

TURISMO 4.0 NA CIDADE DE ARACATI: UM ESTUDO DE ALGORITMOS DE CLUSTERIZAÇÃO PARA IDENTIFICAR CARACTERÍSTICAS E INTERESSES DOS TURISTAS

TOURISM 4.0 IN THE CITY OF ARACATI: A STUDY OF CLUSTERING ALGORITHMS TO IDENTIFY CHARACTERISTICS AND INTERESTS OF TOURISTS

Alexandre Gurgel Figueiredo Filho*

Thiago Felipe de Lima Bandeira**

Diego Costa Lima***

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar como proporcionar experiências personalizadas aos turistas por meio do uso de Algoritmos de Clusterização, visando o desenvolvimento de uma plataforma digital inteligente no contexto do Turismo 4.0. A plataforma tem como propósito auxiliar os turistas na filtragem do excesso de informações disponíveis na internet, levando em consideração suas preferências pessoais, ao mesmo tempo em que impulsiona a transição tecnológica de empresários locais. Além disso, busca fornecer informações contextualizadas sobre pontos turísticos, eventos, produtos e serviços. A metodologia adotada baseou-se em revisão bibliográfica e análise de Algoritmos de Recomendação, incluindo a filtragem baseada em conteúdo, a filtragem colaborativa e a filtragem híbrida, bem como Algoritmos de Clusterização, como o *K-Means* e o *Hierarchical Clustering*. Através dessas análises, foi possível identificar os critérios mais relevantes em cada agrupamento, assim como também quais características aquele cluster não possui. Essas informações se mostraram eficazes para a filtragem e Recomendação de conteúdo aos usuários da plataforma. Os resultados obtidos indicam que a plataforma proposta pode proporcionar uma experiência turística personalizada e eficiente em termos de custo-benefício para os turistas. Ao lidar com o excesso de informações na internet, a plataforma ajuda os usuários a encontrarem informações relevantes de acordo com suas preferências, contribuindo assim para o desenvolvimento do setor turístico.

Palavras-chave: Turismo 4.0, plataforma digital, recomendações personalizadas, Inteligência Artificial, Algoritmos de Clustering, K-Means, Hierarchical Clustering.

* Bacharelado em Ciência da Computação pelo IFCE(Campus Aracati)

** Mestrando em Ciência da Computação/PPgCC pela UFERSA/UERN

*** Doutor em Engenharia da Computação(UFRN)

ABSTRACT

This study aimed to investigate how to provide personalized experiences to tourists through the use of Clustering algorithms, aiming to develop an intelligent digital platform in the context of Tourism 4.0. The platform aims to assist tourists in filtering the excess of information available on the internet, taking into account their personal preferences, while also driving the technological transition of local entrepreneurs. Additionally, it seeks to provide contextualized information about tourist attractions, events, products, and services. The methodology adopted was based on literature review and analysis of recommendation algorithms, including content-based filtering, collaborative filtering, and hybrid filtering, as well as Clustering algorithms such as K-Means and Hierarchical Clustering. Through these analyses, it was possible to identify the most relevant criteria within each cluster, as well as the characteristics that are absent in that cluster. This information is effective for filtering and recommending content to platform users. The obtained results indicate that the proposed platform can provide a personalized and cost-effective tourism experience for tourists. By dealing with the excess of information on the internet, the platform helps users find relevant information according to their preferences, thus contributing to the development of the tourism sector.

Keywords: Tourism 4.0, digital platform, personalized recommendations, artificial intelligence, Clustering algorithms, K-Means, Hierarchical Clustering.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a humanidade tem passado por uma constante evolução impulsionada pelo processo de industrialização. Essa transformação teve marcos significativos ao longo da história, como destaca (SAKURAI; ZUCHI, 2018). O primeiro ocorreu em 1784, com a introdução da mecanização a vapor, que impulsionou a produtividade e trouxe avanços tecnológicos sem precedentes. Em 1870, a eletricidade foi introduzida, permitindo a produção em massa por meio da linha de montagem. A terceira revolução ocorreu em 1969, com o desenvolvimento do primeiro controlador programável, que possibilitou a automação. Atualmente, está acontecendo a quarta revolução, que conecta pessoas ao redor do mundo e permite produção e controle onipresentes, graças à internet e às tecnologias avançadas de software e hardware.

Essa nova revolução conhecida como Indústria 4.0, teve sua primeira aparição em 2011 em uma feira em Hannover, Baixa Saxônia, e posteriormente pelo Fórum Econômico Mundial (SCHWAB, 2017). Entretanto, essas inovações não são tão perceptíveis em todos os nichos, a exemplo do Turismo no Brasil. Com isso, há um grande espaço a ser explorado, com inovações tecnológicas que seguem as diretrizes do Turismo 4.0, ou Smart Tourism (Turismo Inteligente). Esse termo se refere ao Turismo que incorpora os conceitos da Indústria 4.0. (SANTOS-JÚNIOR et al., 2017)

Após a pandemia da COVID-19, houve uma clara percepção da importância e relevância da tecnologia no contexto global. Foi durante esse período desafiador que a tecnologia desempenhou um papel fundamental, permitindo a continuidade de atividades essenciais, como o trabalho remoto, a telemedicina, a educação online e a conectividade social. A pandemia acelerou a adoção e a implementação de soluções tecnológicas em larga escala, evidenciando seu potencial para facilitar a resiliência e a transformação em diversos setores. (KUDYBA, 2020)

Entretanto, é importante ressaltar que a quantidade de informações disponíveis e o acesso a elas, impulsionados pelo avanço do conceito da Indústria 4.0, experimentaram um crescimento significativo e rápido, superando as expectativas estabelecidas. A explosão de dados e o aumento na conectividade resultaram em uma proliferação massiva de informações, provenientes de diferentes fontes e em diferentes formatos. A princípio, essa mudança pode parecer benéfica, mas o acúmulo de informações, muitas vezes sem veracidade confirmada, pode induzir o usuário ao erro.

Portanto, é necessário criar meios para que os usuários possam executar buscas bidirecionais, ou seja não se limitando apenas à busca do usuário pela informação, mas permitindo que a informação também chegue ao usuário de forma personalizada. Isso é possível através de Algoritmos de Recomendação que se baseiam em vários critérios, podendo ser classificados em filtragem baseada em conteúdo, filtragem colaborativa e filtragem híbrida, abordado nos seguintes artigos (MARINHO et al., 2019), (GILLESPIE, 2018) e (TAKAHASHI; JR, 2015). Aliado a essa abordagem, é possível também aplicar Algoritmos de Clusterização, que gera agrupamentos baseados em características semelhantes. (PAEA; BAIRD, 2018)

Este estudo teve como objetivo analisar Algoritmos de Recomendação e Clusterização no âmbito do Turismo 4.0 na cidade de Aracati, visando o desenvolvimento de uma plataforma digital inteligente que ofereça recomendações personalizadas aos visitantes. A fundamentação teórica abordou a Indústria 4.0 e suas tecnologias associadas, bem como a aplicação desses conceitos no setor do Turismo. Em seguida, foram explorados os trabalhos relacionados, destacando as pesquisas existentes sobre a personalização de experiências turísticas.

