefa_files  
[NbConvertApp] Writing 231825 bytes to ./notebook.tex  
[NbConvertApp] Building PDF  
[NbConvertApp] Running xelatex 3 times: [u'xelatex', u'./notebook.tex',  
'-quiet']  
[NbConvertApp] Running bibtex 1 time: [u'bibtex', u'./notebook']  
[NbConvertApp] WARNING | bibtex had problems, most likely because there were no  
citations  
[NbConvertApp] PDF successfully created  
[NbConvertApp] Writing 439530 bytes to /content/drive/My  
Drive/04_ArvoreDeDecisao_Tarefa.pdf
```

<IPython.core.display.Javascript object>

<IPython.core.display.Javascript object>

[51]: 'File ready to be Downloaded and Saved to Drive'