



escola
britânica de
artes criativas
& tecnologia

Módulo | Análise de Dados: Aprendizado de Máquina, Agrupamento

Caderno de **Aula**

Professor [André Perez](#)

Tópicos

1. Agrupamento;
 2. Dados;
 3. Treino;
 4. Avaliação;
 5. Predição.
-

Aulas

0. Abordagens estatísticas

- **Descritiva**: foco no passado para entender o **presente**.
- ****Preditiva****: foca no passado para inferir o **futuro**.

1. Agrupamento

1.1. Motivação

Um shopping quer **segmentar** seus clientes para melhorar o direcionamento de ações de marketing. Qual é a melhor forma de **agrupá-los**?

Queremos encontrar um **conjunto de perfis médios** e alocar os clientes ao perfil mais próximo:

```
import numpy as np
```

```
# -- métrica de distancia
```

```
def dist(a: np.array, b: np.array) -> float:
    return np.linalg.norm(a - b)

# -- perfis médios (idade, renda anual em milhares)

grupo_a = np.array([30, 40])
grupo_b = np.array([57, 90])

# -- cliente e sua distancia dos perfis

cliente = np.array([27, 50])

dist_a = dist(cliente, grupo_a) # 10.44
dist_b = dist(cliente, grupo_b) # 50.00
```

Qual a **quantidade** de grupos?

Qual são as **características** de cada grupos?

Como calcular a **distância** entre o grupo e os clientes?

1.2. K-médias

O agrupamento de k-médias é uma abordagem que busca particionar um conjunto de dados em k grupos ou **clusters**. Cada objeto x do conjunto de dados é alocado ao grupo mais próximo, ou seja, ao grupo com a menor distância entre suas coordenadas e as do centro do grupo x_c (**centróide**). De maneira geral, utiliza **métodos iterativos** para encontrar os centróides x_c , dado um número **pré definido** de clusters.

O algoritmo parte de algumas definições:

defina a quantidade de clusters k ;

defina a posição inicial dos centróides x_c ;

defina a um erro de movimentação de centróide α ;

E itera até que os centróides não se movimentem significativamente:

para cada valor x_i :

para cada valor x_c :

calcule a distância de x_i a x_c

aloque x_i para x_c mais próximo

recalcule todos x_c

se a distancia entre o antigo e o novo x_c for maior que α :

repita

1.3. Pacote Scikit-Learn

Pacote Python para ciência de dados e *machine learning*. A documentação pode ser encontrada neste [link](#). Possui diversos modelos para aprendizado supervisionado, não supervisionado, etc. além de métodos auxiliares. Para o agrupamento de k-médias, temos:

```
In [1]: from sklearn.cluster import KMeans
```

```
In [2]: model = KMeans()
```

2. Dados

2.1. Pré-processamento

Neste módulo, vamos utilizar dados sobre a idade, renda e potencial de compra de clientes de um shopping. O conjunto de dados está neste [link](#) e foi inspirado no conjunto de dados do Kaggle, presente neste [link](#).

```
In [3]: import numpy as np
import pandas as pd
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
In [4]: !wget -q "https://raw.githubusercontent.com/andre-marcos-perez/ebac-course-ut
```

Vamos conhecer um pouco melhor o conjunto de dados.

```
In [5]: mall = pd.read_csv('./mall_customers.csv', sep=',')
```

```
In [6]: mall.head()
```

```
Out[6]:
```

| | id | gender | age | income | score |
|---|----|--------|-----|--------|-------|
| 0 | 1 | Male | 19 | 15 | 39 |
| 1 | 2 | Male | 21 | 15 | 81 |
| 2 | 3 | Female | 20 | 16 | 6 |
| 3 | 4 | Female | 23 | 16 | 77 |
| 4 | 5 | Female | 31 | 17 | 40 |

```
In [7]: mall.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 200 entries, 0 to 199
Data columns (total 5 columns):
#   Column  Non-Null Count  Dtype
---  -
0    id      200 non-null      int64
1   gender  200 non-null      object
2    age     200 non-null      int64
3   income  200 non-null      int64
4    score   200 non-null      int64
```

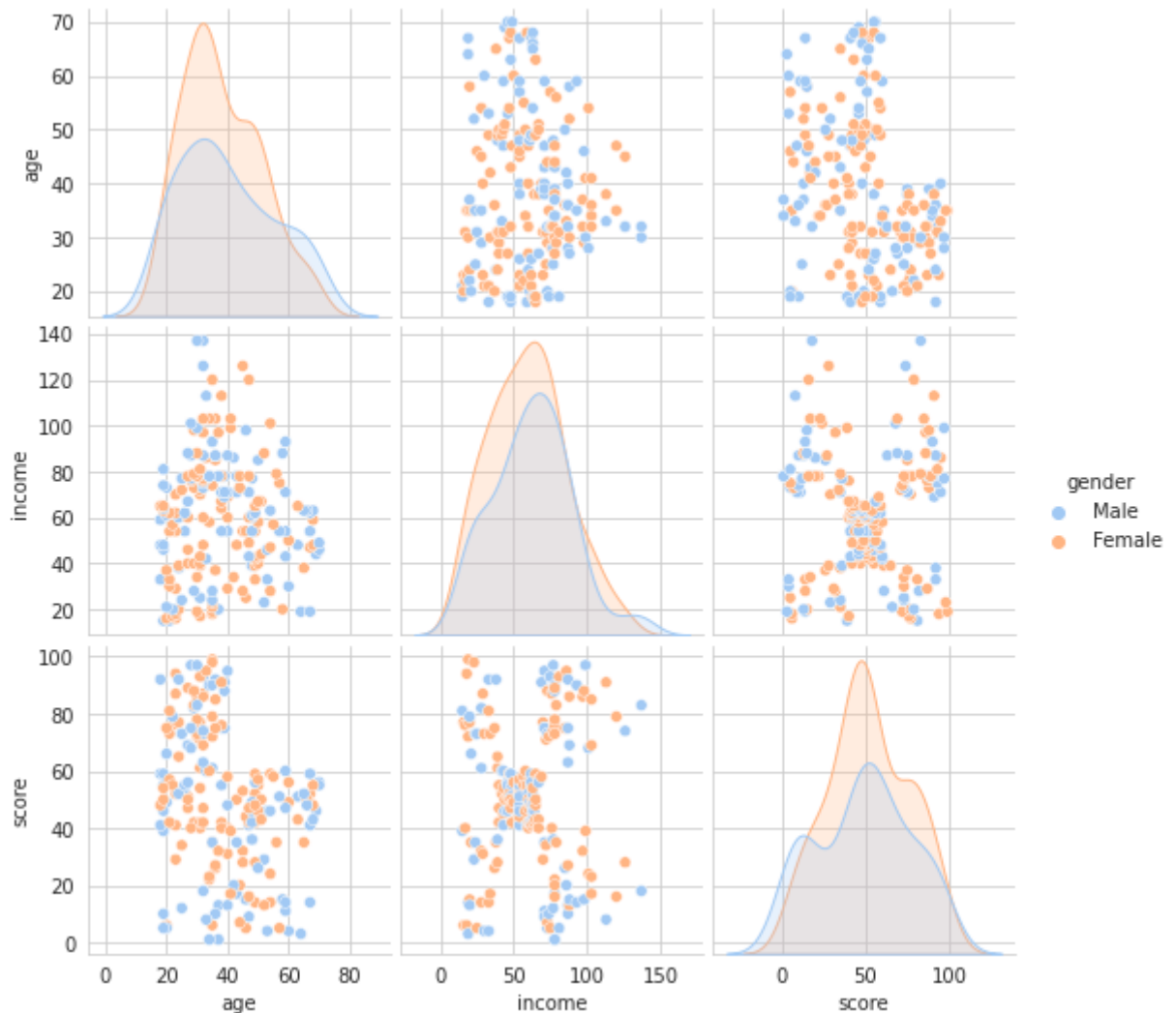
```
dtypes: int64(4), object(1)
memory usage: 7.9+ KB
```

O **pairplot** é um método do pacote Python Seaborn que gera visualizações para cada par de colunas do conjunto de dados.

In [8]:

```
with sns.axes_style('whitegrid'):

    grafico = sns.pairplot(
        data=mall.drop("id", axis=1),
        hue="gender",
        palette="pastel"
    )
```



Nota-se que o perfil de compras de clientes de sexo diferentes parece ser o mesmo, não contribuindo assim para a segregação da base. Vamos então selecionar os atributos que de fato podem ajudar na segregação dos cliente: idade, renda e a pontuação de compra.

Note que a dimensão dos atributos numéricos é a mesma, logo, não é necessário fazer a **escala** dos seus valores através de técnicas de padronização ou normalização.

In [9]:

```
data = mall[["age", "income", "score"]]
```

In [10]:

```
data.head()
```

```
Out[10]:
```

| | age | income | score |
|---|-----|--------|-------|
| 0 | 19 | 15 | 39 |
| 1 | 21 | 15 | 81 |
| 2 | 20 | 16 | 6 |
| 3 | 23 | 16 | 77 |
| 4 | 31 | 17 | 40 |

2.2. Treino / Teste

Como o agrupamento por k-médias é uma técnica não supervisionada, não temos uma definição do certo ou real. Portanto, a ausência da etapa de validação da predição faz com que não exista a necessidade de dividir o conjunto de dados em treino e teste para treinar e validar o modelo.

3. Treino

O treino de modelos de aprendizagem não supervisionada consiste na etapa de calculo dos parametros do modelo baseado numa condição de parada. No caso da agrupamento por **k-médias**, estamos interessados em definir os **centróides** x_c de um número de **clusters** k pré-selecionados a partir de uma métrica de **distância** d . Objetos são alocados ao cluster do centróide mais **próximo**.

3.1. Algoritmo

O treino de um modelo de k-médias é feito através do algoritmo de **Lloyd** por padrão (explicação neste [link](#)). A explicação completa do algoritmo foge do escopo desse curso mas o raciocínio por trás é semelhante ao apresentado na aula 1 deste módulo: um processo iterativo que busca posicionar **centróides** de um número pré-definido de **clusters** através de uma métrica de **distância** e um **critério de parada**. Essencialmente busca a minimização do critério da "soma dos quadrados dentro do cluster" (**WCSS**).

A partição do espaço é conhecida como diagrama de **Voronoi** ([link](#)).

A métrica de distância mais comum é a euclidiana:

$$d = f(a,b) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}$$

```
In [11]: model = KMeans(n_clusters=5)
         model = model.fit(data)
```

```
In [12]: model.__dict__
```

```
Out[12]: {'algorithm': 'auto',
          'cluster_centers_': array([[40.66666667, 87.75      , 17.58333333],
                                     [42.9375     , 55.0875     , 49.7125     ],
                                     [32.69230769, 86.53846154, 82.12820513],
                                     [25.27272727, 25.72727273, 79.36363636],
                                     [45.2173913  , 26.30434783, 20.91304348]]),
          'copy_x': True,
          'inertia_': 75363.74835182933,
```

```

'init': 'k-means++',
'labels_': array([4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3,
4, 3,
4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 1,
4, 3, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 1, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2,
0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2,
0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2, 0, 2,
0, 2], dtype=int32),
'max_iter': 300,
'n_clusters': 5,
'n_init': 10,
'n_iter_': 4,
'n_jobs': None,
'precompute_distances': 'auto',
'random_state': None,
'tol': 0.0001,
'verbose': 0}

```

Com o modelo treinado, podemos visualizar os agrupamentos:

```

In [13]: clusters = model.labels_
clusters = pd.DataFrame(clusters, columns=['cluster'])
clusters.head()

```

```

Out[13]:
  cluster
0       4
1       3
2       4
3       3
4       4

```

```

In [14]: clustered_data = pd.concat([data, clusters], axis=1)
clustered_data.head()

```

```

Out[14]:
   age  income  score  cluster
0   19     15    39       4
1   21     15    81       3
2   20     16     6       4
3   23     16    77       3
4   31     17    40       4

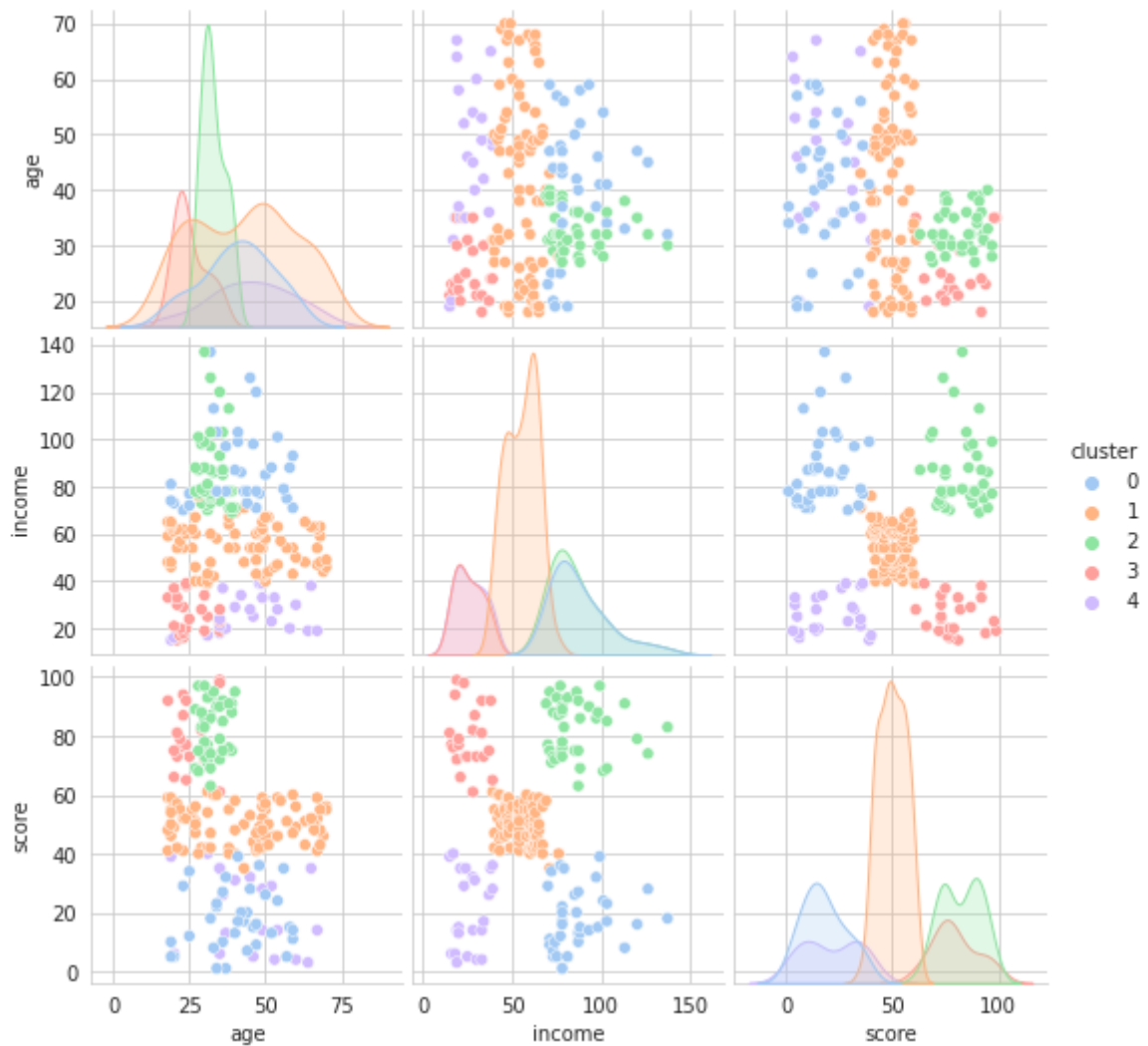
```

```

In [15]: with sns.axes_style('whitegrid'):

grafico = sns.pairplot(
    data=clustered_data,
    hue='cluster',
    palette="pastel"
)

```



Pode-se também observar a posição dos centróides:

```
In [16]: clusters_centers = model.cluster_centers_
clusters_centers = pd.DataFrame(
    clusters_centers,
    columns=['age', 'income', 'score']
)
clusters_centers.head()
```

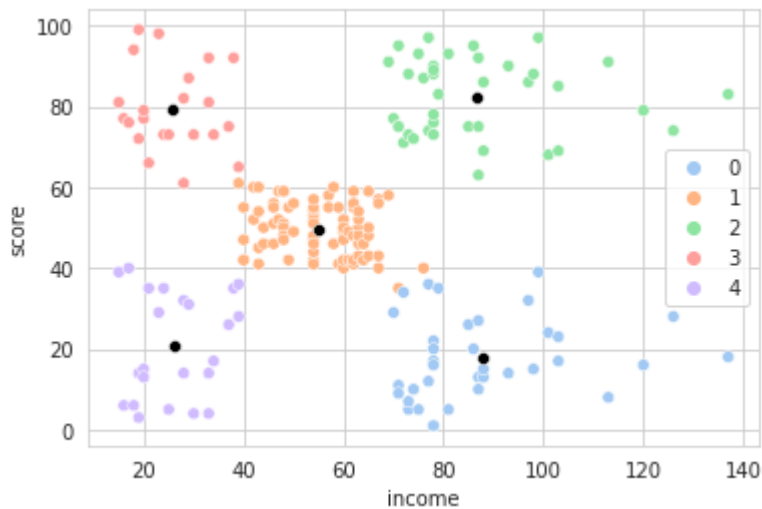
```
Out[16]:
```

| | age | income | score |
|---|-----------|-----------|-----------|
| 0 | 40.666667 | 87.750000 | 17.583333 |
| 1 | 42.937500 | 55.087500 | 49.712500 |
| 2 | 32.692308 | 86.538462 | 82.128205 |
| 3 | 25.272727 | 25.727273 | 79.363636 |
| 4 | 45.217391 | 26.304348 | 20.913043 |

```
In [17]: with sns.axes_style('whitegrid'):

fig, ax = plt.subplots()
sns.scatterplot(
    data=clustered_data,
    x='income',
    y='score',
    hue='cluster',
    palette="pastel", ax=ax
```

```
)
sns.scatterplot(
    data=clusters_centers,
    x='income',
    y='score',
    color='black',
    ax=ax
)
```



4. Avaliação

O poder preditivo do modelo de aprendizagem não supervisionada não pode ser avaliado devido a ausência da variável resposta. Contudo, podemos utilizar uma série de métricas que nos ajudam a entender um pouco mais os padrões encontrados, muitas vezes de forma qualitativa.

4.1. WCSS

Do inglês *within cluster sum of squares* ou soma dos quadrados dentro do cluster, o WCSS mede o quão próximo o centróide x_c de um cluster está dos objectos alocados. O resultado pode ser interpretado com uma medida de proximidade dos objetos agrupados pois se o WCSS é baixo, os objetos estão próximos do centróide e, por consequência, próximos entre si.

O WCSS para o cluster k é definido como:

$$WCSS(x^k, x_c^k) = \sum_{i=1}^n (x_i^k - x_c^k)^2$$

Em geral, treinamos o modelo de agrupamento com diferentes números de clusters e escolhemos a configuração com o WCSS médio para buscar uma boa generalização, essa abordagem é conhecida como **método do cotovelo** (*elbow method*).

In [18]:

```
wcss = []

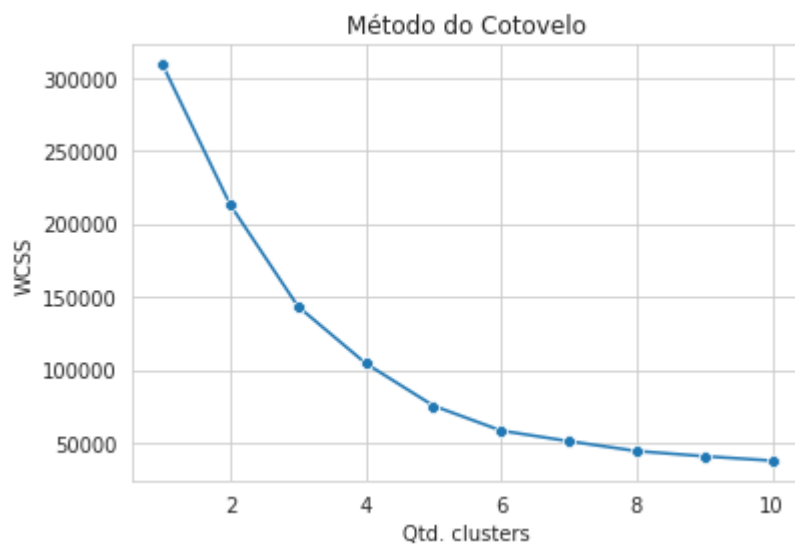
for k in range(1, 11):

    model = KMeans(n_clusters=k)
    model = model.fit(data)
    wcss.append(model.inertia_)
```



```
In [19]: with sns.axes_style('whitegrid'):
```

```
grafico = sns.lineplot(
    x=range(1, 11),
    y=wcss,
    marker="8",
    palette="pastel"
)
grafico.set(
    title='Método do Cotovelo',
    ylabel='WCSS',
    xlabel='Qtd. clusters'
);
```



- 4 clusters

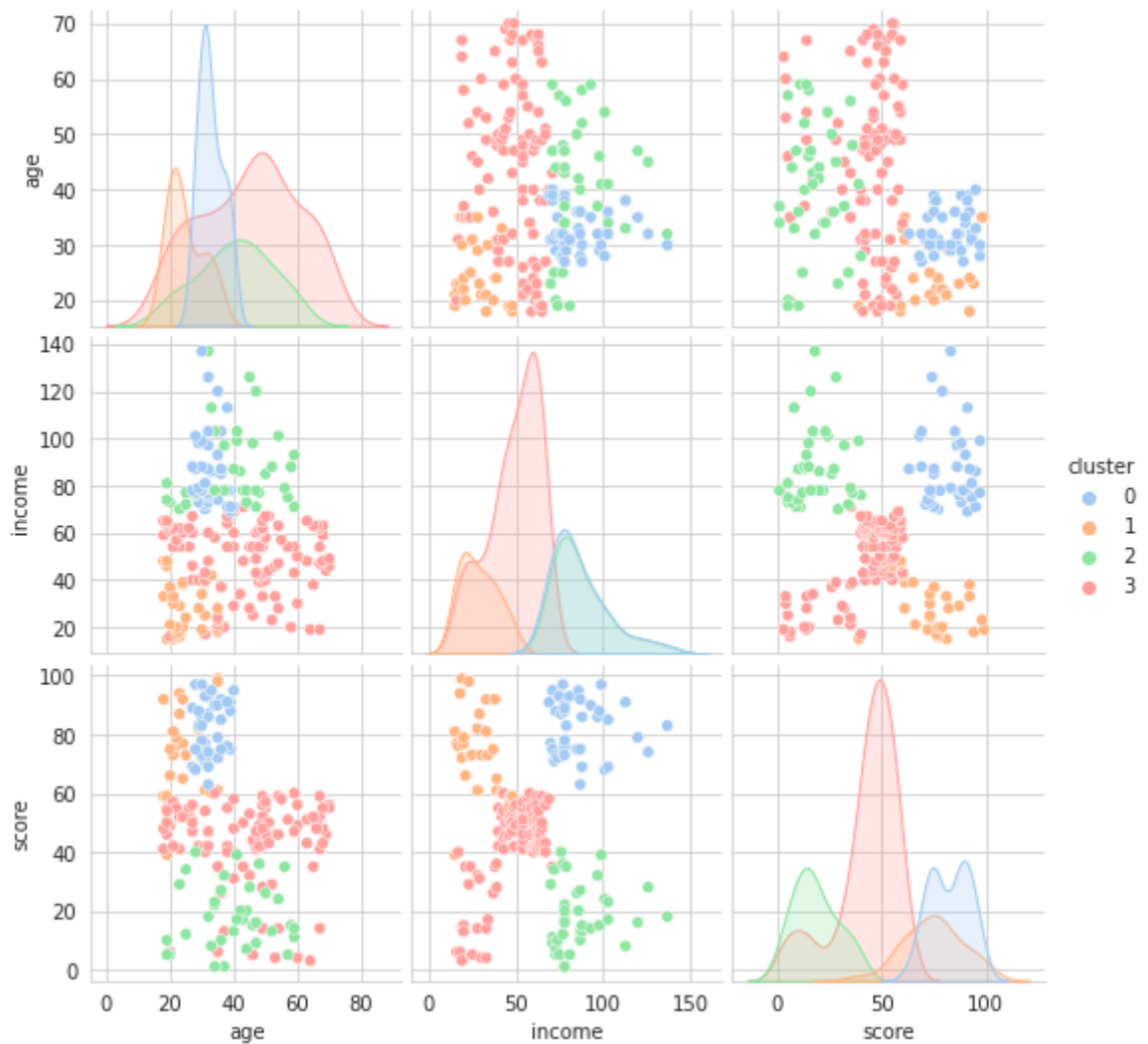
```
In [20]:
```

```
model = KMeans(n_clusters=4)
model = model.fit(data)

clusters = model.labels_
clustered_data = pd.concat(
    [
        data,
        pd.DataFrame(clusters, columns=['cluster'])
    ], axis=1)

with sns.axes_style('whitegrid'):

    grafico = sns.pairplot(
        data=clustered_data,
        hue='cluster',
        palette="pastel"
    )
```



- 6 clusters

In [23]:

```
model = KMeans(n_clusters=6)
model = model.fit(data)

clusters = model.labels_
clustered_data = pd.concat(
    [
        data,
        pd.DataFrame(
            clusters,
            columns=['cluster'])
    ],
    axis=1
)

with sns.axes_style('whitegrid'):

    grafico = sns.pairplot(data=clustered_data, hue='cluster', palette="pastel")
```



- 5 clusters

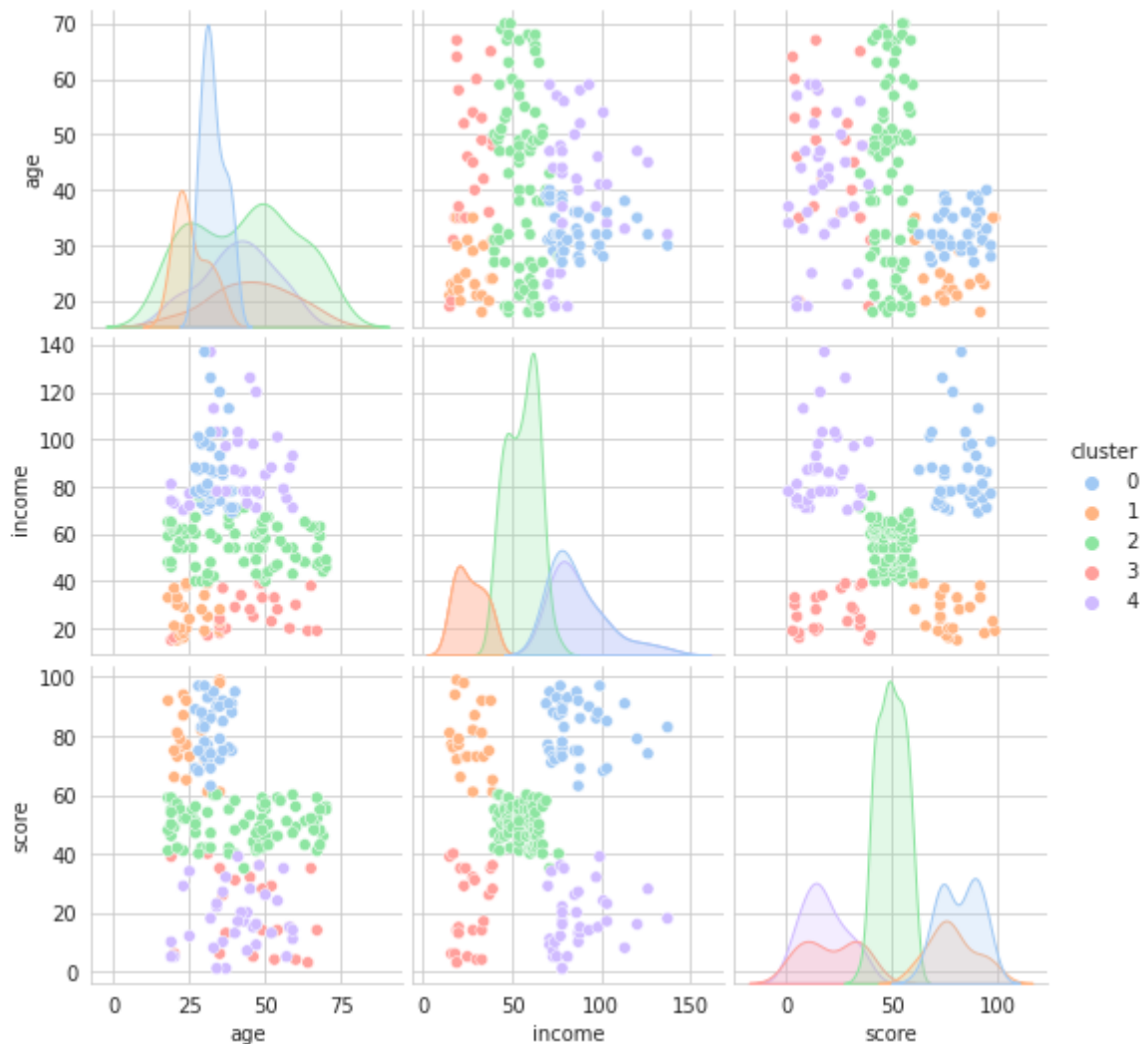
In [22]:

```
model = KMeans(n_clusters=5)
model = model.fit(data)

clusters = model.labels_
clustered_data = pd.concat([data, pd.DataFrame(clusters, columns=['cluster'])])

with sns.axes_style('whitegrid'):

    grafico = sns.pairplot(data=clustered_data, hue='cluster', palette="pastel")
```



5. Predição

Com o modelo treinado, avaliado e selecionado, podemos utiliza-lo para resolver os problemas reais que motivaram sua construção.

Atenção: O número atribuído a cada cluster no momento do treino é aleatório, pode ser que você precise ajustar os números para as análises abaixo

5.1. Estudo dos clusters

Para direcionar as ações de marketing, precisamos entender melhor o perfil dos clientes dos clusters de interesse através de técnicas de análise exploratória de dados (EDA). Exemplo:

- **Cluster 1**

São clientes de alta renda e baixo potencial de compras. Poderiam estar gastando mais no shopping.

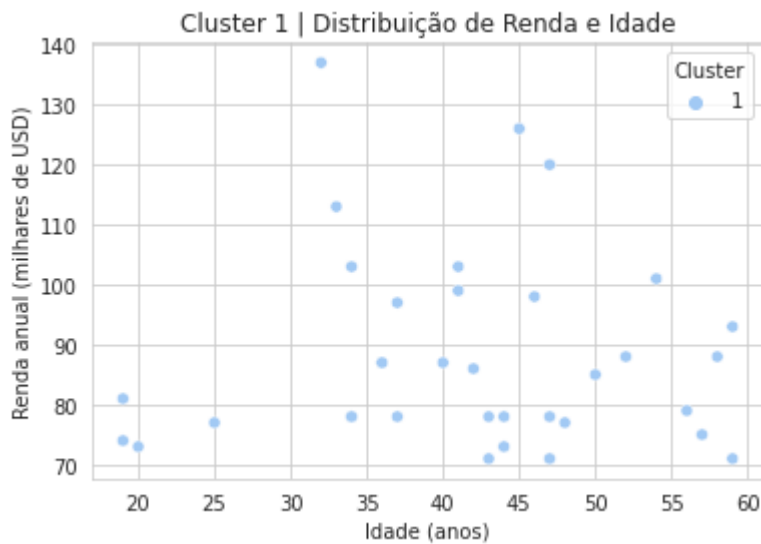
```
In [28]: with sns.axes_style('whitegrid'):

grafico = sns.scatterplot(
    data=clustered_data.query('cluster == 1'),
    x="age",
    y="income",
    hue="cluster",
    palette="pastel"
```

```

)
grafico.set(
    title='Cluster 1 | Distribuição de Renda e Idade',
    xlabel='Idade (anos)',
    ylabel='Renda anual (milhares de USD)'
);
grafico.get_legend().set_title("Cluster");

```



Conclusão: Focar esforços de marketing para um público acima de 35 anos.

- **Cluster 0 e 5**

São cliente com renda e potencial de compras médio. Podem deixar de frequentar o shopping.

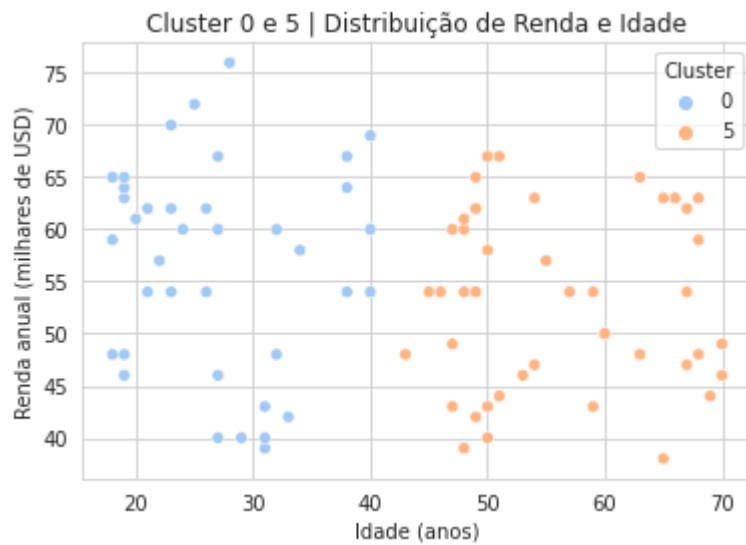
In [29]:

```

with sns.axes_style('whitegrid'):

    grafico = sns.scatterplot(
        data=clustered_data.query('cluster == 0 or cluster == 5'),
        x="age",
        y="income",
        hue="cluster",
        palette="pastel"
    )
    grafico.set(
        title='Cluster 0 e 5 | Distribuição de Renda e Idade',
        xlabel='Idade (anos)',
        ylabel='Renda anual (milhares de USD)'
    );
    grafico.get_legend().set_title("Cluster");

```



Conclusão: Dividir esforços entre dois públicos: abaixo e acima de 40 anos.

5.2. Predição

- **Exemplo:** Um cliente com 19 anos, 15.000 USD de renda anual e potencial de compra de 39:

```
In [30]: cliente = np.array([19, 15, 39])
```

```
In [31]: cluster = model.predict(cliente.reshape(1, -1))  
print(cluster)
```

[3]

Conclui-se então que o cliente pertence ao cluster **3** de baixa renda, idade e potencial de compra.