

Relatório do Projeto Final

June 12, 2023

Machine Learning - 2023.1

Autores: Marco Moliterno e Renato Falcão

1 Abstract

Este relatório apresenta um estudo de aplicação de técnicas de aprendizado de máquina para prever o preço de cartas do jogo Yu-Gi-Oh, baseando-se em uma série de características distintas. Para a realização deste trabalho, foi utilizado um dataset consolidado a partir da junção de dados obtidos na plataforma Kaggle e da API do website Yu-Gi-Oh Prices, fornecendo um amplo escopo de informações sobre as cartas, bem como seus preços médios. Este estudo visa explorar o potencial do aprendizado de máquina na interpretação e modelagem de padrões de preço no mercado de cartas colecionáveis, oferecendo insights valiosos para colecionadores e negociantes de cartas Yu-Gi-Oh. Os resultados obtidos neste estudo podem servir como base para futuras pesquisas e aplicações práticas, aprimorando a compreensão e previsão do mercado de cartas colecionáveis.

2 Importando bibliotecas e carregando base de dados

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

df = pd.read_csv("dbs/yugi_db_polished.csv", index_col=0)

df.head()
```

```
[ ]:
```

	Name	Rarity	Price	\
0	XX-Saber Boggart Knight	Shatterfoil Rare	2.73	
1	Gagaga Cowboy	Shatterfoil Rare	4.68	
2	Forbidden Chalice	Shatterfoil Rare	2.09	
3	Fairy Cheer Girl	Shatterfoil Rare	2.06	
4	Exploder Dragon	Shatterfoil Rare	2.08	

	Description	CardType	Attribute	\
0	When this card is Normal Summoned: You can Spe...	monster	earth	
1	2 Level 4 monsters\r\n\r\nOnce per turn: You c...	monster	earth	

```

2 Target 1 face-up monster on the field; until t... spell NaN
3 2 Level 4 Fairy-Type monsters\r\n\r\nYou can d... monster light
4 If this card is destroyed by battle and sent t... monster earth

```

	ATK	DEF	LVL	Property	MonsterType	isEffect	Duelist	Ability1	\
0	1900.0	1000.0	4.0	NaN	Beast-Warrior	Effect	NaN	NaN	
1	1500.0	2400.0	4.0	NaN	Warrior	Effect	NaN	XYZ	
2	NaN	NaN	NaN	Quick-Play	NaN	NaN	NaN	NaN	
3	1900.0	1500.0	4.0	NaN	Fairy	Effect	NaN	XYZ	
4	1000.0	0.0	3.0	NaN	Dragon	Effect	NaN	NaN	

	Ability2	isTuner	isPendulum
0	NaN	NaN	NaN
1	NaN	NaN	NaN
2	NaN	NaN	NaN
3	NaN	NaN	NaN
4	NaN	NaN	NaN

3 Análise Exploratória e Limpeza dos Dados

A partir desta base de dados, é possível começar o estudo realizando uma *análise exploratória*, na qual se deseja identificar as características do dataset, observando a estrutura dos dados disponíveis, presença de anomalias, tendências, padrões, distribuições e dados ausentes. O entendimento dos dados é fundamental para se poder tomar decisões com bom embasamento acerca da forma como o problema será abordado.

```
[ ]: df.info()
```

```

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 11574 entries, 0 to 11573
Data columns (total 17 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  -
0   Name            11574 non-null  object
1   Rarity          11574 non-null  object
2   Price           11574 non-null  float64
3   Description     11574 non-null  object
4   CardType        11574 non-null  object
5   Attribute       7470 non-null   object
6   ATK             7580 non-null   float64
7   DEF             7580 non-null   float64
8   LVL             7580 non-null   float64
9   Property        4096 non-null   object
10  MonsterType     7478 non-null   object
11  isEffect        7478 non-null   object
12  Duelist         102 non-null    object
13  Ability1        1696 non-null   object

```

```
14 Ability2      137 non-null    object
15 isTuner       453 non-null    object
16 isPendulum    277 non-null    object
dtypes: float64(4), object(13)
memory usage: 1.6+ MB
```

```
[ ]: df.columns
```

```
[ ]: Index(['Name', 'Rarity', 'Price', 'Description', 'CardType', 'Attribute',
          'ATK', 'DEF', 'LVL', 'Property', 'MonsterType', 'isEffect', 'Duelist',
          'Ability1', 'Ability2', 'isTuner', 'isPendulum'],
          dtype='object')
```

As variáveis que estão disponíveis na base de dados são as seguintes:

Name: O nome da carta. Cada carta de Yu-Gi-Oh tem um nome único que a distingue de outras cartas.

Rarity: Refere-se à raridade da carta. No geral, as cartas raras são mais difíceis de encontrar do que as comuns. Exemplos de raridades incluem “Common”, “Rare”, “Ultra Rare”, “Secret Rare”, entre outros.

Price: O preço de mercado da carta. Isso pode variar com base em vários fatores, como raridade, demanda, condição da carta e se ela está em circulação.

Description: O texto da carta, que descreve o seu efeito ou lore.

CardType: O tipo de carta. As cartas de Yu-Gi-Oh podem ser de vários tipos, como Monstros, Magias, ou Armadilhas.

Attribute: Uma característica específica dos monstros. Existem 6 atributos principais: Luz, Trevas, Fogo, Água, Terra e Vento.

ATK: Abreviação de “Attack Points”. Este é o poder de ataque de uma carta de monstro. Quando dois monstros em modo de ataque batalham, o monstro com o ATK mais alto geralmente destrói o monstro com o ATK mais baixo.

DEF: Abreviação de “Defense Points”. Este é o poder de defesa de uma carta de monstro. É usado quando o monstro está em posição de defesa.

LVL: Abreviação de “Level”. Este é o nível de uma carta de monstro. O nível de um monstro geralmente determina seu poder, e também é usado para o mecanismo de invocação de tributo. Um monstro level 4 ou menor pode ser invocado normalmente sem tributo, um monstro nível 5 ou 6 necessita um, e um monstro nível 7 ou maior necessita dois.

Property: Este é um atributo de cartas de Magia e Armadilha. As propriedades de cartas de Magia incluem “Normal”, “Contínua”, “Equipamento”, “Campo”, “Rápida”, etc. As cartas de Armadilha têm propriedades “Normal”, “Contínua” e “Contra”.

MonsterType: Isto é específico para cartas de monstros e refere-se à sua classificação. Exemplos incluem “Guerreiro”, “Besta”, “Dragão”, “Demoníaco”, etc.

isEffect: Um indicador de se o monstro é uma carta de Monstro de Efeito. Estes monstros têm habilidades especiais que são ativadas sob certas condições.

Duelist: Uma característica específica a cartas Skill. Indica o duelista que utiliza a carta.

Ability1 e Ability2: Estes se referem a habilidades especiais ou efeitos que a carta pode ter. Algumas cartas podem ter várias habilidades. Exemplos incluem ‘Spirit’, ‘Gemini’ e ‘Toon’.

isTuner: Um indicador de se a carta é um Monstro Tuner. Estes monstros são usados para Invocações Synchro.

isPendulum: Um indicador de se a carta é um Monstro de Pêndulo. Estes monstros podem ser usados como mágias quando jogados nas Zonas de Pêndulo. Além disso, eles têm escalas de Pêndulo que permitem seu uso em Invocação por Pêndulo.

É possível notar que diversas colunas possuem uma grande quantidade de dados faltantes. No entanto, esses dados “faltantes” significam, na verdade, se as cartas possuem certos atributos ou não. Para analisar as características individuais de cada tipo de carta (“CardType”), podemos analisar um recorte de cada um dos tipos:

```
[ ]: text_card_features = ["Name", "Description"]
categoric_card_features = ["CardType", "Rarity", "Attribute", "Property",
    ↪ "MonsterType", "Duelist", "Ability1", "Ability2"]
boolean_card_features = ["isEffect", "isTuner", "isPendulum"]
numeric_card_features = ["ATK", "DEF", "LVL", "Price"]

card_types = df["CardType"].unique()

bold = lambda word: f"\033[1m{word}\033[0m"
color = lambda word: f"\033[92m{word}\033[0m"

for card_type in card_types:
    print(f"{color('Card Type')}: \n{card_type}\n")
    slice = df[df["CardType"] == card_type]
    for feature in categoric_card_features[1:]:
        print(f"{bold(feature)}: \n{slice[feature].unique()}\n")
    for feature in boolean_card_features:
        print(f"{bold(feature)}: \n{slice[feature].unique()}\n")
    for feature in numeric_card_features:
        print(f"{bold(feature)}: \n{slice[feature].describe()}\n")
    ↪ print("-----")
```

Card Type:
monster

Rarity:
['Shatterfoil Rare' 'Mosaic Rare' 'Common' 'Platinum Secret Rare'
'Platinum Rare' 'Short Print' 'Starfoil Rare' 'Gold Secret Rare' 'Rare'
'Premium Gold Rare' 'Gold Rare' "Collector's Rare" 'Collectors Rare'
'Duel Terminal Ultra Parallel Rare' 'Prismatic Secret Rare'
'Duel Terminal Normal Parallel Rare' 'Super Rare'
'Duel Terminal Super Parallel Rare' 'Ultimate Rare' 'Secret Rare']

'Ultra Rare' '10000 Secret Rare']

Attribute:

['earth' 'light' 'water' 'dark' 'wind' 'divine' 'fire' nan '?']

Property:

[nan]

MonsterType:

['Beast-Warrior' 'Warrior' 'Fairy' 'Dragon' 'Aqua' 'Zombie' 'Rock' 'Beast'
'Insect' 'Sea Serpent' 'Fiend' 'Reptile' 'Plant' 'Thunder' 'Spellcaster'
'Machine' 'Winged Beast' 'Divine-Beast' 'Dinosaur' 'Pyro' 'Fish' 'Normal'
'Psychic' 'Cyberse' 'Wurm' 'Token']

Duelist:

[nan]

Ability1:

[nan 'Xyz' 'Fusion' 'Synchro' 'Ritual' 'Toon' 'Link' 'Union' 'Gemini']

Ability2:

[nan 'Flip' 'Spirit']

isEffect:

['Effect' 'Normal']

isTuner:

[nan 'Tuner']

isPendulum:

[nan 'Pendulum']

ATK:

count	7478.000000
mean	1480.026745
std	937.823251
min	0.000000
25%	800.000000
50%	1500.000000
75%	2100.000000
max	5000.000000

Name: ATK, dtype: float64

DEF:

count	7478.000000
mean	1184.534635
std	878.438157
min	0.000000

25% 400.000000
50% 1200.000000
75% 1800.000000
max 5000.000000
Name: DEF, dtype: float64

LVL:
count 7478.000000
mean 4.340198
std 2.487377
min 0.000000
25% 3.000000
50% 4.000000
75% 6.000000
max 13.000000
Name: LVL, dtype: float64

Price:
count 7478.000000
mean 4.928048
std 62.867273
min 0.250000
25% 1.300000
50% 1.600000
75% 2.070000
max 3910.990000
Name: Price, dtype: float64

Card Type:
spell

Rarity:
['Shatterfoil Rare' 'Mosaic Rare' 'Common' 'Super Short Print'
'Platinum Rare' 'Rare' 'Gold Rare' "Collector's Rare" 'Collectors Rare'
'Prismatic Secret Rare' 'Super Rare' 'Ultimate Rare' 'Secret Rare'
'Ultra Rare' 'Short Print' 'Starfoil Rare' 'Gold Secret Rare'
'Premium Gold Rare' 'Duel Terminal Ultra Parallel Rare'
'Duel Terminal Normal Parallel Rare']

Attribute:
[nan]

Property:
['Quick-Play' 'Normal' 'Equip' 'Field' 'Continuous' 'Ritual']

MonsterType:
[nan]

Duelist:
[nan]

Ability1:
[nan]

Ability2:
[nan]

isEffect:
[nan]

isTuner:
[nan]

isPendulum:
[nan]

ATK:
count 0.0
mean NaN
std NaN
min NaN
25% NaN
50% NaN
75% NaN
max NaN
Name: ATK, dtype: float64

DEF:
count 0.0
mean NaN
std NaN
min NaN
25% NaN
50% NaN
75% NaN
max NaN
Name: DEF, dtype: float64

LVL:
count 0.0
mean NaN
std NaN
min NaN

25% NaN
50% NaN
75% NaN
max NaN
Name: LVL, dtype: float64

Price:
count 2258.000000
mean 2.673968
std 11.022484
min 0.300000
25% 1.300000
50% 1.550000
75% 1.960000
max 444.990000
Name: Price, dtype: float64

Card Type:
trap

Rarity:
['Shatterfoil Rare' 'Mosaic Rare' 'Common' 'Gold Secret Rare' 'Rare'
'Premium Gold Rare' 'Duel Terminal Normal Parallel Rare' 'Super Rare'
'Secret Rare' 'Ultra Rare' 'Platinum Rare' 'Short Print' 'Gold Rare'
'Prismatic Secret Rare' 'Ultimate Rare']

Attribute:
[nan]

Property:
['Normal' 'Counter' 'Continuous']

MonsterType:
[nan]

Duelist:
[nan]

Ability1:
[nan]

Ability2:
[nan]

isEffect:

[nan]

isTuner:

[nan]

isPendulum:

[nan]

ATK:

count 0.0

mean NaN

std NaN

min NaN

25% NaN

50% NaN

75% NaN

max NaN

Name: ATK, dtype: float64

DEF:

count 0.0

mean NaN

std NaN

min NaN

25% NaN

50% NaN

75% NaN

max NaN

Name: DEF, dtype: float64

LVL:

count 0.0

mean NaN

std NaN

min NaN

25% NaN

50% NaN

75% NaN

max NaN

Name: LVL, dtype: float64

Price:

count 1736.000000

mean 1.909084

std 3.318303

min 0.330000

25% 1.280000

50% 1.390000

75% 1.872500
max 109.210000
Name: Price, dtype: float64

Card Type:
skill

Rarity:
['Common' 'Ultra Rare' 'Super Rare']

Attribute:
[nan]

Property:
['Skill' 'Continuous Spell' 'Field Spell' 'Continuous Trap']

MonsterType:
[nan]

Duelist:
['Rex' 'Christine' 'Emma' 'Yami Marik' 'Yami Bakura' 'Keith' 'Kaiba'
'Weevil' 'Yami Yugi' 'Axel' 'Paradox' 'Jaden & Syrus' 'Jaden' 'Syrus'
'Aster' 'Jesse' 'Mai' 'Pegasus' 'Ishizu' 'Joey' 'Bastion' 'Chumley'
'Espa Roba' 'Odion' 'David' 'Téa' 'Arkana' 'Andrew' 'Alexis' 'Zane'
'Chazz' 'Dr. Crowler' 'Yubel' 'Hassleberry' 'Umbra & Lumis' 'Bonz' 'Mako']

Ability1:
[nan]

Ability2:
[nan]

isEffect:
[nan]

isTuner:
[nan]

isPendulum:
[nan]

ATK:
count 102.0
mean 0.0
std 0.0

```

min      0.0
25%      0.0
50%      0.0
75%      0.0
max      0.0
Name: ATK, dtype: float64

```

```

DEF:
count    102.0
mean      0.0
std       0.0
min       0.0
25%       0.0
50%       0.0
75%       0.0
max       0.0
Name: DEF, dtype: float64

```

```

LVL:
count    102.0
mean      0.0
std       0.0
min       0.0
25%       0.0
50%       0.0
75%       0.0
max       0.0
Name: LVL, dtype: float64

```

```

Price:
count    102.000000
mean      1.746373
std       0.977717
min       1.140000
25%       1.242500
50%       1.350000
75%       1.732500
max       6.520000
Name: Price, dtype: float64

```

Desta forma, é possível inferir a seguinte relação dos tipos de cartas para as características que podem possuir:

- **Monster:** Possui *Attribute*, *ATK*, *DEF*, *LVL*, *MonsterType*, *isEffect*, *Ability1*, *Ability2*, *isTuner* e *isPendulum*;

- **Spell:** Possui apenas *Property*;
- **Trap:** Possui apenas *Property*;
- **Skill:** Possui *Property* e *Duelist*;

Além disso, as características *Name*, *Description*, *Rarity* e *Price* são comuns à todas as cartas.

3.1 Analisando cartas do tipo *Monster*

É possível observar que existem cartas do tipo *Monster* cuja variável *Attribute* é “NaN” e “?”, ou seja, são valores nulos. Observando estes dados anômalos, obtêm-se o seguinte:

```
[ ]: outliers_nan = df[(df["CardType"] == "monster") & (df["Attribute"].isna() ==
↳ True)]
outliers_nan
```

```
[ ]:
      Name      Rarity  Price \
209      Token    Common   4.23
4195  Ecclesia the Exiled    Common   1.21
4206  Albaz the Shrouded    Common   1.21
4209  Aluber the Dogmatic    Common   1.25
4229  The Virtuous Vestals    Common   1.21
4233  Tri-Brigade    Common   1.22
9369  Jesse Anderson - Bonder with the Crystal Beasts  Super Rare   1.25
9370  Jesse and Ruby - Unleashing the Legend  Super Rare   1.25
```

```
      Description CardType Attribute \
209  This card can be used as any Token.  monster      NaN
4195  This card can be used as any Token or Counter...  monster      NaN
4206  This card can be used as any Token or Counter...  monster      NaN
4209  This card can be used as any Token or Counter...  monster      NaN
4229  This card can be used as any Token or Counter...  monster      NaN
4233  This card can be used as any Token or Counter...  monster      NaN
9369  This card can be used as any Token or Counter...  monster      NaN
9370  This card can be used as any Token or Counter...  monster      NaN
```

```
      ATK  DEF  LVL Property MonsterType isEffect Duelist Ability1 Ability2 \
209   0.0  0.0  0.0     NaN      Normal    Normal     NaN     NaN     NaN
4195   0.0  0.0  0.0     NaN      Token    Normal     NaN     NaN     NaN
4206   0.0  0.0  0.0     NaN      Token    Normal     NaN     NaN     NaN
4209   0.0  0.0  0.0     NaN      Token    Normal     NaN     NaN     NaN
4229   0.0  0.0  0.0     NaN      Token    Normal     NaN     NaN     NaN
4233   0.0  0.0  0.0     NaN      Token    Normal     NaN     NaN     NaN
9369   0.0  0.0  0.0     NaN      Normal    Normal     NaN     NaN     NaN
9370   0.0  0.0  0.0     NaN      Normal    Normal     NaN     NaN     NaN
```

```
      isTuner isPendulum
209      NaN      NaN
4195      NaN      NaN
```

4206	NaN	NaN
4209	NaN	NaN
4229	NaN	NaN
4233	NaN	NaN
9369	NaN	NaN
9370	NaN	NaN

```
[ ]: outliers_questionmark = df[(df["CardType"] == "monster") & (df["Attribute"] == "
↳ "?" )]
outliers_questionmark
```

```
[ ]:
      Name      Rarity  Price \
7801  Crystal Beast Token    Common    1.18
10216  Duel Dragon Token  Super Rare    1.84
10464  Option Token    Super Rare    1.48

      Description CardType Attribute \
7801  This card can be used as a "Crystal Beast Toke...  monster      ?
10216  This card can be used as a "Duel Dragon Token"...  monster      ?
10464  This card can be used as an "Option Token".\r\...  monster      ?

      ATK  DEF  LVL Property MonsterType isEffect Duelist Ability1 Ability2 \
7801  0.0  0.0  0.0      NaN      Normal    Normal      NaN      NaN      NaN
10216  0.0  0.0  0.0      NaN      Normal    Normal      NaN      NaN      NaN
10464  0.0  0.0  0.0      NaN      Normal    Normal      NaN      NaN      NaN

      isTuner isPendulum
7801      NaN      NaN
10216      NaN      NaN
10464      NaN      NaN
```

Essas cartas na verdade são **Tokens** do jogo, que são apenas representações de **Monstros** que não entram em decks. Desta forma, não vamos considerá-las para a análise.

```
[ ]: df.drop(outliers_nan.index, inplace=True)
df.drop(outliers_questionmark.index, inplace=True)
df.reset_index(drop=True, inplace=True)
```

3.2 Analisando características com valores booleanos

Outro detalhe que chama a atenção são as colunas *isEffect*, *isTuner* e *isPendulum*. Essas colunas indicam uma propriedade específica das cartas e podem ser transformadas em variáveis booleanas: 0 para *Falso* e 1 para *Verdadeiro*.

```
[ ]: df["isEffect"].replace([np.nan, "Normal"], 0, inplace=True)
df["isEffect"].replace("Effect", 1, inplace=True)

df["isTuner"].replace(np.nan, 0, inplace=True)
```

```
df["isTuner"].replace("Tuner", 1, inplace=True)

df["isPendulum"].replace(np.nan, 0, inplace=True)
df["isPendulum"].replace("Pendulum", 1, inplace=True)
```

3.3 Substituição de valores inválidos

Ainda, é possível notar que existem muitos valores “NaN”, que é uma forma de identificar valores *nulos*. No entanto, os valores nulos são, neste caso, informações úteis também, já que indicam quando as cartas não possuem certos atributos. Desta forma, estes valores serão substituídos por categorias ou valores numéricos que, por sua vez, representem a não existência de informação.

```
[ ]: for feature in categoric_card_features:
      df[feature].replace(np.nan, "None", inplace=True)

for feature in numeric_card_features:
    df[feature].replace(np.nan, 0, inplace=True)
```

3.4 Dados anômalos para o valor do preço

Além do mais, percebe-se que os preços das cartas possuem uma variação muito grande. Analisando o `describe` e a distribuição dos preços, obtém-se o seguinte:

```
[ ]: subplot_idx = 411
plt.figure(figsize=(12, 20))

for card_type in card_types:
    print(f"{color('Card Type')}: \n{card_type}\n")
    slice = df[df["CardType"] == card_type]
    print(f"{bold('Price')}: \n{slice['Price'].describe()}\n")

    plt.subplot(subplot_idx)
    sns.histplot(data=slice, x="Price", binwidth=np.sqrt(slice.shape[0]) // 10)
    plt.xlabel("Price (USD)")
    plt.ylabel("Count")
    plt.title(f"Histogram Plot - {card_type.upper()} Price Distribution")
    subplot_idx += 1

    print("-----\n")

plt.show()
```

Card Type:

monster

Price:

count	7467.000000
mean	4.932986

```
std      62.913428
min      0.250000
25%      1.300000
50%      1.600000
75%      2.070000
max      3910.990000
Name: Price, dtype: float64
```

Card Type:

spell

Price:

```
count    2258.000000
mean      2.673968
std      11.022484
min       0.300000
25%       1.300000
50%       1.550000
75%       1.960000
max      444.990000
Name: Price, dtype: float64
```

Card Type:

trap

Price:

```
count    1736.000000
mean      1.909084
std       3.318303
min       0.330000
25%       1.280000
50%       1.390000
75%       1.872500
max      109.210000
Name: Price, dtype: float64
```

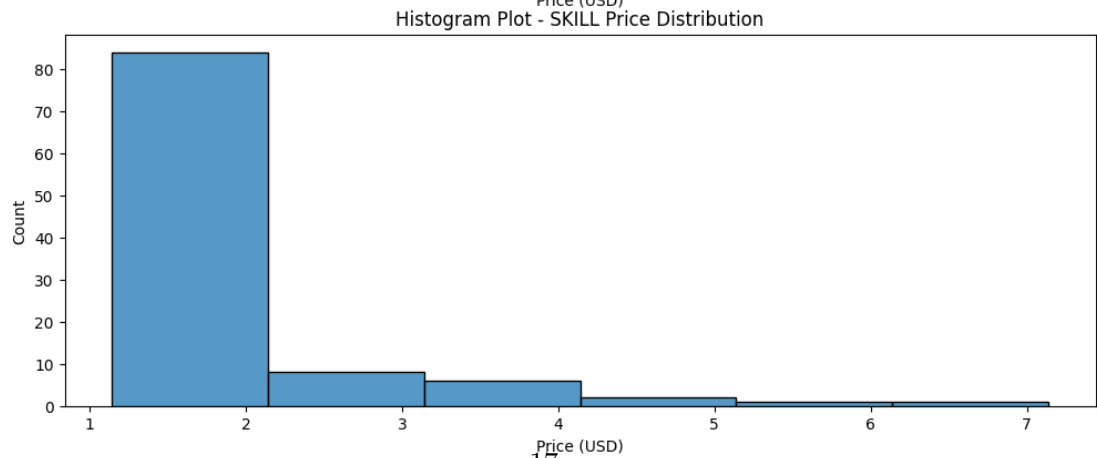
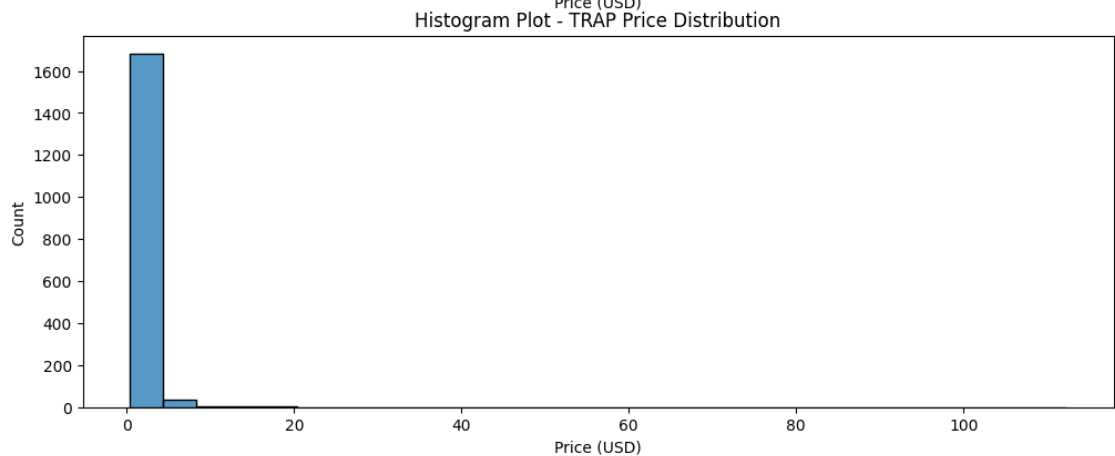
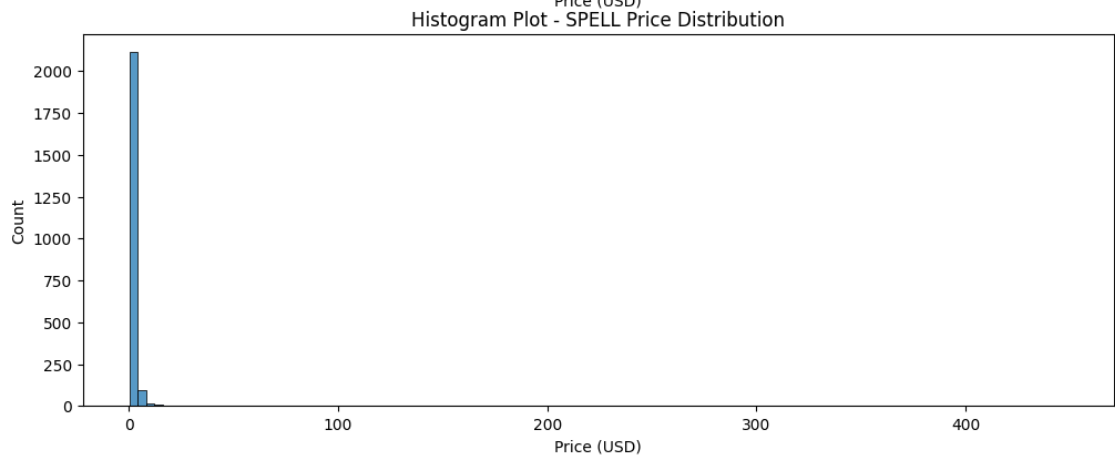
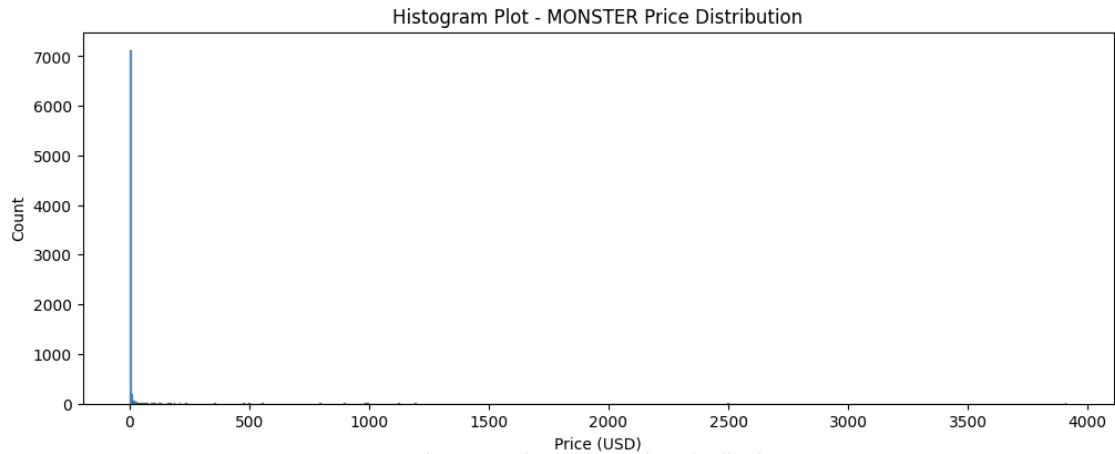
Card Type:

skill

Price:

```
count    102.000000
mean      1.746373
```

```
std      0.977717
min      1.140000
25%      1.242500
50%      1.350000
75%      1.732500
max      6.520000
Name: Price, dtype: float64
```



A partir da observação das distribuições acima, surge a decisão de remover os valores de preço que distoem muito. Esta decisão será tomada com base na informação visual disponível, com o objetivo de manter a maior quantidade de valores possível sem comprometer significativamente a faixa de valores que serão compreendidas pelo modelo.

```
[ ]: outliers_monster_card_price = df[(df["CardType"] == "monster") & (df["Price"] > 100)]
outliers_monster_card_price
```

```
[ ]:
```

	Name	Rarity	Price \
134	Petit Angel	Common	499.99
1614	Wings of Wicked Flame	Short Print	472.40
1654	Key Mace 2	Rare	164.02
1657	Obese Marmot of Nefariousness	Rare	354.46
1739	Skull Guardian	Rare	130.92
1740	Warrior of Tradition	Rare	100.45
1742	Beautiful Headhuntress	Rare	105.08
1850	Garma Sword	Super Rare	553.54
1857	Duel Link Dragon, the Duel Dragon	Super Rare	999.99
1858	Chaos Emperor, the Dragon of Armageddon	Super Rare	899.99
1860	Darklord Edeh Arae	Super Rare	209.99
1861	Darklord Superbia	Super Rare	174.99
1862	Ascension Sky Dragon	Super Rare	1199.99
1863	Minerva, the Exalted Lightsworn	Super Rare	3910.99
1864	Number 93: Utopia Kaiser	Super Rare	799.99
1865	Number 89: Diablosis the Mind Hacker	Super Rare	989.99
1866	Blood Mefist	Super Rare	2499.99
1868	Sengenjin	Super Rare	123.63
1888	Elemental HERO Air Neos	Ultimate Rare	191.43
1901	Thunder Dragon Colossus	Ultimate Rare	101.12
1937	Slifer the Sky Dragon (original)	Secret Rare	235.41
1991	Victory Dragon	Secret Rare	129.57
2099	Amatsu-Okami of the Divine Peaks	Ultra Rare	799.96
2169	Ten Thousand Dragon	10000 Secret Rare	1124.86

	Description	CardType	Attribute \
134	A quick-moving and tiny fairy that's very diff...	monster	light
1614	Crimson wings of fire make this a very lethal ...	monster	fire
1654	This fiend brings out the worst in everyone.	monster	dark
1657	An ill-mannered field varmint that will sink i...	monster	earth
1739	This monster can only be Ritual Summoned with ...	monster	light
1740	"Sonic Maid" + "Beautiful Headhuntress"	monster	earth
1742	A vicious creature that has decapitated numero...	monster	earth
1850	This card can only be Ritual Summoned with the...	monster	dark
1857	2+ monsters, including a Synchro Monster\r\n\r...	monster	dark

1858	Pendulum Effect: You can pay 1000 LP, then tar...	monster	dark
1860	If this card is Special Summoned from the Grav...	monster	dark
1861	When this card is Special Summoned from the Gr...	monster	dark
1862	1 Tuner + 1+ non-Tuner monsters\r\n\r\nIf this...	monster	light
1863	2 Level 4 monsters\r\n\r\nYou can detach 1 mat...	monster	light
1864	2+ "Number" Xyz Monsters, with the same Rank, ...	monster	light
1865	2 Level 7 monsters\r\n\r\nOnce per turn: You c...	monster	dark
1866	1 Tuner + 1 or more non-Tuner monsters\r\n\r\n...	monster	dark
1868	An unstoppable savage that carries Millennium ...	monster	earth
1888	"Elemental Hero Neos" + "Neo-Spacian Air Hummi...	monster	wind
1901	"Thunder Dragon" + 1 Thunder monster\r\n\r\nMu...	monster	dark
1937	The heavens twist and thunder roars, signaling...	monster	divine
1991	This card cannot be Special Summoned. To Tribu...	monster	dark
2099	3+ Dragon Effect Monsters\r\n\r\nMust be Link ...	monster	light
2169	Cannot be Normal Summoned/Set. Must be Special...	monster	dark

	ATK	DEF	LVL	Property	MonsterType	isEffect	Duelist	Ability1 \
134	600.0	900.0	3.0	None	Fairy	0	None	None
1614	700.0	600.0	2.0	None	Pyro	0	None	None
1654	1050.0	1200.0	4.0	None	Fiend	0	None	None
1657	750.0	800.0	3.0	None	Beast	0	None	None
1739	2050.0	2500.0	7.0	None	Warrior	0	None	None
1740	1900.0	1700.0	6.0	None	Warrior	0	None	None
1742	1600.0	800.0	4.0	None	Warrior	0	None	None
1850	2550.0	2150.0	7.0	None	Warrior	0	None	None
1857	0.0	0.0	0.0	None	Dragon	1	None	Link
1858	3000.0	2500.0	8.0	None	Dragon	1	None	None
1860	2300.0	2000.0	5.0	None	Fairy	1	None	None
1861	2900.0	2400.0	8.0	None	Fairy	1	None	None
1862	0.0	3000.0	10.0	None	Dragon	1	None	Synchro
1863	2000.0	800.0	4.0	None	Fairy	1	None	Xyz
1864	2500.0	2000.0	12.0	None	Warrior	1	None	Xyz
1865	2800.0	1200.0	7.0	None	Psychic	1	None	Xyz
1866	2800.0	1300.0	8.0	None	Fiend	1	None	Synchro
1868	2750.0	2500.0	8.0	None	Beast-Warrior	0	None	None
1888	2500.0	2000.0	7.0	None	Warrior	1	None	Fusion
1901	2600.0	2400.0	8.0	None	Thunder	1	None	Fusion
1937	0.0	0.0	10.0	None	Divine-Beast	0	None	None
1991	2400.0	3000.0	8.0	None	Dragon	1	None	None
2099	3000.0	0.0	0.0	None	Dragon	1	None	Link
2169	0.0	0.0	10.0	None	Dragon	1	None	None

	Ability2	isTuner	isPendulum
134	None	0	0
1614	None	0	0
1654	None	0	0
1657	None	0	0

1739	None	0	0
1740	None	0	0
1742	None	0	0
1850	None	0	0
1857	None	0	0
1858	None	0	1
1860	None	0	0
1861	None	0	0
1862	None	0	0
1863	None	0	0
1864	None	0	0
1865	None	0	0
1866	None	0	0
1868	None	0	0
1888	None	0	0
1901	None	0	0
1937	None	0	0
1991	None	0	0
2099	None	0	0
2169	None	0	0

```
[ ]: outliers_spell_card_price = df[(df["CardType"] == "spell") & (df["Price"] > 50)]
outliers_spell_card_price
```

```
[ ]:
      Name      Rarity  Price \
1476  Get Your Game On!   Common 444.99
1656      Mooyan Curry     Rare  57.61
1728      Elf's Light     Rare  88.68
1736      Novox's Prayer   Rare  69.40
1867      Breath of Light Super Rare 109.99
1871      Dimension Fusion Super Rare  70.44
1997  Triple Tactics Talent Secret Rare  63.55
2075      Yu-Jo Friendship Ultra Rare 136.95
```

	Description	CardType	Attribute	\
1476	You can only play this card if you were presen...	spell	None	
1656	Choose 1 player; that player gains 200 Life Po...	spell	None	
1728	A LIGHT monster equipped with this card increa...	spell	None	
1736	This card is used to Ritual Summon "Skull Guar...	spell	None	
1867	Destroy all face-up Rock-Type monsters on the ...	spell	None	
1871	Pay 2000 Life Points. Both players Special Sum...	spell	None	
1997	If your opponent has activated a monster effec...	spell	None	
2075	Offer your opponent a handshake. If they accep...	spell	None	

	ATK	DEF	LVL	Property	MonsterType	isEffect	Duelist	Ability1	\
1476	0.0	0.0	0.0	Continuous	None	0	None	None	
1656	0.0	0.0	0.0	Normal	None	0	None	None	

1728	0.0	0.0	0.0	Equip	None	0	None	None
1736	0.0	0.0	0.0	Ritual	None	0	None	None
1867	0.0	0.0	0.0	Normal	None	0	None	None
1871	0.0	0.0	0.0	Normal	None	0	None	None
1997	0.0	0.0	0.0	Normal	None	0	None	None
2075	0.0	0.0	0.0	Normal	None	0	None	None

	Ability2	isTuner	isPendulum
1476	None	0	0
1656	None	0	0
1728	None	0	0
1736	None	0	0
1867	None	0	0
1871	None	0	0
1997	None	0	0
2075	None	0	0

```
[ ]: outliers_trap_card_price = df[(df["CardType"] == "trap") & (df["Price"] > 20)]
outliers_trap_card_price
```

```
[ ]:
      Name      Rarity  Price \
1851   Anti Raigeki  Super Rare  109.21
1913   Mystical Refpanel  Secret Rare  44.84
1941   Evenly Matched  Secret Rare  38.25
2072  Judgment of the Pharaoh  Ultra Rare  41.50
```

	Description	CardType	Attribute	\
1851	When your opponent activates "Raigeki": Negate...	trap	None	
1913	Activate only when a Spell Card that targets 1...	trap	None	
1941	At the end of the Battle Phase, if your oppone...	trap	None	
2072	Pay half of your Life Points. Select and activ...	trap	None	

	ATK	DEF	LVL	Property	MonsterType	isEffect	Duelist	Ability1	Ability2	\
1851	0.0	0.0	0.0	Normal	None	0	None	None	None	
1913	0.0	0.0	0.0	Normal	None	0	None	None	None	
1941	0.0	0.0	0.0	Normal	None	0	None	None	None	
2072	0.0	0.0	0.0	Normal	None	0	None	None	None	

	isTuner	isPendulum
1851	0	0
1913	0	0
1941	0	0
2072	0	0

```
[ ]: outliers_skill_card_price = df[(df["CardType"] == "skill") & (df["Price"] > 6)]
outliers_skill_card_price
```

```
[ ]:      Name  Rarity  Price  \
126  Spell Proof Armor  Common    6.52

      Description CardType Attribute  \
126  Activate this Skill during your Main Phase and...    skill      None

      ATK  DEF  LVL Property MonsterType  isEffect Duelist Ability1 Ability2  \
126  0.0  0.0  0.0    Skill          None          0   Keith      None    None

      isTuner  isPendulum
126          0          0
```

```
[ ]: df.drop(outliers_monster_card_price.index, inplace=True)
df.drop(outliers_spell_card_price.index, inplace=True)
df.drop(outliers_trap_card_price.index, inplace=True)
df.drop(outliers_skill_card_price.index, inplace=True)
df.reset_index(drop=True, inplace=True)
```

Com a decisão acima, o modelo está restringido às seguintes limitações:

O modelo não será capaz de prever com boa acurácia o preço de cartas do tipo:

- *Monster*, cujo valor estimado exceda 100 dólares;
- *Spell*, cujo valor estimado exceda 50 dólares;
- *Trap*, cujo valor estimado exceda 20 dólares;
- *Skill*, cujo valor estimado exceda 6 dólares.

3.5 Definição dos tipos das variáveis

Por fim, os tipos das variáveis devem ser definidos, identificando-as como *texto*, *categóricas* ou *numéricas* (sejam discretas ou contínuas).

```
[ ]: for feature in text_card_features:
    df[feature] = df[feature].astype("string")

for feature in boolean_card_features:
    df[feature] = df[feature].astype("int64")

for feature in categoric_card_features:
    df[feature] = df[feature].astype("category")

for feature in numeric_card_features:
    df[feature] = df[feature].astype("float64")
```

```
[ ]: df.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 11526 entries, 0 to 11525
```

Data columns (total 17 columns):

#	Column	Non-Null Count	Dtype
0	Name	11526 non-null	string
1	Rarity	11526 non-null	category
2	Price	11526 non-null	float64
3	Description	11526 non-null	string
4	CardType	11526 non-null	category
5	Attribute	11526 non-null	category
6	ATK	11526 non-null	float64
7	DEF	11526 non-null	float64
8	LVL	11526 non-null	float64
9	Property	11526 non-null	category
10	MonsterType	11526 non-null	category
11	isEffect	11526 non-null	int64
12	Duelist	11526 non-null	category
13	Ability1	11526 non-null	category
14	Ability2	11526 non-null	category
15	isTuner	11526 non-null	int64
16	isPendulum	11526 non-null	int64

dtypes: category(8), float64(4), int64(3), string(2)
memory usage: 904.8 KB

3.6 Salvando Dataset Limpo

```
[ ]: df.to_csv("dbs/yugi_db_cleaned.csv")
```

4 Pré-processamento dos dados

Agora que o dataset está limpo, a ideia é realizar um pré-processamento desses dados. Nesta etapa, os dados são transformados em uma forma adequada para serem utilizados pelos modelos de Machine Learning. Isso pode envolver a normalização ou padronização das variáveis, a codificação de variáveis categóricas, a redução de dimensionalidade, entre outras técnicas de preparação dos dados.

```
[ ]: df = pd.read_csv("dbs/yugi_db_cleaned.csv", index_col=0)

df.head()
```

```
[ ]:
      Name      Rarity  Price \
0 XX-Saber Boggart Knight Shatterfoil Rare  2.73
1      Gagaga Cowboy Shatterfoil Rare  4.68
2 Forbidden Chalice Shatterfoil Rare  2.09
3 Fairy Cheer Girl Shatterfoil Rare  2.06
4      Exploder Dragon Shatterfoil Rare  2.08

      Description CardType Attribute \
```

```

0 When this card is Normal Summoned: You can Spe... monster      earth
1 2 Level 4 monsters\r\n\r\nOnce per turn: You c... monster      earth
2 Target 1 face-up monster on the field; until t... spell         None
3 2 Level 4 Fairy-Type monsters\r\n\r\nYou can d... monster      light
4 If this card is destroyed by battle and sent t... monster      earth

```

	ATK	DEF	LVL	Property	MonsterType	isEffect	Duelist	Ability1	\
0	1900.0	1000.0	4.0	None	Beast-Warrior	1	None	None	
1	1500.0	2400.0	4.0	None	Warrior	1	None	Xyz	
2	0.0	0.0	0.0	Quick-Play	None	0	None	None	
3	1900.0	1500.0	4.0	None	Fairy	1	None	Xyz	
4	1000.0	0.0	3.0	None	Dragon	1	None	None	

	Ability2	isTuner	isPendulum
0	None	0	0
1	None	0	0
2	None	0	0
3	None	0	0
4	None	0	0

```
[ ]: model_data = df.copy()
```

4.1 Tratando variáveis categóricas

Variáveis categóricas são aquelas que possuem categorias ou classes, representadas como texto ou dados não numéricos. No entanto, os modelos de *machine learning* aceitam apenas valores numéricos. Para solucionar este problema e permitir que esses algoritmos processem variáveis categóricas, é possível transformá-las em variáveis “dummy”.

A criação de variáveis “dummy” envolve a codificação de cada categoria única da variável categórica original em novas variáveis binárias. Cada uma dessas novas variáveis binárias assume o valor de 1 se a amostra pertencer à categoria que ela representa e 0 caso contrário.

No entanto, estes dados codificados vão apresentar um fenômeno chamado de *dependência linear*, também chamada de *multicolinearidade*, em que duas ou mais variáveis independentes são altamente correlacionadas. Se a multicolinearidade for forte, pode ser difícil determinar o efeito individual de cada variável independente na variável dependente, porque é difícil dizer onde o efeito de uma variável acaba e o efeito de outra começa. Isso pode tornar os coeficientes do modelo instáveis e difíceis de interpretar.

Assim, a primeira variável “dummy” gerada de cada categoria única da variável categórica original será descartada com o objetivo de eliminar a dependência linear.

```
[ ]: model_data = pd.get_dummies(model_data, columns=categoric_card_features,
    drop_first=True)
model_data.head()
```

```
[ ]:
      Name  Price  \
0  XX-Saber Boggart Knight    2.73
```


1	Gagaga Cowboy	4.68
2	Forbidden Chalice	2.09
3	Fairy Cheer Girl	2.06
4	Exploder Dragon	2.08

	Description	ATK	DEF	LVL	\
0	When this card is Normal Summoned: You can Spe...	1900.0	1000.0	4.0	
1	2 Level 4 monsters\r\n\r\nOnce per turn: You c...	1500.0	2400.0	4.0	
2	Target 1 face-up monster on the field; until t...	0.0	0.0	0.0	
3	2 Level 4 Fairy-Type monsters\r\n\r\nYou can d...	1900.0	1500.0	4.0	
4	If this card is destroyed by battle and sent t...	1000.0	0.0	3.0	

	isEffect	isTuner	isPendulum	CardType_skill	...	Ability1_Gemini	\
0	1	0	0	0	...	0	
1	1	0	0	0	...	0	
2	0	0	0	0	...	0	
3	1	0	0	0	...	0	
4	1	0	0	0	...	0	

	Ability1_Link	Ability1_None	Ability1_Ritual	Ability1_Synchro	\
0	0	1	0	0	
1	0	0	0	0	
2	0	1	0	0	
3	0	0	0	0	
4	0	1	0	0	

	Ability1_Toon	Ability1_Union	Ability1_Xyz	Ability2_None	Ability2_Spirit
0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	1	0
2	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0
4	0	0	0	1	0

[5 rows x 122 columns]

4.2 Text Embedding da variável “Description”

A informação da descrição (“Description”) das cartas, apesar de ser um texto complexo e não apenas uma variável categórica ou numérica, ainda pode ser transformado em informação útil para o modelo. A solução é utilizar um modelo pré-treinado do Keras para obter um vetor numérico a partir das palavras da descrição. Este processo é chamado de *embedding*. Com este vetor, é possível realizar uma decomposição conhecida com *Principal Component Analysis* (ou *PCA*), reduzindo esse vetor à apenas 10 valores, que serão passados como variáveis para o modelo de regressão.

```
[ ]: import tensorflow_hub as hub
import tensorflow as tf
from sklearn.decomposition import PCA
```

```
text_emb_model = hub.KerasLayer("http://tfhub.dev/google/nnlm-en-dim128/2",
    ↪input_shape=[], dtype=tf.string)
```

```
[ ]: cards_description = model_data["Description"].values
```

```
[ ]: text_embeddings = text_emb_model(cards_description)
text_embeddings.shape
```

```
[ ]: TensorShape([11526, 128])
```

```
[ ]: pca_model = PCA(n_components=10)
pca_embeddings = pca_model.fit_transform(text_embeddings)
pca_embeddings.shape
```

```
[ ]: (11526, 10)
```

```
[ ]: pca_data = pd.DataFrame(pca_embeddings, columns=[f"PCA_{i}" for i in range(10)])
pca_data.head()
```

```
[ ]:
      PCA_0    PCA_1    PCA_2    PCA_3    PCA_4    PCA_5    PCA_6 \
0  0.189476  0.247713  0.177363  0.404395 -0.124737 -0.264215 -0.022490
1  0.196088 -0.034920 -0.387183  0.149245  0.254067 -0.141085 -0.006232
2  0.587523 -0.313823 -0.028853  0.188721  0.206527 -0.112193 -0.373780
3  0.241158  0.365377 -0.042572  0.028092  0.274055 -0.227318 -0.095831
4  0.337278 -0.863000  0.093215 -0.372143  0.015444 -0.275757  0.389398

      PCA_7    PCA_8    PCA_9
0  0.025593 -0.077695  0.192165
1 -0.044926 -0.027360 -0.321693
2 -0.072298 -0.121775 -0.105937
3  0.363996  0.317362 -0.147862
4 -0.003975 -0.037042  0.047763
```

```
[ ]: model_data = model_data.join(pca_data)
model_data.drop(columns=["Name", "Description"], inplace=True)
model_data.head()
```

```
[ ]:
      Price    ATK    DEF    LVL  isEffect  isTuner  isPendulum  CardType_skill \
0    2.73  1900.0  1000.0  4.0         1         0         0         0
1    4.68  1500.0  2400.0  4.0         1         0         0         0
2    2.09     0.0     0.0  0.0         0         0         0         0
3    2.06  1900.0  1500.0  4.0         1         0         0         0
4    2.08  1000.0     0.0  3.0         1         0         0         0

      CardType_spell  CardType_trap  ...    PCA_0    PCA_1    PCA_2    PCA_3 \
0                0                0  ...  0.189476  0.247713  0.177363  0.404395
1                0                0  ...  0.196088 -0.034920 -0.387183  0.149245
```

2	1	0 ...	0.587523	-0.313823	-0.028853	0.188721
3	0	0 ...	0.241158	0.365377	-0.042572	0.028092
4	0	0 ...	0.337278	-0.863000	0.093215	-0.372143

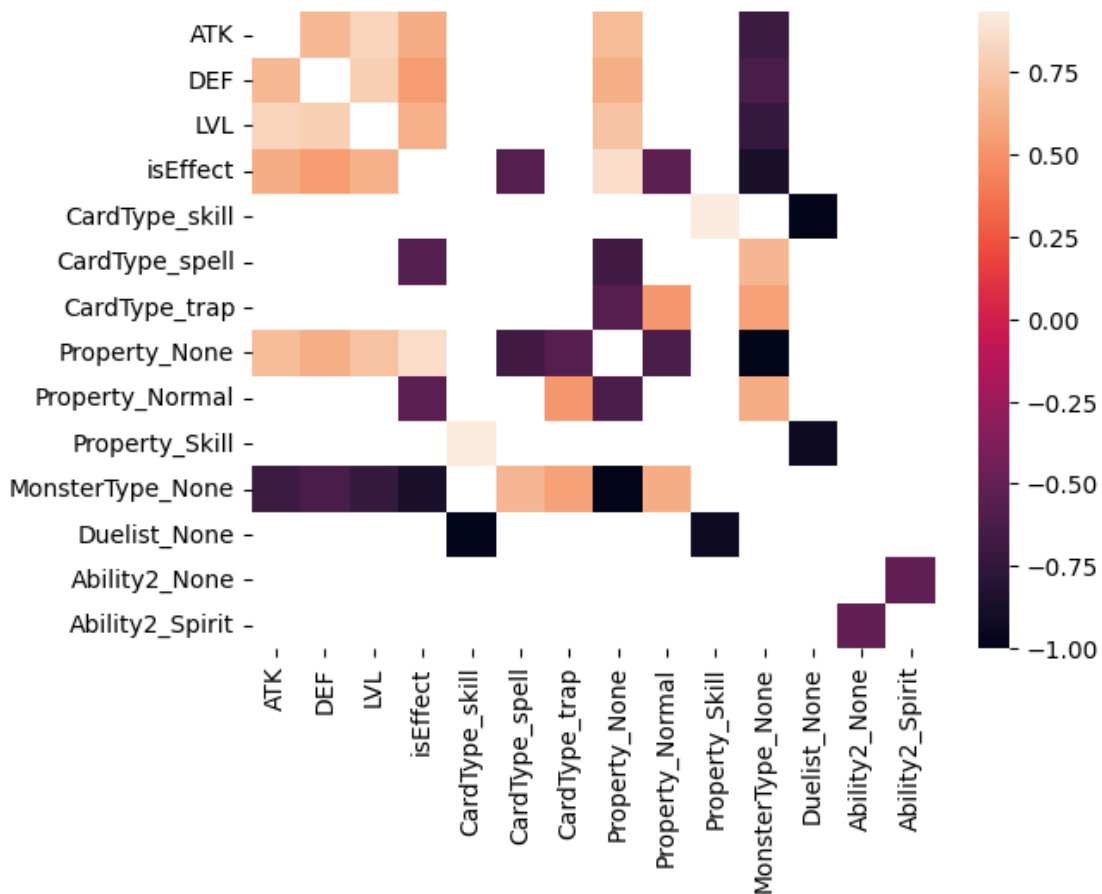
	PCA_4	PCA_5	PCA_6	PCA_7	PCA_8	PCA_9
0	-0.124737	-0.264215	-0.022490	0.025593	-0.077695	0.192165
1	0.254067	-0.141085	-0.006232	-0.044926	-0.027360	-0.321693
2	0.206527	-0.112193	-0.373780	-0.072298	-0.121775	-0.105937
3	0.274055	-0.227318	-0.095831	0.363996	0.317362	-0.147862
4	0.015444	-0.275757	0.389398	-0.003975	-0.037042	0.047763

[5 rows x 130 columns]

4.3 Correlação entre variáveis

Por fim, é importante também analisar as dependências lineares entre as variáveis, com o objetivo de identificar se será ou não necessário o uso de uma regularização.

```
[ ]: corr = model_data.corr(numeric_only=True)
corr = corr[(abs(corr) > 0.5) & (abs(corr) != 1)]
corr.dropna(axis=0, how='all', inplace=True)
corr.dropna(axis=1, how='all', inplace=True)
sns.heatmap(corr);
```



É possível notar que sim, existem diversas variáveis em que há presença de colinearidade. Essa informação será muito útil para a escolha das técnicas que serão utilizadas.

5 Divisão dos dados

Antes de prosseguir para a seleção de um modelo e treinamento, é necessário dividir os dados em conjuntos de treinamento, validação e teste. O conjunto de treinamento é utilizado para treinar o modelo, o conjunto de validação é usado para ajustar os parâmetros do modelo e o conjunto de teste é utilizado para avaliar o desempenho final do modelo. Esta divisão é importante para evitar que a avaliação do modelo seja enviesada pelo resultado final, de forma a causar um “sobreajuste” para os dados de teste.

```
[ ]: X = model_data.drop(columns=["Price"]).values
     y = model_data["Price"].values
```

```
[ ]: from sklearn.model_selection import train_test_split

     TEST_SIZE = 0.25
     RANDOM_STATE = 42
```

```
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X,
    y,
    test_size=TEST_SIZE,
    random_state=RANDOM_STATE,
)

X_train, X_valid, y_train, y_valid = train_test_split(
    X_train,
    y_train,
    test_size=TEST_SIZE,
    random_state=RANDOM_STATE,
)
```

```
[ ]: print(f"X: {X.shape} \nx_train: {X_train.shape} \nx_valid: {X_valid.shape} \n\
      \nx_test: {X_test.shape}")
```

```
X: (11526, 129)
x_train: (6483, 129)
x_valid: (2161, 129)
x_test: (2882, 129)
```

```
[ ]: print(f"y: {y.shape} \ny_train: {y_train.shape} \ny_valid: {y_valid.shape} \n\
      \ny_test: {y_test.shape}")
```

```
y: (11526,)
y_train: (6483,)
y_valid: (2161,)
y_test: (2882,)
```

6 Experimentando modelos de regressão

O modelo inicialmente selecionado é a *regressão linear*, utilizando apenas *regularização* do tipo *Ridge*. O treinamento do modelo envolve a identificação dos coeficientes da equação linear que minimizam o erro entre as previsões do modelo e os valores reais disponíveis. A regularização, por sua vez, tem o objetivo de tratar problemas no cálculo dos coeficientes do modelo relativos à presença de variáveis colineares. Este mecanismo tenta equilibrar os coeficientes das features colineares, ou, em outras palavras, força um problema de otimização para uma solução “mais desejável” à priori.

6.1 Regressão linear com regularização

```
[ ]: from sklearn.linear_model import Ridge

ALPHA = 1

ridge_model = Ridge(alpha=ALPHA)
```

```
ridge_model.fit(X_train, y_train)
y_pred_ridge_model = ridge_model.predict(X_valid)
```

6.1.1 Avaliação do modelo

O desempenho do modelo é avaliado em relação ao subconjunto de validação. Para analisar este desempenho, será utilizada a métrica de Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE), que envolve calcular a raiz quadrada do Erro Quadrático Médio (MSE). Esta métrica foi escolhida porque ela eleva ao quadrado os erros antes de tirar a média, o que significa que os erros maiores têm um peso maior, de modo que o RMSE será especialmente grande se o modelo cometer erros grandes. Essa propriedade é especialmente interessante neste caso, porque há o interesse em evitar erros grandes, já que um mesmo tipo de carta tem uma faixa de valores que variam muito. Ainda, há a vantagem de ser uma métrica de fácil interpretação, já que o valor resultante está na mesma unidade da variável dependente.

```
[ ]: from sklearn.metrics import mean_squared_error

RMSE = np.sqrt(mean_squared_error(y_valid, y_pred_ridge_model))

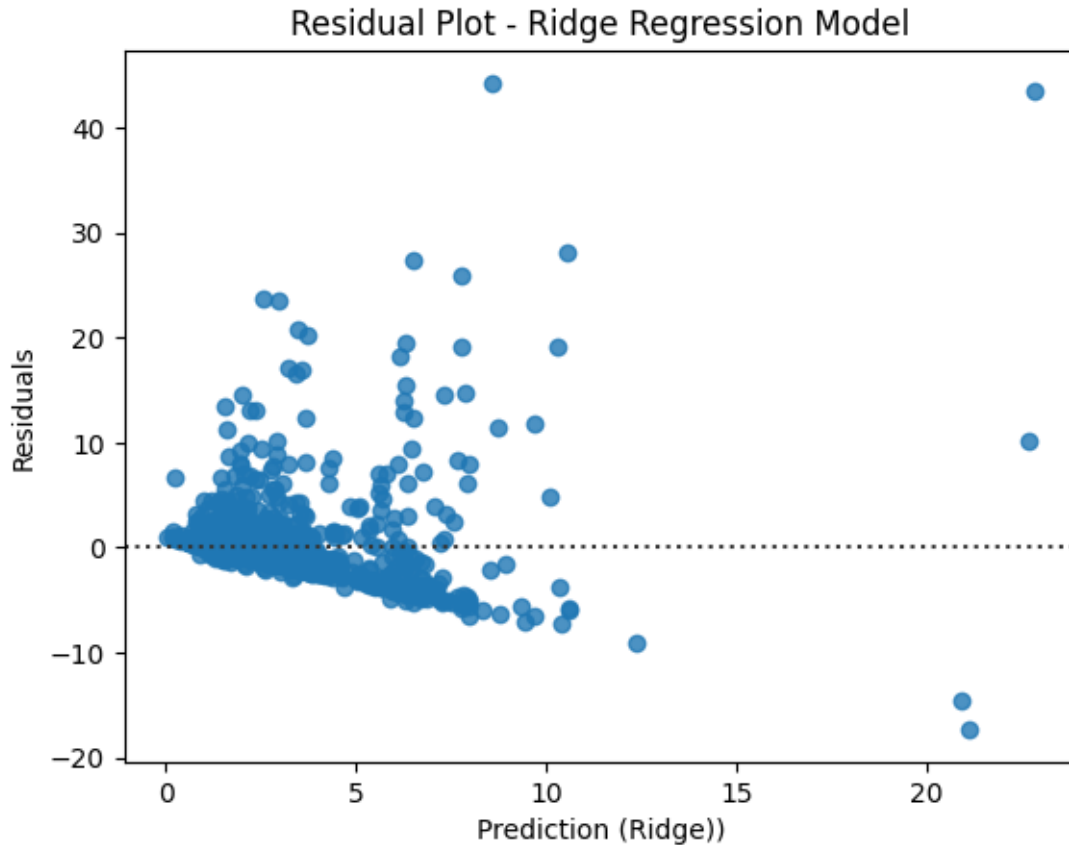
print(f"RMSE do modelo de regressão linear com regularização Ridge: {RMSE}")
```

RMSE do modelo de regressão linear com regularização Ridge: 3.0388031455831945

6.2 Proposta de modelo alternativo

Com base na avaliação do modelo, é perceptível que um modelo simples de regressão linear com regularização já entrega um bom desempenho. No entanto, a busca pelo melhor resultado possível continua. Antes de propor um modelo alternativo, vale analisar o gráfico de resíduos para esta regressão e, assim, tomar uma decisão mais precisa sobre a escolha do novo modelo a ser experimentado.

```
[ ]: residual = (y_valid - y_pred_ridge_model)
sns.residplot(x=y_pred_ridge_model, y=residual)
plt.xlabel("Prediction (Ridge)")
plt.ylabel("Residuals")
plt.title("Residual Plot - Ridge Regression Model")
plt.show()
```



6.3 Modelo alternativo - SVR

A fim de lidar com esses valores que distoam mais da previsão feita pelo modelo de regressão **Ridge**, a ideia é partir para o modelo *Support Vector Regression*. O *SVR* é uma adaptação do modelo de classificação *Support Vector Machines (SVM)* para problemas de regressão.

Assim como a *SVM*, o *SVR* tenta encontrar o melhor hiperplano que se ajuste aos dados, mas com uma abordagem ligeiramente diferente. Em vez de tentar ajustar a maior margem entre duas classes como na *SVM*, o *SVR* tenta ajustar uma linha aos dados de tal maneira que a maior quantidade de pontos possíveis estejam dentro de um certo limite em torno dessa linha. Em outras palavras, o *SVR* tenta minimizar a quantidade de erro dentro desse limite, dado por um hiperparâmetro ϵ (*epsilon*) e considera apenas erros que estão fora do limite.

Além do mais, é importante utilizar uma técnica de estandardizar os dados, de forma que o algoritmo, que tem o objetivo de incluir o máximo de dados dentro do limite de ϵ , conseguirá desempenhar sua função com melhor desempenho.

```
[ ]: from sklearn.preprocessing import StandardScaler
     from sklearn.svm import SVR
     from sklearn.pipeline import Pipeline
```

```

REGULARIZATION_PARAMETER = 1
EPSILON = 0.1

scaler = StandardScaler()
svr_model = SVR(kernel='linear', C=REGULARIZATION_PARAMETER, epsilon=EPSILON)

scaler_svr_pipe = Pipeline([
    ("scaler", scaler),
    ("model", svr_model),
])

scaler_svr_pipe.fit(X_train, y_train)
y_pred_svr = scaler_svr_pipe.predict(X_valid)

```

6.3.1 Avaliação do modelo alternativo

```

[ ]: RMSE = np.sqrt(mean_squared_error(y_valid, y_pred_svr))

print(f"RMSE do modelo de regressão SVR: {RMSE}")

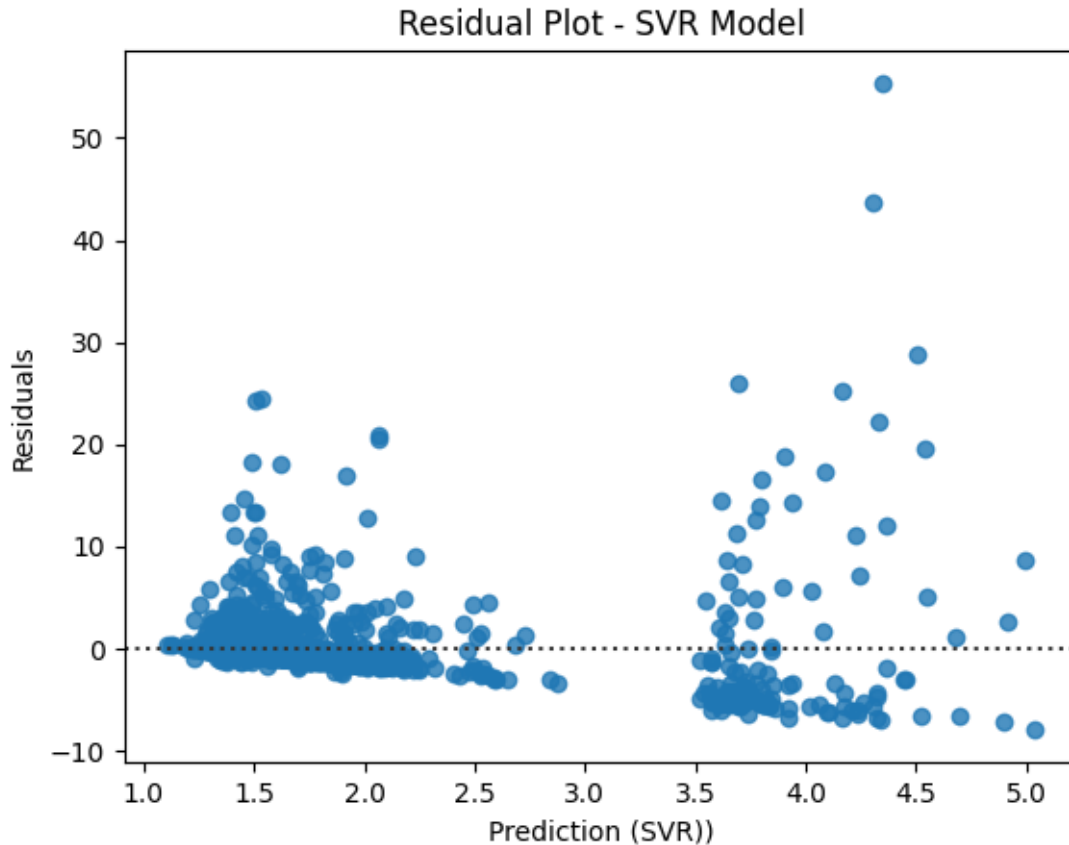
```

RMSE do modelo de regressão SVR: 3.2638087299535505

```

[ ]: residual = (y_valid - y_pred_svr)
sns.residplot(x=y_pred_svr, y=residual)
plt.xlabel("Prediction (SVR)")
plt.ylabel("Residuals")
plt.title("Residual Plot - SVR Model")
plt.show()

```

7 Seleção e Teste do modelo

Pode ser observado que, ao se alterar para um modelo de *SVR*, o desempenho sofreu uma pequena piora para a previsão dos preços das cartas. Portanto, considerando todas as descobertas realizadas, o modelo final selecionado foi o de *Regressão Linear com Ridge*.

O modelo ajustado é então testado usando o conjunto de teste, que contém o restante dos dados. Isso permite avaliar como o modelo se comporta em situações reais e verificar sua capacidade de generalização.

```
[ ]: y_pred_final = ridge_model.predict(X_test)

RMSE = np.sqrt(mean_squared_error(y_test, y_pred_final))

print(f"RMSE do modelo de regressão Ridge para o conjunto de testes: {RMSE}")
```

RMSE do modelo de regressão Ridge para o conjunto de testes: 4.354784302540497

```
[ ]: print(f"Coeficientes do modelo de regressão Ridge: \n{ridge_model.coef_}")
```

```

greater_coef_idx = [x[0] for x in sorted(enumerate(ridge_model.coef_),
↳key=lambda x: x[1])[-10:]]
smaller_coef_idx = [x[0] for x in sorted(enumerate(ridge_model.coef_),
↳key=lambda x: x[1])[:10]]
greater_coef_feature = []
smaller_coef_feature = []
greater_coef_weight = []
smaller_coef_weight = []

print("\nCoeficientes que impactam mais positivamente:\n")
for idx in greater_coef_idx:
    print(f"{model_data.columns[idx]}: {ridge_model.coef_[idx]}")
    greater_coef_feature.append(model_data.columns[idx])
    greater_coef_weight.append(ridge_model.coef_[idx])

print("\nCoeficientes que impactam mais negativamente:\n")
for idx in smaller_coef_idx:
    print(f"{model_data.columns[idx]}: {ridge_model.coef_[idx]}")
    smaller_coef_feature.append(model_data.columns[idx])
    smaller_coef_weight.append(ridge_model.coef_[idx])

```

Coeficientes do modelo de regressão Ridge:

```

[-1.49003251e-04  7.08517027e-06  1.90859737e-01 -6.25992626e-01
 4.31769480e-02 -6.81235448e-01 -7.86940685e-02  2.61425560e-02
-6.32077194e-02 -9.24754064e-01 -5.08271893e+00 -3.54280052e+00
 4.35084160e-01  4.90182874e+00 -4.00482179e+00 -3.95176237e+00
-5.12274630e+00 -5.04641254e+00 -3.17881785e+00 -2.75223929e+00
-1.06830574e+00 -4.23778076e+00 -5.51543580e-01 -4.85184591e+00
-3.31463374e+00  1.40550582e+01 -4.48202912e+00  0.00000000e+00
 1.74054228e+00 -3.18934734e+00 -1.50834965e-01  1.38199033e+00
-3.28584111e-01 -2.42500196e-01 -1.59997906e-01  1.34965022e-01
-5.19278942e-01 -1.69888324e-01  0.00000000e+00  1.58279240e-01
 4.63093071e-01  4.89964102e-02  8.72607293e-02  1.15759232e-01
 1.63397946e-01  1.20586949e-01 -3.17884026e-01  3.93352571e-03
 5.85018712e-01 -8.99236945e-03  2.01100018e-01  1.05022150e+00
 1.38199033e+00  3.64395669e-01  2.30346206e-01 -1.34717529e-01
-3.57017457e-02  1.26110477e-01  2.26736891e-01 -1.15759232e-01
 4.46832251e-01  2.57216784e-02  3.26314020e-02 -1.61449771e-01
 3.01667660e-01  1.06841832e+00  8.57447308e-01 -1.38958350e-02
 5.36793829e-01  6.15797970e-01 -1.67745548e-01  1.32159119e-01
 0.00000000e+00  0.00000000e+00  0.00000000e+00 -2.10517260e-01
 1.81469175e-02  6.23949182e-01  4.80093356e-02  0.00000000e+00
 0.00000000e+00 -1.51895901e-01 -5.89335711e-02  0.00000000e+00
-2.29848603e-01  5.47312887e-02 -2.28705063e-01  4.13608874e-02
-1.05985544e-01 -2.96338638e-01 -2.75016664e-01 -2.34132146e-01
 0.00000000e+00 -1.93682502e-01 -1.77613594e-01  7.86940685e-02

```

```

-1.11327886e-01  2.02106439e-01 -9.46881968e-02  1.13564955e-01
 1.34741152e-01 -1.69574681e-02  6.54771854e-02  5.80547319e-01
 2.59463872e-01  0.00000000e+00  5.72061989e-01  3.66384974e-01
-1.91938431e-01 -2.83846837e-01  1.01370076e+00 -1.44998884e-02
 7.29144344e-01  1.06829249e+00  5.16551011e-01 -4.30485803e-02
 4.77927967e-01  2.05541885e-01  1.79320808e-01  4.35765602e-02
 1.28568968e-01  1.92361418e-03 -1.92784208e-01 -6.29266316e-01
 7.36551512e-01 -2.64823116e-01  1.00674836e+00  4.07770472e-01
 8.38061432e-01]

```

Coeficientes que impactam mais positivamente:

```

PCA_6: 1.006748359823954
Ability1_Gemini: 1.0137007584598023
MonsterType_Cyberse: 1.0502214971632065
Ability1_Ritual: 1.0682924944663663
MonsterType_Rock: 1.068418323099709
Attribute_dark: 1.3819903295604266
MonsterType_Dinosaur: 1.3819903295604268
Rarity_Super Short Print: 1.74054228415459
Rarity_Duel Terminal Super Parallel Rare: 4.90182873640093
Rarity_Short Print: 14.055058233857656

```

Coeficientes que impactam mais negativamente:

```

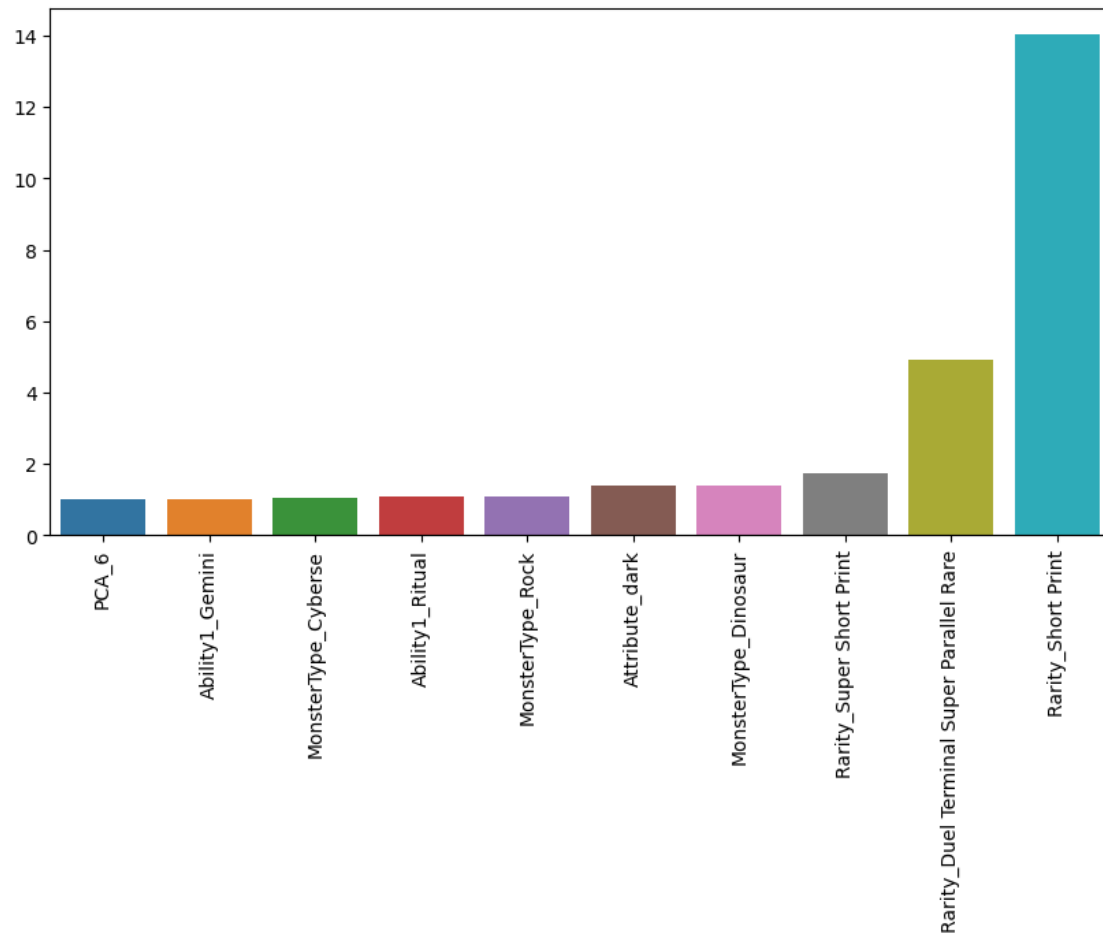
Rarity_Gold Secret Rare: -5.122746302873095
Rarity_Collectors Rare: -5.0827189304760445
Rarity_Mosaic Rare: -5.046412538708096
Rarity_Secret Rare: -4.851845909985188
Rarity_Starfoil Rare: -4.482029123526432
Rarity_Prismatic Secret Rare: -4.237780756359315
Rarity_Duel Terminal Ultra Parallel Rare: -4.004821794894435
Rarity_Gold Rare: -3.951762368131362
Rarity_Common: -3.542800522089879
Rarity_Shatterfoil Rare: -3.3146337441116103

```

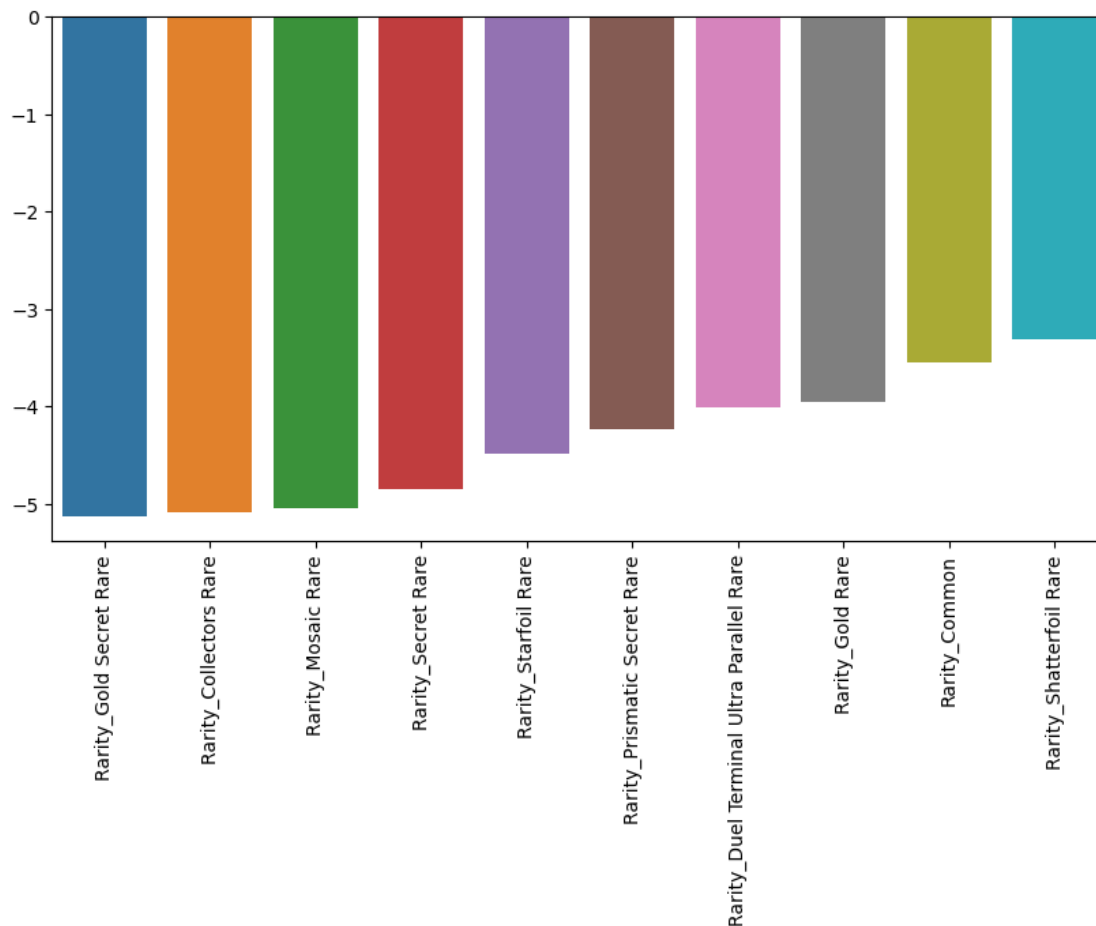
```

[ ]: plt.figure(figsize=(10, 5))
      plt.xticks(rotation=90)
      sns.barplot(x=greater_coef_feature, y=greater_coef_weight, width=0.8);

```



```
[ ]: plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.xticks(rotation=90)
sns.barplot(x=smaller_coef_feature, y=smaller_coef_weight, width=0.8);
```



8 Conclusão

Em síntese, o relatório descreve a implementação e os resultados de dois modelos de aprendizado de máquina - um modelo de regressão linear com regularização Ridge e um modelo de regressão Support Vector Regression (SVR) - para prever o preço de cartas de Yu-Gi-Oh com base em suas características múltiplas. Ao comparar ambos os modelos, a regressão Ridge superou o SVR, fornecendo previsões de preço ligeiramente mais precisas para as cartas, na etapa de validação.

Os modelos foram testados utilizando um conjunto de dados separados para teste e o modelo de regressão Ridge apresentou um desempenho relativamente robusto, corroborando a eficácia do modelo na tarefa de previsão de preços. Estes resultados são encorajadores e destacam o potencial do uso de aprendizado de máquina em aplicações do mercado de cartas colecionáveis. No entanto, é importante destacar que, com um erro médio de aproximadamente 4 dólares, a previsão do preço de cartas do tipo *Skill*, que tendem a ser mais baratas, pode ser significativamente impactada.

Além disso, este estudo abre caminho para futuras pesquisas. Um aspecto promissor a ser explorado é o desempenho dos modelos ao dividir os dados em subconjuntos específicos para cada tipo de carta. Isto pode permitir uma análise mais detalhada e precisa das variações de preços em relação

às diferentes categorias de cartas, aumentando ainda mais a eficácia dos modelos de previsão.

Em conclusão, a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina para prever o preço de cartas de Yu-Gi-Oh demonstrou ser uma ferramenta valiosa, proporcionando insights significativos e precisos sobre o mercado de cartas colecionáveis. Esses resultados podem servir como base para o desenvolvimento de estratégias de negociação mais eficazes para colecionadores e negociantes.

9 Referências

Base de dados do Kaggle disponível [aqui](#).

Requisições web realizadas ao iterar sobre os sets de cartas, obtendo os preços das cartas pertencentes aos respectivos sets. Esta API pode ser consumida pelo endpoint https://yugiohprices.com/api/set_data/{nome_do_set}. Exemplo de resposta pode ser observado [aqui](#).