

Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Faculdade de Computação e Informática – FCI

## PROJETO APLICADO III

### Sistemas de Recomendação

#### COMPONENTES DO GRUPO:

Carlos Antônio Batista	- TIA 22021477
Erick Meyer Machado Terceiro	-TIA 22008225
Mauricio Henrique Leal Novakowski	- TIA 22015078
Pedro Costa Dias	-TIA 22010823

São Paulo

2023

Carlos Antônio Batista

Erick Meyer Machado Terceiro

Mauricio Henrique Leal Novakowski

Pedro Costa Dias

## Sistema de Recomendação dos Dados

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Faculdade Presbiteriana Mackenzie do Estado  
de São Paulo como requisito parcial à obtenção  
do grau de Bacharel em Tecnologia em Ciências  
de Dados.

Orientador: Prof.Dr.Murilo Gleyson Gazzola

São Paulo

2023

## Resumo

Sistemas de Recomendação são mecanismos que vem ganhando força na área de Recuperação da Informação aplicada à web. A crescente demanda de dispositivos tecnológicos gera uma grande quantidade de dados que são manipulados por um grupo do conhecimento nomeado Big Data. Um dos segmentos mais influentes dessa área são os sistemas de recomendação e estão presentes em diferentes situações do ambiente virtual. Encontram-se sistemas de recomendação voltados à diversos assuntos, tais como filmes, livros, músicas e todo o tipo de comércio online. Contudo, considerando a crescente preocupação das pessoas com a saúde e principalmente com os seus hábitos alimentares, notamos a falta de um sistema que recomende opções para tornar receitas culinárias, assunto de diversos sites especializados, em mais saudáveis e com alimentos que você tem em sua casa. É nesse contexto que implementamos o Sistema de Recomendação de Receitas e Interações, sistema este que tem por principal objetivo estimular a mudança dos hábitos alimentares dos usuários. Através de pesquisas e solicitações de receitas já feitas no passado pelos usuários, podemos perceber suas preferências e gostos e, também, convencê-los a experimentar novos alimentos. Assim, o desenvolvimento desses algoritmos que utilizam aprendizado de máquina podem propiciar uma recomendação com maior acurácia e os usuários fiquem satisfeitos com a recomendação.

Palavras-chave: Sistemas de Recomendação. Receitas. Alimentos. Saúde.

## SUMÁRIO

1 - Introdução:	
1.1 - Contexto do trabalho .....	05
1.2 – Motivação-Justificativas .....	07
1.3 - Objetivos .....	07
1.4 – Cronograma e Diretório .....	07
2 - Referencial Teórico .....	08
2.1 – Descrição do Projeto .....	10
2.1.1 – Definição da linguagem usada .....	10
2.1.2 – Análise exploratória .....	10
2.1.3 – Definição da técnica de treinamento do modelo .....	11
2.1.4 – Treinamento do modelo .....	12
2.1.5 – Definição da forma de avaliação do desempenho do modelo .....	12
3 – Metodologia do Projeto .....	13
3.1 – Definição do K Nearest Neighbors para sistema de recomendação .....	13
3.2 – Descrição do Técnica Utilizada .....	19
3.3 – Resultados Preliminares .....	22
4 - Resultados .....	24
5 - Conclusão e Trabalhos Futuros .....	27
6- Referência Bibliográfica .....	28

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Contexto do Trabalho

Após várias pesquisas e análises de datasets no Kaggle e no repositório da Universidade da Califórnia, escolhemos o conjunto de dados “Receitas e interações do Food.com” para aplicarmos o Sistema de Recomendação, treinar e testar os métodos mais eficazes para gerar receitas personalizadas a partir do histórico de preferência do usuário (retirado do Kaggle).

Kaggle é uma plataforma para aprendizado de Ciências de Dados que possui inúmeros conjuntos de dados para todo o tipo de treinamento em Data Science e Machine Learning.

O repositório da Universidade da Califórnia possui uma infraestrutura técnica robusta, conectados a mais de 100 mil redes de pesquisa e educação de alto desempenho em todo o mundo. Esse repositório digital leva a segurança muito a sério e são implementadas medidas de proteção dos dados dos clientes.

Sistemas de recomendação são aplicações que conseguem sugerir algo a uma pessoa, com a ajuda de uma predição probabilística de que ele vai gostar daquilo. Envolve uma análise profunda que compreende padrões, correlações entre os dados e até mesmo a distância entre as variáveis existentes na base de dados.

Figura 1 – demonstração esquemática de sistema de recomendação



Fonte: <https://didatica.tech/sistemas-de-recomendacao/>

Link dataset: <https://www.kaggle.com/datasets/shuyangli94/food-com-recipes-and-user-interactions>

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

**Fonte da base de dados**

Tabela 1 – Informações da Base de Dados

<b>Forma de coleta</b>	Raspado por meio de solicitações Python/BeautifulSoup
<b>Início da coleta</b>	24/02/2000
<b>Término da coleta</b>	17/12/2018
<b>Origem dos dados</b>	Food.com
<b>Proprietário da base</b>	Shuyang Li
<b>Editor primário da base</b>	Shuyang Li
<b>Editor secundário da base</b>	Bodhisattwa Prasad Majumder
<b>DOI</b>	10.34740/kaggle/dsv/783630
<b>Licença</b>	Arquivo de dados © Autores originais
<b>Frequência de atualização</b>	Atualizado há 4 anos

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados do Kaggle.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

## 1.2 Motivação - Justificativas

A relevância do tema é, a partir de receitas consumidas pelo usuário anteriormente, atender em nível de técnica e receita, aquela que seja plausível e personalizada para cada tipo de usuário, tornando-o mais feliz e satisfeito além de colaborar com a sua saúde alimentar e física.

Sabemos que uma alimentação saudável é fundamental para o bom funcionamento do organismo. A alimentação saudável aliada a exercícios físicos contribui para a qualidade de vida, melhorando o sistema imunológico, a capacidade de concentração, prevenindo doenças entre outros benefícios.

A má alimentação é uma das principais causas de mortes no mundo. A alimentação inadequada está relacionada ao desenvolvimento de doenças e problemas de saúde como: obesidade e sobrepeso, doenças cardiovasculares, diabetes entre outras.

Nesse contexto, esse projeto pode ajudar todas as pessoas a prepararem uma refeição simples e saudável de acordo com os gostos e preferências individuais, sem excessos e exageros, incentivando a boa prática alimentar, experimentando alimentos diferentes e tornando-os mais receptivos a determinados alimentos que não costumam comer.

## 1.3 Objetivos

Este projeto tem por objetivo gerar receitas personalizadas para ajudar os usuários com preferências culinárias. Ajudar as pessoas a mudarem o seu comportamento alimentar, desenvolvendo sistemas capazes de recomendar receitas saudáveis e que levam em conta as necessidades e preferências (gostos) dos usuários e, também, a experimentar novos alimentos.

## 1.4 Diretório

Link para o diretório: <https://github.com/PedroCosDi/ProjetoAplicadoMack3>

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Projeto de conclusão de curso da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campos Chapecó – Ciência da Computação de 2022 sobre sistema de recomendação de receitas alimentares utilizando filtragem baseada em conteúdo.

O projeto trata da dificuldade, nos últimos anos, de se manter uma alimentação saudável devido a fatores como reflexo da pandemia, problemas psicológicos como ansiedade e depressão.

A internet nos traz uma quantidade de receitas alimentares disponíveis e que vem crescendo a cada dia. Por conta disso, o projeto propõe um desenvolvimento de um sistema de recomendação de receitas, onde o usuário transforma o ato de cozinhar em um hobby e a necessidade de manter uma vida mais saudável. O projeto usa a filtragem baseada em conteúdo para fazer a recomendação e que também é feita por meio de cinco receitas por maior similaridade utilizando a distância euclidiana.

A filtragem baseada em conteúdo seleciona itens considerando o conteúdo de cada um e comparando ao conteúdo dos itens previamente avaliados pelo usuário, e que parece ser a mais apropriada para o projeto.

O objetivo do desenvolvimento desse projeto é possibilitar a melhor compreensão dos métodos de extração de dados, ou web scraping, além de tratar e padronizar os dados que poderão ser utilizados como facilitador no desenvolvimento de projetos futuros.

No que se refere aos algoritmos de aprendizado de máquina, são responsáveis por realizar tarefas desejadas de modo que produzam uma saída esperada; algoritmos esses que funcionam por meio de repetição, modo em que as saídas ficam mais precisas a cada repetição feita. Para que isso ocorra, o conjunto de dados foi dividido em treino e teste.

No projeto foi usado o KMeans que é um algoritmo de clusterização, processo de classificação de padrões na forma não supervisionada em grupos ou clusters. Para isso foi necessário determinar o número de clusters e o centro de cada um deles.



**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Utilizando as bibliotecas existentes para a linguagem de programação Python, a experimentação demonstrou que, no conjunto de dados extraído de um site chamado “Tudo Gostoso”, obteve-se um melhor resultado utilizando o algoritmo KMeans com três clusters.

Também possibilitou a verificação das recomendações usando a distância euclidiana entre os objetos como medida de similaridade.

A ferramenta teve um resultado razoável em relação às recomendações geradas.

Para trabalhos futuros, pensam em gerar um sistema de recomendação mais preciso, com receitas que possuam ingredientes mais específicos e também desenvolver um sistema capaz de aperfeiçoar as recomendações, criando perfis, separados por grupos, condizentes ao gosto do usuário.

BEVILACQUA, Gustavo. Sistema de Recomendação de Receitas Alimentares Utilizando Filtragem Baseada em Conteúdo. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências da Computação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC, 2022. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/5761/1/BEVILACQUA.pdf>. Acesso em: 22/09/2023.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

## 2.1 Descrição do Projeto

### 2.1.1 Definição da Linguagem de Programação Usada

A linguagem de programação usada no projeto será o Python, linguagem de alto nível, sintaxe relativamente simples e de fácil compreensão. Possui um grande número de bibliotecas, dentre elas usaremos pandas, numpy, seaborn, matplotlib, sklearn, `csr_matrix(scipy,sparse)`, entre outros.

### 2.1.2 Análise Exploratória

Esse projeto tem como objetivo sistema de recomendação de usuários de “Receitas e Interações do Food.com” para gerar receitas personalizadas, ajudando o usuário com suas preferências culinárias, mudando seu comportamento alimentar levando em consideração as necessidades e preferências e, o mais importante, experimentar novos alimentos.

Para a análise exploratória, que consiste em toda e qualquer operação realizada com os dados com o objetivo de garantir uma base de dados limpa e organizada para facilitar a compreensão dos dados. Foi realizado o tratamento da base de dados com a limpeza dos dados, verificando e substituindo valores ausentes (dropando esses valores – pois quando encontrado um valor em branco, o nosso modelo preditivo poderá dar erro), contagem de linhas e colunas, exclusão de colunas desnecessárias para o projeto, verificação e tratamento de valores duplicados tanto para o dataset receitas, como para o dataset interações que serão agrupados. Foi verificado os tipos de variáveis de ambos datasets. Depois do agrupamento, será novamente verificado o número de linhas e colunas, removemos a duplicidade de usuários que fizeram review de receitas duas ou mais vezes, verificamos novamente os valores duplicados para que não tenhamos problemas de um usuário avaliar a mesma receita diversas vezes.

Foi removido o “ID\_RECEITA” para que a receita seja recomendada pelo “NOME\_RECEITA”.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Criamos um novo dataset com as receitas em linhas e os usuários em colunas, fazendo um pivô para que cada “ID\_USUARIO” seja uma variável com o respectivo valor de avaliação para cada receita avaliada. Importamos o `csr_matrix` (pacote `Scipy`) que é um método para criar a matriz esparsa, que é uma matriz na qual a grande maioria de seus elementos possui um valor padrão, que no caso do nosso projeto, esse valor é o zero. Assim, foi criado e testado o modelo K Vizinhos Mais Próximos (KNN) e as recomendações foram realizadas.

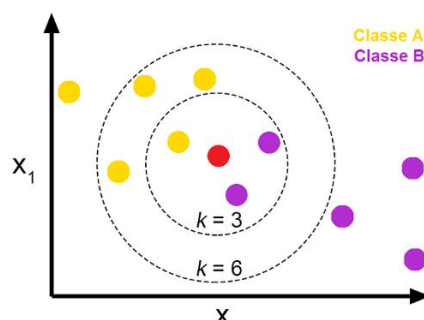
### 2.1.3 Definição da técnica de treinamento do modelo de recomendação

A técnica de treinamento do modelo de recomendação utilizada nesse projeto será o K Vizinhos Mais Próximos (KNN) modelo bem simples de ser compreendido, apenas é necessário que tenha uma noção de distância e que quanto maior é a proximidade dos pontos, maior é a similaridade entre eles.

Para fazer a recomendação, o filtro colaborativo e o filtro por conteúdo busca por usuários com dados similares e a partir desses dados faz a recomendação de itens ainda não consumidos pelo usuário que está recebendo a recomendação cruzada com os gostos de outro usuário com perfil parecido, com isso se evita que o usuário fique dentro de uma bolha de conteúdos, mas que tem que ser medido para não diversificar demais o conteúdo e o usuário não se identificar com o que foi apresentado.

O KNN faz a predição da vizinhança K do usuário solicitante da recomendação com base em suas classificações positivas ou negativas, para então fazer a previsão das avaliações do usuário.

Figura 2 – Algoritmo KNN



Fonte: <https://medium.com/brasil-ai/knn-k-nearest-neighbors-1-e140c82e9c4e>

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

#### 2.1.4 Treinamento do Modelo

O sistema de filtro colaborativo usa as ações dos usuários para recomendar outras receitas. Já o sistema de filtro por conteúdo usa uma lista de receitas inspirada pelo histórico de navegação do usuário (baseada nas últimas receitas adquiridas pelo usuário).

Logo, o filtro precisa conhecer o domínio em que ele atua de forma que consiga fazer as comparações e retornar receitas semelhantes.

O algoritmo ideal para se utilizar em um sistema de recomendação, são os algoritmos que se calculam e que se baseiam em distância, algoritmo esse que é o K Vizinhos Mais Próximos (KNN) que é um excelente algoritmo quando se deseja fazer modelos preditivos referente a cálculos de distância.

Como cada usuário virou uma variável, para criar o modelo preditivo usaremos o conceito de matriz esparsa, uma matriz com muitos valores zero e que conseguimos compactar essa matriz, e onde houver valores zero, haverá uma função que irá gravar essas posições de zeros.

Para fazer uma conversão para uma matriz esparsa é bem simples, ou seja, no pacote scipy utilizar método `csr_matrix` e a partir daí já podemos criar o nosso modelo preditivo com uma matriz compactada.

#### 2.1.5 Definição da Forma de Avaliação de Desempenho do Modelo

A análise de grandes quantidades de dados torna-se uma tarefa desafiadora, e para essa tarefa é imprescindível a utilização de ferramentas computacionais que, de forma inteligente, processem as informações dos bancos de dados para auxiliarem na tomada de decisão.

O objetivo desse projeto é buscar o melhor resultado do desempenho do algoritmo K Vizinhos Mais Próximos (KNN) no sistema de recomendação.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Para avaliar o desempenho dos algoritmos é fundamental entender as metodologias de avaliação através da comparação das predições realizadas e as respectivas avaliações reais de usuários para as instâncias preditas.

A obtenção de métricas para aferir o desempenho de um sistema de recomendação é fundamental para verificarmos se as predições realizadas são adequadas para o projeto.

Após importação do algoritmo KNN do Scikit Learn, iremos criar e treinar nosso modelo preditivo. Para isso criamos um objeto chamado “modelo” que receberá o pacote do KNN (NearestNeighbors) usando também um hiperparâmetro chamado “algorithm = brute”, que é um método direto de resolver um problema que depende de poder computacional puro e de tentar todas as possibilidades em vez de técnicas avançadas para melhorar a eficiência.

O “modelo.fit” é o comando para se fazer o treino do modelo preditivo. Ao executarmos, ele criará e treinará nosso modelo.

A partir daí é só realizar as previsões sugerindo ao usuário as receitas. O Kneighbors é o que irá retornar de previsão dos vizinhos mais próximos (que são as recomendações) através da distância e das sugestões.

E por fim, os parâmetros é quem irão ser passados para o nosso modelo fazer as previsões.

### 3 Metodologia do Projeto

#### 3.1 Definição do K Nearest Neighbors (KNN) para sistema de recomendação:

O algoritmo K Nearest Neighbors (KNN) pode ser usado em sistema de recomendação, embora seja mais comumente associado a tarefas de classificação e regressão. Quando aplicado em sistema de recomendação é utilizado para encontrar itens ou recomendações similares com base no comportamento de outros usuários ou itens.

Existem duas abordagens principais para utilizar o KNN em sistemas de recomendação:

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

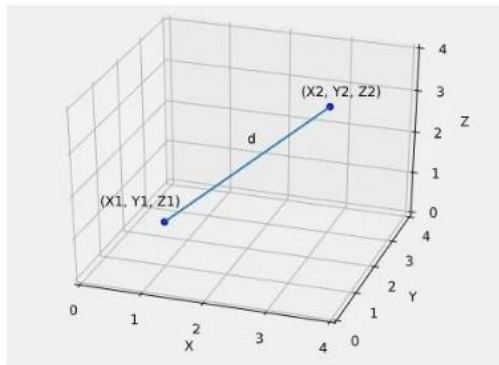
1) Sistema de Recomendação de Usuário-Baseado (User-Based) – é usado para encontrar usuários similares com base em seu histórico de interações com itens. Uma vez identificados, os itens preferidos por esses usuários podem ser recomendados ao usuário de destino.

2) Sistema de Recomendação de Item-Baseado (Item-Based) – é usado para encontrar itens similares com base nas preferências dos usuários.

Para implementar o KNN em sistema de recomendação, a métrica de similaridade desempenha um papel fundamental. A similaridade entre usuários ou itens é medida usando métricas de distância como a distância euclidiana, que matematicamente pode ser expressa como:

Figura 3- Distância Euclidiana e a sua respectiva fórmula

$$\text{Distância Euclidiana} = \sqrt{((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 + \dots)}$$



(1)

Fonte: <https://medium.com/@natalia.gcv/entenda-o-funcionamento-do-k-nearest-neighbors-knn-616dad34e>

Outra métrica de distância é a correlação de Pearson que mede o quanto duas variáveis mudam juntas dividida pelo produto do quanto elas mudam individualmente. Quanto mais as variáveis mudam juntas em relação ao quanto mudam individualmente, maior a correlação.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Fórmula para cálculo do coeficiente de Pearson entre dois objetos é:

$$Pearson(x, y) = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N})(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N})}} \quad (2)$$

Fonte: <https://uit.br/sicit/images/Documentos/ARTIGOS/APO9.pdf>

Outra métrica que podemos citar é a similaridade de cosseno, que é a métrica que calcula o ângulo gerado entre dois vetores com relação à origem, entre outras.

$$\text{similarity} = \cos(\theta) = \frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}}{\|\mathbf{A}\| \|\mathbf{B}\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (3)$$

Fonte: <https://medium.com/data-hackers/deep-learning-para-sistemas-de-recomenda%C3%A7%C3%A3o-parte-3-recomenda%C3%A7%C3%A3o-por-similaridade-d788c126d808>

A escolha do valor de “K” é importante nesse contexto. Um valor de “K” maior pode levar a recomendações mais diversificadas, mas também, pode resultar em recomendações menos personalizadas. Um valor de “K” menor tende a produzir recomendações mais focadas, mas pode não levar em consideração informações suficientes.

O KNN em sistemas de recomendação pode ser eficaz em cenário onde a informação de usuário ou item é escassa, uma vez que aproveita informações de comportamento semelhante de outros usuários ou itens. No entanto, ele pode sofrer com problemas da “maldição da dimensionalidade” em conjunto de dados muito grandes, onde a eficiência computacional e a seleção de recursos relevantes se tornam preocupações importantes.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Podemos citar, também, o sistema de recomendação usando o pacote surprise. Surprise é um pacote Python para construir e analisar sistemas de recomendação que lidam com dados de classificação explícitos. Não é uma biblioteca nativa do Python, mas disponibiliza diversos algoritmos prontos para previsão e, além disso, possui ferramentas para avaliar modelos.

O surprise tem implementado vários algoritmos, mas no nosso projeto fizemos a análise com três deles (segue abaixo) e aquele que tiver a melhor performance na avaliação, usaremos no nosso modelo.

1) KNN Baseline – algoritmo básico de filtragem colaborativa que leva em consideração uma classificação básica. A previsão é definida como (segue abaixo) dependendo do user\_based campo do sim\_options parâmetro.

$$\hat{r}_{ui} = b_{ui} + \frac{\sum_{v \in N_r^k(u)} \text{sim}(u, v) \cdot (r_{vi} - b_{vi})}{\sum_{v \in N_r^k(u)} \text{sim}(u, v)}$$

ou

$$\hat{r}_{ui} = b_{ui} + \frac{\sum_{j \in N_u^k(i)} \text{sim}(i, j) \cdot (r_{uj} - b_{uj})}{\sum_{j \in N_u^k(i)} \text{sim}(i, j)} \quad (4)$$

Fonte: <https://dadosaocubo.com/sistemas-de-recomendacoes-com-surprise/>

2) SlopeOne – é uma família de algoritmos usados para a filtragem colaborativa, não trivial, baseada em itens com base em classificações. Um algoritmo simples, mas preciso. Sua simplicidade torna especialmente fácil implementá-los e de forma eficiente, enquanto sua precisão costuma estar no mesmo nível de algoritmos complicados e computacionalmente caros. A previsão dos itens relevantes é definida como:



**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

$$\hat{r}_{ui} = \mu_u + \frac{1}{|R_i(u)|} \sum_{j \in R_i(u)} \text{dev}(i, j), \quad (5)$$

Fonte:

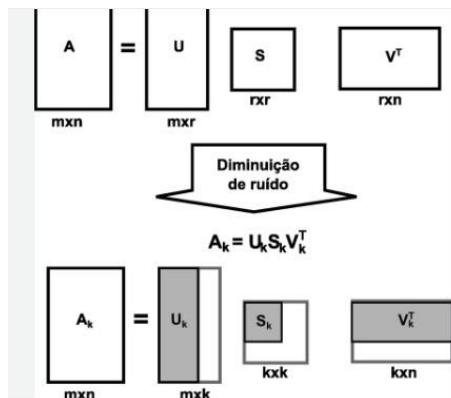
[https://surprise.readthedocs.io/en/stable/knn\\_inspired.html#surprise.prediction\\_algorithms.knn.KNNBaseline](https://surprise.readthedocs.io/en/stable/knn_inspired.html#surprise.prediction_algorithms.knn.KNNBaseline)

3) CoClustering – é um algoritmo de filtragem colaborativa. Também possui implementação simples. Basicamente, usuários e itens recebem alguns clusters e alguns CoClusters. Os clusters são atribuídos usando um método de otimização simples e direta, semelhante ao K-Means. Após isso, os modelos são criados e treinados, bastando somente avaliá-los.

E por fim, podemos avaliar os modelos pela métrica da Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e pelo Erro Médio Absoluto (MAE) das previsões e fazer o cross-validate usando o método SVD do pacote surprise.

O SVD (Singular Value Decomposition), ou em português, Decomposições de Valores Singulares, não é uma métrica de avaliação em si, mas uma técnica de decomposição matricial amplamente usada na análise de dados e no processamento de informações.

Figura 4- Representação do modelo SVD



Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-48-A-decomposicao-por-valores-singulares-e-a-posterior-reducao-de-posto-Baseado\\_fig5\\_234027762](https://www.researchgate.net/figure/Figura-48-A-decomposicao-por-valores-singulares-e-a-posterior-reducao-de-posto-Baseado_fig5_234027762)

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

SVD é um método numérico pertencente ao campo de estudo de Álgebra Linear, utilizado para fatorar matrizes retangulares. É um dos resultados mais importantes da Álgebra Linear, tanto computacional quanto teórico.

O SVD é usado em várias aplicações, incluindo redução de dimensionalidade, compressão de dados, filtragem colaborativa em sistemas de recomendação e análise de componentes principais.

Em métricas de avaliação, como na avaliação de modelos de Machine Learning, o SVD pode ser usado como uma técnica para realizar uma transferência de dimensionalidade nos dados, o que pode ajudar a melhorar a interpretação e desempenho dos modelos. No entanto, o SVD por si não é uma métrica de avaliação.

Em vez disso, métricas de avaliação comuns incluem coisas como precisão, recall, F1\_Score, AUC (área sob a curva ROC) e RMSE (Raiz do Erro Quadrático Médio), dependendo do tipo de problema e modelo que está sendo avaliado.

O MAE (Erro Médio Absoluto) é a medida da diferença entre o valor previsto pelo recomendado e o valor real fornecido pelo usuário, ou seja, as avaliações feitas pelos usuários. O MAE mostra o quanto a pontuação prevista está longe da pontuação real. O MAE igual a zero significa que não houve diferença entre a avaliação prevista e real e que o modelo previu com precisão. Portanto, quanto menor o MAE, melhor.

Abaixo, seguem as representações matemáticas do RMSE e do MAE:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (6)$$

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n} \quad (7)$$

Fonte: <https://ichi.pro/pt/uma-lista-exaustiva-de-metodos-para-avaliar-sistemas-de-recomendacao-183670080086494>

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

### 3.2 Descrição da Técnica Utilizada

Utilizamos um sistema de recomendação item-baseado em receitas, que é um sistema projetado para recomendar receitas aos usuários com base em suas preferências e histórico de consumo. Portanto, este sistema pode ser útil para ajudar as pessoas a descobrirem novas receitas, planejarem refeições e usarem ingredientes que já possuem em casa e até mesmo provarem novos ingredientes.

Segue abaixo uma visão geral de como esse sistema de recomendação do nosso projeto pode funcionar:

- 1) Coleta de dados – o sistema coleta dados sobre receitas, ingredientes, avaliações de usuários, preferências alimentares e histórico de consumo.
- 2) Pré-processamento dos dados – os dados coletados são processados para eliminar ruídos e padronizar as informações. Isso pode incluir a normalização de ingredientes, remoção de receitas duplicadas entre outras.
- 3) Análise de similaridade – o sistema calcula a similaridade entre receitas com base em ingredientes comuns. Isso é feito usando a métrica de distância euclidiana. A distância euclidiana pode ser considerada uma forma simples e comum de calcular a similaridade entre vetores. Através da aplicação deste cálculo é possível obter a distância geométrica entre dois conjuntos em um plano multidimensional. Como resultado obtém-se um número real e não negativo, sendo que, quanto maior o resultado, maior a distância, ou seja, a lógica é que, descobre-se que um usuário A é parecido com um usuário B. Se o usuário A gostou de uma receita X, então podemos concluir que o usuário B poderá gostar da receita X também. O critério para definir a similaridade neste caso, é definido por um histórico do usuário A e com o cálculo da distância euclidiana com relação ao usuário B, cujas características servem de entrada para o sistema de recomendação. Em uma recomendação por avaliação de receitas, por exemplo, a distância euclidiana é calculada com as avaliações concedidas pelos usuários a cada receita, de modo a chegar no valor de similaridade. Quando um usuário C chega a receber uma recomendação, o sistema se pergunta quem é o usuário mais próximo de C. Se o mais próximo for o usuário B, por exemplo, o sistema recomenda para o usuário C o que o usuário B gostou e assim por diante.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

4) Perfil do usuário – o sistema cria um perfil de usuário com base nas suas preferências, histórico de consumo e outras informações relevantes obtidos por meio das avaliações anteriores de receitas, ingredientes que o usuário possui em casa, restrições alimentares e preferências culinárias.

5) Geração de recomendações – com base na análise de similaridade e no perfil do usuário, o sistema gera recomendação de receitas, ou seja, já identifica receitas semelhantes às que o usuário gostou no passado e sugere novas receitas com base no seu perfil.

6) Classificação e filtragem – o sistema classifica as recomendações com base em relevância e aplica filtros, como restrições alimentares ou ingredientes disponíveis em casa.

7) Apresentação das recomendações – são apresentadas ao usuário por meio de interface de usuários como um aplicativo ou site. Os usuários podem visualizar detalhes das receitas, ver ingredientes necessários, passos e tempo de preparo, calorias entre outras.

8) Feedback do usuário – o sistema coleta o feedback do usuário como avaliações e comentários sobre as receitas recomendadas, ajudando a melhorar as recomendações futuras.

9) Aprendizado contínuo – o sistema usa técnicas de Machine Learning para melhorar suas recomendações ao longo do tempo, a medida em que se obtém mais dados de usuários e feedbacks.

No nosso projeto de recomendação de receitas, o primeiro passo foi fazer uma análise exploratória bem robusta, tanto para o dataset receitas, como para o dataset interações. Juntamos ambas informações e a partir daí, podemos analisar as receitas melhor avaliadas, a quantidade de avaliações por usuários, quais usuários e qual as avaliações dadas por eles pela(s) receita(s) escolhida(s). Essas são algumas das informações que podem ser interessantes para uma análise.

No primeiro instante, após a análise exploratória, foi implementado o algoritmo do KNN para sistemas de recomendação.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

O KNN não faz suposições sobre a distribuição de dados subjacentes, mas depende da semelhança entre os itens. Quando KNN faz inferência sobre uma receita, ele calcula a distância entre a receita de destino e todas as outras receitas em seu banco de dados. Depois classifica suas distâncias e retorna K receitas vizinhas mais próximas como as recomendações mais semelhantes.

Para isso é necessário transformarmos o quadro de dados das classificações em um formato adequado para que possa ser consumido por um modelo KNN, ou seja, uma matriz  $m \times n$ , onde  $m$  é o número de receitas e  $n$  é o número de usuários. Para modelar esse quadro com as receitas como linhas e usuários como colunas, preenchendo as observações ausentes com zeros, transformando os valores do quadro de dados numa matriz esparsa.

Após a criação da matriz esparsa, foi importado do Scikit Learn do KNN para criação do modelo preditivo e a partir daí poderemos fazer as previsões de receitas baseadas em receitas já utilizadas pelo usuário. Fizemos, também, alguns testes, usando algumas receitas do banco de dados como itens para recomendações de novas receitas.

Quanto às recomendações com o surprise, para as configurações dos modelos, começamos com a função “reader”, onde vamos informar a nossa escala de avaliação que varia de 0 a 5.

Para preparar os dados para os modelos, utilizamos a função “Dataset.load\_from\_df”, onde definimos as colunas do dataset ratings que são as avaliações das receitas que serão utilizadas. E, a função “train\_test\_split” para dividir os dados em treino e teste e, assim conseguirmos avaliar os modelos com dados não vistos no treinamento. Utilizamos 30% dos dados para teste e 70% dos dados para treino.

Para finalizar as configurações, definimos como irão se comportar as medidas de similaridade. Definimos o nome da semelhança que utilizamos, a “pearson\_baseline” que leva em conta a Correlação de Pearson para fazer a similaridade. A Correlação de Pearson é um teste que mede a relação estatística entre duas variáveis contínuas, e pode ter um intervalo de valores +1 a -1. O valor zero indica que não há associação entre essas duas variáveis. Um valor maior que zero, indica associação positiva, ou seja, a medida em que o valor de uma variável aumenta, o mesmo acontece com a outra variável. Já um valor menor que zero, indica associação negativa, ou seja, a medida em que o valor de uma variável aumenta, o valor da outra variável diminui.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Após termos os dados de treino e teste, vamos treinar e criar nossos modelos. Para criarmos o modelo é bem simples. Instalamos o modelo em uma variável e passamos os parâmetros desejados. Com o modelo criado, fizemos o fit (treinamento) dos três modelos citados acima (KNN Baseline, SlopeOne e CoClustering).

A métrica que escolhemos para avaliar os modelos é a Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) das previsões, definida na função “accuracy.rmse”. Não podemos nos esquecer que, quanto menor o erro, melhor a qualidade da solução, ou seja, quanto mais próximo de zero, menor o erro do modelo. Outra métrica é a MAE (Erro Médio Absoluto) das previsões, que é calculado a partir da média dos erros absolutos, ou seja, utilizamos o modo de erro para evitar a subestimação. Isso porque, o valor é menos afetado por pontos, especialmente os extremos (outliers).

Para isso, foi necessário instalar o surprise, importar bibliotecas necessárias, carregar os dados, usar a função train\_test\_split e validação cruzada, dividir os dados para treino (70%) e dados para teste (30%). A validação cruzada no surprise é bem simples de realizar. Usamos a função cross\_validate, onde o algoritmo SVD é avaliado cruzadamente em 5 partições, e as métricas de erro e erro absoluto são calculadas. Essas etapas nos permitiram fazer as divisões de treinamento e teste, bem como a validação cruzada com a biblioteca surprise para avaliar o desempenho dos algoritmos de recomendação.

### 3.3 Resultados Preliminares

Resultados preliminares é tudo aquilo que antecede o assunto ou o objeto principal e serve para esclarecer ou para facilitar a sua compreensão. Logo, neste projeto, embora em andamento, é possível constatar que o sistema de recomendação de receitas por item-baseado é uma ferramenta que ajuda os usuários a encontrar receitas com base em seus gostos pessoais e histórico de consumo. Ele utiliza a análise de similaridade e o perfil do usuário para gerar recomendações relevantes, tornando a experiência culinária mais agradável e diversificada.

Como resultados preliminares, podemos dizer que o nosso sistema de recomendações de receitas está funcionando pelo modelo do KNN usando a matriz esparsa.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Apesar de alguns percalços, como uma base de dados gigantesca como essa, no qual a base de dados original das receitas possuem 267783 linhas e 12 colunas e, a base de interações possuem 1048576 linhas e 4 colunas, não estávamos conseguindo implementar o K-Means. Por outro lado, tivemos que abrir mão do mapa de calor referente as avaliações feitas pelos usuários, do próprio K-Means, pois o consumo de memória RAM do Colab chegou ao seu limite. Tivemos que reduzir bastante a base de dados e utilizar o surprise para apresentarmos métricas e avaliações. Mesmo assim, tivemos problemas ao ler os códigos da criação e treinamento do SlopeOne, o qual ainda desejamos avaliar na próxima etapa do projeto.

Abaixo, seguem os resultados dos treinamentos dos modelos:

KNN – matriz esparsa – o usuário escolhe uma determinada receita, como por exemplo: "lemonade made with stevia", em seguida é sugerida algumas outras receitas. Foram realizados testes e obtivemos resultados.

Tabela 2- Demonstração de resultados da acurácia e RMSE do KNN Baseline e CoClustering

KNN Baseline		CoClustering	
RMSE	0,8672	RMSE	0,8954
accuracy	0,867215...	accuracy	0,89538..

Figura 5- Demonstração dos resultados do Cross validate

#### Cross validate

Evaluating RMSE, MAE of algorithm SVD on 5 split(s).

	Fold 1	Fold 2	Fold 3	Fold 4	Fold 5	Mean	Std
RMSE (testset)	0.8019	0.8063	0.8065	0.8019	0.7972	0.8028	0.0034
MAE (testset)	0.4742	0.4742	0.4754	0.4746	0.4729	0.4743	0.0008
Fit time	13.85	13.98	14.40	14.21	14.13	14.11	0.19
Test time	1.47	1.42	0.81	0.79	0.78	1.05	0.32

```
{'test_rmse': array([0.80190759, 0.80630023, 0.80648495, 0.8018823 , 0.79719194]),
'test_mae': array([0.47424578, 0.47419884, 0.47544744, 0.47459645, 0.47287267]),
'fit_time': (13.847593307495117,
13.977767944335938,
14.403170347213745,
14.207783937454224,
14.130545377731323),
'test_time': (1.468259572982788,
1.4157934188842773,
0.807732105255127,
0.7853982448577881,
0.7766664028167725)}
```

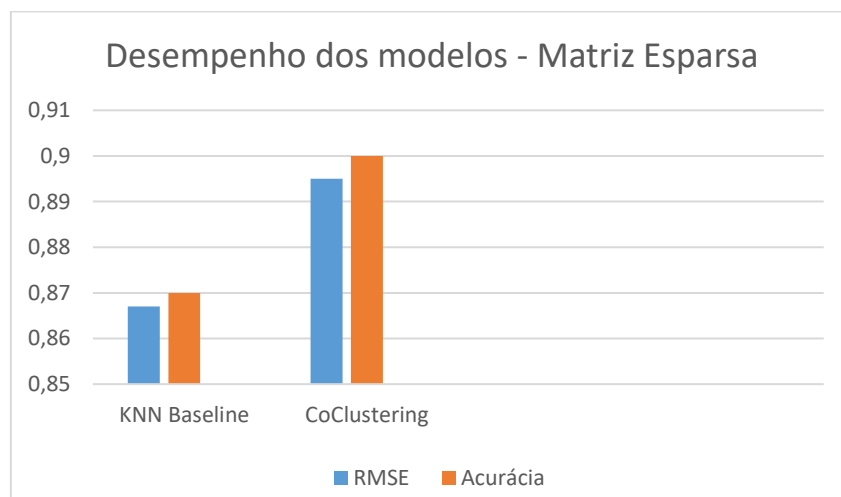
**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

## 4 Resultados

Apresentamos abaixo os resultados de desempenho dos modelos em forma de gráfico para melhor visualização.

Primeiramente, apresentamos um gráfico que mostra o desempenho dos modelos KNN Baseline e CoClustering e podemos verificar que no KNN Baseline tivemos melhor desempenho, correspondente a RMSE (Raiz do Erro Quadrático Médio) igual a 0,8672, longe do ideal que é próximo de zero, no entanto menor do que no RMSE do CoClustering igual a 0,8954.

Gráfico 1- Comparação do desempenho dos modelos KNN Baseline e CoClustering



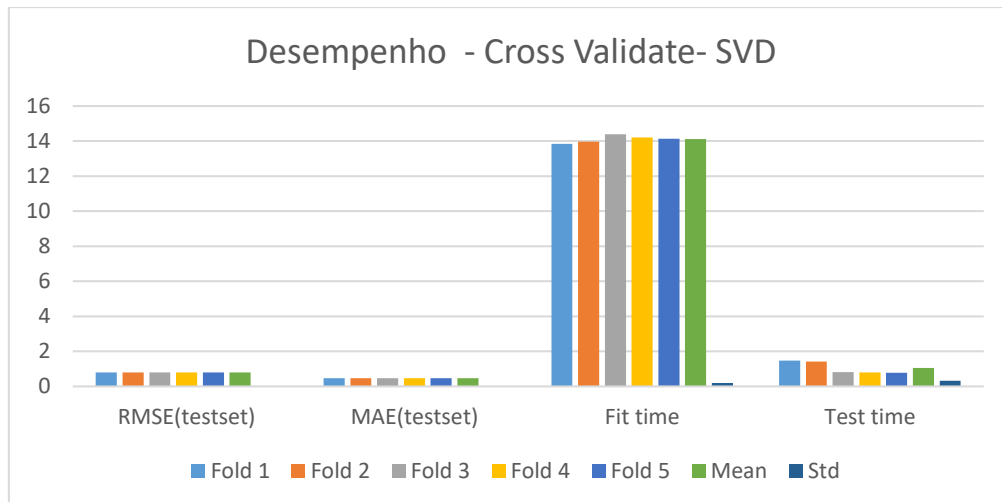
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Nesse próximo gráfico, podemos avaliar um modelo melhor, o SVD (Decomposições de Valores Similares), onde RMSE e MAE foram calculados a partir do cruzamento das cinco partições e onde o algoritmo SVD é avaliado. Logo, a partição número 5 foi melhor do que as outras, pois resulta num RMSE (testset) igual a 0,7972 e MAE (testset) igual a 0,4729, melhores que os apresentados pela Matriz Esparsa.



**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Gráfico 2- Comparação do desempenho Cross Validate- SVD das métricas RMSE e MAE



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Neste caso, o RMSE pode estar afetado por outliers, que são valores extremos que estão fora da faixa do conjunto de dados, e que podem impactar significativamente no modelo, pois podem distorcer a média e, consequentemente, afetar o valor do RMSE. Mas devemos tomar cuidado, pois nem sempre é correto excluir os outliers. O melhor é avaliar muito bem o modelo com mais métricas para termos uma perspectiva melhor de como ele está atuando em várias áreas dos dados. Já a métrica MAE não é afetada por valores discrepantes, os outliers.

Para que pudéssemos avaliar melhor nosso sistema de recomendação, seria ideal implementar mais algumas métricas para podermos comparar com as métricas já avaliadas e o mais importante, diminuir nossa base de dados para que não tenhamos mais problemas com o limite de memória do Colab. Mas isso demanda tempo e cuidado para que não haja problemas na leitura dos códigos em Python.

Mesmo alterando o ambiente de execução do Colab de GPU para T4GPU, os algoritmos referentes ao treinamento do modelo KNN Baseline SlopeOne e a métrica para avaliar o modelo utilizando a Raiz do Erro Quadrático Médio para o modelo SlopeOne não estão rodando e acusam que o consumo de memória RAM do Colab está em seu limite.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Outro fato importante a ser mencionado é que nas pesquisas realizadas em sistemas de recomendação, encontramos recomendações de livros, músicas entre outras, principalmente filmes e, no que tange a receitas, poucas recomendações foram encontradas. Um exemplo é o sistema de recomendações de pratos gastronômicos de acordo com o perfil do cliente, projeto realizado por alguns alunos do Curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário UNISOCIESC, datado de novembro de 2021 (link:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/20267/1/SISTEMA%20DE%20RECOMENDA%C3%87%C3%83O%20DE%20PRATOS%20GASTRON%C3%94MICOS%20DE%20ACORDO%20COM%20O%20PERFIL%20DO%20CLIENTE%20%281%29.pdf>.

Outro projeto encontrado é o de sistemas de recomendação de receitas alimentares utilizando filtragem baseada em conteúdo. Trabalho de conclusão de curso de Bacharel em Ciências da Computação da Universidade Federal da Fronteira Sul, o mesmo que mencionamos no referencial teórico. Logo, todas as outras pesquisas realizadas foram adaptadas para sistemas de recomendações para receitas.

## 5 Conclusão e Trabalhos Futuros

Este projeto teve como finalidade a construção de um sistema de recomendação para gerar receitas personalizadas que auxiliem os usuários com suas preferências culinárias. Ajudar as pessoas a mudarem o seu hábito alimentar, levando-os a comer alimentos mais saudáveis, sem se esquecer que é muito importante experimentar novos alimentos. Propor aos usuários receitas baseadas no conteúdo de receitas favoritas dos usuários e também na recomendação baseada na colaboração dos demais usuários presentes no sistema.

Os livros, artigos, sites e demais referências obtidas nesse projeto contribuíram para elucidar temas importantes no decorrer do projeto, ajudando a desenvolver os algoritmos, para a seleção das melhores características das receitas, para fazer uma boa recomendação.

**Universidade Presbiteriana Mackenzie**  
**Faculdade de Computação e Informática – FCI**

Sugerimos inclusive, novas possibilidades de expandir o trabalho realizado aqui para projetos futuros. Isso implicaria em possíveis novas pesquisas acerca do assunto e de novos acréscimos para o sistema de recomendação, como um módulo Mobile, que é uma solução móvel que melhora a conexão entre as operações realizadas, acesso rápido às informações, melhor interação entre os usuários do sistema pois utiliza aparelhos como tablets e smartphones com Android e IOS.

Assim sendo, percebemos que o Sistema de Recomendações de Receitas cumpriu a proposta empregada inicialmente, oferecendo um sistema simples e prático com o objetivo principal de auxiliar os usuários de forma ativa, à procura de receitas saborosas e saudáveis.

Link do vídeo da apresentação: <https://www.youtube.com/watch?v=hAiWjvpxOkM>

## Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS REATEGUI, E.B. E CAZELLA, S.C.- Sistemas de Recomendação, Anais do Encontro Nacional de Inteligência Artificial – XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tinf/a/YsgLRc86K3WZfcbXPQHq7Vg/>. Acesso em: 08/08/2023.

Vídeo aula sobre Sistemas de Recomendação- Como criar um modelo de Machine Learning de Recomendação, Nerd dos Dados. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=sDI3ntGFbSI&t=414s>. Acesso em: 24/08/2023.

Vídeo aula sobre Sistemas de Recomendação – IA Expert Academy.

GRANATYR, Jones. 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GrD8VDWTq8M>.

Acesso em: 25/08/2023.

Blog. Terra Blog. Sistema de Recomendação: Como funcionam e exemplos práticos.

SACRAMENTO, Gabriel. Disponível em : <https://blog.somostera.com/data-science/sistemas-de-recomendacao>. Acesso em: 01/09/2023.

Chapel Hill, NC, p.175-186, 1994. RIEDL, J.; KONSTAN, J.; VROOMAN, E. Word of Mouse: The Marketing Power of Collaborative Filtering, Business Plus, 2002. Ed. Springer.

