

Avaliação do Modelo de Classificação.

Introdução.

Este Jupyter Notebook investiga a base de dados de propriedades acústicas disponíveis no site <http://www.primaryobjects.com/2016/06/22/identifying-the-gender-of-a-voice-using-machine-learning/> (<http://www.primaryobjects.com/2016/06/22/identifying-the-gender-of-a-voice-using-machine-learning/>).

Objetivo da investigação é determinar as chances de algum algoritmo para detecção de gênero, seja por estatística tradicional ou por meio técnicas machine learning e redes neurais, possibilitando a implantação em dispositivos embarcados de baixo custo de memória e processamento restrito.

Propriedades acústicas medidas

As seguintes propriedades acústicas de cada voz são medidas:

- **meanfreq** : frequência média (em kHz) sobre as amostras compostas no sinal de arquivo de voz;
- **sd** : desvio padrão da frequência, sobre as amostras compostas no sinal de arquivo de voz;
- **mediana** : frequência mediana (em kHz) sobre as amostras compostas no sinal de arquivo de voz;
- **Q25** : primeiro quantil (em kHz) sobre as amostras compostas no sinal de arquivo de voz;
- **Q75** : terceiro quantil (em kHz) sobre as amostras compostas no sinal de arquivo de voz;
- **IQR** : intervalo interquartil (em kHz) sobre as amostras compostas no sinal de arquivo de voz;
- **skew** : média de assimetria da distribuição das frequências de vocal predominante;
- **kurt** : curtose distribuição espectral da voz, domínio da frequência;
- **sp.ent** : entropia espectral, pureza da distribuição da voz em relação ao nível de ruído;
- **sfm** : nivelamento espectral, estima a planaridade de um espectro de frequência;
- **modo** : frequência de modo, ou seja, frequência dominante da voz;
- **centrod** : frequência central máxima visto no domínio da frequência;
- **meanfun** : média da frequência fundamental medida através do sinal acústico (Tonalidade base da voz);
- **minfun** : frequência fundamental mínima medida no sinal acústico (Tonalidade base da voz);
- **maxfun** : frequência fundamental máxima medida através do sinal acústico (Tonalidade base da voz);
- **meandom** : média da frequência dominante medida através do sinal acústico (média total das notas musicais mais graves da voz em relação ao sinal gravado);
- **mindom** : mínimo de frequência dominante medido através do sinal acústico;
- **maxdom** : máxima da frequência dominante medida através do sinal acústico;
- **dfrange** : faixa de frequência dominante medida através do sinal acústico;
- **modindx** : índice de modulação. Calculado como a diferença absoluta acumulada entre medições adjacentes de frequências fundamentais divididas pela faixa de frequência.
- **label** : rotulo de identificador da amostra em relação ao sexo, adicionado durante a gravação "male" ou "female".

Resumo da análise anterior com base tratada em python da base de propriedades acústicas.

In [1]:

```
%matplotlib inline
```

In [2]:

```
# Importa as bibliotecas
import pandas
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy
#from pandas.tools.plotting import scatter_matrix
from pandas.plotting import scatter_matrix
import seaborn as sb
from sklearn.model_selection import train_test_split, cross_val_score
from sklearn.preprocessing import Normalizer
#Logistic Regression
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.metrics import roc_auc_score, roc_curve, auc, accuracy_score, recall_score, precision_score
import statsmodels.api as sm
from sklearn.metrics import confusion_matrix
```

In [3]:

```
url = ".\\baseDados\\voice_fix.csv"
colunas = ["meanfreq", "sd", "median", "Q25", "Q75", "IQR", "skew", "kurt", "sp.ent", "sfm", "mode", "centroid", "meanfun", "minfun", "maxfun", "meandom", "mindom", "maxdom", "dfrange", "modindx", "label"]
dataset = pandas.read_csv(url, sep = ",")
```

In [4]:

```
dataset[["meanfreq", "sd", "median"]].head(2)
```

Out[4]:

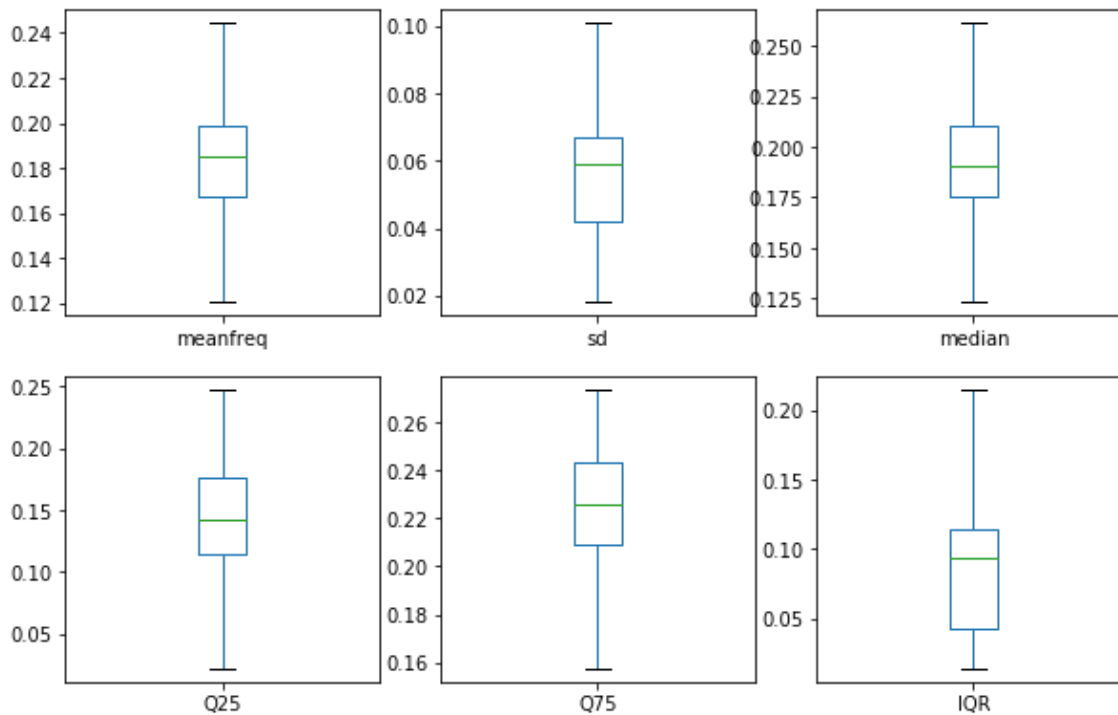
	meanfreq	sd	median
0	0.183506	0.064241	0.190591
1	0.183506	0.067310	0.190591

1) Refazendo boxplot.

O BOXPLOT representa os dados através de um retângulo construído com os quartis e fornece informação sobre valores extremos.

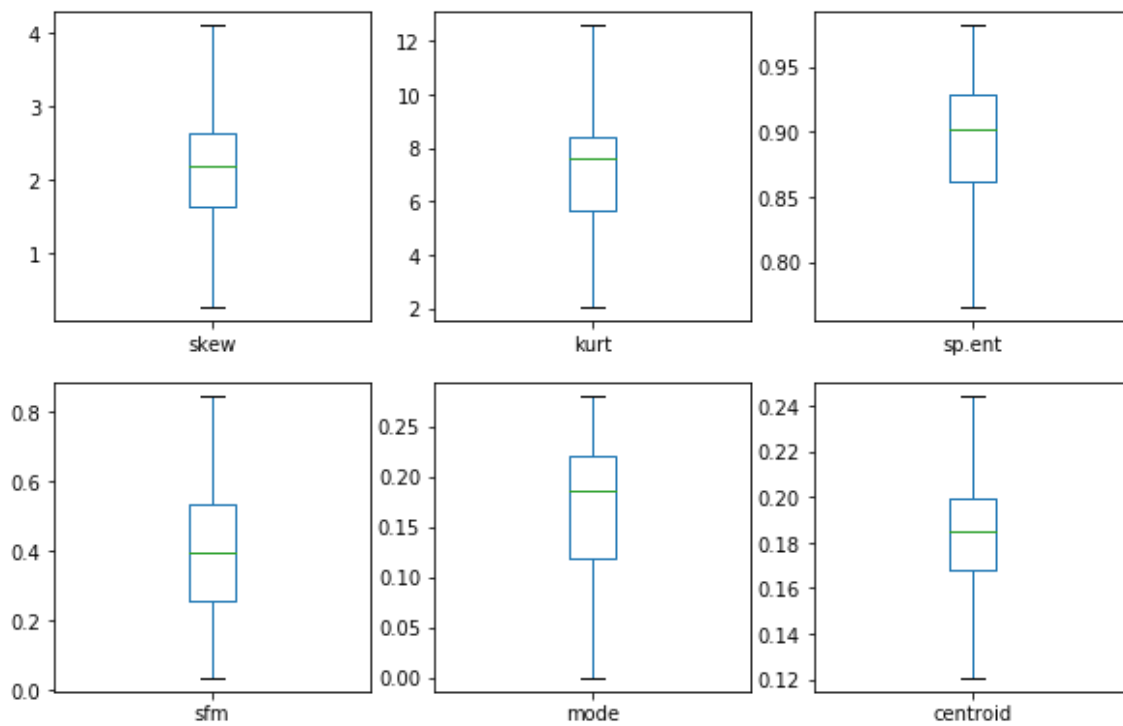
In [5]:

```
plt.rcParams['figure.figsize'] = (10,10)
dataset[colunas[0:6]].plot(kind='box', subplots=True, layout=(3,3), sharex=False, share
y=False)
plt.show()
```



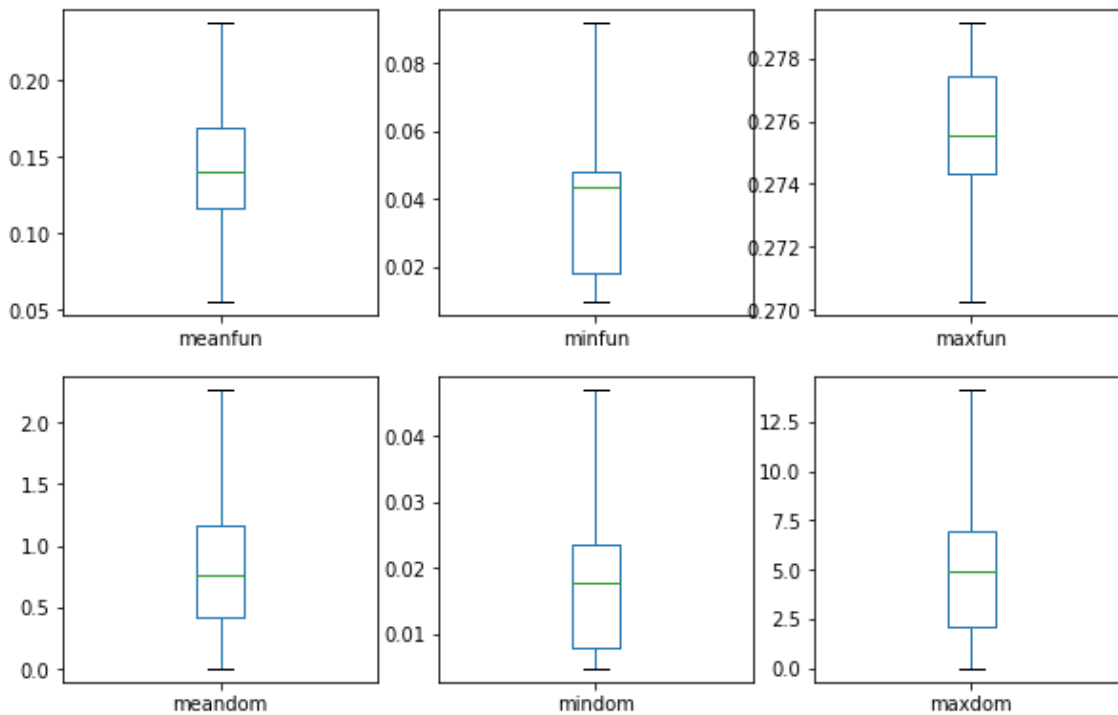
In [6]:

```
plt.rcParams['figure.figsize'] = (10,10)  
dataset[colunas[6:6 * 2]].plot(kind='box', subplots=True, layout=(3,3), sharex=False, sharey=False)  
plt.show()
```



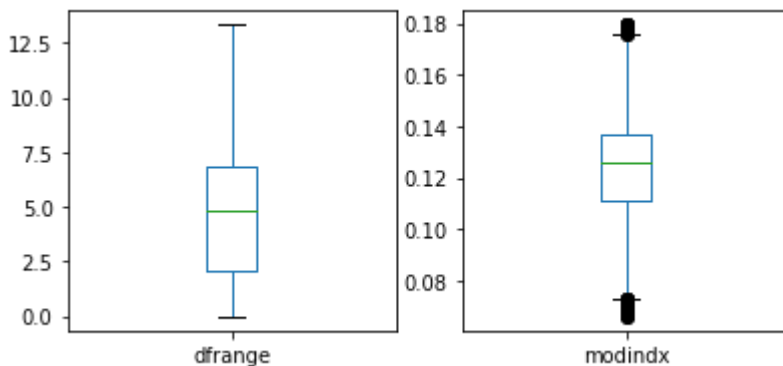
In [7]:

```
plt.rcParams['figure.figsize'] = (10,10)
dataset[colunas[6 * 2 : 6 * 3]].plot(kind='box', subplots=True, layout=(3,3), sharex=False, sharey=False)
plt.show()
```



In [8]:

```
plt.rcParams['figure.figsize'] = (10,10)
dataset[colunas[6 * 3 : 6 * 4]].plot(kind='box', subplots=True, layout=(3,3), sharex=False, sharey=False)
plt.show()
```



Fim do resumo análise exploraria.

In [9]:

```
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import Normalizer
#Logistic Regression
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.metrics import roc_auc_score , roc_curve, auc
```

In [10]:

```
url = ".\\baseDados\\voice_fix.csv"
colunas = ["meanfreq","sd","median","Q25","Q75","IQR","skew","kurt","sp.ent","sfm","mode",
"centroid","meanfun","minfun","maxfun","meandom","mindom","maxdom","dfrange","modindx",
"label"]
dataset = pandas.read_csv(url, sep = ",")
```

Procedimentos de avaliação de modelo

Train/Test Split K-Fold Cross Validation

2) Preparando a base para usar no modelo de regressão logística.

In [11]:

```
print(dataset.head().transpose())
```

	0	1	2	3	4
Unnamed: 0	0	1	2	3	4
meanfreq	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.13512
sd	0.0642413	0.06731	0.0838294	0.0721106	0.0791461
median	0.190591	0.190591	0.190591	0.158011	0.124656
Q25	0.142287	0.142482	0.142287	0.0965817	0.0787202
Q75	0.225624	0.225624	0.225624	0.207955	0.206045
IQR	0.075122	0.0732523	0.123207	0.111374	0.127325
skew	2.19606	2.19606	2.19606	1.23283	1.10117
kurt	8.44236	8.44236	8.44236	4.1773	4.33371
sp.ent	0.893369	0.892193	0.846389	0.963322	0.971955
sfm	0.491918	0.513724	0.478905	0.727232	0.783568
mode	0	0	0	0.0838782	0.104261
centroid	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.13512
meanfun	0.0842791	0.107937	0.0987063	0.0889648	0.106398
minfun	0.0157017	0.0158259	0.0156556	0.0177976	0.0169312
maxfun	0.275862	0.274345	0.271186	0.274345	0.275533
meandom	0.0078125	0.00901442	0.00799006	0.201497	0.712812
mindom	0.0078125	0.0078125	0.0078125	0.0078125	0.0078125
maxdom	0.0078125	0.0546875	0.015625	0.5625	5.48438
dfrange	0	0.046875	0.0078125	0.554688	5.47656
modindx	0.133737	0.124252	0.124252	0.12905	0.126195
label	male	male	male	male	male

3) Removendo indexador salvo durante a análise da base.

In [12]:

```
df_pre=dataset.drop(columns=['Unnamed: 0'])
```

In [13]:

```
dataset=df_pre
print(dataset.head().transpose())
```

	0	1	2	3	4
meanfreq	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.13512
sd	0.0642413	0.06731	0.0838294	0.0721106	0.0791461
median	0.190591	0.190591	0.190591	0.158011	0.124656
Q25	0.142287	0.142482	0.142287	0.0965817	0.0787202
Q75	0.225624	0.225624	0.225624	0.207955	0.206045
IQR	0.075122	0.0732523	0.123207	0.111374	0.127325
skew	2.19606	2.19606	2.19606	1.23283	1.10117
kurt	8.44236	8.44236	8.44236	4.1773	4.33371
sp.ent	0.893369	0.892193	0.846389	0.963322	0.971955
sfm	0.491918	0.513724	0.478905	0.727232	0.783568
mode	0	0	0	0.0838782	0.104261
centroid	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.13512
meanfun	0.0842791	0.107937	0.0987063	0.0889648	0.106398
minfun	0.0157017	0.0158259	0.0156556	0.0177976	0.0169312
maxfun	0.275862	0.274345	0.271186	0.274345	0.275533
meandom	0.0078125	0.00901442	0.00799006	0.201497	0.712812
mindom	0.0078125	0.0078125	0.0078125	0.0078125	0.0078125
maxdom	0.0078125	0.0546875	0.015625	0.5625	5.48438
dfrange	0	0.046875	0.0078125	0.554688	5.47656
modindx	0.133737	0.124252	0.124252	0.12905	0.126195
label	male	male	male	male	male

4) Substituindo female=1, male=0 e troca por o rótulo label=sexo.

In [14]:

```
df_pre['label'] = df_pre['label'].replace({'female': 1, 'male': 0})
```

In [15]:

```
dataset = df_pre
```

In [16]:

```
df =dataset.rename(columns={'label': 'sexo'})
print(df.head().transpose())
```

	0	1	2	3	4
meanfreq	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.135120
sd	0.064241	0.067310	0.083829	0.072111	0.079146
median	0.190591	0.190591	0.190591	0.158011	0.124656
Q25	0.142287	0.142482	0.142287	0.096582	0.078720
Q75	0.225624	0.225624	0.225624	0.207955	0.206045
IQR	0.075122	0.073252	0.123207	0.111374	0.127325
skew	2.196061	2.196061	2.196061	1.232831	1.101174
kurt	8.442361	8.442361	8.442361	4.177296	4.333713
sp.ent	0.893369	0.892193	0.846389	0.963322	0.971955
sfm	0.491918	0.513724	0.478905	0.727232	0.783568
mode	0.000000	0.000000	0.000000	0.083878	0.104261
centroid	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.135120
meanfun	0.084279	0.107937	0.098706	0.088965	0.106398
minfun	0.015702	0.015826	0.015656	0.017798	0.016931
maxfun	0.275862	0.274345	0.271186	0.274345	0.275533
meandom	0.007812	0.009014	0.007990	0.201497	0.712812
mindom	0.007812	0.007812	0.007812	0.007812	0.007812
maxdom	0.007812	0.054688	0.015625	0.562500	5.484375
dfrange	0.000000	0.046875	0.007812	0.554688	5.476562
modindx	0.133737	0.124252	0.124252	0.129050	0.126195
sexo	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

5) Dataset: Train/Test Split para do modelo de regressão logística.

Esse método divide o conjunto de dados em duas partes: um conjunto de treinamento e um conjunto de testes. O conjunto de treinamento é usado para treinar o modelo. Também podemos medir a precisão do modelo no conjunto de treinamento, mas não devemos avaliar modelos com base somente nessa métrica.

Logistic Regression coefficients na formula: $y = 1 \ b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_n$

6) Criando explicitamente y-intercept: b0.

In [17]:

```
df['int']=1
print(df.head().transpose())
```

	0	1	2	3	4
meanfreq	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.135120
sd	0.064241	0.067310	0.083829	0.072111	0.079146
median	0.190591	0.190591	0.190591	0.158011	0.124656
Q25	0.142287	0.142482	0.142287	0.096582	0.078720
Q75	0.225624	0.225624	0.225624	0.207955	0.206045
IQR	0.075122	0.073252	0.123207	0.111374	0.127325
skew	2.196061	2.196061	2.196061	1.232831	1.101174
kurt	8.442361	8.442361	8.442361	4.177296	4.333713
sp.ent	0.893369	0.892193	0.846389	0.963322	0.971955
sfm	0.491918	0.513724	0.478905	0.727232	0.783568
mode	0.000000	0.000000	0.000000	0.083878	0.104261
centroid	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.135120
meanfun	0.084279	0.107937	0.098706	0.088965	0.106398
minfun	0.015702	0.015826	0.015656	0.017798	0.016931
maxfun	0.275862	0.274345	0.271186	0.274345	0.275533
meandom	0.007812	0.009014	0.007990	0.201497	0.712812
mindom	0.007812	0.007812	0.007812	0.007812	0.007812
maxdom	0.007812	0.054688	0.015625	0.562500	5.484375
dfrange	0.000000	0.046875	0.007812	0.554688	5.476562
modindx	0.133737	0.124252	0.124252	0.129050	0.126195
sexo	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
int	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000

7) Separando as variáveis independentes da variável resposta.

In [18]:

```
X_entrada = df.drop(columns=['sexo'])
Y_entrada = df['sexo']
```

In [19]:

```
print(X_entrada.head().transpose())
```

	0	1	2	3	4
meanfreq	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.135120
sd	0.064241	0.067310	0.083829	0.072111	0.079146
median	0.190591	0.190591	0.190591	0.158011	0.124656
Q25	0.142287	0.142482	0.142287	0.096582	0.078720
Q75	0.225624	0.225624	0.225624	0.207955	0.206045
IQR	0.075122	0.073252	0.123207	0.111374	0.127325
skew	2.196061	2.196061	2.196061	1.232831	1.101174
kurt	8.442361	8.442361	8.442361	4.177296	4.333713
sp.ent	0.893369	0.892193	0.846389	0.963322	0.971955
sfm	0.491918	0.513724	0.478905	0.727232	0.783568
mode	0.000000	0.000000	0.000000	0.083878	0.104261
centroid	0.183506	0.183506	0.183506	0.151228	0.135120
meanfun	0.084279	0.107937	0.098706	0.088965	0.106398
minfun	0.015702	0.015826	0.015656	0.017798	0.016931
maxfun	0.275862	0.274345	0.271186	0.274345	0.275533
meandom	0.007812	0.009014	0.007990	0.201497	0.712812
mindom	0.007812	0.007812	0.007812	0.007812	0.007812
maxdom	0.007812	0.054688	0.015625	0.562500	5.484375
dfrange	0.000000	0.046875	0.007812	0.554688	5.476562
modindx	0.133737	0.124252	0.124252	0.129050	0.126195
int	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000

In [20]:

```
Y_entrada.head()
```

Out[20]:

```
0    0
1    0
2    0
3    0
4    0
```

Name: sexo, dtype: int64

8) Divisão de 30% teste e 70% para o treino.

In [21]:

```
X_train,X_test,y_train,y_test=train_test_split(X_entrada,Y_entrada,test_size=0.30,random_state=0)
```

In [22]:

```
X_train.shape,X_test.shape , y_train.shape, y_test.shape
```

```
dictabela = {}
dictabela['Registros para treino'] = X_train.shape[0]
dictabela['Registros para teste'] = X_test.shape[0]
```

In [23]:

```
dftreinoteste = pandas.DataFrame.from_dict(dictabela, orient="index").reset_index()
```

In [24]:

```
dftreinoteste =dftreinoteste.rename(columns={'index': 'divisão do dados'})  
dftreinoteste =dftreinoteste.rename(columns={0: 'total'})  
dftreinoteste
```

Out[24]:

	divisão do dados	total
0	Registros para treino	2217
1	Registros para teste	951

9) Normalização dos dados por questão de escala.

In [25]:

```
# Instantiate  
norm = Normalizer()  
  
# Fit  
norm.fit(X_train)  
  
# Transform both training and testing sets  
X_train_norm = norm.transform(X_train)  
X_test_norm = norm.transform(X_test)
```

In [26]:

```
X_train_norm.shape , X_test_norm.shape
```

Out[26]:

```
((2217, 21), (951, 21))
```

10) Declarando o modelo.

In [27]:

```
#Logistic Regression  
classifier = LogisticRegression(C=1, multi_class='ovr', penalty='l2', solver='liblinear')
```

11) Declarando o modelo para Validação cruzada.

In [28]:

```
#Logistic Regression
classifierComp = LogisticRegression(C=1, multi_class='ovr', penalty='l2', solver='liblinear')
```

12) Declarando o modelo para análise por estatística.

In [29]:

```
model = sm.Logit(y_train,X_train)
```

Treinamento e teste dos modelos.

13) Principal dos modelos.

In [30]:

```
classifier.fit(X_train,y_train)
```

Out[30]:

```
LogisticRegression(C=1, class_weight=None, dual=False, fit_intercept=True,
                    intercept_scaling=1, l1_ratio=None, max_iter=100,
                    multi_class='ovr', n_jobs=None, penalty='l2',
                    random_state=None, solver='liblinear', tol=0.0001, verbose=0,
                    warm_start=False)
```

In [31]:

```
y_pred=classifier.predict(X_test)
```

14) Modelo para levantamento estatístico.

In [32]:

```
result = model.fit()
```

```
Optimization terminated successfully.
      Current function value: 0.094926
      Iterations 10
```

15) Treinamento do modelo Comparativo em validação cruzada.

In [33]:

```
accuracy_cross = cross_val_score(classifierComp, X_entrada,Y_entrada, cv = 10, scoring='accuracy').mean()
```

Modelo de avaliação de métricas.

16) Classificação

Matriz de confusão.

Uma matriz de confusão pode ser definida livremente como uma tabela que descreve o desempenho de um modelo de classificação em um conjunto de dados de teste para os quais os valores verdadeiros são conhecidos.

In [34]:

```
cm=confusion_matrix(y_test,y_pred)
```

In [35]:

```
confusion_matrix_lda = pandas.DataFrame(cm, index = ['Negativos','Positivos'], columns
= ['Previsão dos negativos','Previsão dos positivos'] )
confusion_matrix_lda['Total'] = 1
confusion_matrix_lda['Total'][0] = cm[0][0] + cm[0][1]
confusion_matrix_lda['Total'][1] = cm[1][0] + cm[1][1]
```

In [36]:

```
confusion_matrix_lda
```

Out[36]:

	Previsão dos negativos	Previsão dos positivos	Total
Negativos	477	17	494
Positivos	68	389	457

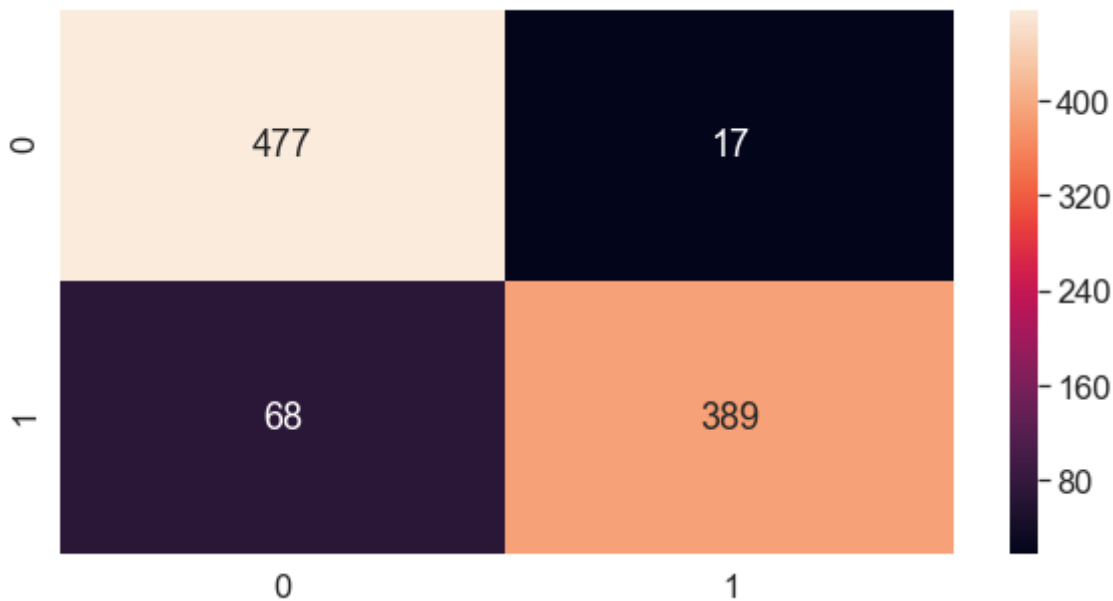
In [37]:

```
print(confusion_matrix_lda)
```

	Previsão dos negativos	Previsão dos positivos	Total
Negativos	477	17	494
Positivos	68	389	457

In [38]:

```
#Plot the confusion matrix
plt.rcParams['figure.figsize'] = (10,5)
sb.set(font_scale=1.5)
sb.heatmap(cm, annot=True, fmt='g')
plt.show()
```



True Positives:TP

Este valor indica a quantidade de registros que foram classificados como positivos corretamente, ou seja, a resposta do classificador foi que o comentário era positivo e o comentário realmente era positivo.

In [39]:

```
TP = confusion_matrix_lda['Previsão dos positivos'][1]
dfTP = pandas.DataFrame(TP, index = ['Negativos verdadeiros'], columns = ['Quantidade a certos'] )
```

In [40]:

dfTP

Out[40]:

	Quantidade acertos
Negativos verdadeiros	389

In [41]:

```
print(dfTP)
```

	Quantidade acertos
Negativos verdadeiros	389

True Negatives:TN

Este valor indica a quantidade de registros que foram classificados como negativos de maneira correta, ou seja, a resposta do classificador foi que o comentário era negativo e o comentário realmente era negativo.

In [42]:

```
TN = confusion_matrix_lda['Previsão dos negativos'][0]
dfTN = pandas.DataFrame(TN, index = ['Falso Negativo'], columns = ['Quantidade acertos'] )
```

In [43]:

```
dfTN
```

Out[43]:

	Quantidade acertos
Falso Negativo	477

In [44]:

```
print(dfTN)
```

	Quantidade acertos
Falso Negativo	477

Falso Positivos - False Positives:FP

Este valor indica a quantidade de registros que foram classificados como comentários positivos de maneira incorreta, ou seja, a resposta do classificador foi que o comentário era positivo, mas o comentário era negativo.

In [45]:

```
FP = confusion_matrix_lda['Previsão dos positivos'][0]
dfFP = pandas.DataFrame(FP, index = ['Falso Positivo'], columns = ['Quantidade acertos'] )
```

In [46]:

dfFP

Out[46]:

	Quantidade acertos
Falso Positivo	17

In [47]:

print(dfFP)

	Quantidade acertos
Falso Positivo	17

False Negatives:FN

Este valor indica a quantidade de registros que foram classificados como comentários negativos de maneira incorreta, ou seja, a resposta do classificador foi que o comentário era negativo, mas o comentário era positivo.

In [48]:

```
FN = confusion_matrix_lda['Previsão dos negativos'][1]
dfFN = pandas.DataFrame(FN, index = ['Negativos verdadeiros'], columns = ['Quantidade a certos'] )
```

In [49]:

dfFN

Out[49]:

	Quantidade acertos
Negativos verdadeiros	68

In [50]:

print(dfFN)

	Quantidade acertos
Negativos verdadeiros	68

Especificidade (Specificity)

Especificidade é a proporção de previsões negativas corretas para o total não de previsões negativas. Isso determina o grau de especificidade do classificador na previsão de instâncias positivas.

Specificity = (Numero de previsões negativas correta) / (Total do Numero Negativas prevista)

$TN = TN + FP$

In [51]:

```
Specificity = TN / float(TN + FP)
dfSpecificity = pandas.DataFrame(Specificity, index = ['Specificity'], columns = ['resultado'] )
```

In [52]:

```
dfSpecificity
```

Out[52]:

	resultado
Specificity	0.965587

In [53]:

```
print(dfSpecificity)
```

	resultado
Specificity	0.965587

Precisão Geral (Accuracy)

A precisão da classificação é a proporção de previsões corretas para o total não de previsões.

Accuracy = (numero de predições corretas / numero de predições)

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

In [54]:

```
#três maneiras de fazer o calculo
print((TP + TN) / float(TP + TN + FP + FN))
print(accuracy_score(y_test, y_pred))
print("Accuracy ", classifier.score(X_test, y_test)*100)
Accuracy= classifier.score(X_test, y_test)
```

0.9106203995793901

0.9106203995793901

Accuracy 91.062039957939

In [55]:

```
dfAccuracy = pandas.DataFrame(Accuracy, index = ['Accuracy'], columns = ['resultado'] )
dfAccuracy
```

Out[55]:

	resultado
Accuracy	0.91062

In [56]:

```
print(dfAccuracy)
```

	resultado
Accuracy	0.91062

Sensibilidade ou recordação Recall

Sensibilidade ou recordação é a razão de previsões positivas corretas para o total não de previsões positivas, ou, mais simplesmente, quão sensível o classificador é para detectar instâncias positivas. Isso também é chamado de True Positive Rate

Recall = (Numero de positivas previstas corretamente) / (total de Predições positivas)

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

In [57]:

```
print(TP / float(TP + FN))
print(recall_score(y_test, y_pred))
Recall= recall_score(y_test, y_pred)
```

```
0.8512035010940919
0.8512035010940919
```

In [58]:

```
dfRecall = pandas.DataFrame(Recall, index = ['Sensibilidade-Recall'], columns = ['resultado'] )
dfRecall
```

Out[58]:

	resultado
Sensibilidade-Recall	0.851204

In [59]:

```
print(dfRecall)
```

	resultado
Sensibilidade-Recall	0.851204

Taxa positiva falsa (False Positive Rate)

A *false positive rate*, é a proporção de previsões negativas que foram determinadas como positivas para o número total de previsões negativas ou quando o valor real é negativo, com que frequência a previsão é incorreta.

FalsePositveRate = Números de falsos positivos / Total de predições negativas

$$FalsePositveRate = \frac{FP}{TN + FP}$$

In [60]:

```
print(FP / float(TN + FP))
FalsePositveRate = FP / float(TN + FP)
```

0.03441295546558704

In [61]:

```
dfFalsePositveRate = pandas.DataFrame(FalsePositveRate, index = ['Taxa de Falso Positiv
o'], columns = ['resultado'] )
dfFalsePositveRate
```

Out[61]:

	resultado
Taxa de Falso Positivo	0.034413

In [62]:

```
print(dfFalsePositveRate)
```

	resultado
Taxa de Falso Positivo	0.034413

Precisão (Precision)

A precisão é a proporção de previsões corretas para o total de não previsões preditas corretas. Isso mede a precisão do classificador ao prever instâncias positivas.

Precision = Número de positivas verdadeiras / Numero total de predicados positivos

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

In [63]:

```
print(TP / float(TP + FP))
print(precision_score(y_test, y_pred))
Precision = precision_score(y_test, y_pred)
```

0.958128078817734

0.958128078817734

In [64]:

```
dfPrecision = pandas.DataFrame(Precision, index = ['Precisão'], columns = ['resultado'])
dfPrecision
```

Out[64]:

	resultado
Precisão	0.958128

In [65]:

```
print(dfPrecision)
```

	resultado
Precisão	0.958128

F1 Score

O F1 Score é uma média harmônica entre precisão (que, apesar de ter o mesmo nome, não é a mesma citada acima) e recall. Veja abaixo as definições destes dois termos.

Ela é muito boa quando você possui um dataset com classes desproporcionais, e o seu modelo não emite probabilidades. Em geral, quanto maior o F1 score, melhor.

$$F1Score = \frac{2 \times Precisão \times Recall}{Precisão + Recall}$$

In [66]:

```
F1Score = 2 * Precision * Recall / Precision + Recall
```

In [67]:

```
print(F1Score)
```

2.553610503282276

In [68]:

```
dfF1Score = pandas.DataFrame(F1Score, index = ['F1 Score'], columns = ['resultado'] )
dfF1Score
```

Out[68]:

	resultado
F1 Score	2.553611

In [69]:

```
print(dfF1Score)
```

	resultado
F1 Score	2.553611

Curva ROC

Uma curva ROC é uma forma comumente usada para visualizar o desempenho de um classificador binário, significando um classificador com duas classes de saída possíveis. A curva plota a Taxa Positiva Real (Recall) contra a Taxa Falsa Positiva (também interpretada como Especificidade 1).

In [70]:

```
def plot_roc_curve(fpr, tpr):
    plt.plot(fpr, tpr, color='red', label='ROC')
    plt.plot([0, 1], [0, 1], color='darkblue', linestyle='--')
    plt.xlabel('Taxa de falsos positivos')
    plt.ylabel('Taxa de verdadeiros positivos')
    plt.title('Curva ROC:Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve')
    plt.legend()
    plt.show()
```

Calcula a probabilidade de previsão.

In [71]:

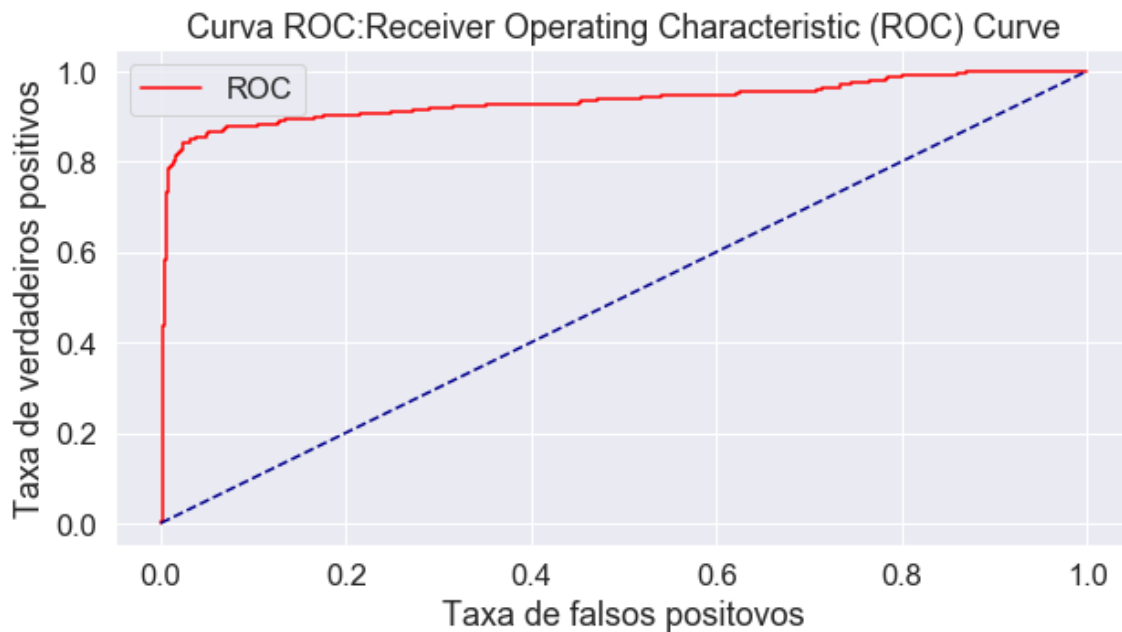
```
y_pred_prob = classifier.predict_proba(X_test)[:, 1]
```

In [72]:

```
fpr, tpr, thresholds = roc_curve(y_test, y_pred_prob)
```

In [73]:

```
plot_roc_curve(fpr, tpr)
```



AUC (área sob a curva) da Curva ROC

AUC ou Area Under the Curve é a porcentagem do gráfico do ROC que está abaixo da curva. AUC é útil como um único número de resumo do desempenho do classificador.

In [74]:

```
print(roc_auc_score(y_test, y_pred_prob))
Auc=roc_auc_score(y_test, y_pred_prob)
```

0.9339779764172256

In [75]:

```
dfAuc = pandas.DataFrame(Auc, index = ['AUC'], columns = ['resultado'] )
dfAuc
```

Out[75]:

	resultado
AUC	0.933978

In [76]:

```
print(dfAuc)
```

	resultado
AUC	0.933978

Histograma das Probabilidades da Previsão.

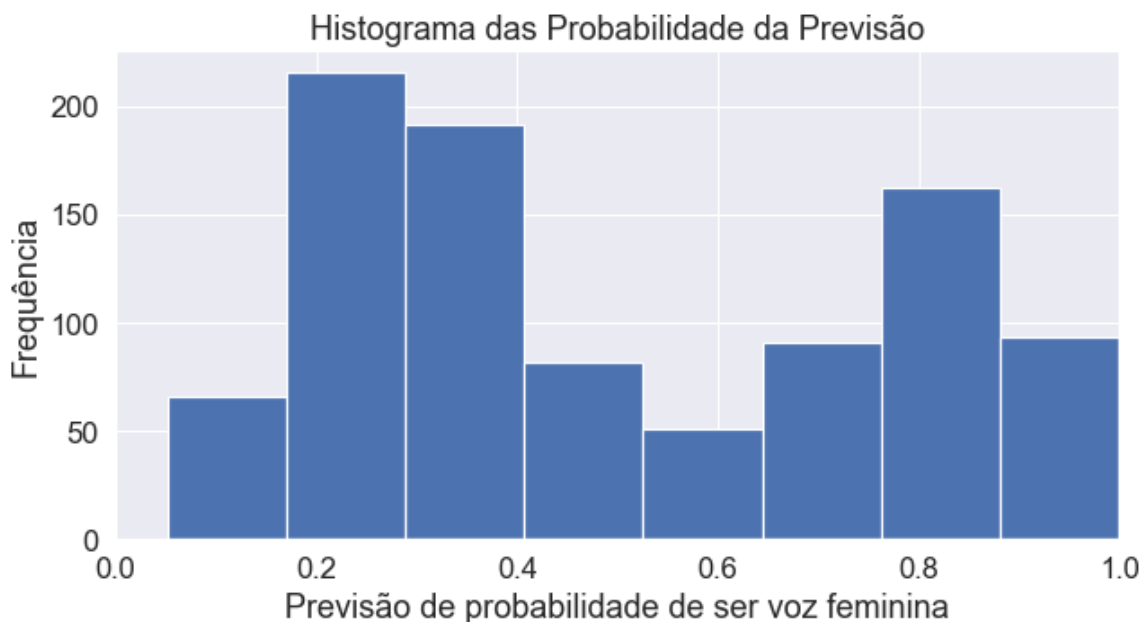
Após o treinamento, o modelo expõe um atributo chamado `predict_prob`, que retorna a probabilidade de os dados do teste estarem em uma determinada classe de resposta. A partir disso, obteremos as probabilidades de prever um resultado para determinar o gênero pela voz.

In [77]:

```
plt.hist(y_pred_prob, bins=8, linewidth=1.2)
plt.xlim(0, 1)
plt.title('Histograma das Probabilidade da Previsão')
plt.xlabel('Previsão de probabilidade de ser voz feminina')
plt.ylabel('Frequência')
```

Out[77]:

Text(0, 0.5, 'Frequência')



Precisão Geral (Accuracy_cross) por validação cruzada.

Precisão do modelo sobre técnica de Validação cruzada média dos resultados.

In [78]:

```
accuracy_cross
```

Out[78]:

0.9000577183345275

In [79]:

```
dfaccuracy_cross = pandas.DataFrame(accuracy_cross, index = ['Acurácia por validação cruzada'], columns = ['resultado'] )
dfaccuracy_cross
```

Out[79]:

	resultado
Acurácia por validação cruzada	0.900058

In [80]:

```
print(dfaccuracy_cross)
```

	resultado
Acurácia por validação cruzada	0.900058

Taxa entre as Accuracy e Accuracy_cross.

Taxa Perda de acurácia da validação cruzada em relação acurácia.

$$RateLossAAC = \frac{Accuracy - Accuracy_{cross}}{Accuracy \times AccuracyCross} \times 100$$

In [81]:

```
print((Accuracy - accuracy_cross)/ Accuracy * accuracy_cross * 100)
RateLossAAC = (Accuracy - accuracy_cross)/ Accuracy * accuracy_cross * 100
```

1.0440160120657485

In [82]:

```
dfRateLossAAC = pandas.DataFrame(RateLossAAC, index = ['Taxas perdas em acurácia e acurácia por validação cruzada'], columns = ['resultado'] )
dfRateLossAAC
```

Out[82]:

	resultado
Taxas perdas em acurácia e acurácia por validação cruzada	1.044016

In [83]:

```
print(dfRateLossAAC)
```

	resultado
Taxas perdas em acurácia e acurácia por validaç...	1.044016

17) Modelo regressão logística rodando no modulo estatístico para análise de redução de probabilidade.

In [84]:

```
#summarize the model  
print(result.summary())
```

Logit Regression Results

```

=====
====
Dep. Variable:          sexo    No. Observations:
2217
Model:                Logit    Df Residuals:
2197
Method:              MLE      Df Model:
19
Date:                Wed, 18 Sep 2019    Pseudo R-squ.:          0.
8630
Time:                07:24:56    Log-Likelihood:          -21
0.45
converged:            True      LL-Null:          -15
36.4
Covariance Type:      nonrobust    LLR p-value:
0.000
=====
====

```

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.
975]						
meanfreq	-9.5665	2.52e+13	-3.79e-13	1.000	-4.94e+13	4.94
e+13						
sd	-35.9751	33.830	-1.063	0.288	-102.280	3
0.330						
median	-3.0328	9.678	-0.313	0.754	-22.001	1
5.936						
Q25	2.9779	9.239	0.322	0.747	-15.131	2
1.087						
Q75	-2.8505	11.375	-0.251	0.802	-25.145	1
9.444						
IQR	-44.9883	11.819	-3.806	0.000	-68.154	-2
1.823						
skew	-0.4747	0.307	-1.545	0.122	-1.077	
0.127						
kurt	-0.0302	0.091	-0.331	0.741	-0.209	
0.149						
sp.ent	-53.3118	9.634	-5.534	0.000	-72.193	-3
4.430						
sfm	11.8626	2.770	4.283	0.000	6.434	1
7.292						
mode	-3.8309	2.352	-1.629	0.103	-8.440	
0.779						
centroid	-9.5665	2.52e+13	-3.79e-13	1.000	-4.94e+13	4.94
e+13						
meanfun	163.9070	10.413	15.741	0.000	143.498	18
4.316						
minfun	-40.9616	12.938	-3.166	0.002	-66.320	-1
5.603						
maxfun	5.9899	35.739	0.168	0.867	-64.057	7
6.036						
meandom	0.6586	0.505	1.305	0.192	-0.331	
1.648						
mindom	16.7958	22.877	0.734	0.463	-28.042	6
1.634						
maxdom	1.9232	2.383	0.807	0.420	-2.747	
6.593						
dfrange	-2.1260	2.368	-0.898	0.369	-6.768	
2.516						

modindx	-6.0078	6.158	-0.976	0.329	-18.077
6.062					
int	33.1116	nan	nan	nan	nan
nan					

```
=====
=====
```

Possibly complete quasi-separation: A fraction 0.16 of observations can be perfectly predicted. This might indicate that there is complete quasi-separation. In this case some parameters will not be identified.

```
c:\users\jorge\appdata\local\programs\python\python37-32\lib\site-packages
\scipy\stats\_distn_infrastructure.py:877: RuntimeWarning: invalid value e
ncountered in greater
    return (self.a < x) & (x < self.b)
c:\users\jorge\appdata\local\programs\python\python37-32\lib\site-packages
\scipy\stats\_distn_infrastructure.py:877: RuntimeWarning: invalid value e
ncountered in less
    return (self.a < x) & (x < self.b)
c:\users\jorge\appdata\local\programs\python\python37-32\lib\site-packages
\scipy\stats\_distn_infrastructure.py:1831: RuntimeWarning: invalid value
encountered in less_equal
    cond2 = cond0 & (x <= self.a)
```

Coeficientes da regressão.

In [85]:

```
print(result.params)
```

```
meanfreq    -9.566454
sd          -35.975055
median      -3.032813
Q25         2.977875
Q75        -2.850482
IQR        -44.988253
skew        -0.474746
kurt        -0.030199
sp.ent      -53.311758
sfm         11.862621
mode        -3.830922
centroid    -9.566454
meanfun     163.906966
minfun      -40.961576
maxfun       5.989897
meandom      0.658639
mindom      16.795812
maxdom       1.923217
dfrange     -2.125986
modindx     -6.007787
int         33.111592
dtype: float64
```

18) Equação da Regressão Logística

A função de y é:

$$p = P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(B_0 \text{int} + B_1 \text{meanfreq} + B_2 \text{sd} + B_3 \text{median} + B_4 \text{Q25} + B_5 \text{Q75} + B_6 \text{IQR} + \dots + B_{18} \text{mindom} + B_{19} \text{maxdom})}}$$

$$g(x) = B_0 + B_1 X_1 + \dots + B_p X_p$$

Reduzir as variáveis:

Dado intervalo de confiança de 95% e :

$$p - \text{valor} = 0.05$$

In [86]:

```
Dados = []
for x in columnas:
    if x == "label":
        continue
    P = result.pvalues[x]
    if P >= 0.05:
        Dados.append(x)
Dados.append('int')
print(Dados)
```

```
['meanfreq', 'sd', 'median', 'Q25', 'Q75', 'skew', 'kurt', 'mode', 'centro',
'id', 'maxfun', 'meandom', 'mindom', 'maxdom', 'dfrange', 'modindx', 'int']
```

In [87]:

```
df.head()
```

Out[87]:

	meanfreq	sd	median	Q25	Q75	IQR	skew	kurt	sp.ent
0	0.183506	0.064241	0.190591	0.142287	0.225624	0.075122	2.196061	8.442361	0.893369
1	0.183506	0.067310	0.190591	0.142482	0.225624	0.073252	2.196061	8.442361	0.892193
2	0.183506	0.083829	0.190591	0.142287	0.225624	0.123207	2.196061	8.442361	0.846389
3	0.151228	0.072111	0.158011	0.096582	0.207955	0.111374	1.232831	4.177296	0.963322
4	0.135120	0.079146	0.124656	0.078720	0.206045	0.127325	1.101174	4.333713	0.971955

5 rows × 22 columns

In [88]:

```
Xr_entrada = df.drop(columns=['sexo'])
Xr_entrada = df[Dados]
```

In [89]:

```
Yr_entrada = df['sexo']
```

In [90]:

```
Xr_entrada.head()
```

Out[90]:

	meanfreq	sd	median	Q25	Q75	skew	kurt	mode	centroid
0	0.183506	0.064241	0.190591	0.142287	0.225624	2.196061	8.442361	0.000000	0.183506
1	0.183506	0.067310	0.190591	0.142482	0.225624	2.196061	8.442361	0.000000	0.183506
2	0.183506	0.083829	0.190591	0.142287	0.225624	2.196061	8.442361	0.000000	0.183506
3	0.151228	0.072111	0.158011	0.096582	0.207955	1.232831	4.177296	0.083878	0.151228
4	0.135120	0.079146	0.124656	0.078720	0.206045	1.101174	4.333713	0.104261	0.135120

In [91]:

```
Yr_entrada
```

Out[91]:

```
0      0
1      0
2      0
3      0
4      0
..
3163    1
3164    1
3165    1
3166    1
3167    1
```

Name: sexo, Length: 3168, dtype: int64

19) Divisão de 30% teste e 70% para o treino.no.

In [92]:

```
Xr_train,Xr_test,yr_train,yr_test=train_test_split(Xr_entrada,Yr_entrada,test_size=0.30,random_state=0)
```

In [93]:

```
dictabela = {}
dictabela['Registros para treino'] = Xr_train.shape[0]
dictabela['Registros para teste'] = Xr_test.shape[0]
```

In [94]:

```
dftreinotester = pandas.DataFrame.from_dict(dictabela, orient="index").reset_index()
```

In [95]:

```
dftreinotester = dftreinotester.rename(columns={'index': 'divisão do dados'})
dftreinotester = dftreinotester.rename(columns={0: 'total'})
dftreinotester
```

Out[95]:

	divisão do dados	total
0	Registros para treino	2217
1	Registros para teste	951

20) Normalização dos dados por questão de escala.

In [96]:

```
Xr_train
```

Out[96]:

	meanfreq	sd	median	Q25	Q75	skew	kurt	mode	cent
943	0.200303	0.061665	0.229964	0.135451	0.256245	1.619882	5.194025	0.256245	0.200
2486	0.214223	0.037987	0.216717	0.206465	0.225556	3.377777	7.847583	0.220960	0.214
517	0.150002	0.068328	0.162544	0.093932	0.202894	1.953073	7.469802	0.084131	0.150
778	0.172459	0.059078	0.178675	0.111729	0.213958	1.473990	5.318155	0.209887	0.172
1280	0.176249	0.076477	0.189526	0.118162	0.251532	2.258821	9.384604	0.258162	0.176
...
763	0.165049	0.060078	0.178088	0.105885	0.211425	1.577942	5.393908	0.210907	0.165
835	0.174274	0.057816	0.191211	0.116053	0.218474	1.932602	8.103753	0.199316	0.174
1653	0.134785	0.082020	0.142053	0.057067	0.202405	1.341973	5.596726	0.200352	0.134
2607	0.236909	0.029605	0.241928	0.220241	0.253494	3.055783	7.587060	0.241928	0.236
2732	0.186664	0.033863	0.191071	0.166171	0.202759	2.271343	7.793855	0.199201	0.186

2217 rows × 16 columns

In [97]:

```
# Instantiate
normr = Normalizer()
# Fit
normr.fit(Xr_train)
```

Out[97]:

Normalizer(copy=True, norm='l2')

In [98]:

```
Xr_train_norm = normr.transform(Xr_train)
```

In [99]:

```
Xr_test_norm = normr.transform(Xr_test)
```

In [100]:

```
print(Xr_train_norm.shape , Xr_test_norm.shape)
```

```
(2217, 16) (951, 16)
```

21) Declarando o modelo com as variáveis reduzidas.

In [101]:

```
#Logistic Regression  
Rclassifier = LogisticRegression(C=1, multi_class='ovr', penalty='l2', solver='liblinear')
```

22) Declarando o modelo para Validação cruzada.

In [102]:

```
#Logistic Regression  
RclassifierComp = LogisticRegression(C=1, multi_class='ovr', penalty='l2', solver='liblinear')
```

23)Treinando o modelo com redução das variáveis.

Principal dos modelos.

In [103]:

```
Rclassifier.fit(Xr_train,yr_train)
```

Out[103]:

```
LogisticRegression(C=1, class_weight=None, dual=False, fit_intercept=True,  
                    intercept_scaling=1, l1_ratio=None, max_iter=100,  
                    multi_class='ovr', n_jobs=None, penalty='l2',  
                    random_state=None, solver='liblinear', tol=0.0001, verbose=0,  
                    warm_start=False)
```

In [104]:

```
yr_pred=Rclassifier.predict(Xr_test)
```


Declarando o modelo para Validação cruzada.

In [105]:

```
Raccuracy_cross = cross_val_score(RclassifierComp, Xr_entrada,Yr_entrada, cv = 10, scoring='accuracy').mean()
```

Modelo de avaliação de métricas.

Matriz de confusão.

In [106]:

```
rcm=confusion_matrix(yr_test,yr_pred)
```

In [107]:

```
rconfusion_matrix_lda = pandas.DataFrame(rcm, index = ['Negativos','Positivos'], columns = ['Previsão dos negativos','Previsão dos positivos'] )
rconfusion_matrix_lda['Total'] = 1
rconfusion_matrix_lda['Total'][0] = rcm[0][0] + rcm[0][1]
rconfusion_matrix_lda['Total'][1] = rcm[1][0] + rcm[1][1]
```

In [108]:

```
rconfusion_matrix_lda
```

Out[108]:

	Previsão dos negativos	Previsão dos positivos	Total
Negativos	406	88	494
Positivos	104	353	457

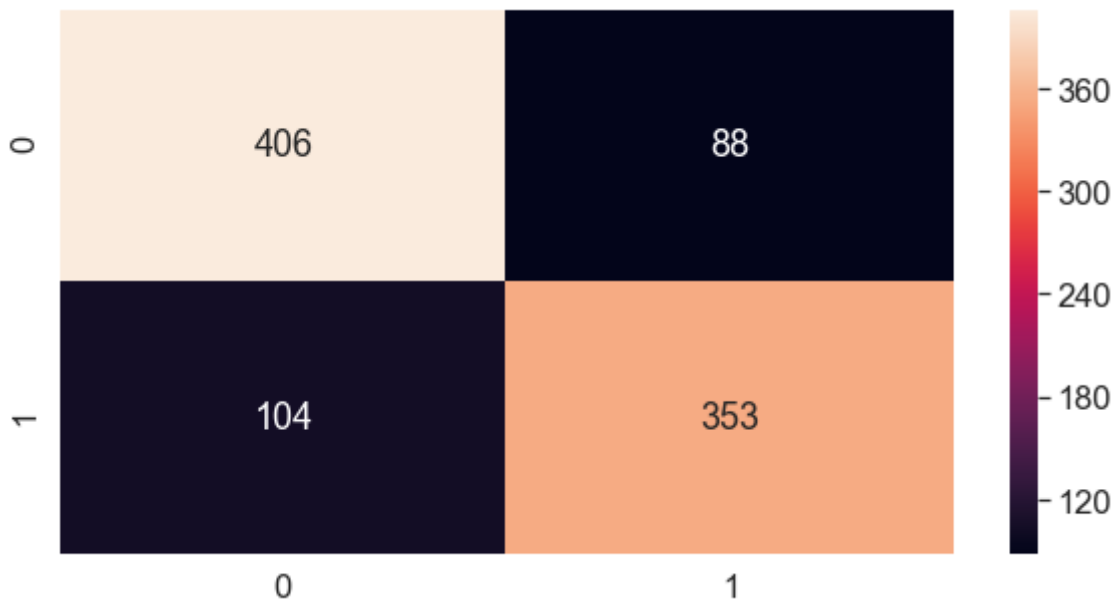
In [109]:

```
print(rconfusion_matrix_lda)
```

	Previsão dos negativos	Previsão dos positivos	Total
Negativos	406	88	494
Positivos	104	353	457

In [110]:

```
#Plot the confusion matrix
plt.rcParams['figure.figsize'] = (10,5)
sb.set(font_scale=1.5)
sb.heatmap(rcm, annot=True, fmt='g')
plt.show()
```



Precisão Geral (Accuracy)

A precisão da classificação é a proporção de previsões corretas para o total não de previsões.

Accuracy = (numero de predições corretas / numero de predições)

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

In [111]:

```
RAccuracy= Rclassifier.score(Xr_test, yr_test)
```

In [112]:

```
dfRAccuracy = pandas.DataFrame(RAccuracy, index = ['Accuracy'], columns = ['resultado'])
dfRAccuracy
```

Out[112]:

	resultado
Accuracy	0.798107

In [113]:

```
print(dfRAccuracy)
```

```
          resultado  
Accuracy    0.798107
```

Curva ROC

In [114]:

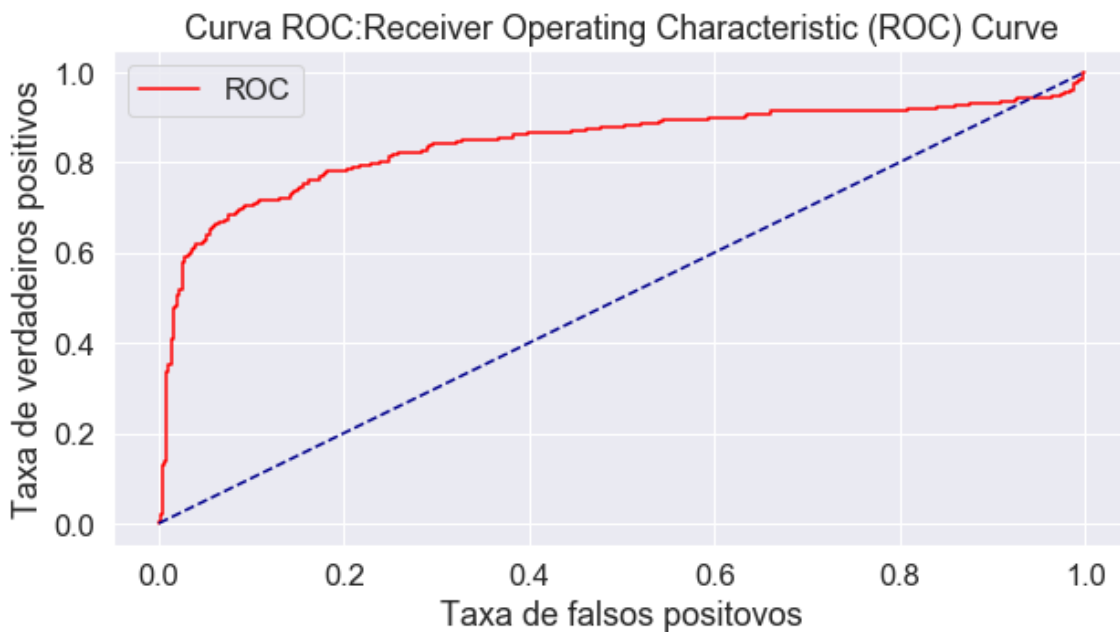
```
yr_pred_prob = Rclassifier.predict_proba(Xr_test)[: , 1]
```

In [115]:

```
rfpr, rtpr, rthresholds = roc_curve(yr_test, yr_pred_prob)
```

In [116]:

```
plot_roc_curve(rfpr, rtpr)
```



AUC (área sob a curva) da Curva ROC.

In [117]:

```
print(roc_auc_score(yr_test, yr_pred_prob))  
rAuc=roc_auc_score(yr_test, yr_pred_prob)
```

```
0.8422071421610751
```

In [118]:

```
dfrAuc = pandas.DataFrame(rAuc, index = ['AUC'], columns = ['resultado'] )
dfrAuc
```

Out[118]:

	resultado
AUC	0.842207

In [119]:

```
print(dfrAuc)
```

	resultado
AUC	0.842207

Precisão Geral (Accuracy_cross) por validação cruzada.

Precisão do modelo sobre tecnica de Validação cruzada media dos resultados.

In [120]:

```
print(Raccuracy_cross)
```

0.7888981768967439

In [121]:

```
dfRaccuracy_cross = pandas.DataFrame(Raccuracy_cross, index = ['Acurácia por validação cruzada'], columns = ['resultado'] )
dfRaccuracy_cross
```

Out[121]:

	resultado
Acurácia por validação cruzada	0.788898

In [122]:

```
print(dfRaccuracy_cross)
```

	resultado
Acurácia por validação cruzada	0.788898

Taxa entre as Accuracy e Accuracy_cross.

Taxa Perda de acurácia da validação cruzada em relação acurácia.

$$RateLossAAC = \frac{Accuracy - Accuracy_{cross}}{Accuracy \times Accuracy_{Cross}} \times 100$$

In [123]:

```
print((RAccuracy - Raccuracy_cross)/ RAccuracy * Raccuracy_cross * 100)
RRateLossAAC = (RAccuracy - Raccuracy_cross)/ RAccuracy * Raccuracy_cross * 100
```

0.9102818307854695

In [124]:

```
dfRRateLossAAC = pandas.DataFrame(RRateLossAAC, index = ['Taxas perdas em acurácia e acurácia por validação cruzada'], columns = ['resultado'] )
dfRRateLossAAC
```

Out[124]:

	resultado
Taxas perdas em acurácia e acurácia por validação cruzada	0.910282

In [125]:

```
print(dfRRateLossAAC)
```

	resultado
Taxas perdas em acurácia e acurácia por validaç...	0.910282

Gráficos comparativos.

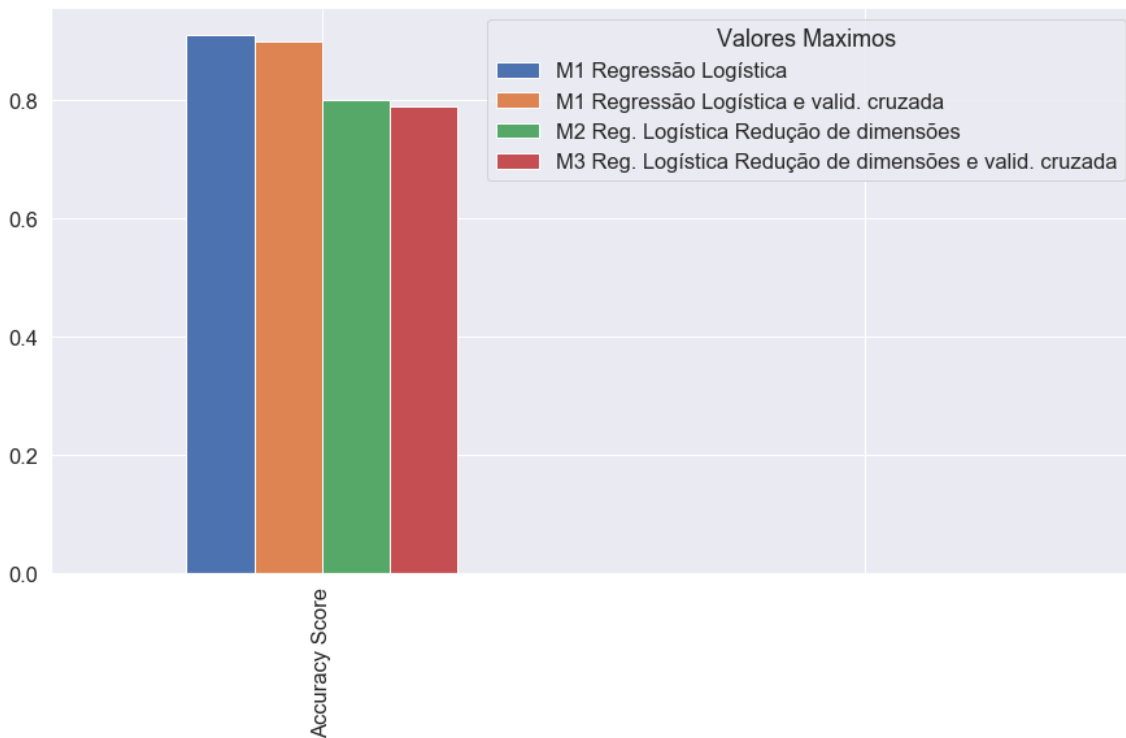
Acurácia entre modelos de regressão logística, todos dados, treinado por validação cruzada, treinado com redução de dimensionabilidade.

In [126]:

```
df = pandas.DataFrame([Accuracy, accuracy_cross, RAccuracy, Raccuracy_cross], [],
                      index=['Accuracy Score', ''],
                      columns=pandas.Index(['M1 Regressão Logística', 'M1 Regressão Logística e valid. cruzada', 'M2 Reg. Logística Redução de dimensões', 'M3 Reg. Logística Redução de dimensões e valid. cruzada'],
                      name='Valores Maximos')).round(2)
df.plot(kind='bar', figsize=(15, 8))
```

Out[126]:

<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0x158984f0>



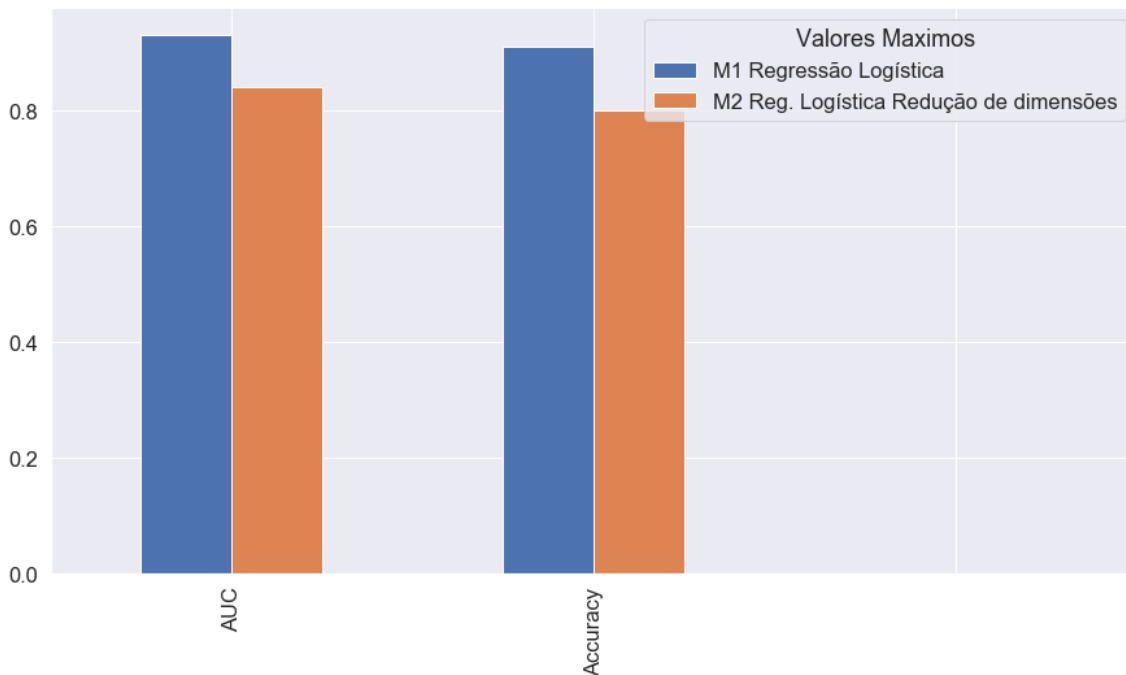
Acurácia e área da curva da ROC entre modelos de regressão logística e regressão logística com redução de dimensionabilidade.

In [127]:

```
df = pandas.DataFrame([Auc,rAuc],[Accuracy,RAccuracy],[]),  
                      index=['AUC','Accuracy'],  
                      columns=pandas.Index(['M1 Regressão Logística','M2 Reg. Logística Red  
ução de dimensões'],  
                      name='Valores Maximos')).round(2)  
df.plot(kind='bar',figsize=(15,8))
```

Out[127]:

<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0x153242b0>



Fim da avaliação do modelo.

Salva dados para usar no gráfico consolidado.

In [128]:

```
dic_logist={}
```

In [129]:

```
dic_logist['RAccuracy']=RAccuracy
dic_logist['Accuracy']=Accuracy

dic_logist['accuracy_cross']=accuracy_cross
dic_logist['Raccuracy_cross']=Raccuracy_cross

dic_logist['Auc']=Auc
dic_logist['rAuc']=rAuc

dic_logist['rfpr']=rfpr
dic_logist['rtpr']=rtpr

dic_logist['fpr']=fpr
dic_logist['tpr']=tpr
```

In [130]:

```
#dic_logist
```

In [131]:

```
import pickle
```

In [132]:

```
filename = 'regressaologitica.jss'
outfile = open(filename,'wb')
pickle.dump(dic_logist,outfile)
outfile.close()
```

In [133]:

```
infile = open(filename,'rb')
test_dict = pickle.load(infile)
infile.close()
```

In [134]:

```
#print(test_dict)
```

In [135]:

```
print(type(test_dict))
```

```
<class 'dict'>
```

In []:

In []:

In []: