

Nome: João Emanuel - Matricula: 162080263 - Data 01/outubro/2020

Aplicando o gradiente descendente

Máximo e Mínimo Local

As funções matemáticas podem ter "colinas e vales": locais onde atingem um valor mínimo ou máximo.

In [2]:

```
from IPython.display import Image
Image("images/func1.png")
```

Global (ou Absoluto) Máximo e Mínimo

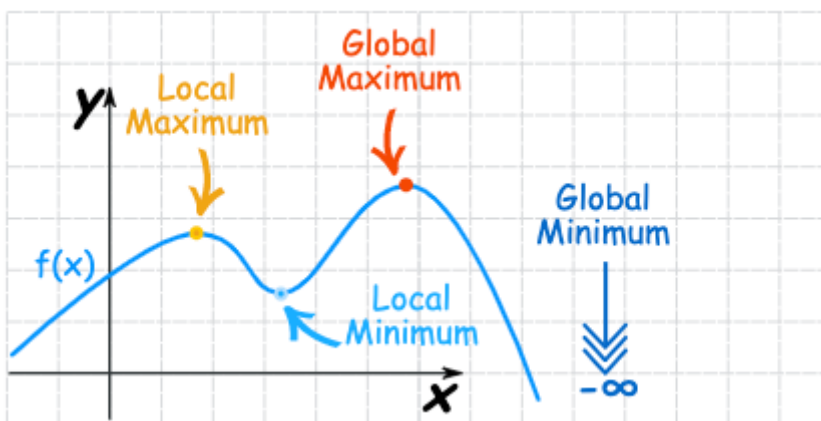
O máximo ou mínimo em toda a função é chamado de máximo ou mínimo "Absoluto" ou "Global".

Existe apenas um máximo global (e um mínimo global), mas pode haver mais de um máximo ou mínimo local.

In [2]:

```
from IPython.display import Image
Image("images/func2.png")
```

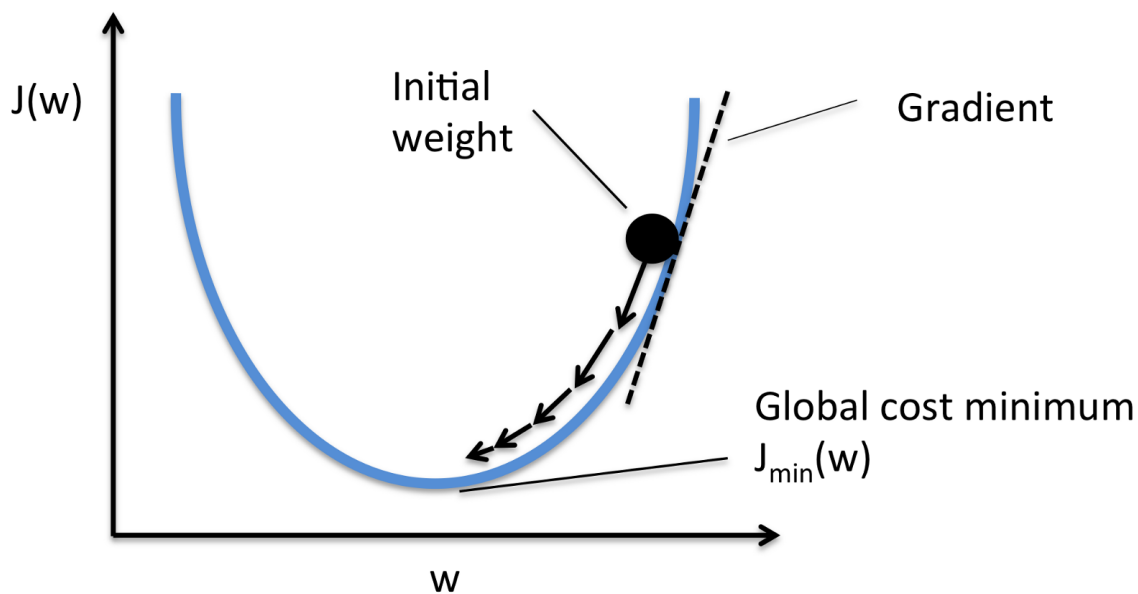
Out[2]:



In [3]:

```
from IPython.display import Image
Image("images/gradiente1.png")
```

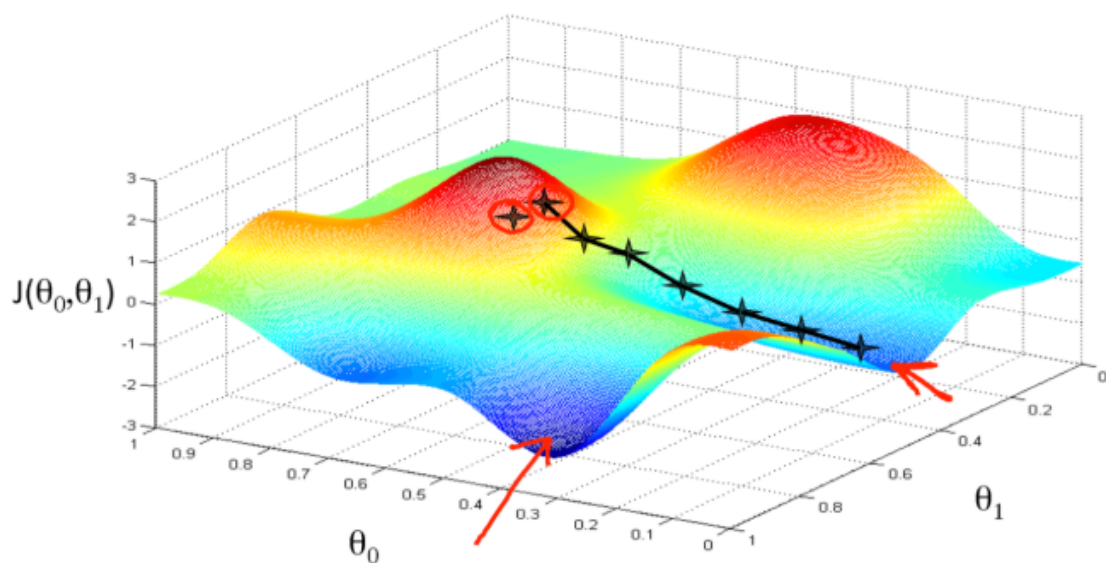
Out[3]:



In [4]:

```
from IPython.display import Image
Image("images/gradiente2.png")
```

Out[4]:



Exemplo

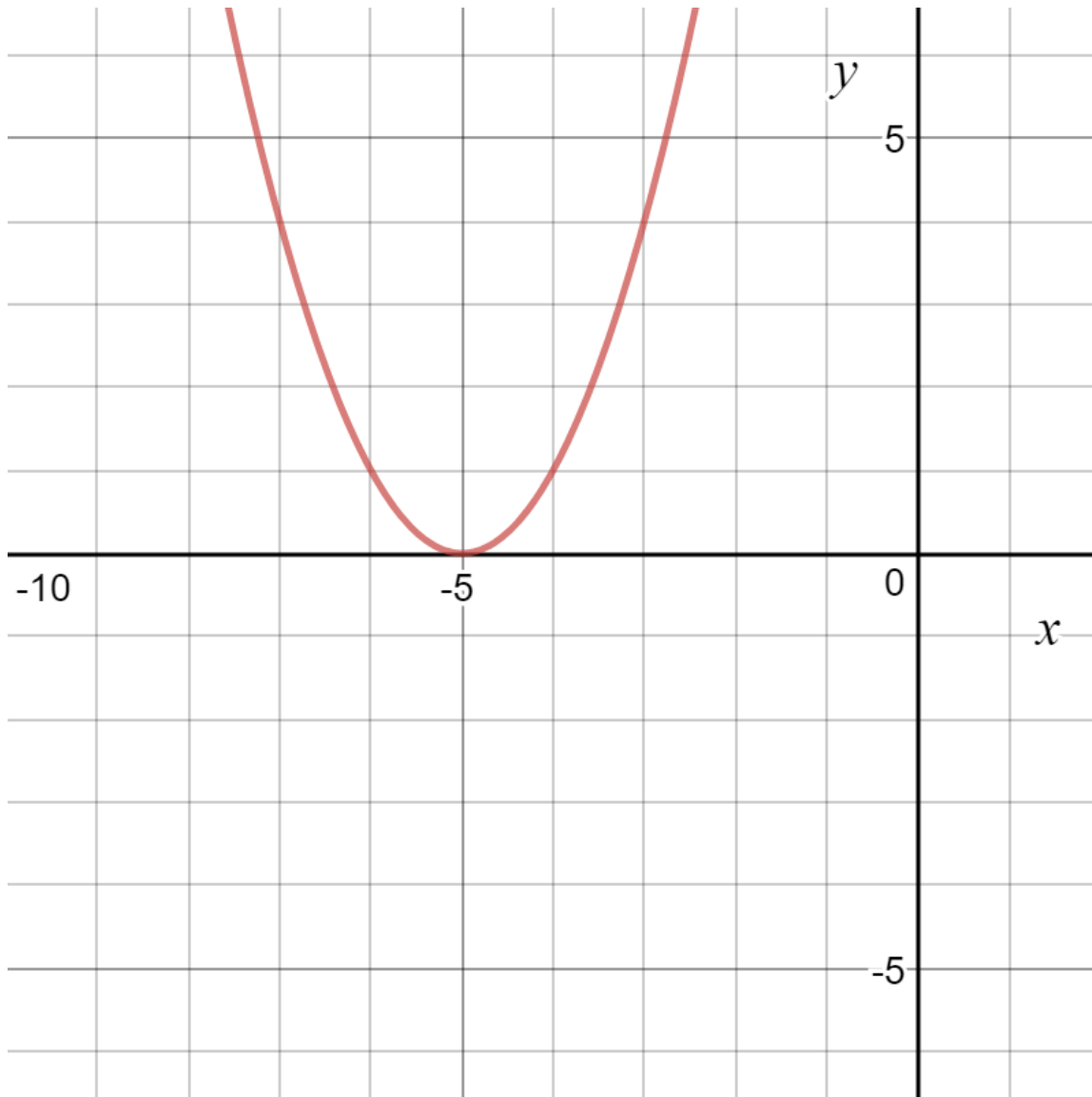
Encontre os mínimos locais da função $y = (x + 5)^2$ começando do ponto $x = 3$.

Sabemos a resposta apenas olhando para o gráfico. $y = (x + 5)^2$ atinge seu valor mínimo quando $x = -5$ (ou seja, quando $x = -5$, $y = 0$). Portanto, $x = -5$ é o mínimo local e global da função.

In [5]:

```
from IPython.display import Image  
Image("images/grafico.png")
```

Out[5]:



Aplicando Gradiente Descendente

In []:

```
Exercício: Alterar 2 hiperparâmetros  
cur_x (X) #ok  
rate (Taxa de Aprendizagem) #ok
```

In [25]:

```
# O algoritmo inicia com o parâmetro x=3
cur_x = 2

# Hiperparâmetro - Learning rate - Passo
rate = 0.5 # 0.1 - 0.5 - 0.01 - 0.001

# Define quando parar o algoritmo
# Parar o loop quando a diferença entre os valores de x em 2 iterações consecutivas for menor que 0,000001
# ou quando o número de iterações exceder 10 mil
precision = 0.0000001

# Inicializa o contador do passo anterior
previous_step_size = 1

# Número máximo de iterações
max_iters = 10000

# Contador de iterações
iters = 0

# Gradiente da função  $(x + 5)^2$ 
df = lambda x: 2*(x+5)
```

In [26]:

```
while previous_step_size > precision and iterations < max_iters:

    # Armazena o valor corrente de x em prev_x
    prev_x = cur_x

    # Aplica o Gradient descent
    cur_x = cur_x - rate * df(prev_x)

    # Altera o valor de x
    previous_step_size = abs(cur_x - prev_x)

    # Incrementa o número de iterações
    iterations = iterations + 1

    # Imprime as iterações
    print("Iteration", iterations, "\nValor de x igual a ", cur_x, '- j:', '{:.10f}'.format(previous_step_size))

print("\nO mínimo local da função ocorre em: ", cur_x)
```

```
Iteration 1
Valor de x igual a 0.88 - j: 0.1200000000
Iteration 2
Valor de x igual a 0.7624 - j: 0.1176000000
Iteration 3
Valor de x igual a 0.647152 - j: 0.1152480000
Iteration 4
Valor de x igual a 0.53420896 - j: 0.1129430400
Iteration 5
Valor de x igual a 0.42352478079999994 - j: 0.1106841792
Iteration 6
Valor de x igual a 0.3150542851839999 - j: 0.1084704956
Iteration 7
Valor de x igual a 0.2087531994803199 - j: 0.1063010857
Iteration 8
Valor de x igual a 0.10457813549071349 - j: 0.1041750640
Iteration 9
Valor de x igual a 0.0024865727808992127 - j: 0.1020915627
Iteration 10
Valor de x igual a -0.09756315867471878 - j: 0.1000497315
Iteration 11
Valor de x igual a -0.1956118955012244 - j: 0.0980487368
Iteration 12
Valor de x igual a -0.2916996575911999 - j: 0.0960877621
Iteration 13
Valor de x igual a -0.3858656644393759 - j: 0.0941660068
Iteration 14
Valor de x igual a -0.4781483511505884 - j: 0.0922826867
Iteration 15
Valor de x igual a -0.5685853841275766 - j: 0.0904370330
Iteration 16
Valor de x igual a -0.6572136764450252 - j: 0.0886282923
Iteration 17
Valor de x igual a -0.7440694029161247 - j: 0.0868557265
Iteration 18
Valor de x igual a -0.8291880148578021 - j: 0.0851186119
Iteration 19
Valor de x igual a -0.9126042545606461 - j: 0.0834162397
Iteration 20
Valor de x igual a -0.9943521694694332 - j: 0.0817479149
Iteration 21
Valor de x igual a -1.0744651260800444 - j: 0.0801129566
Iteration 22
Valor de x igual a -1.1529758235584435 - j: 0.0785106975
Iteration 23
Valor de x igual a -1.2299163070872747 - j: 0.0769404835
Iteration 24
Valor de x igual a -1.3053179809455293 - j: 0.0754016739
Iteration 25
Valor de x igual a -1.3792116213266188 - j: 0.0738936404
Iteration 26
Valor de x igual a -1.4516273889000864 - j: 0.0724157676
Iteration 27
Valor de x igual a -1.5225948411220847 - j: 0.0709674522
Iteration 28
Valor de x igual a -1.5921429442996429 - j: 0.0695481032
Iteration 29
Valor de x igual a -1.66030008541365 - j: 0.0681571411
Iteration 30
Valor de x igual a -1.727094083705377 - j: 0.0667939983
Iteration 31
```

Valor de x igual a -1.7925522020312694 - j: 0.0654581183
Iteration 32
Valor de x igual a -1.856701157990644 - j: 0.0641489560
Iteration 33
Valor de x igual a -1.9195671348308312 - j: 0.0628659768
Iteration 34
Valor de x igual a -1.9811757921342146 - j: 0.0616086573
Iteration 35
Valor de x igual a -2.0415522762915304 - j: 0.0603764842
Iteration 36
Valor de x igual a -2.1007212307657 - j: 0.0591689545
Iteration 37
Valor de x igual a -2.158706806150386 - j: 0.0579855754
Iteration 38
Valor de x igual a -2.215532670027378 - j: 0.0568258639
Iteration 39
Valor de x igual a -2.2712220166268304 - j: 0.0556893466
Iteration 40
Valor de x igual a -2.3257975762942937 - j: 0.0545755597
Iteration 41
Valor de x igual a -2.379281624768408 - j: 0.0534840485
Iteration 42
Valor de x igual a -2.4316959922730397 - j: 0.0524143675
Iteration 43
Valor de x igual a -2.483062072427579 - j: 0.0513660802
Iteration 44
Valor de x igual a -2.5334008309790272 - j: 0.0503387586
Iteration 45
Valor de x igual a -2.5827328143594466 - j: 0.0493319834
Iteration 46
Valor de x igual a -2.6310781580722575 - j: 0.0483453437
Iteration 47
Valor de x igual a -2.6784565949108123 - j: 0.0473784368
Iteration 48
Valor de x igual a -2.724887463012596 - j: 0.0464308681
Iteration 49
Valor de x igual a -2.770389713752344 - j: 0.0455022507
Iteration 50
Valor de x igual a -2.8149819194772974 - j: 0.0445922057
Iteration 51
Valor de x igual a -2.8586822810877512 - j: 0.0437003616
Iteration 52
Valor de x igual a -2.901508635465996 - j: 0.0428263544
Iteration 53
Valor de x igual a -2.943478462756676 - j: 0.0419698273
Iteration 54
Valor de x igual a -2.9846088935015422 - j: 0.0411304307
Iteration 55
Valor de x igual a -3.0249167156315115 - j: 0.0403078221
Iteration 56
Valor de x igual a -3.0644183813188812 - j: 0.0395016657
Iteration 57
Valor de x igual a -3.1031300136925037 - j: 0.0387116324
Iteration 58
Valor de x igual a -3.1410674134186536 - j: 0.0379373997
Iteration 59
Valor de x igual a -3.1782460651502804 - j: 0.0371786517
Iteration 60
Valor de x igual a -3.2146811438472747 - j: 0.0364350787
Iteration 61
Valor de x igual a -3.250387520970329 - j: 0.0357063771

```
Iteration 62
Valor de x igual a -3.2853797705509225 - j: 0.0349922496
Iteration 63
Valor de x igual a -3.319672175139904 - j: 0.0342924046
Iteration 64
Valor de x igual a -3.353278731637106 - j: 0.0336065565
Iteration 65
Valor de x igual a -3.386213157004364 - j: 0.0329344254
Iteration 66
Valor de x igual a -3.418488893864277 - j: 0.0322757369
Iteration 67
Valor de x igual a -3.450119115986991 - j: 0.0316302221
Iteration 68
Valor de x igual a -3.481116733667251 - j: 0.0309976177
Iteration 69
Valor de x igual a -3.5114943989939063 - j: 0.0303776653
Iteration 70
Valor de x igual a -3.541264511014028 - j: 0.0297701120
Iteration 71
Valor de x igual a -3.570439220793747 - j: 0.0291747098
Iteration 72
Valor de x igual a -3.5990304363778725 - j: 0.0285912156
Iteration 73
Valor de x igual a -3.627049827650315 - j: 0.0280193913
Iteration 74
Valor de x igual a -3.6545088310973086 - j: 0.0274590034
Iteration 75
Valor de x igual a -3.6814186544753627 - j: 0.0269098234
Iteration 76
Valor de x igual a -3.707790281385855 - j: 0.0263716269
Iteration 77
Valor de x igual a -3.733634475758138 - j: 0.0258441944
Iteration 78
Valor de x igual a -3.7589617862429754 - j: 0.0253273105
Iteration 79
Valor de x igual a -3.783782550518116 - j: 0.0248207643
Iteration 80
Valor de x igual a -3.8081068995077536 - j: 0.0243243490
Iteration 81
Valor de x igual a -3.8319447615175983 - j: 0.0238378620
Iteration 82
Valor de x igual a -3.8553058662872464 - j: 0.0233611048
Iteration 83
Valor de x igual a -3.878199748961501 - j: 0.0228938827
Iteration 84
Valor de x igual a -3.900635753982271 - j: 0.0224360050
Iteration 85
Valor de x igual a -3.9226230389026258 - j: 0.0219872849
Iteration 86
Valor de x igual a -3.9441705781245733 - j: 0.0215475392
Iteration 87
Valor de x igual a -3.965287166562082 - j: 0.0211165884
Iteration 88
Valor de x igual a -3.9859814232308404 - j: 0.0206942567
Iteration 89
Valor de x igual a -4.006261794766224 - j: 0.0202803715
Iteration 90
Valor de x igual a -4.026136558870899 - j: 0.0198747641
Iteration 91
Valor de x igual a -4.045613827693481 - j: 0.0194772688
Iteration 92
```


Valor de x igual a -4.064701551139612 - j: 0.0190877234
Iteration 93
Valor de x igual a -4.083407520116819 - j: 0.0187059690
Iteration 94
Valor de x igual a -4.101739369714482 - j: 0.0183318496
Iteration 95
Valor de x igual a -4.1197045823201925 - j: 0.0179652126
Iteration 96
Valor de x igual a -4.137310490673789 - j: 0.0176059084
Iteration 97
Valor de x igual a -4.154564280860313 - j: 0.0172537902
Iteration 98
Valor de x igual a -4.171472995243107 - j: 0.0169087144
Iteration 99
Valor de x igual a -4.188043535338245 - j: 0.0165705401
Iteration 100
Valor de x igual a -4.204282664631481 - j: 0.0162391293
Iteration 101
Valor de x igual a -4.220197011338851 - j: 0.0159143467
Iteration 102
Valor de x igual a -4.235793071112075 - j: 0.0155960598
Iteration 103
Valor de x igual a -4.251077209689833 - j: 0.0152841386
Iteration 104
Valor de x igual a -4.266055665496037 - j: 0.0149784558
Iteration 105
Valor de x igual a -4.280734552186116 - j: 0.0146788867
Iteration 106
Valor de x igual a -4.2951198611423935 - j: 0.0143853090
Iteration 107
Valor de x igual a -4.309217463919546 - j: 0.0140976028
Iteration 108
Valor de x igual a -4.323033114641155 - j: 0.0138156507
Iteration 109
Valor de x igual a -4.3365724523483316 - j: 0.0135393377
Iteration 110
Valor de x igual a -4.349841003301365 - j: 0.0132685510
Iteration 111
Valor de x igual a -4.362844183235338 - j: 0.0130031799
Iteration 112
Valor de x igual a -4.375587299570631 - j: 0.0127431163
Iteration 113
Valor de x igual a -4.388075553579219 - j: 0.0124882540
Iteration 114
Valor de x igual a -4.400314042507635 - j: 0.0122384889
Iteration 115
Valor de x igual a -4.412307761657482 - j: 0.0119937191
Iteration 116
Valor de x igual a -4.424061606424332 - j: 0.0117538448
Iteration 117
Valor de x igual a -4.435580374295846 - j: 0.0115187679
Iteration 118
Valor de x igual a -4.446868766809929 - j: 0.0112883925
Iteration 119
Valor de x igual a -4.45793139147373 - j: 0.0110626247
Iteration 120
Valor de x igual a -4.468772763644256 - j: 0.0108413722
Iteration 121
Valor de x igual a -4.479397308371371 - j: 0.0106245447
Iteration 122
Valor de x igual a -4.489809362203943 - j: 0.0104120538

Iteration 123
Valor de x igual a -4.500013174959864 - j: 0.0102038128
Iteration 124
Valor de x igual a -4.5100129114606675 - j: 0.0099997365
Iteration 125
Valor de x igual a -4.519812653231454 - j: 0.0097997418
Iteration 126
Valor de x igual a -4.5294164001668245 - j: 0.0096037469
Iteration 127
Valor de x igual a -4.538828072163488 - j: 0.0094116720
Iteration 128
Valor de x igual a -4.548051510720218 - j: 0.0092234386
Iteration 129
Valor de x igual a -4.5570904805058134 - j: 0.0090389698
Iteration 130
Valor de x igual a -4.565948670895697 - j: 0.0088581904
Iteration 131
Valor de x igual a -4.574629697477783 - j: 0.0086810266
Iteration 132
Valor de x igual a -4.583137103528228 - j: 0.0085074061
Iteration 133
Valor de x igual a -4.591474361457663 - j: 0.0083372579
Iteration 134
Valor de x igual a -4.59964487422851 - j: 0.0081705128
Iteration 135
Valor de x igual a -4.60765197674394 - j: 0.0080071025
Iteration 136
Valor de x igual a -4.615498937209061 - j: 0.0078469605
Iteration 137
Valor de x igual a -4.62318895846488 - j: 0.0076900213
Iteration 138
Valor de x igual a -4.630725179295582 - j: 0.0075362208
Iteration 139
Valor de x igual a -4.638110675709671 - j: 0.0073854964
Iteration 140
Valor de x igual a -4.645348462195477 - j: 0.0072377865
Iteration 141
Valor de x igual a -4.652441492951567 - j: 0.0070930308
Iteration 142
Valor de x igual a -4.659392663092536 - j: 0.0069511701
Iteration 143
Valor de x igual a -4.666204809830686 - j: 0.0068121467
Iteration 144
Valor de x igual a -4.672880713634072 - j: 0.0066759038
Iteration 145
Valor de x igual a -4.67942309936139 - j: 0.0065423857
Iteration 146
Valor de x igual a -4.685834637374162 - j: 0.0064115380
Iteration 147
Valor de x igual a -4.692117944626679 - j: 0.0062833073
Iteration 148
Valor de x igual a -4.698275585734145 - j: 0.0061576411
Iteration 149
Valor de x igual a -4.704310074019462 - j: 0.0060344883
Iteration 150
Valor de x igual a -4.710223872539073 - j: 0.0059137985
Iteration 151
Valor de x igual a -4.716019395088291 - j: 0.0057955225
Iteration 152
Valor de x igual a -4.721699007186525 - j: 0.0056796121
Iteration 153

Valor de x igual a -4.727265027042795 - j: 0.0055660199
Iteration 154
Valor de x igual a -4.732719726501939 - j: 0.0054546995
Iteration 155
Valor de x igual a -4.7380653319719 - j: 0.0053456055
Iteration 156
Valor de x igual a -4.7433040253324625 - j: 0.0052386934
Iteration 157
Valor de x igual a -4.748437944825813 - j: 0.0051339195
Iteration 158
Valor de x igual a -4.753469185929297 - j: 0.0050312411
Iteration 159
Valor de x igual a -4.758399802210711 - j: 0.0049306163
Iteration 160
Valor de x igual a -4.763231806166496 - j: 0.0048320040
Iteration 161
Valor de x igual a -4.767967170043167 - j: 0.0047353639
Iteration 162
Valor de x igual a -4.772607826642304 - j: 0.0046406566
Iteration 163
Valor de x igual a -4.777155670109457 - j: 0.0045478435
Iteration 164
Valor de x igual a -4.781612556707268 - j: 0.0044568866
Iteration 165
Valor de x igual a -4.785980305573123 - j: 0.0043677489
Iteration 166
Valor de x igual a -4.79026069946166 - j: 0.0042803939
Iteration 167
Valor de x igual a -4.794455485472427 - j: 0.0041947860
Iteration 168
Valor de x igual a -4.798566375762978 - j: 0.0041108903
Iteration 169
Valor de x igual a -4.802595048247719 - j: 0.0040286725
Iteration 170
Valor de x igual a -4.806543147282764 - j: 0.0039480990
Iteration 171
Valor de x igual a -4.810412284337109 - j: 0.0038691371
Iteration 172
Valor de x igual a -4.814204038650367 - j: 0.0037917543
Iteration 173
Valor de x igual a -4.8179199578773595 - j: 0.0037159192
Iteration 174
Valor de x igual a -4.821561558719813 - j: 0.0036416008
Iteration 175
Valor de x igual a -4.825130327545416 - j: 0.0035687688
Iteration 176
Valor de x igual a -4.828627720994508 - j: 0.0034973934
Iteration 177
Valor de x igual a -4.832055166574618 - j: 0.0034274456
Iteration 178
Valor de x igual a -4.8354140632431255 - j: 0.0033588967
Iteration 179
Valor de x igual a -4.838705781978263 - j: 0.0032917187
Iteration 180
Valor de x igual a -4.841931666338698 - j: 0.0032258844
Iteration 181
Valor de x igual a -4.845093033011924 - j: 0.0031613667
Iteration 182
Valor de x igual a -4.848191172351686 - j: 0.0030981393
Iteration 183
Valor de x igual a -4.8512273489046525 - j: 0.0030361766

Iteration 184
Valor de x igual a -4.85420280192656 - j: 0.0029754530
Iteration 185
Valor de x igual a -4.8571187458880285 - j: 0.0029159440
Iteration 186
Valor de x igual a -4.859976370970268 - j: 0.0028576251
Iteration 187
Valor de x igual a -4.862776843550863 - j: 0.0028004726
Iteration 188
Valor de x igual a -4.865521306679846 - j: 0.0027444631
Iteration 189
Valor de x igual a -4.86821088054625 - j: 0.0026895739
Iteration 190
Valor de x igual a -4.870846662935325 - j: 0.0026357824
Iteration 191
Valor de x igual a -4.8734297296766185 - j: 0.0025830667
Iteration 192
Valor de x igual a -4.875961135083086 - j: 0.0025314054
Iteration 193
Valor de x igual a -4.878441912381424 - j: 0.0024807773
Iteration 194
Valor de x igual a -4.880873074133795 - j: 0.0024311618
Iteration 195
Valor de x igual a -4.883255612651119 - j: 0.0023825385
Iteration 196
Valor de x igual a -4.885590500398097 - j: 0.0023348877
Iteration 197
Valor de x igual a -4.887878690390135 - j: 0.0022881900
Iteration 198
Valor de x igual a -4.890121116582332 - j: 0.0022424262
Iteration 199
Valor de x igual a -4.892318694250685 - j: 0.0021975777
Iteration 200
Valor de x igual a -4.894472320365671 - j: 0.0021536261
Iteration 201
Valor de x igual a -4.896582873958358 - j: 0.0021105536
Iteration 202
Valor de x igual a -4.89865121647919 - j: 0.0020683425
Iteration 203
Valor de x igual a -4.9006781921496065 - j: 0.0020269757
Iteration 204
Valor de x igual a -4.902664628306614 - j: 0.0019864362
Iteration 205
Valor de x igual a -4.904611335740482 - j: 0.0019467074
Iteration 206
Valor de x igual a -4.906519109025672 - j: 0.0019077733
Iteration 207
Valor de x igual a -4.908388726845159 - j: 0.0018696178
Iteration 208
Valor de x igual a -4.910220952308255 - j: 0.0018322255
Iteration 209
Valor de x igual a -4.91201653326209 - j: 0.0017955810
Iteration 210
Valor de x igual a -4.913776202596848 - j: 0.0017596693
Iteration 211
Valor de x igual a -4.915500678544912 - j: 0.0017244759
Iteration 212
Valor de x igual a -4.917190664974013 - j: 0.0016899864
Iteration 213
Valor de x igual a -4.918846851674533 - j: 0.0016561867
Iteration 214

Valor de x igual a -4.920469914641043 - j: 0.0016230630
Iteration 215
Valor de x igual a -4.922060516348222 - j: 0.0015906017
Iteration 216
Valor de x igual a -4.923619306021258 - j: 0.0015587897
Iteration 217
Valor de x igual a -4.925146919900833 - j: 0.0015276139
Iteration 218
Valor de x igual a -4.926643981502816 - j: 0.0014970616
Iteration 219
Valor de x igual a -4.92811110187276 - j: 0.0014671204
Iteration 220
Valor de x igual a -4.9295488798353055 - j: 0.0014377780
Iteration 221
Valor de x igual a -4.9309579022386 - j: 0.0014090224
Iteration 222
Valor de x igual a -4.932338744193828 - j: 0.0013808420
Iteration 223
Valor de x igual a -4.933691969309951 - j: 0.0013532251
Iteration 224
Valor de x igual a -4.935018129923752 - j: 0.0013261606
Iteration 225
Valor de x igual a -4.936317767325277 - j: 0.0012996374
Iteration 226
Valor de x igual a -4.937591411978771 - j: 0.0012736447
Iteration 227
Valor de x igual a -4.938839583739196 - j: 0.0012481718
Iteration 228
Valor de x igual a -4.9400627920644125 - j: 0.0012232083
Iteration 229
Valor de x igual a -4.9412615362231245 - j: 0.0011987442
Iteration 230
Valor de x igual a -4.942436305498662 - j: 0.0011747693
Iteration 231
Valor de x igual a -4.943587579388688 - j: 0.0011512739
Iteration 232
Valor de x igual a -4.9447158278009145 - j: 0.0011282484
Iteration 233
Valor de x igual a -4.945821511244896 - j: 0.0011056834
Iteration 234
Valor de x igual a -4.946905081019998 - j: 0.0010835698
Iteration 235
Valor de x igual a -4.947966979399598 - j: 0.0010618984
Iteration 236
Valor de x igual a -4.949007639811606 - j: 0.0010406604
Iteration 237
Valor de x igual a -4.950027487015374 - j: 0.0010198472
Iteration 238
Valor de x igual a -4.951026937275067 - j: 0.0009994503
Iteration 239
Valor de x igual a -4.952006398529566 - j: 0.0009794613
Iteration 240
Valor de x igual a -4.952966270558974 - j: 0.0009598720
Iteration 241
Valor de x igual a -4.953906945147795 - j: 0.0009406746
Iteration 242
Valor de x igual a -4.954828806244839 - j: 0.0009218611
Iteration 243
Valor de x igual a -4.955732230119942 - j: 0.0009034239
Iteration 244
Valor de x igual a -4.956617585517543 - j: 0.0008853554

Iteration 245
Valor de x igual a -4.957485233807192 - j: 0.0008676483
Iteration 246
Valor de x igual a -4.958335529131048 - j: 0.0008502953
Iteration 247
Valor de x igual a -4.959168818548427 - j: 0.0008332894
Iteration 248
Valor de x igual a -4.959985442177459 - j: 0.0008166236
Iteration 249
Valor de x igual a -4.960785733333391 - j: 0.0008002912
Iteration 250
Valor de x igual a -4.961570018667231 - j: 0.0007842853
Iteration 251
Valor de x igual a -4.962338618293887 - j: 0.0007685996
Iteration 252
Valor de x igual a -4.96309184592801 - j: 0.0007532276
Iteration 253
Valor de x igual a -4.96383000900945 - j: 0.0007381631
Iteration 254
Valor de x igual a -4.964553408829261 - j: 0.0007233998
Iteration 255
Valor de x igual a -4.965262340652675 - j: 0.0007089318
Iteration 256
Valor de x igual a -4.965957093839622 - j: 0.0006947532
Iteration 257
Valor de x igual a -4.966637951962829 - j: 0.0006808581
Iteration 258
Valor de x igual a -4.967305192923573 - j: 0.0006672410
Iteration 259
Valor de x igual a -4.9679590890651015 - j: 0.0006538961
Iteration 260
Valor de x igual a -4.968599907283799 - j: 0.0006408182
Iteration 261
Valor de x igual a -4.969227909138123 - j: 0.0006280019
Iteration 262
Valor de x igual a -4.969843350955361 - j: 0.0006154418
Iteration 263
Valor de x igual a -4.970446483936254 - j: 0.0006031330
Iteration 264
Valor de x igual a -4.971037554257529 - j: 0.0005910703
Iteration 265
Valor de x igual a -4.971616803172378 - j: 0.0005792489
Iteration 266
Valor de x igual a -4.972184467108931 - j: 0.0005676639
Iteration 267
Valor de x igual a -4.972740777766752 - j: 0.0005563107
Iteration 268
Valor de x igual a -4.973285962211417 - j: 0.0005451844
Iteration 269
Valor de x igual a -4.9738202429671885 - j: 0.0005342808
Iteration 270
Valor de x igual a -4.974343838107845 - j: 0.0005235951
Iteration 271
Valor de x igual a -4.9748569613456874 - j: 0.0005131232
Iteration 272
Valor de x igual a -4.975359822118774 - j: 0.0005028608
Iteration 273
Valor de x igual a -4.975852625676398 - j: 0.0004928036
Iteration 274
Valor de x igual a -4.976335573162871 - j: 0.0004829475
Iteration 275

Valor de x igual a -4.976808861699613 - j: 0.0004732885
Iteration 276
Valor de x igual a -4.977272684465621 - j: 0.0004638228
Iteration 277
Valor de x igual a -4.977727230776309 - j: 0.0004545463
Iteration 278
Valor de x igual a -4.978172686160783 - j: 0.0004454554
Iteration 279
Valor de x igual a -4.9786092324375675 - j: 0.0004365463
Iteration 280
Valor de x igual a -4.979037047788816 - j: 0.0004278154
Iteration 281
Valor de x igual a -4.97945630683304 - j: 0.0004192590
Iteration 282
Valor de x igual a -4.979867180696379 - j: 0.0004108739
Iteration 283
Valor de x igual a -4.980269837082452 - j: 0.0004026564
Iteration 284
Valor de x igual a -4.980664440340803 - j: 0.0003946033
Iteration 285
Valor de x igual a -4.981051151533987 - j: 0.0003867112
Iteration 286
Valor de x igual a -4.981430128503307 - j: 0.0003789770
Iteration 287
Valor de x igual a -4.981801525933241 - j: 0.0003713974
Iteration 288
Valor de x igual a -4.982165495414576 - j: 0.0003639695
Iteration 289
Valor de x igual a -4.9825221855062845 - j: 0.0003566901
Iteration 290
Valor de x igual a -4.982871741796159 - j: 0.0003495563
Iteration 291
Valor de x igual a -4.983214306960236 - j: 0.0003425652
Iteration 292
Valor de x igual a -4.983550020821031 - j: 0.0003357139
Iteration 293
Valor de x igual a -4.98387902040461 - j: 0.0003289996
Iteration 294
Valor de x igual a -4.984201439996518 - j: 0.0003224196
Iteration 295
Valor de x igual a -4.984517411196587 - j: 0.0003159712
Iteration 296
Valor de x igual a -4.984827062972656 - j: 0.0003096518
Iteration 297
Valor de x igual a -4.985130521713202 - j: 0.0003034587
Iteration 298
Valor de x igual a -4.985427911278938 - j: 0.0002973896
Iteration 299
Valor de x igual a -4.9857193530533594 - j: 0.0002914418
Iteration 300
Valor de x igual a -4.986004965992292 - j: 0.0002856129
Iteration 301
Valor de x igual a -4.986284866672446 - j: 0.0002799007
Iteration 302
Valor de x igual a -4.986559169338998 - j: 0.0002743027
Iteration 303
Valor de x igual a -4.9868279859522175 - j: 0.0002688166
Iteration 304
Valor de x igual a -4.987091426233174 - j: 0.0002634403
Iteration 305
Valor de x igual a -4.98734959770851 - j: 0.0002581715

Iteration 306
Valor de x igual a -4.98760260575434 - j: 0.0002530080
Iteration 307
Valor de x igual a -4.9878505536392534 - j: 0.0002479479
Iteration 308
Valor de x igual a -4.988093542566468 - j: 0.0002429889
Iteration 309
Valor de x igual a -4.988331671715139 - j: 0.0002381291
Iteration 310
Valor de x igual a -4.988565038280837 - j: 0.0002333666
Iteration 311
Valor de x igual a -4.98879373751522 - j: 0.0002286992
Iteration 312
Valor de x igual a -4.989017862764915 - j: 0.0002241252
Iteration 313
Valor de x igual a -4.9892375055096165 - j: 0.0002196427
Iteration 314
Valor de x igual a -4.989452755399424 - j: 0.0002152499
Iteration 315
Valor de x igual a -4.989663700291436 - j: 0.0002109449
Iteration 316
Valor de x igual a -4.989870426285607 - j: 0.0002067260
Iteration 317
Valor de x igual a -4.990073017759895 - j: 0.0002025915
Iteration 318
Valor de x igual a -4.9902715574046965 - j: 0.0001985396
Iteration 319
Valor de x igual a -4.990466126256603 - j: 0.0001945689
Iteration 320
Valor de x igual a -4.990656803731471 - j: 0.0001906775
Iteration 321
Valor de x igual a -4.990843667656842 - j: 0.0001868639
Iteration 322
Valor de x igual a -4.991026794303705 - j: 0.0001831266
Iteration 323
Valor de x igual a -4.991206258417631 - j: 0.0001794641
Iteration 324
Valor de x igual a -4.991382133249279 - j: 0.0001758748
Iteration 325
Valor de x igual a -4.991554490584293 - j: 0.0001723573
Iteration 326
Valor de x igual a -4.9917234007726075 - j: 0.0001689102
Iteration 327
Valor de x igual a -4.991888932757155 - j: 0.0001655320
Iteration 328
Valor de x igual a -4.992051154102012 - j: 0.0001622213
Iteration 329
Valor de x igual a -4.992210131019972 - j: 0.0001589769
Iteration 330
Valor de x igual a -4.992365928399573 - j: 0.0001557974
Iteration 331
Valor de x igual a -4.992518609831581 - j: 0.0001526814
Iteration 332
Valor de x igual a -4.99266823763495 - j: 0.0001496278
Iteration 333
Valor de x igual a -4.992814872882251 - j: 0.0001466352
Iteration 334
Valor de x igual a -4.992958575424606 - j: 0.0001437025
Iteration 335
Valor de x igual a -4.993099403916114 - j: 0.0001408285
Iteration 336

Valor de x igual a -4.9932374158377915 - j: 0.0001380119
Iteration 337
Valor de x igual a -4.993372667521036 - j: 0.0001352517
Iteration 338
Valor de x igual a -4.993505214170615 - j: 0.0001325466
Iteration 339
Valor de x igual a -4.993635109887203 - j: 0.0001298957
Iteration 340
Valor de x igual a -4.9937624076894584 - j: 0.0001272978
Iteration 341
Valor de x igual a -4.993887159535669 - j: 0.0001247518
Iteration 342
Valor de x igual a -4.994009416344956 - j: 0.0001222568
Iteration 343
Valor de x igual a -4.994129228018057 - j: 0.0001198117
Iteration 344
Valor de x igual a -4.9942466434576955 - j: 0.0001174154
Iteration 345
Valor de x igual a -4.994361710588541 - j: 0.0001150671
Iteration 346
Valor de x igual a -4.99447447637677 - j: 0.0001127658
Iteration 347
Valor de x igual a -4.994584986849235 - j: 0.0001105105
Iteration 348
Valor de x igual a -4.99469328711225 - j: 0.0001083003
Iteration 349
Valor de x igual a -4.994799421370005 - j: 0.0001061343
Iteration 350
Valor de x igual a -4.994903432942605 - j: 0.0001040116
Iteration 351
Valor de x igual a -4.995005364283753 - j: 0.0001019313
Iteration 352
Valor de x igual a -4.9951052569980785 - j: 0.0000998927
Iteration 353
Valor de x igual a -4.995203151858117 - j: 0.0000978949
Iteration 354
Valor de x igual a -4.995299088820955 - j: 0.0000959370
Iteration 355
Valor de x igual a -4.995393107044536 - j: 0.0000940182
Iteration 356
Valor de x igual a -4.995485244903645 - j: 0.0000921379
Iteration 357
Valor de x igual a -4.995575540005572 - j: 0.0000902951
Iteration 358
Valor de x igual a -4.995664029205461 - j: 0.0000884892
Iteration 359
Valor de x igual a -4.995750748621352 - j: 0.0000867194
Iteration 360
Valor de x igual a -4.995835733648924 - j: 0.0000849850
Iteration 361
Valor de x igual a -4.995919018975946 - j: 0.0000832853
Iteration 362
Valor de x igual a -4.996000638596427 - j: 0.0000816196
Iteration 363
Valor de x igual a -4.996080625824498 - j: 0.0000799872
Iteration 364
Valor de x igual a -4.9961590133080085 - j: 0.0000783875
Iteration 365
Valor de x igual a -4.996235833041848 - j: 0.0000768197
Iteration 366
Valor de x igual a -4.996311116381011 - j: 0.0000752833

Iteration 367
Valor de x igual a -4.99638489405339 - j: 0.0000737777
Iteration 368
Valor de x igual a -4.996457196172322 - j: 0.0000723021
Iteration 369
Valor de x igual a -4.996528052248876 - j: 0.0000708561
Iteration 370
Valor de x igual a -4.996597491203898 - j: 0.0000694390
Iteration 371
Valor de x igual a -4.99666554137982 - j: 0.0000680502
Iteration 372
Valor de x igual a -4.996732230552224 - j: 0.0000666892
Iteration 373
Valor de x igual a -4.99679758594118 - j: 0.0000653554
Iteration 374
Valor de x igual a -4.996861634222356 - j: 0.0000640483
Iteration 375
Valor de x igual a -4.9969244015379095 - j: 0.0000627673
Iteration 376
Valor de x igual a -4.996985913507151 - j: 0.0000615120
Iteration 377
Valor de x igual a -4.997046195237008 - j: 0.0000602817
Iteration 378
Valor de x igual a -4.997105271332268 - j: 0.0000590761
Iteration 379
Valor de x igual a -4.997163165905623 - j: 0.0000578946
Iteration 380
Valor de x igual a -4.997219902587511 - j: 0.0000567367
Iteration 381
Valor de x igual a -4.997275504535761 - j: 0.0000556019
Iteration 382
Valor de x igual a -4.997329994445046 - j: 0.0000544899
Iteration 383
Valor de x igual a -4.997383394556145 - j: 0.0000534001
Iteration 384
Valor de x igual a -4.997435726665023 - j: 0.0000523321
Iteration 385
Valor de x igual a -4.997487012131722 - j: 0.0000512855
Iteration 386
Valor de x igual a -4.997537271889088 - j: 0.0000502598
Iteration 387
Valor de x igual a -4.997586526451306 - j: 0.0000492546
Iteration 388
Valor de x igual a -4.99763479592228 - j: 0.0000482695
Iteration 389
Valor de x igual a -4.997682100003834 - j: 0.0000473041
Iteration 390
Valor de x igual a -4.997728458003757 - j: 0.0000463580
Iteration 391
Valor de x igual a -4.997773888843682 - j: 0.0000454308
Iteration 392
Valor de x igual a -4.997818411066808 - j: 0.0000445222
Iteration 393
Valor de x igual a -4.997862042845472 - j: 0.0000436318
Iteration 394
Valor de x igual a -4.997904801988562 - j: 0.0000427591
Iteration 395
Valor de x igual a -4.997946705948791 - j: 0.0000419040
Iteration 396
Valor de x igual a -4.997987771829815 - j: 0.0000410659
Iteration 397

Valor de x igual a -4.998028016393219 - j: 0.0000402446
Iteration 398
Valor de x igual a -4.998067456065354 - j: 0.0000394397
Iteration 399
Valor de x igual a -4.998106106944047 - j: 0.0000386509
Iteration 400
Valor de x igual a -4.998143984805166 - j: 0.0000378779
Iteration 401
Valor de x igual a -4.9981811051090625 - j: 0.0000371203
Iteration 402
Valor de x igual a -4.998217483006881 - j: 0.0000363779
Iteration 403
Valor de x igual a -4.9982531333467435 - j: 0.0000356503
Iteration 404
Valor de x igual a -4.998288070679808 - j: 0.0000349373
Iteration 405
Valor de x igual a -4.998322309266213 - j: 0.0000342386
Iteration 406
Valor de x igual a -4.998355863080889 - j: 0.0000335538
Iteration 407
Valor de x igual a -4.998388745819271 - j: 0.0000328827
Iteration 408
Valor de x igual a -4.9984209709028855 - j: 0.0000322251
Iteration 409
Valor de x igual a -4.998452551484828 - j: 0.0000315806
Iteration 410
Valor de x igual a -4.998483500455132 - j: 0.0000309490
Iteration 411
Valor de x igual a -4.998513830446029 - j: 0.0000303300
Iteration 412
Valor de x igual a -4.998543553837108 - j: 0.0000297234
Iteration 413
Valor de x igual a -4.998572682760366 - j: 0.0000291289
Iteration 414
Valor de x igual a -4.998601229105159 - j: 0.0000285463
Iteration 415
Valor de x igual a -4.998629204523056 - j: 0.0000279754
Iteration 416
Valor de x igual a -4.998656620432595 - j: 0.0000274159
Iteration 417
Valor de x igual a -4.998683488023943 - j: 0.0000268676
Iteration 418
Valor de x igual a -4.998709818263464 - j: 0.0000263302
Iteration 419
Valor de x igual a -4.998735621898195 - j: 0.0000258036
Iteration 420
Valor de x igual a -4.998760909460231 - j: 0.0000252876
Iteration 421
Valor de x igual a -4.998785691271027 - j: 0.0000247818
Iteration 422
Valor de x igual a -4.998809977445607 - j: 0.0000242862
Iteration 423
Valor de x igual a -4.998833777896695 - j: 0.0000238005
Iteration 424
Valor de x igual a -4.998857102338761 - j: 0.0000233244
Iteration 425
Valor de x igual a -4.998879960291985 - j: 0.0000228580
Iteration 426
Valor de x igual a -4.998902361086145 - j: 0.0000224008
Iteration 427
Valor de x igual a -4.998924313864422 - j: 0.0000219528

```
Iteration 428
Valor de x igual a -4.998945827587134 - j: 0.0000215137
Iteration 429
Valor de x igual a -4.998966911035391 - j: 0.0000210834
Iteration 430
Valor de x igual a -4.998987572814683 - j: 0.0000206618
Iteration 431
Valor de x igual a -4.99900782135839 - j: 0.0000202485
Iteration 432
Valor de x igual a -4.999027664931222 - j: 0.0000198436
Iteration 433
Valor de x igual a -4.999047111632597 - j: 0.0000194467
Iteration 434
Valor de x igual a -4.999066169399946 - j: 0.0000190578
Iteration 435
Valor de x igual a -4.999084846011947 - j: 0.0000186766
Iteration 436
Valor de x igual a -4.999103149091708 - j: 0.0000183031
Iteration 437
Valor de x igual a -4.999121086109874 - j: 0.0000179370
Iteration 438
Valor de x igual a -4.999138664387676 - j: 0.0000175783
Iteration 439
Valor de x igual a -4.999155891099923 - j: 0.0000172267
Iteration 440
Valor de x igual a -4.999172773277924 - j: 0.0000168822
Iteration 441
Valor de x igual a -4.999189317812365 - j: 0.0000165445
Iteration 442
Valor de x igual a -4.999205531456118 - j: 0.0000162136
Iteration 443
Valor de x igual a -4.999221420826996 - j: 0.0000158894
Iteration 444
Valor de x igual a -4.999236992410456 - j: 0.0000155716
Iteration 445
Valor de x igual a -4.999252252562247 - j: 0.0000152602
Iteration 446
Valor de x igual a -4.999267207511002 - j: 0.0000149549
Iteration 447
Valor de x igual a -4.999281863360782 - j: 0.0000146558
Iteration 448
Valor de x igual a -4.999296226093566 - j: 0.0000143627
Iteration 449
Valor de x igual a -4.999310301571695 - j: 0.0000140755
Iteration 450
Valor de x igual a -4.999324095540262 - j: 0.0000137940
Iteration 451
Valor de x igual a -4.999337613629456 - j: 0.0000135181
Iteration 452
Valor de x igual a -4.999350861356867 - j: 0.0000132477
Iteration 453
Valor de x igual a -4.99936384412973 - j: 0.0000129828
Iteration 454
Valor de x igual a -4.999376567247135 - j: 0.0000127231
Iteration 455
Valor de x igual a -4.999389035902192 - j: 0.0000124687
Iteration 456
Valor de x igual a -4.999401255184148 - j: 0.0000122193
Iteration 457
Valor de x igual a -4.9994132300804655 - j: 0.0000119749
Iteration 458
```

Valor de x igual a -4.999424965478856 - j: 0.0000117354
Iteration 459
Valor de x igual a -4.999436466169279 - j: 0.0000115007
Iteration 460
Valor de x igual a -4.999447736845894 - j: 0.0000112707
Iteration 461
Valor de x igual a -4.9994587821089755 - j: 0.0000110453
Iteration 462
Valor de x igual a -4.999469606466796 - j: 0.0000108244
Iteration 463
Valor de x igual a -4.99948021433746 - j: 0.0000106079
Iteration 464
Valor de x igual a -4.999490610050711 - j: 0.0000103957
Iteration 465
Valor de x igual a -4.999500797849697 - j: 0.0000101878
Iteration 466
Valor de x igual a -4.9995107818927025 - j: 0.0000099840
Iteration 467
Valor de x igual a -4.999520566254849 - j: 0.0000097844
Iteration 468
Valor de x igual a -4.999530154929752 - j: 0.0000095887
Iteration 469
Valor de x igual a -4.999539551831156 - j: 0.0000093969
Iteration 470
Valor de x igual a -4.999548760794533 - j: 0.0000092090
Iteration 471
Valor de x igual a -4.999557785578642 - j: 0.0000090248
Iteration 472
Valor de x igual a -4.999566629867069 - j: 0.0000088443
Iteration 473
Valor de x igual a -4.999575297269728 - j: 0.0000086674
Iteration 474
Valor de x igual a -4.9995837913243335 - j: 0.0000084941
Iteration 475
Valor de x igual a -4.999592115497847 - j: 0.0000083242
Iteration 476
Valor de x igual a -4.99960027318789 - j: 0.0000081577
Iteration 477
Valor de x igual a -4.999608267724132 - j: 0.0000079945
Iteration 478
Valor de x igual a -4.999616102369649 - j: 0.0000078346
Iteration 479
Valor de x igual a -4.999623780322256 - j: 0.0000076780
Iteration 480
Valor de x igual a -4.999631304715811 - j: 0.0000075244
Iteration 481
Valor de x igual a -4.999638678621494 - j: 0.0000073739
Iteration 482
Valor de x igual a -4.999645905049064 - j: 0.0000072264
Iteration 483
Valor de x igual a -4.999652986948083 - j: 0.0000070819
Iteration 484
Valor de x igual a -4.999659927209121 - j: 0.0000069403
Iteration 485
Valor de x igual a -4.9996667286649386 - j: 0.0000068015
Iteration 486
Valor de x igual a -4.99967339409164 - j: 0.0000066654
Iteration 487
Valor de x igual a -4.999679926209807 - j: 0.0000065321
Iteration 488
Valor de x igual a -4.999686327685611 - j: 0.0000064015

Iteration 489
Valor de x igual a -4.9996926011318985 - j: 0.0000062734
Iteration 490
Valor de x igual a -4.99969874910926 - j: 0.0000061480
Iteration 491
Valor de x igual a -4.999704774127075 - j: 0.0000060250
Iteration 492
Valor de x igual a -4.999710678644533 - j: 0.0000059045
Iteration 493
Valor de x igual a -4.999716465071642 - j: 0.0000057864
Iteration 494
Valor de x igual a -4.9997221357702095 - j: 0.0000056707
Iteration 495
Valor de x igual a -4.999727693054806 - j: 0.0000055573
Iteration 496
Valor de x igual a -4.99973313919371 - j: 0.0000054461
Iteration 497
Valor de x igual a -4.999738476409836 - j: 0.0000053372
Iteration 498
Valor de x igual a -4.999743706881639 - j: 0.0000052305
Iteration 499
Valor de x igual a -4.9997488327440065 - j: 0.0000051259
Iteration 500
Valor de x igual a -4.999753856089127 - j: 0.0000050233
Iteration 501
Valor de x igual a -4.999758778967344 - j: 0.0000049229
Iteration 502
Valor de x igual a -4.999763603387997 - j: 0.0000048244
Iteration 503
Valor de x igual a -4.9997683313202375 - j: 0.0000047279
Iteration 504
Valor de x igual a -4.9997729646938325 - j: 0.0000046334
Iteration 505
Valor de x igual a -4.999777505399956 - j: 0.0000045407
Iteration 506
Valor de x igual a -4.999781955291956 - j: 0.0000044499
Iteration 507
Valor de x igual a -4.999786316186117 - j: 0.0000043609
Iteration 508
Valor de x igual a -4.999790589862394 - j: 0.0000042737
Iteration 509
Valor de x igual a -4.999794778065146 - j: 0.0000041882
Iteration 510
Valor de x igual a -4.9997988825038435 - j: 0.0000041044
Iteration 511
Valor de x igual a -4.999802904853767 - j: 0.0000040223
Iteration 512
Valor de x igual a -4.999806846756692 - j: 0.0000039419
Iteration 513
Valor de x igual a -4.999810709821558 - j: 0.0000038631
Iteration 514
Valor de x igual a -4.9998144956251265 - j: 0.0000037858
Iteration 515
Valor de x igual a -4.999818205712624 - j: 0.0000037101
Iteration 516
Valor de x igual a -4.999821841598371 - j: 0.0000036359
Iteration 517
Valor de x igual a -4.999825404766404 - j: 0.0000035632
Iteration 518
Valor de x igual a -4.999828896671076 - j: 0.0000034919
Iteration 519

Valor de x igual a -4.9998323187376545 - j: 0.0000034221
Iteration 520
Valor de x igual a -4.999835672362901 - j: 0.0000033536
Iteration 521
Valor de x igual a -4.999838958915643 - j: 0.0000032866
Iteration 522
Valor de x igual a -4.99984217973733 - j: 0.0000032208
Iteration 523
Valor de x igual a -4.999845336142584 - j: 0.0000031564
Iteration 524
Valor de x igual a -4.999848429419732 - j: 0.0000030933
Iteration 525
Valor de x igual a -4.999851460831337 - j: 0.0000030314
Iteration 526
Valor de x igual a -4.99985443161471 - j: 0.0000029708
Iteration 527
Valor de x igual a -4.999857342982416 - j: 0.0000029114
Iteration 528
Valor de x igual a -4.999860196122768 - j: 0.0000028531
Iteration 529
Valor de x igual a -4.999862992200312 - j: 0.0000027961
Iteration 530
Valor de x igual a -4.999865732356306 - j: 0.0000027402
Iteration 531
Valor de x igual a -4.99986841770918 - j: 0.0000026854
Iteration 532
Valor de x igual a -4.999871049354997 - j: 0.0000026316
Iteration 533
Valor de x igual a -4.999873628367897 - j: 0.0000025790
Iteration 534
Valor de x igual a -4.999876155800539 - j: 0.0000025274
Iteration 535
Valor de x igual a -4.999878632684529 - j: 0.0000024769
Iteration 536
Valor de x igual a -4.999881060030838 - j: 0.0000024273
Iteration 537
Valor de x igual a -4.999883438830222 - j: 0.0000023788
Iteration 538
Valor de x igual a -4.999885770053617 - j: 0.0000023312
Iteration 539
Valor de x igual a -4.999888054652545 - j: 0.0000022846
Iteration 540
Valor de x igual a -4.999890293559494 - j: 0.0000022389
Iteration 541
Valor de x igual a -4.999892487688304 - j: 0.0000021941
Iteration 542
Valor de x igual a -4.9998946379345375 - j: 0.0000021502
Iteration 543
Valor de x igual a -4.999896745175847 - j: 0.0000021072
Iteration 544
Valor de x igual a -4.99989881027233 - j: 0.0000020651
Iteration 545
Valor de x igual a -4.999900834066883 - j: 0.0000020238
Iteration 546
Valor de x igual a -4.9999028173855455 - j: 0.0000019833
Iteration 547
Valor de x igual a -4.999904761037834 - j: 0.0000019437
Iteration 548
Valor de x igual a -4.999906665817078 - j: 0.0000019048
Iteration 549
Valor de x igual a -4.999908532500736 - j: 0.0000018667

```
Iteration 550
Valor de x igual a -4.999910361850722 - j: 0.0000018293
Iteration 551
Valor de x igual a -4.999912154613707 - j: 0.0000017928
Iteration 552
Valor de x igual a -4.999913911521433 - j: 0.0000017569
Iteration 553
Valor de x igual a -4.999915633291004 - j: 0.0000017218
Iteration 554
Valor de x igual a -4.999917320625184 - j: 0.0000016873
Iteration 555
Valor de x igual a -4.99991897421268 - j: 0.0000016536
Iteration 556
Valor de x igual a -4.999920594728427 - j: 0.0000016205
Iteration 557
Valor de x igual a -4.999922182833858 - j: 0.0000015881
Iteration 558
Valor de x igual a -4.999923739177181 - j: 0.0000015563
Iteration 559
Valor de x igual a -4.999925264393637 - j: 0.0000015252
Iteration 560
Valor de x igual a -4.999926759105764 - j: 0.0000014947
Iteration 561
Valor de x igual a -4.999928223923649 - j: 0.0000014648
Iteration 562
Valor de x igual a -4.9999296594451765 - j: 0.0000014355
Iteration 563
Valor de x igual a -4.999931066256273 - j: 0.0000014068
Iteration 564
Valor de x igual a -4.999932444931147 - j: 0.0000013787
Iteration 565
Valor de x igual a -4.999933796032525 - j: 0.0000013511
Iteration 566
Valor de x igual a -4.999935120111874 - j: 0.0000013241
Iteration 567
Valor de x igual a -4.999936417709637 - j: 0.0000012976
Iteration 568
Valor de x igual a -4.999937689355444 - j: 0.0000012716
Iteration 569
Valor de x igual a -4.999938935568335 - j: 0.0000012462
Iteration 570
Valor de x igual a -4.999940156856968 - j: 0.0000012213
Iteration 571
Valor de x igual a -4.999941353719828 - j: 0.0000011969
Iteration 572
Valor de x igual a -4.999942526645432 - j: 0.0000011729
Iteration 573
Valor de x igual a -4.999943676112523 - j: 0.0000011495
Iteration 574
Valor de x igual a -4.999944802590273 - j: 0.0000011265
Iteration 575
Valor de x igual a -4.999945906538467 - j: 0.0000011039
Iteration 576
Valor de x igual a -4.9999469884076975 - j: 0.0000010819
Iteration 577
Valor de x igual a -4.999948048639544 - j: 0.0000010602
Iteration 578
Valor de x igual a -4.999949087666753 - j: 0.0000010390
Iteration 579
Valor de x igual a -4.999950105913418 - j: 0.0000010182
Iteration 580
```


Valor de x igual a -4.99995110379515 - j: 0.0000009979
Iteration 581
Valor de x igual a -4.999952081719247 - j: 0.0000009779
Iteration 582
Valor de x igual a -4.999953040084862 - j: 0.0000009584
Iteration 583
Valor de x igual a -4.999953979283165 - j: 0.0000009392
Iteration 584
Valor de x igual a -4.999954899697502 - j: 0.0000009204
Iteration 585
Valor de x igual a -4.999955801703552 - j: 0.0000009020
Iteration 586
Valor de x igual a -4.999956685669481 - j: 0.0000008840
Iteration 587
Valor de x igual a -4.999957551956092 - j: 0.0000008663
Iteration 588
Valor de x igual a -4.99995840091697 - j: 0.0000008490
Iteration 589
Valor de x igual a -4.999959232898631 - j: 0.0000008320
Iteration 590
Valor de x igual a -4.999960048240658 - j: 0.0000008153
Iteration 591
Valor de x igual a -4.999960847275845 - j: 0.0000007990
Iteration 592
Valor de x igual a -4.999961630330328 - j: 0.0000007831
Iteration 593
Valor de x igual a -4.9999623977237215 - j: 0.0000007674
Iteration 594
Valor de x igual a -4.999963149769247 - j: 0.0000007520
Iteration 595
Valor de x igual a -4.999963886773862 - j: 0.0000007370
Iteration 596
Valor de x igual a -4.9999646090383845 - j: 0.0000007223
Iteration 597
Valor de x igual a -4.999965316857617 - j: 0.0000007078
Iteration 598
Valor de x igual a -4.999966010520465 - j: 0.0000006937
Iteration 599
Valor de x igual a -4.999966690310056 - j: 0.0000006798
Iteration 600
Valor de x igual a -4.999967356503855 - j: 0.0000006662
Iteration 601
Valor de x igual a -4.999968009373777 - j: 0.0000006529
Iteration 602
Valor de x igual a -4.999968649186302 - j: 0.0000006398
Iteration 603
Valor de x igual a -4.999969276202576 - j: 0.0000006270
Iteration 604
Valor de x igual a -4.999969890678524 - j: 0.0000006145
Iteration 605
Valor de x igual a -4.9999704928649535 - j: 0.0000006022
Iteration 606
Valor de x igual a -4.9999710830076545 - j: 0.0000005901
Iteration 607
Valor de x igual a -4.999971661347502 - j: 0.0000005783
Iteration 608
Valor de x igual a -4.999972228120551 - j: 0.0000005668
Iteration 609
Valor de x igual a -4.999972783558141 - j: 0.0000005554
Iteration 610
Valor de x igual a -4.999973327886978 - j: 0.0000005443

```
Iteration 611
Valor de x igual a -4.999973861329238 - j: 0.0000005334
Iteration 612
Valor de x igual a -4.999974384102654 - j: 0.0000005228
Iteration 613
Valor de x igual a -4.999974896420601 - j: 0.0000005123
Iteration 614
Valor de x igual a -4.999975398492189 - j: 0.0000005021
Iteration 615
Valor de x igual a -4.999975890522345 - j: 0.0000004920
Iteration 616
Valor de x igual a -4.999976372711898 - j: 0.0000004822
Iteration 617
Valor de x igual a -4.99997684525766 - j: 0.0000004725
Iteration 618
Valor de x igual a -4.9999773083525065 - j: 0.0000004631
Iteration 619
Valor de x igual a -4.999977762185456 - j: 0.0000004538
Iteration 620
Valor de x igual a -4.999978206941747 - j: 0.0000004448
Iteration 621
Valor de x igual a -4.999978642802912 - j: 0.0000004359
Iteration 622
Valor de x igual a -4.999979069946853 - j: 0.0000004271
Iteration 623
Valor de x igual a -4.9999794885479165 - j: 0.0000004186
Iteration 624
Valor de x igual a -4.999979898776958 - j: 0.0000004102
Iteration 625
Valor de x igual a -4.999980300801419 - j: 0.0000004020
Iteration 626
Valor de x igual a -4.999980694785391 - j: 0.0000003940
Iteration 627
Valor de x igual a -4.999981080889683 - j: 0.0000003861
Iteration 628
Valor de x igual a -4.99998145927189 - j: 0.0000003784
Iteration 629
Valor de x igual a -4.999981830086452 - j: 0.0000003708
Iteration 630
Valor de x igual a -4.999982193484723 - j: 0.0000003634
Iteration 631
Valor de x igual a -4.999982549615028 - j: 0.0000003561
Iteration 632
Valor de x igual a -4.9999828986227275 - j: 0.0000003490
Iteration 633
Valor de x igual a -4.999983240650273 - j: 0.0000003420
Iteration 634
Valor de x igual a -4.999983575837268 - j: 0.0000003352
Iteration 635
Valor de x igual a -4.999983904320523 - j: 0.0000003285
Iteration 636
Valor de x igual a -4.999984226234112 - j: 0.0000003219
Iteration 637
Valor de x igual a -4.99998454170943 - j: 0.0000003155
Iteration 638
Valor de x igual a -4.999984850875241 - j: 0.0000003092
Iteration 639
Valor de x igual a -4.999985153857736 - j: 0.0000003030
Iteration 640
Valor de x igual a -4.999985450780581 - j: 0.0000002969
Iteration 641
```

Valor de x igual a -4.99998574176497 - j: 0.0000002910
Iteration 642
Valor de x igual a -4.999986026929671 - j: 0.0000002852
Iteration 643
Valor de x igual a -4.999986306391078 - j: 0.0000002795
Iteration 644
Valor de x igual a -4.999986580263256 - j: 0.0000002739
Iteration 645
Valor de x igual a -4.999986848657991 - j: 0.0000002684
Iteration 646
Valor de x igual a -4.999987111684831 - j: 0.0000002630
Iteration 647
Valor de x igual a -4.9999873694511345 - j: 0.0000002578
Iteration 648
Valor de x igual a -4.999987622062112 - j: 0.0000002526
Iteration 649
Valor de x igual a -4.9999878696208695 - j: 0.0000002476
Iteration 650
Valor de x igual a -4.999988112228452 - j: 0.0000002426
Iteration 651
Valor de x igual a -4.999988349983884 - j: 0.0000002378
Iteration 652
Valor de x igual a -4.999988582984206 - j: 0.0000002330
Iteration 653
Valor de x igual a -4.999988811324521 - j: 0.0000002283
Iteration 654
Valor de x igual a -4.999989035098031 - j: 0.0000002238
Iteration 655
Valor de x igual a -4.999989254396071 - j: 0.0000002193
Iteration 656
Valor de x igual a -4.999989469308149 - j: 0.0000002149
Iteration 657
Valor de x igual a -4.999989679921986 - j: 0.0000002106
Iteration 658
Valor de x igual a -4.9999898863235455 - j: 0.0000002064
Iteration 659
Valor de x igual a -4.999990088597075 - j: 0.0000002023
Iteration 660
Valor de x igual a -4.999990286825134 - j: 0.0000001982
Iteration 661
Valor de x igual a -4.9999904810886315 - j: 0.0000001943
Iteration 662
Valor de x igual a -4.9999906714668585 - j: 0.0000001904
Iteration 663
Valor de x igual a -4.999990858037521 - j: 0.0000001866
Iteration 664
Valor de x igual a -4.999991040876771 - j: 0.0000001828
Iteration 665
Valor de x igual a -4.999991220059235 - j: 0.0000001792
Iteration 666
Valor de x igual a -4.999991395658051 - j: 0.0000001756
Iteration 667
Valor de x igual a -4.99999156774489 - j: 0.0000001721
Iteration 668
Valor de x igual a -4.999991736389992 - j: 0.0000001686
Iteration 669
Valor de x igual a -4.9999919016621925 - j: 0.0000001653
Iteration 670
Valor de x igual a -4.999992063628949 - j: 0.0000001620
Iteration 671
Valor de x igual a -4.99999222235637 - j: 0.0000001587

```
Iteration 672
Valor de x igual a -4.999992377909243 - j: 0.0000001556
Iteration 673
Valor de x igual a -4.999992530351058 - j: 0.0000001524
Iteration 674
Valor de x igual a -4.999992679744037 - j: 0.0000001494
Iteration 675
Valor de x igual a -4.999992826149156 - j: 0.0000001464
Iteration 676
Valor de x igual a -4.999992969626173 - j: 0.0000001435
Iteration 677
Valor de x igual a -4.99999311023365 - j: 0.0000001406
Iteration 678
Valor de x igual a -4.999993248028977 - j: 0.0000001378
Iteration 679
Valor de x igual a -4.999993383068397 - j: 0.0000001350
Iteration 680
Valor de x igual a -4.999993515407029 - j: 0.0000001323
Iteration 681
Valor de x igual a -4.999993645098888 - j: 0.0000001297
Iteration 682
Valor de x igual a -4.99999377219691 - j: 0.0000001271
Iteration 683
Valor de x igual a -4.999993896752971 - j: 0.0000001246
Iteration 684
Valor de x igual a -4.999994018817912 - j: 0.0000001221
Iteration 685
Valor de x igual a -4.999994138441553 - j: 0.0000001196
Iteration 686
Valor de x igual a -4.999994255672722 - j: 0.0000001172
Iteration 687
Valor de x igual a -4.999994370559268 - j: 0.0000001149
Iteration 688
Valor de x igual a -4.9999944831480825 - j: 0.0000001126
Iteration 689
Valor de x igual a -4.999994593485121 - j: 0.0000001103
Iteration 690
Valor de x igual a -4.999994701615418 - j: 0.0000001081
Iteration 691
Valor de x igual a -4.99999480758311 - j: 0.0000001060
Iteration 692
Valor de x igual a -4.999994911431448 - j: 0.0000001038
Iteration 693
Valor de x igual a -4.999995013202819 - j: 0.0000001018
Iteration 694
Valor de x igual a -4.9999951129387625 - j: 0.0000000997
```

O mínimo local da função ocorre em: -4.9999951129387625

In [27]:

```
print("Iteration", iters, "\nValor de x igual a ", cur_x, '- j:', '{:.10f}'.format(previous_step_size))  
  
print("\n0 mínimo local da função ocorre em: ", cur_x)
```

Iteration 694

Valor de x igual a -4.9999951129387625 - j: 0.00000000997

0 mínimo local da função ocorre em: -4.9999951129387625

In [28]:

```
x = cur_x  
fx = (x + 5) ** 2  
print('%.20f' % fx)
```

0.00000000002388336754

In []: