

# analysis\_relatorio

April 13, 2020

## 1 Relatório - Sequência de Testes

**Autor:** Renan Santos Mendes

**Objetivo:** realizar teste nas reduções de dimensionalidade e comparar os resultados com o problema sendo resolvido no espaço de objetivos original em  $\mathbb{R}^8$ , além de comparar com a versão online O espaço de objetivos reduzido considerado nesses testes foi em  $\mathbb{R}^3$ . O algoritmo utilizado em todos os casos foi o MOEAD e o para calcular a similaridade entre as funções foi utilizado o  $\tau$  de Kendall.

**Metodologia:** - Foram utilizadas duas formulações para o problema no espaço de objetivos: - (1) usando agregação - (2) escolhendo um objetivo - A métrica utilizada para comparação foi o hipervolume - Para cada formulação o MOEAD foi executado 10 vezes com 30.000 avaliações de função objetivo - Inicialmente são apresentadas as formulações e as curvas de convergência média para cada formulação, em  $\mathbb{R}^3$  e depois em  $\mathbb{R}^8$  - Em seguida, é apresentada a curva de convergência para o MOEAD executado no espaço de objetivos original, ou seja, em  $\mathbb{R}^8$  - As convergências médias em  $\mathbb{R}^8$  para as formulações com agregação, escolha e para o MOEAD em  $\mathbb{R}^8$  são apresentadas - Logo após, é apresentado a curva de convergência em  $\mathbb{R}^8$  para o MOEAD-online - As convergências dos 4 algoritmos são plotadas - É aplicado o teste de aleatoriedade para comparar os Pareto encontrados após as 10 para cada algoritmo

**Observação:** Os testes foram divididos em duas partes: - Parte 1: Comparação dos algoritmos em  $\mathbb{R}^8$  - os resultados de cada algoritmo foram comparados no espaço de objetivos original - Parte 2: Comparação dos algoritmos em  $\mathbb{R}^3$  - os resultados de cada algoritmo foram comparados no espaço de objetivos reduzido

## 2 Import das bibliotecas e funções utilizadas

```
[1]: import os
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from pygmo import *
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
import methods as mt
%matplotlib inline
```

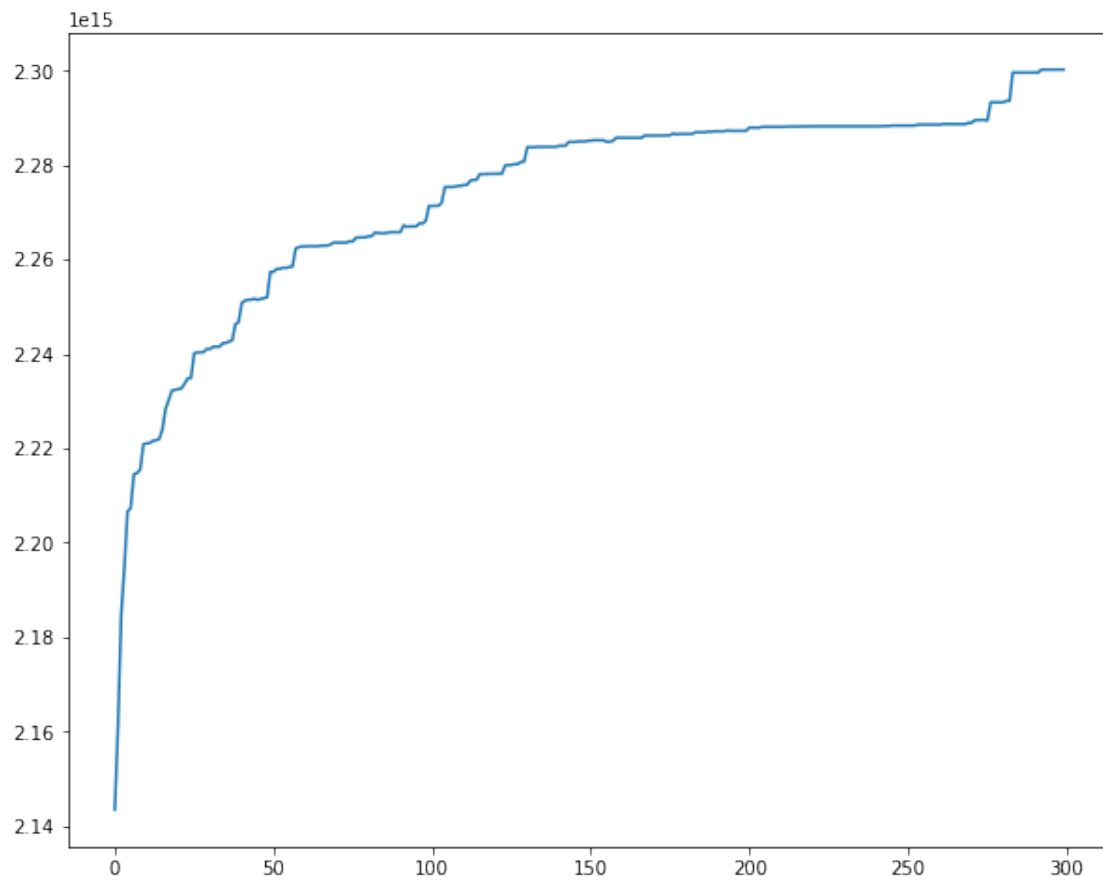
### 3 PARTE 1 - Comparação dos algoritmos em $\mathbb{R}^8$

#### 3.1 Convergência do HV em $\mathbb{R}^3$ para MOEAD com agregação de Funções Objetivo

- Formulação utilizada

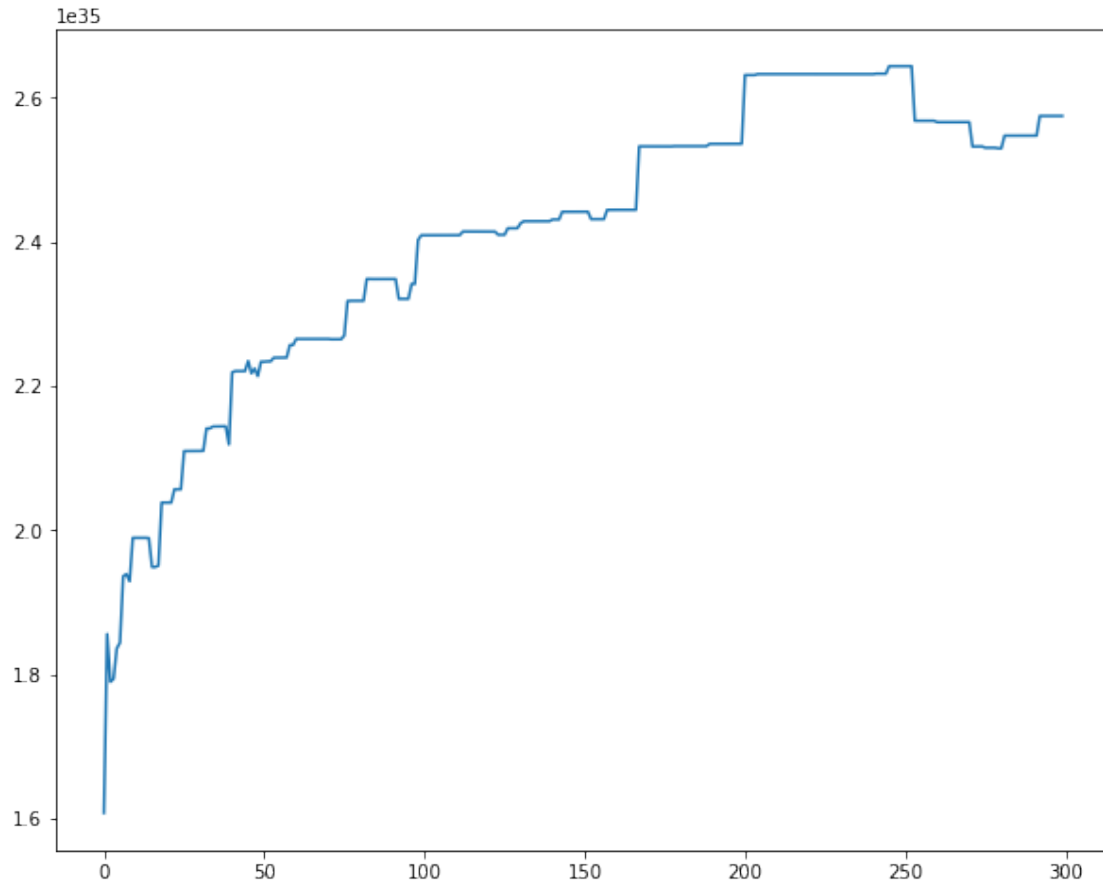
$$F_1 = f_1 + f_4 + f_7 + f_8 \quad F_2 = f_2 + f_5 \quad F_3 = f_3 + f_6$$

```
[2]: file = 'moead-reduced-pareto-execution-'  
    folder = 'MOEAD_R3_CA'  
    hv_moead_agr_R3, hv_moead_agr_R3_df = mt.plot_hypervolume_convergence(folder,   
    ↪file, 3)
```



### 3.2 Convergência do HV em $\mathbb{R}^8$ para MOEAD com agregação de Funções Objetivo

```
[3]: file = 'moead-original-pareto-execution-'  
    folder = 'MOEAD_R3_CA'  
    hv_moead_agr_R8, hv_moead_agr_R8_df = mt.plot_hypervolume_convergence(folder,   
    ↪file, 8)
```



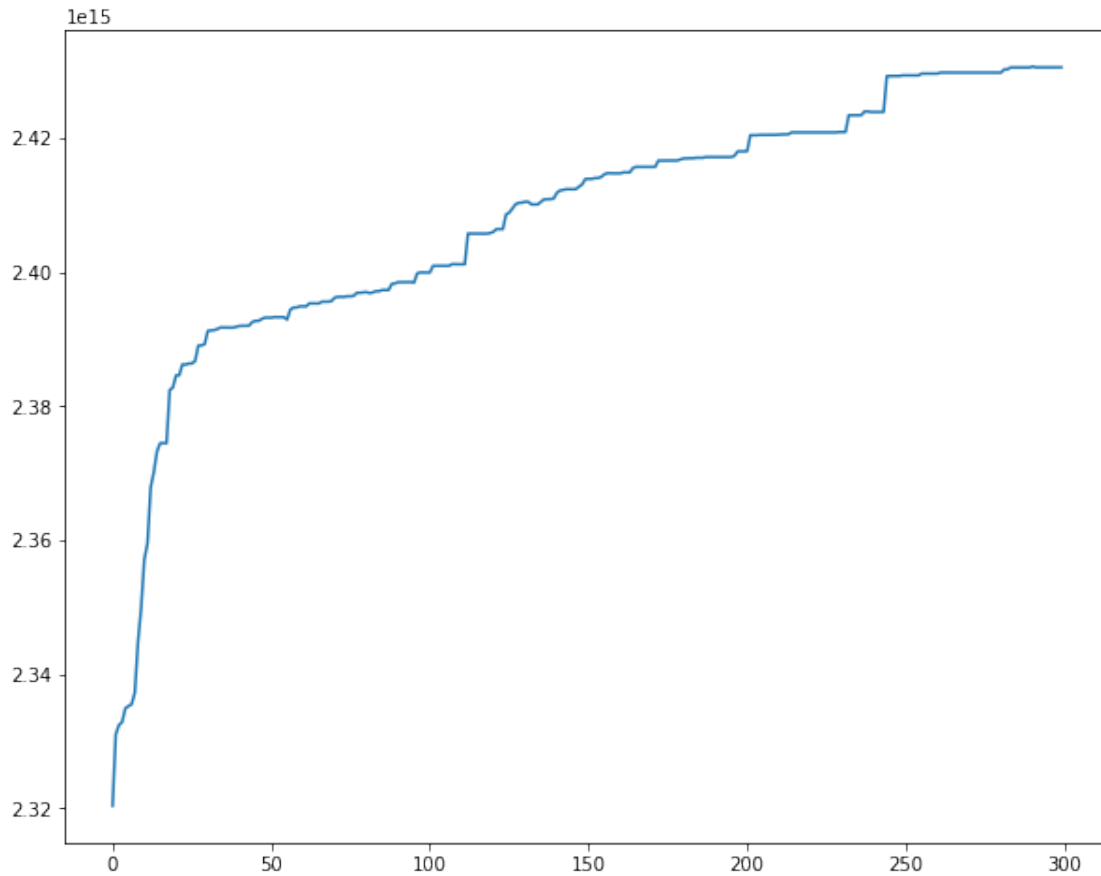
- Vale ressaltar que a atualização do arquivo externo é feita com base no espaço em  $\mathbb{R}^3$  o que pode causar o comportamento não monotônico da curva de convergência média do hipervolume

### 3.3 Convergência do HV em $\mathbb{R}^3$ para MOEAD com escolha de Funções Objetivo

- Formulação utilizada

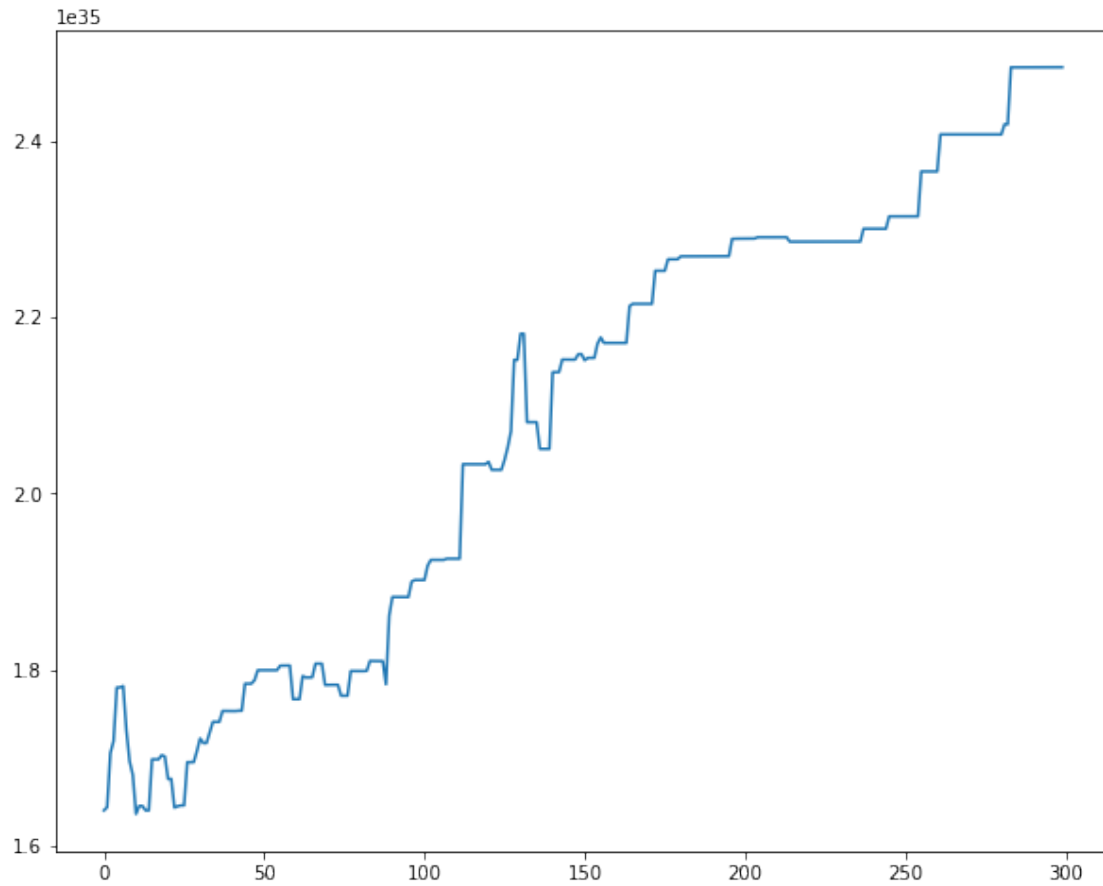
$$F_1 = f_1 F_2 = f_5 F_3 = f_3$$

```
[4]: file = 'moead-reduced-pareto-execution-'
      folder = 'MOEAD_R3_SA'
      hv_moead_esc_R3, hv_moead_esc_R3_df = mt.plot_hypervolume_convergence(folder,
      ↪file, 3)
```



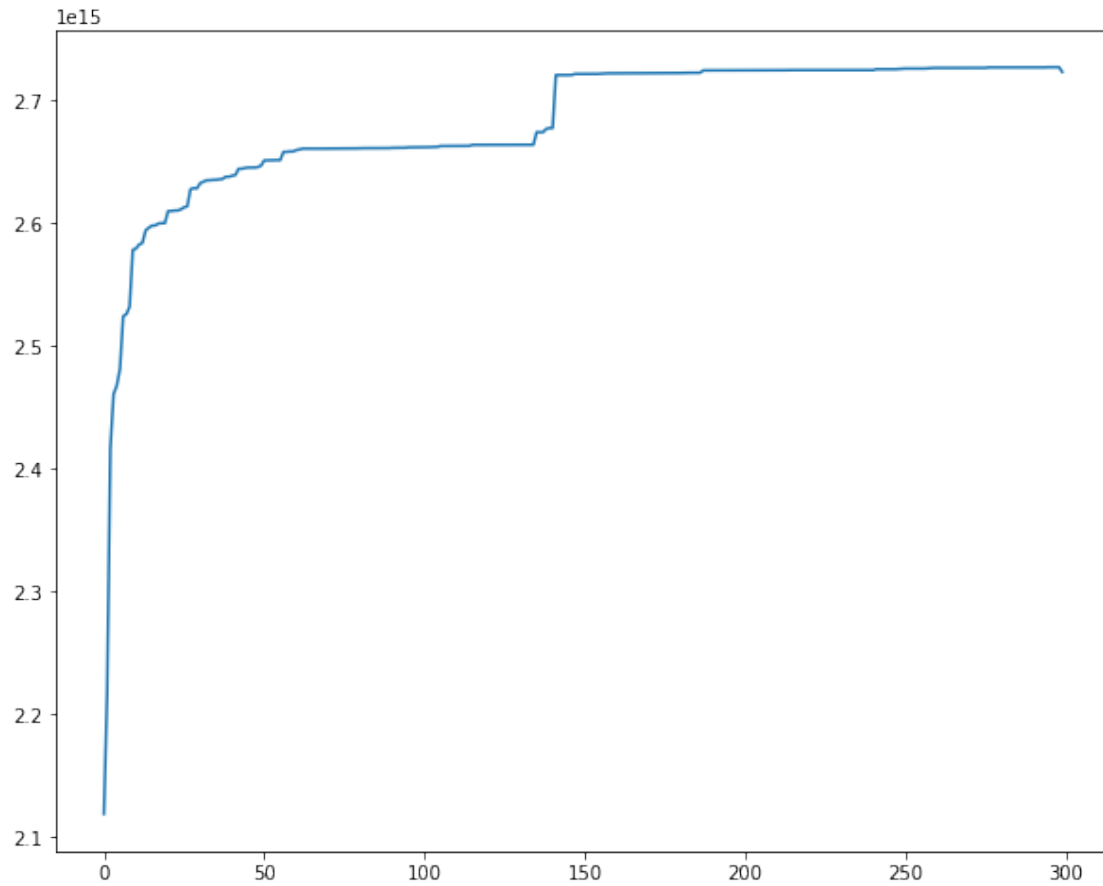
### 3.4 Convergência do HV em $\mathbb{R}^8$ para MOEAD com escolha de Funções Objetivo

```
[5]: file = 'moead-original-pareto-execution-'
      folder = 'MOEAD_R3_SA'
      hv_moead_esc_R8, hv_moead_esc_R8_df = mt.plot_hypervolume_convergence(folder,
      ↪file, 8)
```



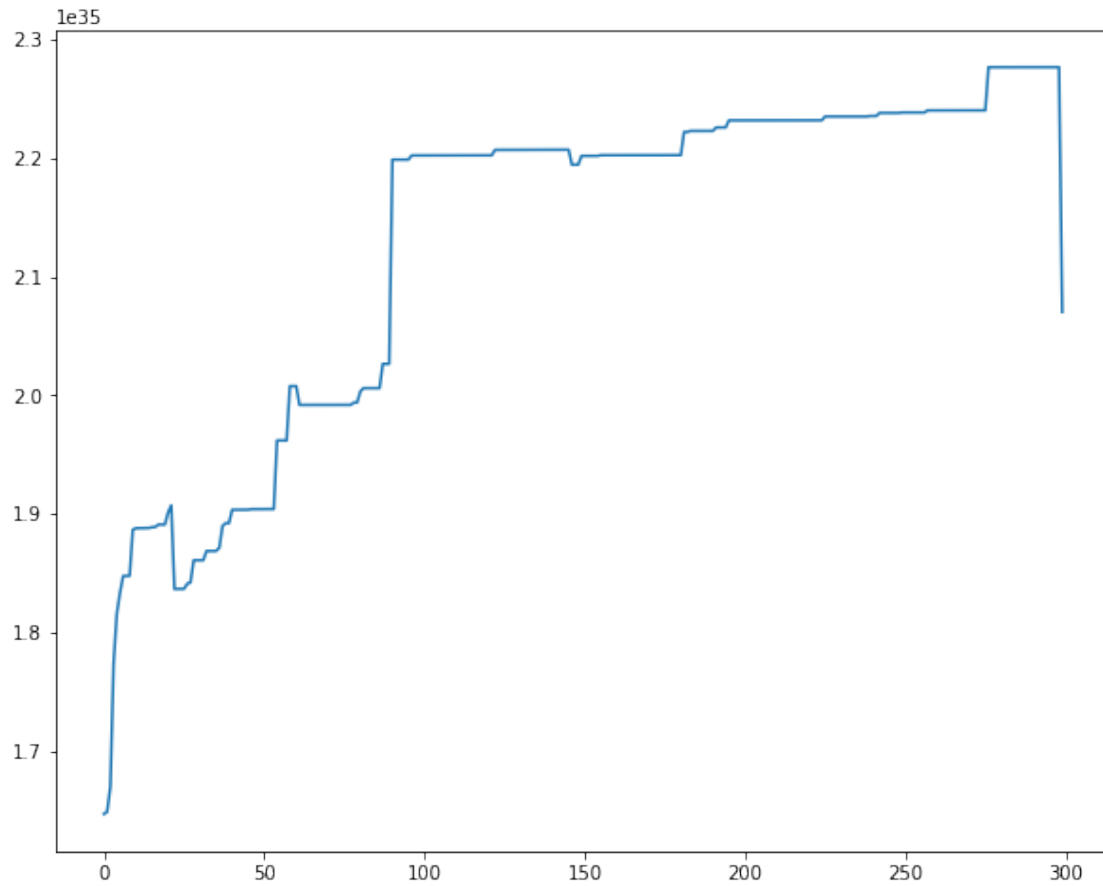
### 3.5 Convergência do HV em $\mathbb{R}^3$ para MOEAD-online

```
[6]: file = 'onmoead-reduced-pareto-execution-'
    folder = 'ONMOEAD'
    hv_moead_online_R3, hv_moead_online_R3_df = mt.
    ↪ plot_hypervolume_convergence(folder, file, 3)
```



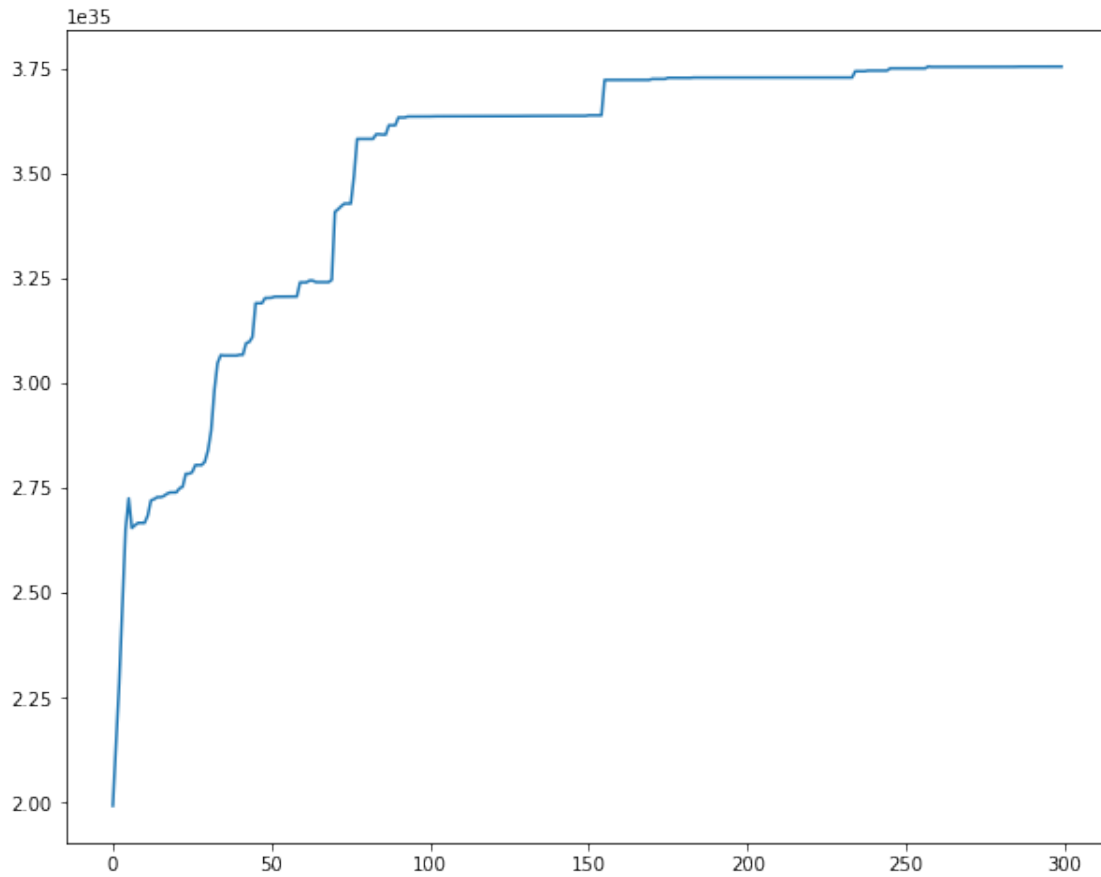
### 3.6 Convergência do HV em $\mathbb{R}^8$ para MOEAD-online

```
[7]: file = 'onmoead-original-pareto-execution-'  
     folder = 'ONMOEAD'  
     hv_moead_online_R8, hv_moead_online_R8_df = mt.  
         ↪ plot_hypervolume_convergence(folder, file, 8)
```



### 3.7 Convergência do HV em $\mathbb{R}^8$ para o MOEAD

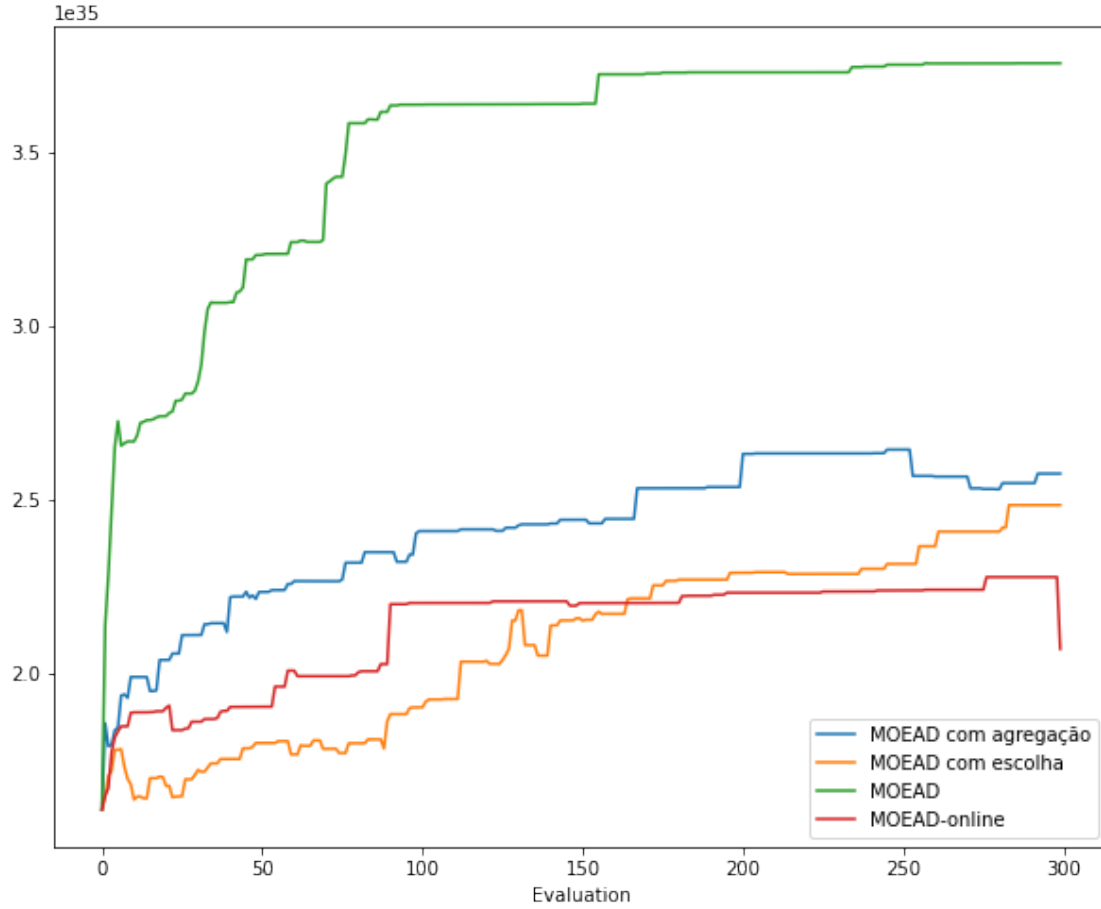
```
[8]: file = 'moead-reduced-pareto-execution-'
    folder = 'MOEAD_R8'
    hv_moead_R8, hv_moead_R8_df = mt.plot_hypervolume_convergence(folder, file, 8)
```



### 3.8 Convergências de HV em $\mathbb{R}^8$

```
[9]: hv_moead_agr_R8[0] = 1.6081469550308707e+35
hv_moead_esc_R8[0] = 1.6081469550308707e+35
hv_moead_R8[0] = 1.6081469550308707e+35
hv_moead_online_R8[0] = 1.6081469550308707e+35
plt.figure(figsize=(10,8))
plt.plot(hv_moead_agr_R8, label = "MOEAD com agregação")
plt.plot(hv_moead_esc_R8, label = "MOEAD com escolha")
plt.plot(hv_moead_R8, label = "MOEAD")
plt.plot(hv_moead_online_R8, label = "MOEAD-online")
plt.xlabel('Evaluation')
plt.legend()
plt.show()
```

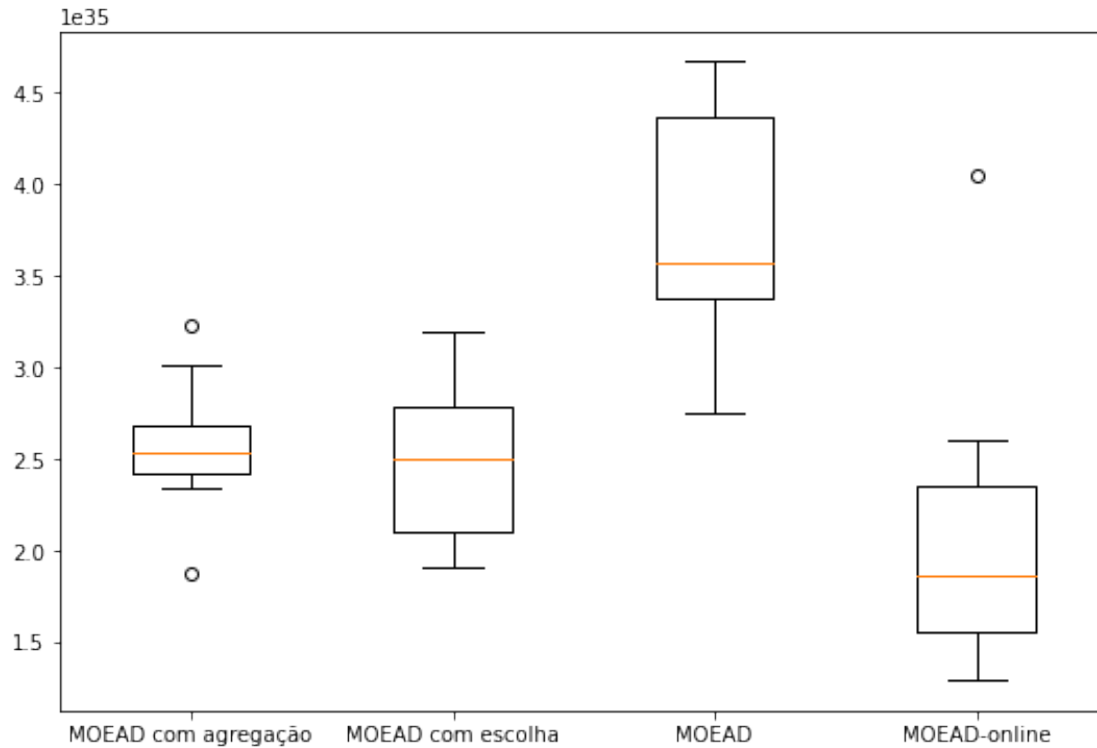




- Com base na curva de convergência média em  $\mathbb{R}^8$ , é possível ver que o MOEAD sendo executado no espaço de objetivos original apresenta melhor resultado (em termos de hipervolume)
- Abaixo segue os boxplots para o hipervolume em  $\mathbb{R}^8$  de cada algoritmos

### 3.9 Boxplots para o Hipervolume em $\mathbb{R}^8$

```
[10]: data_to_plot = [hv_moead_agr_R8_df.iloc[299:].values.tolist()[0],
                    hv_moead_esc_R8_df.iloc[299:].values.tolist()[0],
                    hv_moead_R8_df.iloc[299:].values.tolist()[0],
                    hv_moead_online_R8_df.iloc[299:].values.tolist()[0]]
plt.figure(figsize=(9, 6))
plt.boxplot(data_to_plot, labels=["MOEAD com agregação",
                                "MOEAD com escolha",
                                "MOEAD",
                                "MOEAD-online"])
plt.show()
```



### 3.10 Teste de Aleatoriedade

#### 3.10.1 MOEAD com agregação X MOEAD com escolha

```
[11]: mt.random_test(hv_moead_agr_R8_df.iloc[299:], hv_moead_esc_R8_df.iloc[299:], 10, False)
```

H0  
 Limiar = 4.756907063210936e+34  
 z = -0.4101383881715217  
 Mean Spread Diff -9.051621776625216e+33

#### 3.10.2 MOEAD com agregação X MOEAD

```
[12]: mt.random_test(hv_moead_agr_R8_df.iloc[299:], hv_moead_R8_df.iloc[299:], 10, False)
```

H1+  
 Limiar = 4.597703367804932e+34  
 z = 5.078182415395697  
 Mean Spread Diff 1.1804323241906264e+35

### 3.10.3 MOEAD com agregação X MOEAD-online

```
[13]: mt.random_test(hv_moead_agr_R8_df.iloc[299:], hv_moead_online_R8_df.iloc[299:],  
    ↪10, False)
```

H1-  
Limiar = 4.503733107737787e+34  
z = -2.143068907177845  
Mean Spread Diff -5.042758663663373e+34

### 3.10.4 MOEAD com escolha X MOEAD-online

```
[14]: mt.random_test(hv_moead_agr_R8_df.iloc[299:], hv_moead_online_R8_df.iloc[299:],  
    ↪10, False)
```

H1-  
Limiar = 4.690684875925344e+34  
z = -2.1880512675811903  
Mean Spread Diff -5.042758663663373e+34

### 3.10.5 MOEAD com escolha X MOEAD

```
[15]: mt.random_test(hv_moead_agr_R8_df.iloc[299:], hv_moead_R8_df.iloc[299:], 10,  
    ↪False)
```

H1+  
Limiar = 4.64397898768137e+34  
z = 4.9839975308807665  
Mean Spread Diff 1.1804323241906264e+35

### 3.10.6 MOEAD X MOEAD-online

```
[16]: mt.random_test(hv_moead_R8_df.iloc[299:], hv_moead_online_R8_df.iloc[299:], 10,  
    ↪False)
```

H1-  
Limiar = 8.946872239085765e+34  
z = -3.7291836665925846  
Mean Spread Diff -1.6847081905569637e+35

## 4 PARTE 2 - Comparação dos algoritmos em $\mathbb{R}^3$

- Nesta parte dos teste, os Paretos obtidos pelo MOEAD em  $\mathbb{R}^8$  para cada uma das execuções foram projetado em  $\mathbb{R}^3$  para as duas formulações (com agregação ou com escolha de funções

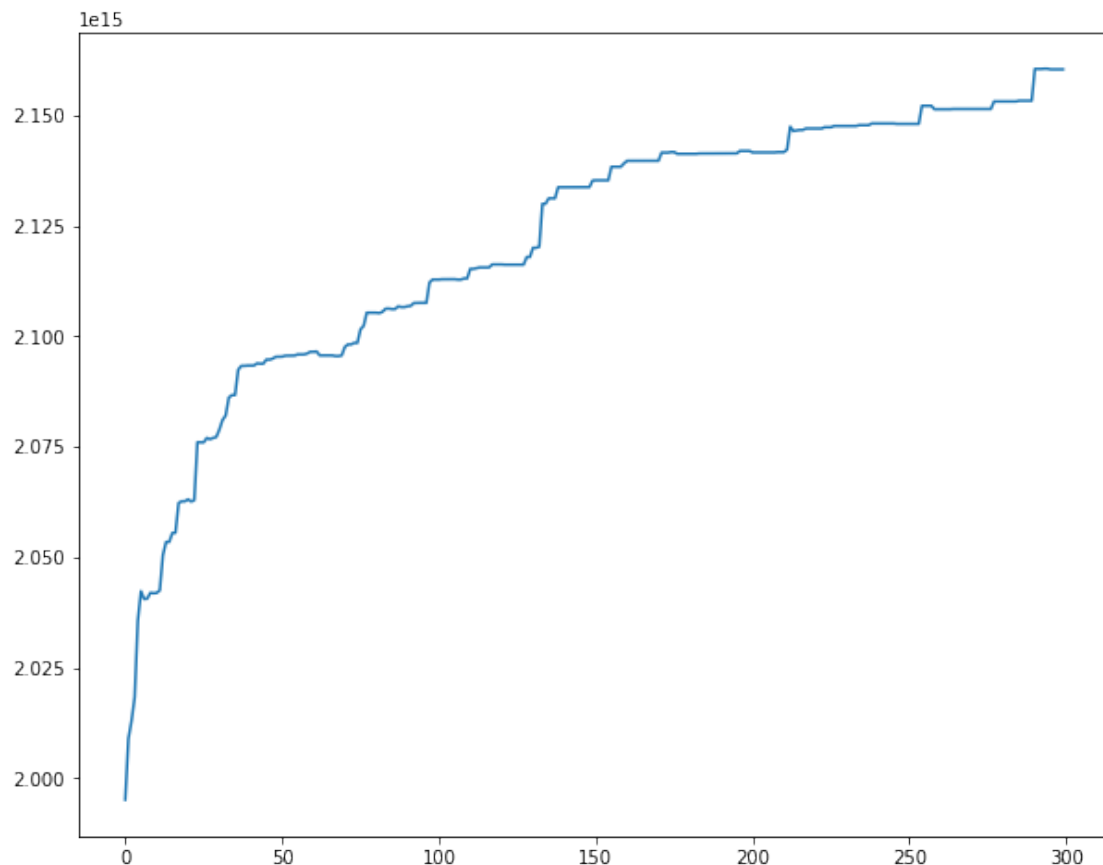
objetivo)

- Após a projeção dos Paretos do MOEAD, foi executado um algoritmo de dominância em  $\mathbb{R}^3$  para obter as soluções não dominadas
- Os resultados são apresentados a seguir

#### 4.1 Convergência do HV em $\mathbb{R}^3$ para MOEAD com agregação

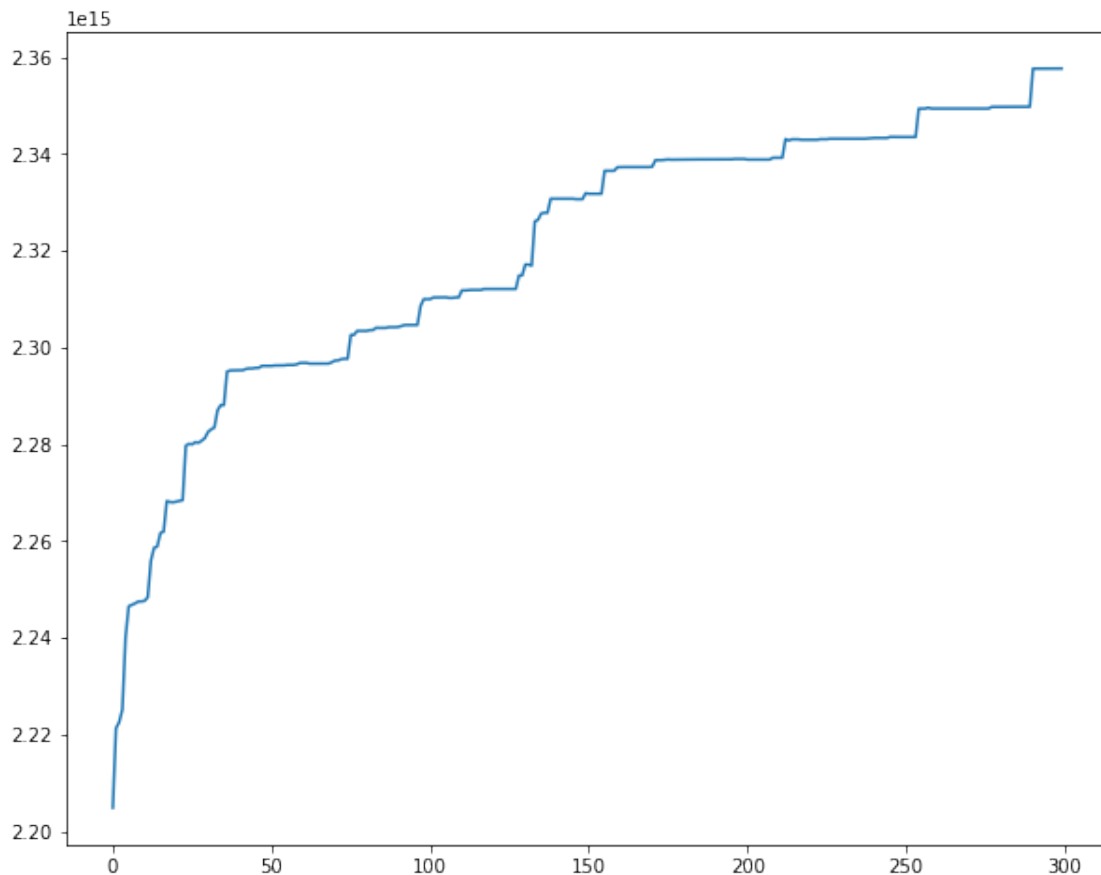
- **Observação:** Os mesmos conjuntos não dominados durante a execução do MOEAD também foram obtidos, de modo que pudesse ser obtido a convergência do MOEAD nos espaços de objetivos reduzido. Os dois próximos gráficos estão nesse notebook pelo fato que a função que calculava os hipervolumes já faz o plot da convergência média.

```
[17]: file = 'moead-reduced-pareto-execution-'  
      folder = 'MOEAD_R8'  
      hv_moead_agr_R8R3, hv_moead_agr_R8R3_df = mt.  
      ↪plot_hypervolume_convergence_reduced(folder, file, 2)
```



## 4.2 Convergência do HV em $\mathbb{R}^3$ para MOEAD com escolha

```
[18]: file = 'moead-reduced-pareto-execution-'  
      folder = 'MOEAD_R8'  
      hv_moead_esc_R8R3, hv_moead_esc_R8R3_df = mt.  
      ↪ plot_hypervolume_convergence_reduced(folder, file, 1)
```



## 4.3 Paretos combinados em $\mathbb{R}^3$

### 4.3.1 Leitura dos Paretos Combinados

```
[24]: combined_pareto_moead_agr_path = '/home/renansantos/Área de Trabalho/Doutorado' ↵  
      ↪ + \  
      ' /PhD_2019_01/PhD_2019_01/Results_2020/MOEAD/  
      ↪ MOEAD_R3_CA/'  
      combined_pareto_moead_esc_path = '/home/renansantos/Área de Trabalho/Doutorado' ↵  
      ↪ + \
```

```

                                '/PhD_2019_01/PhD_2019_01/Results_2020/MOEAD/
↪MOEAD_R3_SA/'
combined_pareto_moead_path = '/home/renansantos/Área de Trabalho/Doutorado' +\
                                '/PhD_2019_01/PhD_2019_01/Results_2020/MOEAD/
↪MOEAD_R8/'

combined_pareto_moead_agr = mt.
↪get_combined_pareto(combined_pareto_moead_agr_path)
combined_pareto_moead_esc = mt.
↪get_combined_pareto(combined_pareto_moead_esc_path)
combined_pareto_moead_agr_projected = mt.
↪get_combined_pareto_moead_agr(combined_pareto_moead_path)
combined_pareto_moead_esc_projected = mt.
↪get_combined_pareto_moead_esc(combined_pareto_moead_path)

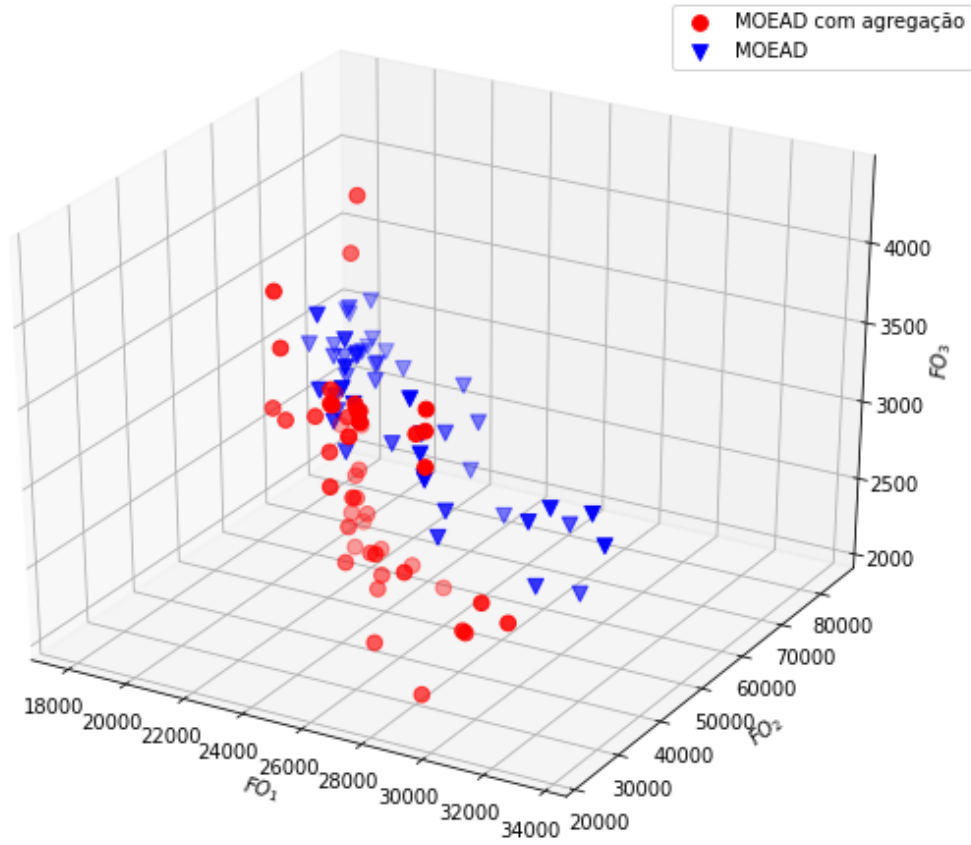
```

#### 4.3.2 MOEAD com agregação e MOEAD - Plot em $\mathbb{R}^3$

```

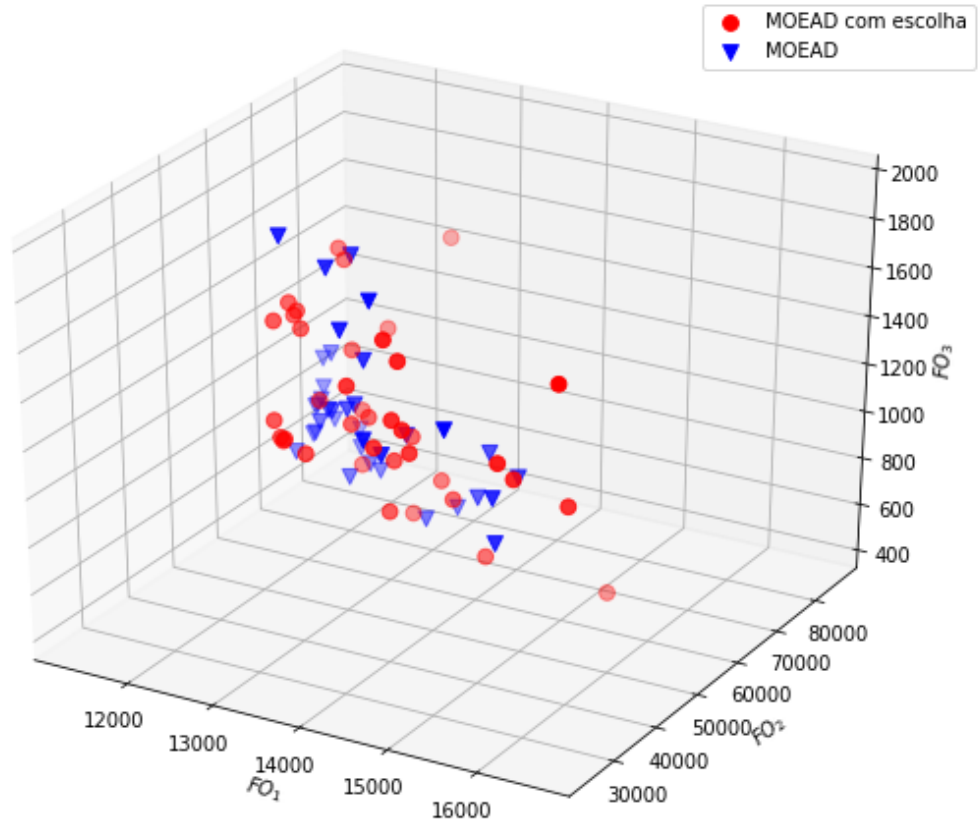
[22]: mt.plot_combined_pareto(combined_pareto_moead_agr,
                                combined_pareto_moead_agr_projected,
                                'MOEAD com agregação',
                                'MOEAD')

```



#### 4.3.3 MOEAD com escolha e MOEAD - Plot em $\mathbb{R}^3$

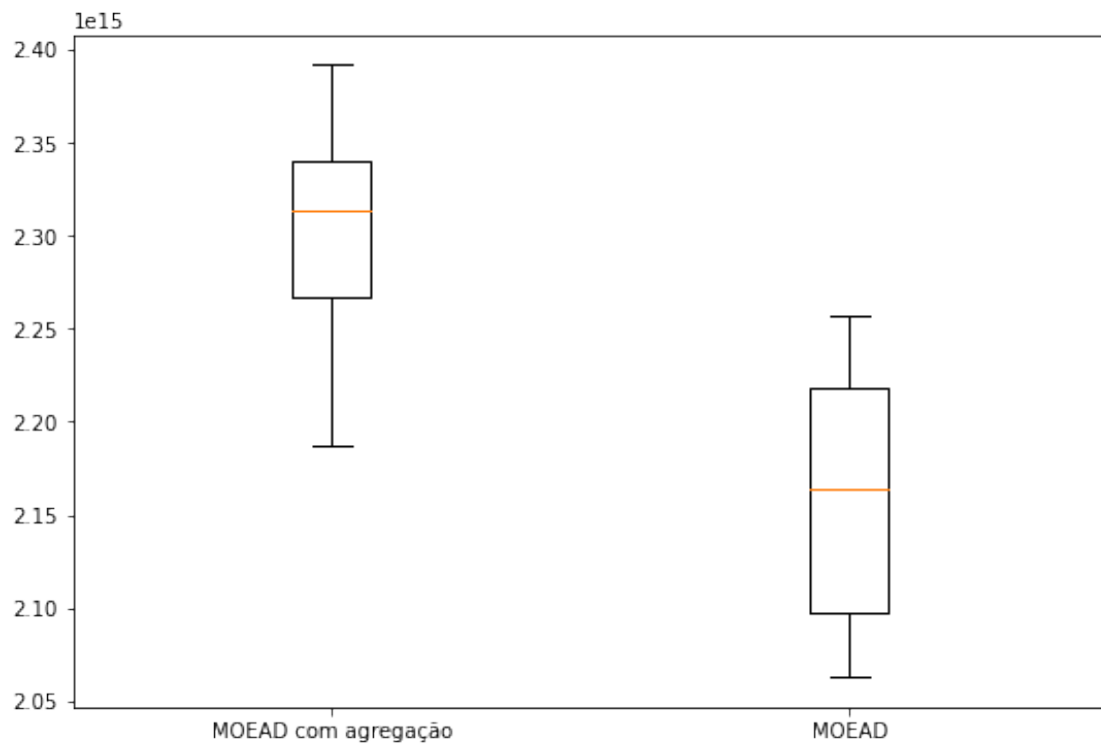
```
[25]: mt.plot_combined_pareto(combined_pareto_moead_esc,
                             combined_pareto_moead_esc_projected,
                             'MOEAD com escolha',
                             'MOEAD')
```



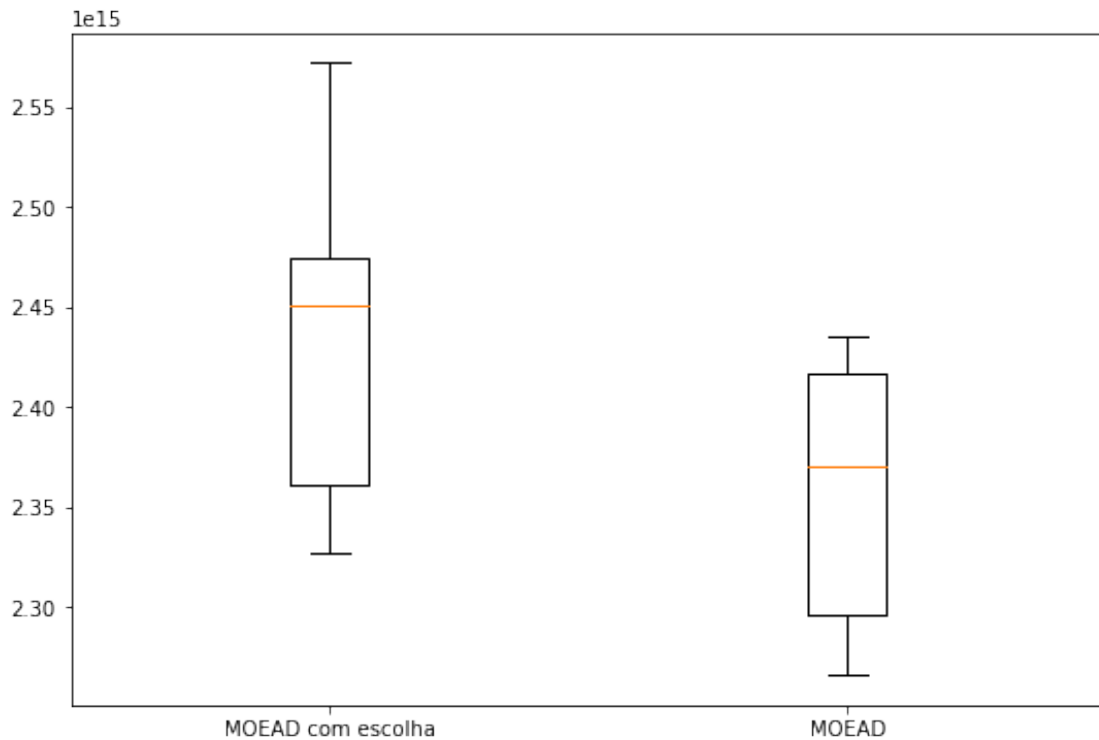
#### 4.4 Boxplots para o Hipervolume em $\mathbb{R}^3$

```
[26]: data_to_plot = [hv_moead_agr_R3_df.iloc[299:].values.tolist()[0],
                    hv_moead_agr_R8R3_df.iloc[299:].values.tolist()[0]]
plt.figure(figsize=(9, 6))
plt.boxplot(data_to_plot, labels=["MOEAD com agregação", "MOEAD"])
plt.show()
```





```
[27]: data_to_plot = [hv_moead_esc_R3_df.iloc[299:].values.tolist()[0],
                     hv_moead_esc_R8R3_df.iloc[299:].values.tolist()[0]]
plt.figure(figsize=(9, 6))
plt.boxplot(data_to_plot, labels=["MOEAD com escolha", "MOEAD"])
plt.show()
```



## 4.5 Teste de Aleatoriedade

### 4.5.1 MOEAD com agregação X MOEAD

```
[28]: mt.random_test(hv_moead_agr_R3_df.iloc[299:], hv_moead_agr_R8R3_df.iloc[299:],  
↪10, False)
```

H1-

Limiar = 78065592891362.2

z = -3.4930823854378654

Mean Spread Diff -139925267402816.0

### 4.5.2 MOEAD com escolha X MOEAD

```
[29]: mt.random_test(hv_moead_esc_R3_df.iloc[299:], hv_moead_esc_R8R3_df.iloc[299:],  
↪10, False)
```

H0

Limiar = 95539602386992.83

z = -1.4886914071156883

Mean Spread Diff -72934682034900.0

[ ]: