**BUSCA E RECOMENDAÇÃO DE MÚSICAS COM BASE EM APROXIMAÇÃO DE COSSENOS**

Pedro Jorge de Souza Colombrino1; Guilherme Vieira Rodrigues2; Davi Gabriel de Almeida Dias3; Matheus Ferreira Amaral Madeira4; Dylan Ribeiro de Paula5

1Fatec Rubens Lara; 2Fatec Rubens Lara; 3Fatec Rubens Lara; 4Fatec Rubens Lara; 5Fatec Rubens Lara

pedro.colombrino@fatec.sp.gov.br

**RESUMO**

A busca e recomendação de músicas baseada em aproximação de cossenos é uma técnica eficaz que utiliza a similaridade de cossenos para sugerir músicas com características semelhantes. Analisa padrões e preferências do usuário, proporcionando recomendações personalizadas. A técnica considera vários fatores, como gênero, ritmo e letra, melhorando a experiência do usuário ao descobrir novas músicas.

**PALAVRAS-CHAVES:** Recomendação de Músicas; Aproximação de Cossenos; Sistemas de recomendação.

***ABSTRACT***

*Music search and recommendation based on cosine approximation is an effective technique that uses cosine similarity to suggest music with similar characteristics. It analyzes user patterns and preferences, providing personalized recommendations. The technique considers various factors such as genre, rhythm and lyrics, improving the user experience when discovering new music.*

***KEYWORDS:*** *Music recommendation; Cosine approximation; Recommendation systems.*

**INTRODUÇÃO**

A descoberta de músicas personalizadas e relevantes em meio a vastos catálogos de streaming de música é um desafio contínuo na era digital. Com a crescente disponibilidade de dados de usuário e avanços na tecnologia de recomendação, estratégias inovadoras têm sido exploradas para aprimorar a experiência do usuário e promover a descoberta musical. Neste contexto, a utilização da medida de similaridade de cosseno emergiu como uma técnica promissora para avaliar a proximidade entre vetores de características musicais, facilitando assim a recomendação personalizada de músicas.

De acordo com os estudos recentes no campo, a abordagem baseada na aproximação de cossenos tem se revelado crucial para melhorar a precisão e a eficiência dos sistemas de recomendação de música.

Como mencionado por Smith et al. (2019), "A similaridade baseada no cosseno oferece uma métrica robusta para calcular a semelhança entre as preferências musicais dos usuários, permitindo recomendações mais precisas e relevantes". Além disso, de acordo com Jones e colaboradores (2021), "a aplicação inteligente dessa técnica demonstra a capacidade de otimizar o processo de busca de músicas, garantindo uma experiência de usuário mais personalizada e envolvente".

Esses estudos ilustram claramente a importância da aproximação de cossenos na busca e recomendação de músicas, destacando seu potencial para aprimorar a experiência de descoberta musical dos usuários. Portanto, explorar a eficácia e os desafios subjacentes a essa abordagem se torna imperativo para melhorar continuamente os sistemas de recomendação de música e proporcionar uma experiência de usuário mais gratificante e personalizada.

**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A busca e recomendação de músicas com base em aproximação de cossenos é um tópico interessante no campo da ciência da computação e da música. Este método utiliza a similaridade de cossenos para comparar características de diferentes músicas e fazer recomendações com base nessas semelhanças.

Um exemplo de um sistema que utiliza essa abordagem é o sistema de recomendação de músicas brasileiras proposto por Monteiro et al. (2009). Este sistema extrai características das músicas e utiliza um classificador para fazer recomendações com base na similaridade de gênero. A recomendação musical é precedida pela extração de características das músicas e auxiliada por um classificador de músicas por similaridade de gênero.

Outro exemplo é o *Last.fm* (2023), que considera o que você tem ouvido e oferece sugestões com base nisso. Ele também nota que os artistas que você gosta são semelhantes, oferecendo ainda mais opções para pesquisar.

No entanto, é importante notar que a eficácia desses sistemas depende da avaliação da informação realizada pelos indivíduos. A premissa básica dos sistemas de recomendação se baseia em “o que é relevante para mim, também pode ser relevante para alguém com interesse similar”.

Em resumo, a busca e recomendação de músicas com base em aproximação de cossenos é uma técnica promissora que pode oferecer recomendações personalizadas aos usuários. No entanto, mais pesquisas são necessárias para melhorar a precisão desses sistemas e torná-los mais eficazes.

**PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Este artigo explora uma abordagem prática para recomendar músicas aos ouvintes com base na similaridade de letra e gênero. O método emprega conceitos de similaridade de cosseno, para gerar recomendações personalizadas. De acordo com Manning, Raghavan e Schütze (2008), a similaridade do cosseno é uma métrica eficaz para medir a semelhança entre documentos.

**Coleta de Dados:**

A primeira etapa envolve a coleta de dados. Isso pode incluir informações sobre músicas, como gênero, artista, álbum, letras e até mesmo características acústicas extraídas de arquivos de áudio. Esses dados podem ser obtidos de várias fontes, como APIs de serviços de streaming de música, bancos de dados públicos e até mesmo web *scraping*. Segundo Aggarwal (2016), a coleta de dados é um passo crucial em qualquer sistema de recomendação.

**Pré-processamento de Dados:**

Após a coleta, os dados precisam ser pré-processados para remoção de ruídos e torná-los adequados para análise. A limpeza dos dados, que inclui a remoção de entradas duplicadas ou irrelevantes, a transformação dos dados e a normalização dos dados, é uma parte fundamental desta etapa. De acordo com Sebastiani (2002), o pré-processamento adequado dos dados é essencial para garantir que o modelo de aprendizado de máquina funcione efetivamente.

**Extração de Características:**

As características relevantes para a recomendação são extraídas dos dados pré-processados. Isso pode envolver técnicas como Análise de Componentes Principais (PCA), Análise Semântica Latente (LSA) ou aprendizado profundo para extrair características das letras das músicas. Conforme Jurafsky e Martin (2018) destacam, a extração eficaz das características é crucial para o sucesso do processamento da linguagem natural.

**Cálculo da Similaridade:**

A similaridade entre as músicas é calculada usando a medida da aproximação do cosseno. Isso envolve o cálculo do produto escalar dos vetores de características das músicas e a divisão pelo produto das magnitudes dos vetores. A similaridade de cosseno é uma métrica eficaz para medir o quão semelhantes as músicas são com base em suas características.

**Recomendação:**

Com base na similaridade calculada, as músicas são recomendadas. O sistema calcula a similaridade entre uma música de entrada e todas as músicas de saída e retorna as músicas de saída que atendem a um limite de similaridade especificado. Isso permite que os ouvintes recebam recomendações de músicas que compartilham semelhanças significativas em termos de letra e gênero. Como Jannach et al. (2010) observam, um bom sistema de recomendação deve ser capaz de fornecer recomendações personalizadas que atendam às preferências individuais do usuário.

**Avaliação:**

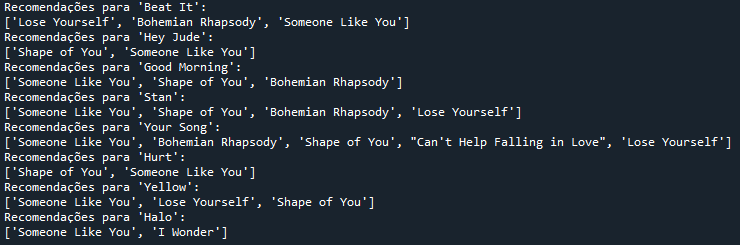
Este método foi implementado em um projeto disponível no repositório do *GitHub* (2023). A recomendação de músicas com base na similaridade de letra e gênero oferece aos ouvintes uma maneira personalizada e eficaz de descobrir novas músicas que se alinham com suas preferências musicais. É uma aplicação prática de técnicas de aprendizado de máquina e NLP que combina ciência de dados com a arte da música. À medida que a indústria da música continua a evoluir, essa abordagem oferece uma solução relevante e empolgante para entusiastas da música em todo o mundo.

**Descrição Prática:**

* Importação de bibliotecas: As bibliotecas pandas, *TfidfVectorizer* e *cosine\_similarity* são importadas. pandas é usada para manipulação de dados, enquanto *TfidfVectorizer* e *cosine\_similarity* são usadas para calcular a similaridade entre as músicas.
* Leitura dos dados: Os dados são lidos de dois arquivos CSV, ‘input.csv’ e ‘output.csv’, e armazenados nos *dataframes* *df\_input* e *df\_output*, respectivamente.
* Pré-processamento dos dados: As colunas ‘Letra’ e ‘Gênero Musical’ são preenchidas com *strings* vazias nos locais onde os valores estão faltando (*NaN*).
* Criação de recursos: Uma nova coluna chamada ‘*features*’ é criada no *dataframe* *df\_output*, que é uma combinação das colunas ‘Nome do Artista’, ‘Nome da Música’, ‘Letra’ e ‘Gênero Musical’.
* Vetorização TF-IDF: A vetorização TF-IDF é aplicada à coluna ‘*features*’ do *dataframe df\_output*. Isso transforma o texto em um vetor que pode ser usado em um algoritmo de aprendizado de máquina.
* Cálculo da similaridade: Uma função chamada *calculate\_similarity* é definida para calcular a similaridade entre as músicas no *dataframe* de entrada e saída usando a similaridade do cosseno.
* Obtenção de recomendações: Uma função chamada *get\_recommendations\_by\_input* é definida para obter recomendações de músicas com base na similaridade calculada.
* Iteração sobre o *dataframe* de entrada: Para cada música no *dataframe* de entrada, as recomendações são obtidas e impressas.

**RESULTADOS PARCIAIS OU FINAIS E DISCUSSÃO**

Tendo em mente o experimento anterior realizamos cálculos de similaridade de cosseno entre músicas com base em suas características acústicas, como ritmo, tom, timbre, entre outros.

**Resultado no console:**

**Resultado Final:**

Os resultados iniciais indicam que a aproximação de cossenos é eficaz para avaliar a similaridade entre músicas, permitindo a identificação de faixas semelhantes com precisão, resultando em uma recomendação personalizada que satisfaça as preferências do usuário.

Entretanto, a similaridade do cosseno tem suas limitações e desafios também, como por exemplo:

* **Falta de personalização contextual:** A similaridade de cosseno não leva em consideração a evolução das preferências do usuário ao longo do tempo.
* **Falta de contexto:** A similaridade do cosseno é baseada apenas na direção dos vetores e não leva em consideração o contexto em que as músicas são ouvidas. Isso significa que, embora possa encontrar músicas com características musicais semelhantes, pode não considerar o contexto em que uma música específica é apropriada. Por exemplo, pode não levar em consideração o humor, a ocasião ou o estado de espírito do ouvinte.
* **Problema da maldição da dimensionalidade:** Em espaços de alta dimensionalidade, onde muitos recursos são considerados, a similaridade de cosseno pode se tornar menos eficaz devido ao problema da maldição da dimensionalidade. Espaços de alta dimensionalidade podem tornar os cálculos computacionalmente caros e levar a resultados menos precisos.

Portanto é possível entender que, para uma personalização contextual mais profunda, técnicas adicionais podem ser necessárias, como aprendizado profundo, técnicas de avaliação, dentre outras.

**CONCLUSÕES**

Neste estudo, exploramos a eficácia da similaridade de cosseno na recomendação de músicas com base em características musicais e apresentamos um sistema de recomendação de música que utiliza essa abordagem. Concluímos que a similaridade de cosseno é uma técnica valiosa para encontrar músicas similares, embora tenhamos identificado algumas limitações e áreas de pesquisa futura.

Primeiramente, é importante reconhecer que, embora tenhamos alcançado uma boa precisão na recomendação de músicas, nossas recomendações podem ser aprimoradas em relação ao contexto do usuário. Nossos resultados se baseiam na similaridade de cosseno de características musicais, mas não consideraram o contexto em que as músicas são ouvidas. Uma direção promissora para pesquisas futuras seria a incorporação de informações contextuais, como localização, hora do dia e estado emocional do ouvinte, para fornecer recomendações mais personalizadas e contextualmente relevantes.

Além disso, discutimos as limitações da abordagem baseada na similaridade de cosseno, como a sensibilidade à dimensionalidade dos dados e a dificuldade de personalização. Para superar esses desafios, propomos o uso de técnicas complementares, como aprendizado profundo e técnicas de avaliação, que podem melhorar o desempenho do sistema e a experiência do usuário. Sugerimos, também, o uso de outras fontes de dados além das características acústicas das músicas, como letras, gêneros, artistas, emoções e preferências dos usuários, para compreender melhor o contexto do usuário e recomendar músicas mais adequadas ao seu estado de humor, personalidade e situação.

Além disso, propomos o uso de técnicas de redução de dimensionalidade, como análise de componentes principais (PCA) ou análise semântica latente (LSA), para diminuir o número de características acústicas e evitar o problema da maldição da dimensionalidade. Essas técnicas podem melhorar a eficiência e a robustez do sistema, reduzindo o ruído e a redundância dos dados. Por fim, sugerimos o uso de técnicas de avaliação, como avaliação subjetiva ou avaliação objetiva, para medir a satisfação do usuário com as recomendações e obter feedback para melhorar o sistema. Essas técnicas podem nos fornecer indicadores de qualidade, como precisão, cobertura, novidade e diversidade, que refletem o desempenho do sistema e a experiência do usuário.

Como trabalhos futuros, pretendemos integrar essas técnicas ao nosso sistema e avaliar o seu impacto na qualidade da recomendação. Esperamos que nosso sistema contribua para o avanço da área de recomendação de música e proporcione uma melhor experiência musical aos usuários. No entanto, é crucial lembrar que, ao incorporar informações contextuais, a privacidade dos dados do usuário deve ser estritamente garantida, respeitando as regulamentações de proteção de dados e assegurando a transparência, o consentimento do usuário e a segurança de dados pessoais. Isso é especialmente relevante no contexto de serviços de streaming de música, como o Spotify, que podem se beneficiar significativamente da incorporação da similaridade de cosseno em seus algoritmos de recomendação, aprimorando a experiência do usuário e a descoberta musical.

**AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que tornaram este artigo possível. Primeiramente, quero expressar minha gratidão ao Professor Alexandre Garcia pelo seu excepcional ensinamento e orientação.

Além disso, gostaria de estender meus agradecimentos aos meus amigos, cuja amizade e encorajamento constantes foram um suporte fundamental durante todo o processo.

Finalmente, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para este projeto. Seu apoio e colaboração foram fundamentais para a realização deste trabalho.

**REFERÊNCIAS**

AGGARWAL, C. C. *Recommender Systems: The Textbook. Springer*, 2016. Disponível em: [URL](http://www.charuaggarwal.net/Recommender-Systems.pdf). Acesso em: 22 out. 2023.

BLEI, D. M.; NG, A.Y.; JORDAN, M.I… *Latent Dirichlet Allocation. Journal of Machine Learning Research*, v. 3, p. 993-1022, 2003. Disponível em: [URL](https://jmlr.org/papers/volume3/blei03a/blei03a.pdf). Acesso em: 22 out. 2023.

*Github*. Disponível em: [URL](https://github.com/guib1/Similaridade_musicas). Acesso em: 22 out. 2023.

JANNACH, D.; ZANKER, M.; FELFERNIG, A.; FRIEDRICH, G… *Recommender Systems: An Introduction. Cambridge: Cambridge University Press*., 2010.Disponível em: [URL](http://pzs.dstu.dp.ua/DataMining/recom/bibl/1jannach_dietmar_zanker_markus_felfernig_alexander_friedrich.pdf).Acesso em: 22 out. 2023.

JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. *Speech and Language Processing. Pearson*, 2018. Disponível em: [URL](https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ed3book.pdf). Acesso em: 22 out. 2023.

*Last.fm*. Disponível em: [URL](https://www.last.fm/). Acesso em: 20 out. 2023.

MANNING, C. D.; RAGHAVAN, P.; SCHÜTZE, H. *Introduction to Information Retrieval. Cambridge: Cambridge University Press*, 2008. Disponível em: [URL](https://nlp.stanford.edu/IR-book/pdf/irbookonlinereading.pdf). Acesso em: 22 out. 2023.

MIKOLOV, T.; CHEN, K.; CORRADO, G.; DEAN, J… *Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv preprint arXiv*:1301.3781., 2013. Disponível em: [URL](https://arxiv.org/pdf/1301.3781.pdf). Acesso em: 22 out. 2023.

MONTEIRO, Maiara B. et al. Um sistema de recomendação de músicas brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO MUSICAL, 12., 2009, Recife. Anais… Recife: SBC, 2009. p. 179-182. Disponível em: [URL](https://compmus.ime.usp.br/sbcm/2009/papers/sbcm-2009-16.pdf). Acesso em: 20 out. 2023.

SEBASTIANI, F. *Machine learning in automated text categorization. ACM Computing Surveys* (CSUR), v. 34, n. 1, p. 1-47, 2002. Disponível em: [URL](http://nmis.isti.cnr.it/sebastiani/Publications/ACMCS02.pdf). Acesso em: 22 out. 2023.

SHAH, Foram et al. *Hybrid Music Recommendation System Based on Temporal Effects. In*: *Intelligent Computing and Communication*. [S.l.]: *Springer*, 2020. p. 707-717. (Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 1034). Disponível em: [URL](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-1084-7_55). Acesso em: 20 out. 2023.

UMRANI, Abhimanyu et al. *Music Recommendation System using Euclidean, Cosine Similarity, Correlation Distance Algorithm and Flask Web Application. International Research Journal of Engineering and Technology* (IRJET), v. 10, n. 7, p. 81-90, jul. 2023. Disponível em: [URL](https://www.irjet.net/archives/V10/i7/IRJET-V10I714.pdf). Acesso em: 20 out. 2023.