A metodologia adotada compreendeu a aplicação dos Algoritmos de Recomendação e Clusterização, incluindo a filtragem baseada em conteúdo e a utilização de técnicas como o *K-means* e o *Hierarchical Clustering*. Foi realizada a coleta de dados por meio de formulários e foram conduzidos testes com os Algoritmos de Clusterização, avaliando a capacidade de identificar agrupamentos e perfis de turistas. A partir desses testes, foram definidos critérios relevantes para a filtragem e Recomendação de conteúdo aos usuários da plataforma.

A arquitetura da plataforma proposta foi apresentada, detalhando os componentes e a integração dos Algoritmos de Recomendação e Clusterização. Além disso, foram desenvolvidos protótipos para ilustrar a interface e as funcionalidades da plataforma. Os resultados obtidos demonstraram o potencial da plataforma em oferecer uma experiência turística personalizada e eficiente em termos de custo-benefício, fornecendo informações contextualizadas sobre pontos turísticos, eventos e serviços. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento sustentável do Turismo na região de Aracati, promovendo a valorização dos recursos locais e a satisfação dos

visitantes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

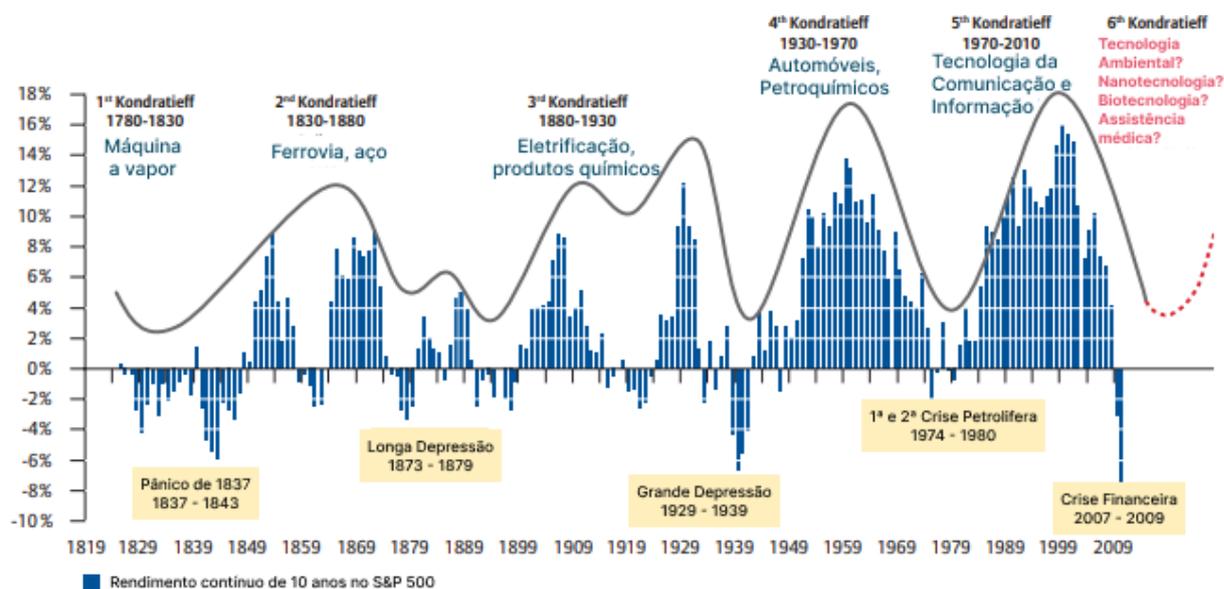
Com o objetivo de promover uma compreensão abrangente e aprofundada sobre o tema abordado neste artigo, bem como do contexto no qual está inserido, esta seção tem como propósito fornecer um breve histórico, apresentar os termos técnicos e as tecnologias abordados para embasar o desenvolvimento da proposta.

2.1 Revoluções Industriais e a evolução inovativa

A revolução, de acordo com o filósofo Karl Marx, está relacionada a rupturas na realidade, juntamente com a inovação, que é o conceito que impulsiona grandes transformações ao longo da história (SCHWAB, 2017). Esse conceito emergiu no século XIX, introduzido por Joseph Alois Schumpeter, um economista austro-húngaro, inspirado pelas ideias do naturalista britânico Charles Darwin. Schumpeter incorporou o dinamismo econômico, criando novas práticas e formas de produção no desenvolvimento de produtos. Essas práticas envolvem diferenciais tecnológicos que proporcionam uma vantagem significativa em relação aos concorrentes, resultando em lucros exorbitantes devido às inovações. (GOLDSTONE, 2014)

Entretanto, Schumpeter não foi o único a ser referência no conceito de inovação. O economista soviético Nikolai Kondratieff, da cidade de Moscou, que é a maior e mais influente cidade da atual Rússia, desenvolveu conceitos conhecidos como Teoria dos Ciclos Longos. Essa teoria descreve a dinâmica econômica em fases que envolvem o início, o auge e o declínio de cada ciclo de avanço inovador. Os Ciclos de Nikolai (Figura 1) ficaram conhecidos por sua similaridade com os períodos das quatro grandes Revoluções Industriais (Figura 2). Conforme destaca (JESUS, 2016).

Figura 1 – Teoria dos Ciclos Longos de Nikolai Kondratieff



Fonte: Autoria própria inspirada em Allianz Global Investors (2010)

2.2 Indústria 4.0

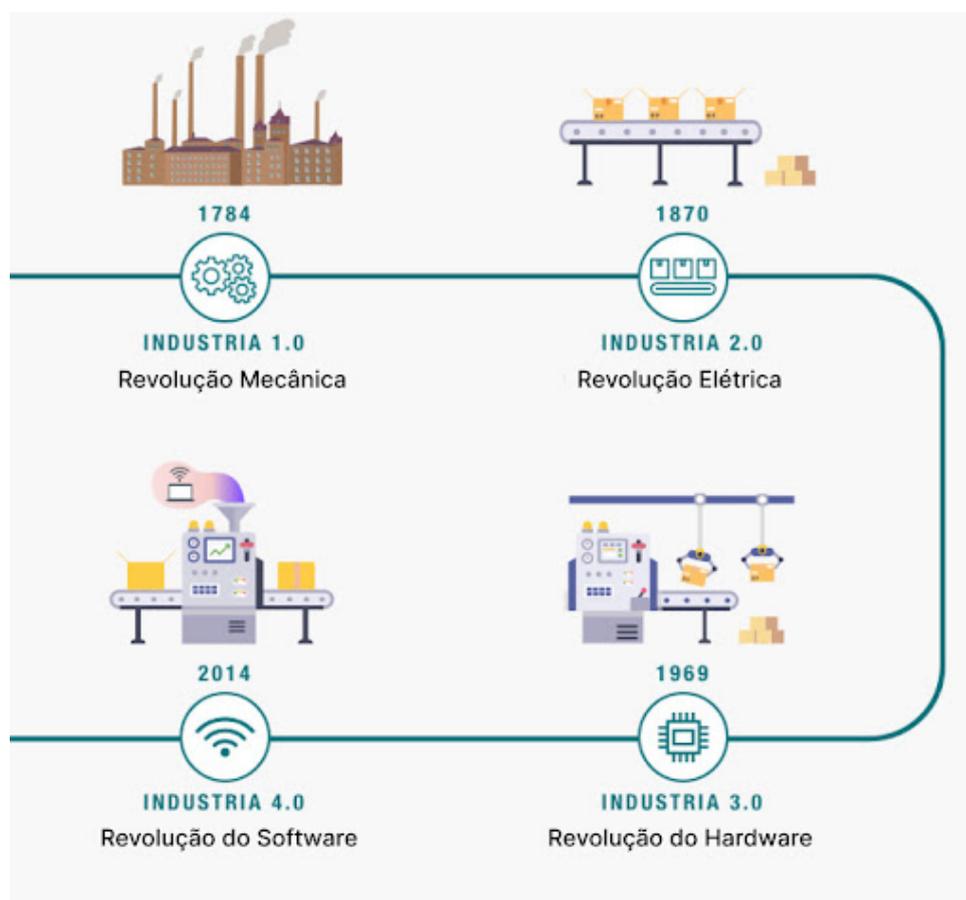
O termo Indústria 4.0 fez sua primeira aparição em 2011, na Alemanha, através de uma iniciativa governamental na Feira de Hannover. Nesse evento, foram apresentados paradigmas tecnológicos destinados a revolucionar as cadeias produtivas. Essas transformações foram nomeadas de "fábricas inteligentes", que são capazes de gerar impacto em nível global. (BUHR, 2015) (DRATH; HORCH, 2014) (SCHWAB, 2017)

A representação "4.0" refere-se à Quarta Revolução Industrial, que envolve a quebra de paradigmas e a modernização dos sistemas de produção e comunicação por meio de inovações tecnológicas. Essas transformações abrangem todos os ecossistemas econômicos, estimulando o interesse político, empresarial, científico e acadêmico. Pela primeira vez na história, começou-se a estudar e aprofundar os conceitos e termos dessa nova era disruptiva, mesmo antes de sua concretização, o que proporciona ainda mais avanços iminentes. (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016)

Conforme sugerido por Kagermann (KAGERMANN, 2013), o processo 4.0 é um passo para o futuro e irreversível, e as empresas que não perceberem e abraçarem essas transformações como parte de seus negócios ficarão para trás, sem nenhuma vantagem competitiva. Os processos desse novo conceito industrial auxiliam na tomada de decisões por meio de metodologias ágeis, ajudando a identificar erros e evitar falhas operacionais, tornando a cadeia mais ágil e aumentando as margens de lucro com a redução de custos e maior segurança. Além disso, todas as informações estão disponíveis na internet, permitindo uma gestão onipresente.

Vale ressaltar que essas transformações afetam diretamente a sociedade, trazendo mudanças irreversíveis no âmbito tecnológico. Com o mundo globalizado, surge o conceito de Sociedade da Informação (SI), introduzido por Peter Drucker (DRUCKER, 1992). Esse conceito destaca que a era pós-industrial faz com que a sociedade desenvolva competências e habilidades

Figura 2 – As Quatro Revoluções Industriais



Fonte: Autoria própria inspirada em **iberdola (2021)**

em relação à era da informação, em que o acesso ao conhecimento está cada vez mais disponível e acessível a todos.

As transformações advindas da nova era da evolução humana, também conhecida como revolução digital e Indústria 4.0, ainda estão em estágios iniciais. São introduzidos dispositivos com capacidade de processamento cada vez maior e alta taxa de transferência de dados, com avanços constantes em segurança e proteção desses dados. Os hardwares eficientes com bom custo-benefício estão se tornando cada vez mais compactos e acessíveis à sociedade. Da mesma forma, os modelos de arquitetura de software estão sendo desenvolvidos com lógicas abstraídas do negócio, com foco no gerenciamento, processamento e armazenamento de grandes volumes de dados, evitando o máximo possível de acoplamento.

Isso possibilita a combinação e análise aprofundada e personalizada dos dados, resultando em diretrizes e padrões. Ao mencionar esses dados, faz-se referência direta e indireta a conceitos como *Big Data*, *Cloud Computing*, *Cybersecurity*, *Edge Computing*, Inteligência Artificial, com destaque para a subárea de *Deep Learning*, *Internet of Things (IoT)* e Realidade Aumentada, que são alguns dos termos presentes no paradigma 4.0 (ARAÚJO; CARVALHO; BURLAMAQUI, 2021).

- *Big Data* significa em sua tradução literal, grandes dados. Esses conjuntos de dados

por terem alto volume são complexos, e mecanismos simples de processamento não são eficazes para administrar. São gerados geralmente, a partir do mapeamento de ações e informações do usuário no ambiente digital. E a partir disso, é possível identificar padrões que auxiliam em um melhor desempenho, usabilidade e tomada de decisões.

- *Cloud Computing* significa computação na nuvem. Tem esse nome pelo fato de não ser possível pegar nas nuvens, mas ser possível ver. Com base nesse conceito, os dados ficam armazenados em grandes datacenters, e o acesso é feito de forma remota. Sendo possível o acesso e gerenciamento do recurso de forma compartilhada e de qualquer lugar do mundo.
- *Cybersecurity* ou Cibersegurança é uma área da computação que estuda e desenvolve métodos que identificam vulnerabilidades, a fim de conhecer as falhas dos sistemas para assim poder consertar e proteger contra ataques maliciosos como roubo cibernético de informações sigilosas.
- *Edge Computing* em sua tradução literal, computação na borda. Com o avanço rápido do *Cloud Computing* foi-se identificado alguns problemas, que justamente a computação na ponta resolve. Adiciona uma camada a mais entre o usuário e os *data centers*, o *gateway*. Localizado mais próximo possível ao usuário, ele intercepta e processa as informações, garantindo menor latência, maior segurança e descentralização do processamento, o que deixava o *Cloud* bem mais caro.
- Inteligência Artificial (IA) refere-se a Algoritmos, sistemas ou máquinas que foram programadas para executar tarefas, com tendência a se auto aprimorar com base nas informações que são coletadas e analisadas. Vale ressaltar que a IA é uma área em ascensão e já se deriva em várias subáreas, como por exemplo *Machine Learning*, *Clustering* e *Deep Learning*.
- *Clustering* ou Clusterização é uma técnica de aprendizado de máquina (*Machine Learning*), que categoriza e agrupa conjuntos de dados. É capaz de identificar padrões e características entre os agentes de forma autônoma.
- *Deep Learning* ou Aprendizado Profundo é a evolução de outra subárea da IA, o *Machine Learning*, que introduz a utilização de Algoritmos para a automatização da compreensão dos dados, com o mínimo de interferência humana. Já o aprendizado profundo é a implementação de várias camadas de dados, análises e filtragens de dados, obtendo resultados mais eficazes e sem a necessidade nenhuma de interferência humana.
- *Internet of Things* (IoT) ou Internet das Coisas, é a área da computação que introduz softwares e internet a equipamentos diversos, tornando dispositivos inteligentes e remotamente manipuláveis. Como por exemplo lâmpadas com interrupção remota e programável, tomadas com funções de gerenciamento de consumo e tempo. Cada vez mais crescente o

surgimento de equipamentos com essas características, avançando cada vez mais para um mundo inteiramente conectado.

- Realidade Aumentada é um tipo de tecnologia que possibilita a sobreposição de objetos gráficos virtuais em relação a realidade. Há também a realidade mista, que além das características da aumentada, permite a interação do digital com o físico, unificando as realidades.
- *Blockchain* é uma tecnologia revolucionária de registro distribuído, permitindo transações seguras e transparentes entre várias partes, sem a necessidade de intermediários centralizados. Através dos registros imutáveis no blockchain, é possível obter informações detalhadas sobre a origem dos materiais, as etapas de produção e as condições de armazenamento. Isso contribui para a garantia de qualidade, autenticidade dos produtos e combate à falsificação.
- Web 3.0 representa uma evolução da internet atual, focando em um ambiente descentralizado e centrado no usuário. Com base em tecnologias como blockchain, identidade digital descentralizada e protocolos de compartilhamento de dados. Ela permite a troca segura e eficiente de dados entre diferentes sistemas e dispositivos.

2.3 Turismo 4.0

Com a ascensão do cenário 4.0, um setor econômico que desempenha um papel significativo na geração e movimentação de riqueza nos países é o setor turístico. Movimentando aproximadamente 8,3 trilhões de dólares por ano, o que equivale a quase 10% do PIB mundial (Banco Mundial, 2020), a adoção adequada das novas tendências tecnológicas pode impulsionar o setor e torná-lo cada vez mais competitivo (ARAÚJO; CARVALHO; BURLAMAQUI, 2021).

No Brasil, o setor turístico representa cerca de 8% do Produto Interno Bruto (PIB), ficando atrás apenas do agronegócio, mineração e indústria automobilística, de acordo com Silvio Nascimento, presidente da Agência Brasileira de Promoção Internacional do Turismo (Embratur). Estima-se que esse percentual possa chegar a 8,2% em 10 anos, segundo projeção da editora PANROTAS (2022), com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Fundação Getulio Vargas (FGV) e FecomercioSP.

No contexto do Turismo 4.0, é importante ressaltar os princípios estabelecidos por Castells (CASTELLS, 2007), que envolvem a combinação da tecnologia com a informação, a influência desses meios tecnológicos na vida pessoal, profissional, política e econômica, sua ampla inserção em processos, serviços e organizações, e a participação dos usuários como contribuintes no processo de produção de informações. Com base nisso, busca-se introduzir constantes inovações tecnológicas com serviços e ferramentas acessíveis tanto para os consumidores quanto para as empresas, tornando os destinos turísticos mais competitivos, sustentáveis e inovadores.

Com base nas referências citadas acima, na Figura 3, são apresentados os elementos fundamentais do Turismo 4.0, destacando-se o papel central dos residentes locais como público-alvo

desses conceitos e como principais beneficiários. Essa representação visual ilustra a importância de envolver e engajar a comunidade local nas inovações tecnológicas aplicadas ao setor turístico. Os residentes locais desempenham um papel crucial no sucesso do Turismo 4.0, pois são eles que vivenciam e interagem diariamente com o destino turístico.

Nesse contexto, é essencial promover a participação ativa dos residentes locais nas decisões relacionadas ao Turismo, ouvindo suas necessidades, expectativas e sugestões. Ao fazer dos residentes o foco principal, o Turismo 4.0 busca criar experiências turísticas autênticas, sustentáveis e personalizadas, que atendam tanto aos anseios dos visitantes como às demandas da comunidade local. Dessa forma, a sinergia entre residentes, visitantes e empresas turísticas fortalece o setor, impulsionando o crescimento econômico e a satisfação de todos os envolvidos.

Figura 3 – Ecosistema do Turismo 4.0



Fonte: Autoria própria inspirado em <https://tourism4-0.org>

2.4 Algoritmos de Recomendação e Clustering

Para lidar com o desafio do excesso de informações na internet (GARCIA; DUARTE, 2020), os Algoritmos de Recomendação desempenham um papel crucial. Esses Algoritmos são classificados em três grupos principais: filtragem baseada em conteúdo, filtragem colaborativa e filtragem híbrida, que combina os dois métodos. A filtragem baseada em conteúdo analisa as características e preferências do usuário para recomendar itens semelhantes aos que ele demonstrou interesse. A filtragem colaborativa utiliza informações sobre as preferências de um grupo de usuários para fazer recomendações personalizadas. A coleta de dados de navegação, como

histórico de navegação, pesquisas e interações com a plataforma, é essencial para implementar esses Algoritmos.

No entanto, é importante respeitar as diretrizes de privacidade, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), ao coletar e utilizar essas informações. Além disso, para lidar com o "cold start", ou seja, usuários sem histórico de navegação, podem ser adotadas estratégias adicionais, como o uso de informações demográficas ou técnicas de *clustering* para identificar grupos com características e preferências semelhantes. Essas estratégias visam fornecer recomendações relevantes e personalizadas, mesmo para usuários que estão começando a interagir com a plataforma.

Para lidar com essa situação, a aplicação proposta utilizará análises com Algoritmos de Clusterização para identificar perfis turísticos similares. Para isso, foram aplicados os Algoritmos *K-Means* e *Hierarchical Clustering*, passando por etapas de pré-processamento e a redução de dimensionalidade utilizando as técnicas PCA (*Principal Component Analysis*) e t-SNE (*t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding*).

O *K-Means* é um algoritmo de Clusterização particional que agrupa os dados em k agrupamentos diferentes com base na distância entre eles. Ele procura encontrar o centroide de cada *cluster* de forma iterativa, atribuindo cada ponto de dados ao *cluster* mais próximo. Já o *Hierarchical Clustering* é um algoritmo de Clusterização hierárquico que organiza os dados em uma estrutura de árvore, conhecida como dendrograma. Esse algoritmo pode ser aglomerativo, começando com cada ponto como um *cluster* individual e, em seguida, mesclando-os gradualmente, ou pode ser divisivo, começando com todos os pontos em um único grupo e dividindo-os progressivamente em grupos menores.

A redução de dimensionalidade utilizando as técnicas PCA e t-SNE é importante para lidar com a alta dimensionalidade dos dados e encontrar representações mais compactas que preservem a estrutura dos dados originais. O PCA busca identificar as principais componentes que explicam a maior parte da variação nos dados, enquanto o t-SNE mapeia os dados de alta dimensão para um espaço de baixa dimensão, preservando as relações de proximidade entre os pontos. Essas técnicas de redução de dimensionalidade são aplicadas antes da execução dos Algoritmos de clustering para garantir a eficiência e eficácia dos resultados obtidos, facilitando a identificação de perfis turísticos similares e possibilitando recomendações mais precisas e personalizadas aos usuários da plataforma.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Durante a pesquisa sobre a Quarta Revolução Industrial, mais especificamente sobre o Turismo 4.0, foram encontrados três artigos relevantes que abordam diferentes aspectos desse novo paradigma. O primeiro deles, intitulado "Um estudo sobre modelo de gestão dos negócios com ênfase no Turismo 4.0" (FERNANDES, 2020), discute o modelo de gestão e direcionamento de empreendimentos turísticos com base nessa nova abordagem. O artigo destaca a importância dos habitantes locais como peça fundamental, dos turistas que devem desfrutar de experiências

de qualidade semelhantes às dos nativos, dos prestadores de serviços e das autoridades locais e governo.

Outro artigo relevante encontrado foi "Turismo 4.0 e o potencial de experiências personalizadas"(ARAÚJO; CARVALHO; BURLAMAQUI, 2021), que explora a adoção dos princípios da Indústria 4.0 pelo setor de Turismo. Nesse estudo, foram analisados artigos relacionados e perspectivas de organizações como a OMT (Organização Mundial do Turismo), WTTC (*World Travel & Tourism Council*), FEM (Fórum Econômico Mundial) e a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico). A autora identificou tendências e problemáticas que apontam para oportunidades no setor. Para validar essas tendências, foi testada a aplicação ZARP Viagens Inteligentes, que proporciona experiências personalizadas, demonstrando eficiência e agregação de valor em toda a cadeia do Turismo.

Por fim, a dissertação "Mecanismo de Recomendação personalizada de rotas utilizando Algoritmos genéticos no contexto do Turismo 4.0"(SANTOS, 2022) aborda o impacto da pandemia de COVID-19 no setor turístico, especialmente a necessidade de digitalização imposta pelo vírus. O autor discute a evolução do processo de viagens por meio de diversas ferramentas disponíveis na internet, porém ressalta que essa quantidade de opções pode confundir os turistas na hora de tomar decisões. Para solucionar esse problema, é proposto um sistema de recomendações inteligentes que auxilia plataformas de Turismo a oferecer rotas otimizadas, produtos, serviços e outros elementos de forma contextualizada.

Esses artigos revelam a importância crescente do Turismo 4.0 e a necessidade de explorar as oportunidades oferecidas por esse novo paradigma, assim como os desafios que precisam ser enfrentados para aprimorar a experiência do turista e impulsionar o setor. A pesquisa realizada evidencia a relevância do tema e a busca por soluções inovadoras e tecnológicas para impulsionar o Turismo de forma sustentável e personalizada.

A tabela comparativa a seguir (Tabela 1) apresenta uma comparação entre os principais pontos abordados em artigos relacionados ao Turismo 4.0, que oferecem experiências personalizadas, incluindo filtragem e Clustering. Além disso, é considerada a questão da responsividade web, que garante maior acessibilidade. Observa-se que todos os artigos analisados abordam a filtragem, no entanto, nenhum deles propõe uma solução para um problema específico relacionado à filtragem, que será discutido posteriormente.

Artigos	Filtragem	Clustering	Web Responsivo
(FERNANDES, 2020)	Sim		
(ARAÚJO; CARVALHO; BURLAMAQUI, 2021)	Sim		
(SANTOS, 2022)	Sim		
Proposta	Sim	Sim	Sim

Tabela 1 – Tabela comparativa

4 METODOLOGIA

Nesta seção, descrevemos a metodologia adotada para realizar o estudo dos Algoritmos de Recomendação e Clusterização no âmbito do Turismo 4.0 na cidade de Aracati. O objetivo principal deste estudo é analisar e avaliar esses Algoritmos, visando compreender suas capacidades e potencialidades no contexto do Turismo inteligente. Para alcançar esse objetivo, foi seguida uma abordagem em diferentes etapas, conforme descritas a seguir.

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os Algoritmos de Recomendação e Clusterização utilizados na área de Turismo inteligente. Essa revisão proporcionou uma compreensão das técnicas e abordagens existentes, permitindo a seleção de Algoritmos relevantes para a análise no contexto de Aracati.

Em seguida, foram coletados o conjunto de dados apropriados para o estudo. Esses dados incluíram informações sobre os visitantes, pontos turísticos, eventos e outros aspectos relevantes do Turismo 4.0 em Aracati.

Na etapa seguinte, foram aplicados os Algoritmos de Recomendação e Clusterização selecionados aos conjuntos de dados coletados. Foram utilizados Algoritmos como o *K-Means*, *Hierarchical Clustering*, entre outros, a fim de identificar padrões de comportamento dos turistas e realizar agrupamentos que permitam uma análise do Turismo inteligente em Aracati.

Para validar e avaliar os resultados obtidos, foi realizado uma análise dos agrupamentos e das recomendações geradas pelos Algoritmos.

Essa metodologia permitiu uma análise sistemática dos Algoritmos de Recomendação e Clusterização no contexto do Turismo inteligente em Aracati, fornecendo informações valiosas para a compreensão e o desenvolvimento de soluções nesse domínio.

4.1 Coletagem de Dados

Com base na coleta de dados realizada por meio do formulário disponibilizado no Google Forms, acessível pelo link <https://forms.gle/cgFaTBBeUYv7FvUV8>, foram obtidas informações relevantes dos voluntários que já visitaram a praia de Canoa Quebrada, na cidade de Aracati. O questionário (Tabela 2) abordou diversos aspectos, como a data de nascimento, gênero, preferências musicais, bebidas e tipos de culinária favoritos. Esses dados foram submetidos a Algoritmos de agrupamento (Clusterings) para identificar correlações entre as diferentes características dos voluntários, como idade, gênero e preferências. Essa análise possibilitou uma filtragem inicial dos dados e, à medida que os usuários utilizam a plataforma, seus históricos de buscas são registrados, permitindo uma filtragem mais precisa com base nos conteúdos de interesse pesquisados. Essa coleta de dados é um passo fundamental no desenvolvimento da plataforma, fornecendo insights valiosos para a personalização das recomendações e o aprimoramento da experiência turística.

Questionário
Qual sua data de nascimento?
Caso se sinta a vontade, qual o seu gênero?
Quais estilos musicais mais te agradam?
Quais bebidas te agradam?
Quais tipos de culinária mais te agradam?

Tabela 2 – Formulário feito no Google Forms

4.2 Aplicação dos Algoritmos K-Means e Hierarchical Clustering

Os testes realizados neste trabalho tiveram como objetivo validar os Algoritmos de Inteligência Artificial aplicados nos dados coletados. Para isso, utilizamos dois Algoritmos de *Clustering*, o *K-Means* e o *Hierarchical Clustering*. Ambos passaram pelas etapas de redução de dimensionalidade utilizando as técnicas PCA e t-SNE. O conjunto de dados utilizado foi composto por 54 amostras, obtidos através do formulário (Tabela 2). Cada indivíduo do conjunto de dados apresenta cerca de 30 características, representando preferências em relação a gostos musicais, culinários e bebidas típicas de Canoa Quebrada. Para cada característica, foi atribuído o valor 1 caso o indivíduo tivesse a preferência correspondente, e 0 caso contrário. Esses dados foram fundamentais para avaliar o desempenho dos Algoritmos de Clustering e sua capacidade de identificar padrões e grupos entre os indivíduos da amostra.

Durante a análise, utilizamos diversas bibliotecas e funções, como *numpy*, *pandas* e *matplotlib.pyplot*, amplamente reconhecidas e utilizadas para a manipulação e visualização de dados em *Python*. Além disso, exploramos as bibliotecas *sklearn.decomposition* e *sklearn.manifold*, que oferecem implementações dos Algoritmos PCA (*Principal Component Analysis*) e t-SNE (*t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding*), respectivamente, a fim de reduzir a dimensionalidade dos dados e facilitar a compreensão dos resultados obtidos.

4.3 Arquitetura

Para a criação do protótipo *web* da aplicação foi escolhida a linguagem de programação *Javascript* (JS), uma linguagem de programação amplamente utilizada que oferece vantagens significativas para o desenvolvimento de aplicações *web* e móveis. Com execução no lado do cliente, ela proporciona interatividade e permite uma boa experiência do usuário. É fácil de aprender e usar, permitindo a reutilização de código e suportando bibliotecas e *frameworks* populares. Além disso, *JavaScript* integra-se facilmente a APIs externas e recebe constantes atualizações e melhorias da comunidade, tornando-a uma escolha poderosa para o desenvolvimento *web*. Portanto, com o conjunto de ferramentas baseado em *Javascript*, fica fácil realizar manutenções em qualquer parte do projeto.

Para o desenvolvimento do *back-end*, responsável pelas regras de negócio e tratamento dos dados, utilizamos o *Node.js*, um conjunto de bibliotecas que permite a interpretação do *JavaScript* fora do navegador. Além disso, adotamos o *TypeScript* (TS), que proporciona detecção

precoce de erros durante o desenvolvimento, aumentando a robustez e confiabilidade do código, e fortalece a segurança na transmissão de dados na aplicação. Para integração com o banco de dados, escolhemos o *Prisma*, um *framework* para mapeamento objeto-relacional (ORM) que aproxima o modelo relacional do paradigma de desenvolvimento orientado a objetos. Quanto à infraestrutura, optamos pela Amazon Web Services (AWS), que oferece mais de 200 serviços de *Cloud Computing* (OFICIAL, 2022), e utilizamos os serviços e APIs do Google, incluindo a *Google Maps Platform*.

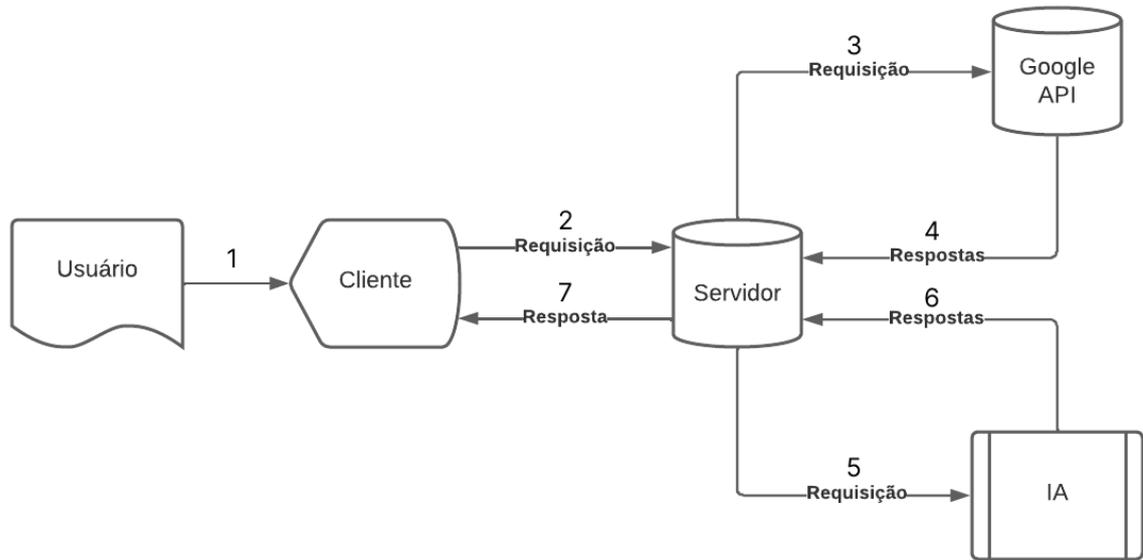
A parte visível ao usuário, conhecida como *front-end*, foi desenvolvida utilizando o *Next.js*, um *framework* do ecossistema *JavaScript* baseado na biblioteca *React*, desenvolvida pela empresa *Facebook* e totalmente funcional em *TypeScript*. O *Next.js* possui um foco em alta performance, pois renderiza as páginas diretamente no servidor onde a aplicação está hospedada. Além disso, ele utiliza técnicas para evitar o uso desnecessário de processamento e mantém as características padrão dos navegadores, o que é favorável para a indexação em ferramentas de busca, como o Google, proporcionando uma maior visibilidade para o sistema. Com os conceitos fundamentais do *React*, também é possível desenvolver *Progressive Web Apps* (PWAs), que são sites que se adaptam e utilizam dados em cache para se comportar como um aplicativo móvel, ou utilizar o *React Native* para construir aplicativos móveis nativos.

Para a implementação dos Algoritmos de Clusterização, foi utilizada a linguagem de programação *Python* devido às suas bibliotecas e facilidade de uso relacionadas a Algoritmos de Inteligência Artificial. Para ler os dados do formulário, foi necessário o uso da biblioteca *pandas* e sua função *read_csv*. Além disso, foi necessário utilizar a biblioteca *sklearn*, da qual foram importadas as funções do *K-Means* e do *Hierarchical Clustering*, assim como também foram importados os Algoritmos de redução de dimensionalidade PCA e TSNE. Por fim, a biblioteca *matplotlib* foi utilizada para a visualização dos dados.

A Figura 4 representa a interação entre o usuário e a aplicação, demonstrando o fluxo de informações e solicitações entre os diferentes componentes envolvidos. A interação ocorre da seguinte forma:

1. O usuário inicia a interação acessando um cliente, que neste caso é um navegador web. O cliente foi desenvolvido utilizando as tecnologias *Nestjs* e *React*, fornecendo uma interface amigável para o usuário.
2. O cliente, através do navegador web, envia uma requisição para o servidor implementado em *Node.js*. O servidor age como um intermediário, recebendo e processando as solicitações do cliente.
3. O servidor, após receber a requisição do cliente, faz uma nova requisição para a API do Google. Essa solicitação tem o objetivo de obter informações de autenticação necessárias para o processo.
4. A API do Google responde ao servidor com um token de autenticação, confirmando a autenticidade do usuário e concedendo acesso às informações solicitadas.

Figura 4 – Fluxograma



Fonte: Autoria própria

5. Com o token, o servidor Node.js faz uma nova requisição a um serviço de Inteligência Artificial que utiliza Algoritmos de Clusterização. Essa requisição busca obter recomendações personalizadas para o usuário com base em análises e processamento de dados.
6. O serviço de Inteligência Artificial, utilizando os Algoritmos de Clusterização desenvolvidos neste artigo, processa as informações recebidas e gera recomendações específicas para o usuário. A Recomendação gerada pelo serviço de IA é enviada de volta ao servidor Node.js.
7. Por fim, o servidor envia a Recomendação de volta ao cliente, que é exibida no navegador web do usuário.

Essa interação entre o usuário e a aplicação permite uma experiência personalizada, na qual o usuário pode receber recomendações relevantes com base em seus interesses e preferências, aproveitando o poder da Inteligência Artificial e da Clusterização de dados.

4.4 Prototipação das telas da plataforma

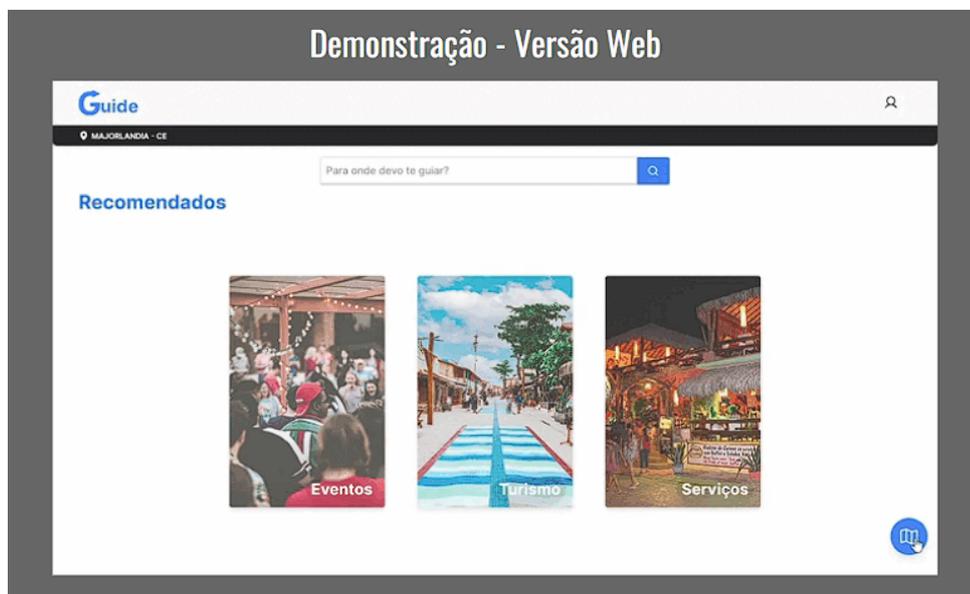
A seguir temos imagens que representam a interface do usuário. Desde a primeira versão, um *mockup* que seria um esboço digital (Figura 5) contruída na ferramenta *Figma*, como também a versão *web* (Figura 6) e a versão *mobile* (Figuras 7 e 8).

Figura 5 – Mockup do Guide no Figma



Fonte: Autorial própria

Figura 6 – Página Principal da Aplicação Web



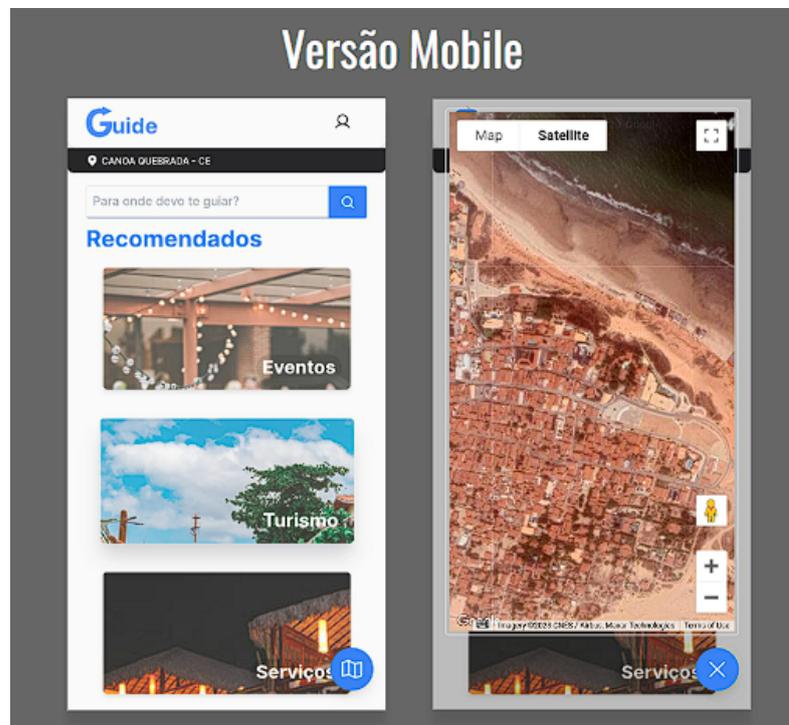
Fonte: Autorial própria

Figura 7 – Páginas de login e cadastro da versão Mobile



Fonte: Autoria própria

Figura 8 – Página principal versão Mobile



Fonte: Autoria própria

5 RESULTADOS

Os estudos e resultados obtidos neste trabalho comprovaram a eficácia dos Algoritmos de Recomendação e Clusterização na personalização e identificação da proximidade de características, revelando 5 agrupamentos claros em ambos os Algoritmos. A utilização de Algoritmos de filtragem baseada em conteúdo, filtragem colaborativa e filtragem híbrida permite lidar com o excesso de informações na internet, fornecendo recomendações precisas aos usuários da aplicação. É importante ressaltar que a utilização das APIs do *Google Maps Platform* já incorporam os Algoritmos de filtragem.

O formulário utilizado durante o cadastro possibilitou lidar com o desafio do "*cold start*", identificando recomendações e não recomendações para cada perfil de turista identificado. Através dos Algoritmos de *Clustering*, *K-Means* e *Hierarchical Clustering*, aplicados ao conjunto de dados. Entretanto, vale ressaltar que é prevista uma análise mais profunda e contínua dos *Clustering*. Assim como também a integração da IA com a aplicação *Web*, para aprendizagem contínua do algoritmo com a navegação do usuário.

Os resultados obtidos com esses Algoritmos foram promissores, contribuindo para a definição de possíveis personas turísticas que pode permitir uma Recomendação mais precisa e personalizada aos usuários da aplicação. Reduzindo assim, o excesso de informações que costuma confundir os usuários. Os testes realizados neste trabalho validaram a arquitetura proposta, onde cada serviço cumpriu seu objetivo inicial, restando a integração como mencionado.

5.1 Testes com o algoritmo Kmeans

Para o algoritmo *K-Means* foi definido 5 **clusters**, visando identificar grupos distintos de turistas com base em suas características e preferências. O processo de Clusterização foi aplicado ao conjunto de dados, resultando na atribuição de rótulos de cluster a cada instância. Adicionalmente, foi utilizada a biblioteca *sklearn.cluster*.

Para realizar a análise, o conjunto de dados foi carregado a partir de um arquivo CSV (*Comma-separated values* ou Valores Separados Por Virgula) específico, utilizando a biblioteca *pandas*. Esse arquivo continha informações relevantes sobre música e gastronomia em Aracati, sendo essas características essenciais para a identificação dos perfis e interesses dos turistas.

Além disso, foi necessário utilizar a biblioteca *google.colab.drive* para montar o *Google Drive* no ambiente *Colab*, a fim de acessar o conjunto de dados armazenado na nuvem. Os resultados obtidos foram visualizados por meio de gráficos gerados com a biblioteca *matplotlib.pyplot*. Foram utilizadas as técnicas de PCA e t-SNE para reduzir a dimensionalidade dos dados a duas e três dimensões, respectivamente, e, em seguida, plotados os pontos correspondentes aos turistas, coloridos de acordo com os rótulos de cluster obtidos pelo algoritmo *K-Means*. Essa representação gráfica permitiu uma melhor compreensão das tendências e padrões encontrados nos dados.

O algoritmo *K-Means* oferece vantagens, como simplicidade de implementação e interpretação dos resultados, eficiência em grandes conjuntos de dados e escalabilidade. No entanto, possui limitações, como a necessidade de definir previamente o número de *clusters* e a suposição de formas esféricas e tamanhos similares para os *clusters*. Ao aplicar o *K-Means* na análise do comportamento e preferências dos turistas em Aracati, é importante considerar essas características, buscando complementar os resultados com outras abordagens de Clusterização para obter uma visão mais precisa e abrangente dos padrões e segmentações dos turistas na cidade.

5.2 Testes com o algoritmo Hierarchical Clustering

A fim de realizar uma análise aprofundada sobre os dados coletados no âmbito deste TCC, também foi utilizado o algoritmo de Clusterização *Hierarchical Clustering*. Para realizar essa análise, foram importadas as bibliotecas necessárias, como *numpy*, *pandas*, *matplotlib.pyplot*, *sklearn.decomposition*, *sklearn.manifold*, *sklearn.cluster* e *scipy.cluster.hierarchy*.

O conjunto de dados utilizado consiste em 54 amostras, cada uma contendo aproximadamente 30 características relevantes, como sexo, ano de nascimento, gêneros musicais e preferências gastronômicas. Com o objetivo de identificar a estrutura de agrupamento dos dados e compreender as correlações existentes, o algoritmo *Hierarchical Clustering* foi aplicado.

Inicialmente, o algoritmo Hierarchical Clustering foi aplicado, atribuindo rótulos de cluster às amostras do conjunto de dados. Para a construção dos dendrogramas, utilizou-se a função *linkage* do *scipy.cluster.hierarchy* para calcular a matriz de ligação. Posteriormente, a função dendrogram foi empregada para exibir os dendrogramas resultantes.

Além disso, os resultados do *Hierarchical Clustering* foram visualizados por meio de gráficos de dispersão bidimensionais, nos quais cada ponto representa uma amostra e sua cor indica a pertença a um determinado cluster. Essas visualizações proporcionam uma compreensão mais clara da estrutura de agrupamento dos dados e das possíveis correlações entre as características.

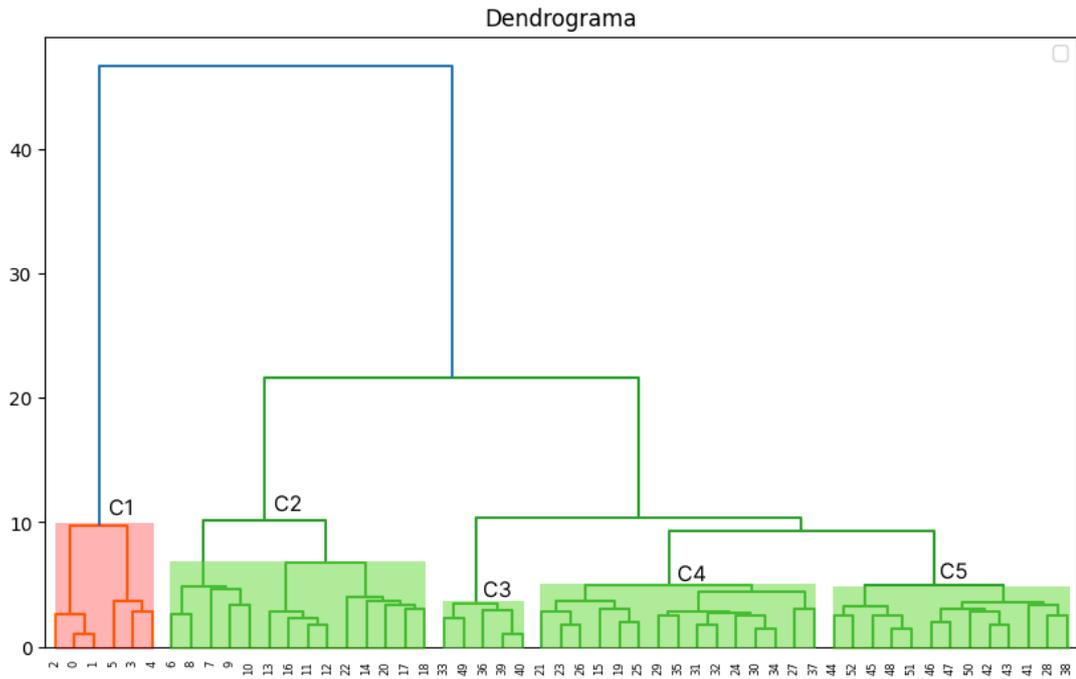
O algoritmo *Hierarchical Clustering* apresenta vantagens, como a capacidade de identificar estruturas hierárquicas e a flexibilidade na definição do número de *clusters*. Por outro lado, pode ser computacionalmente mais custoso e requer uma interpretação mais complexa dos resultados. Ao aplicar o *Hierarchical Clustering* na análise do comportamento e preferências dos turistas em Aracati, é necessário considerar essas características para obter insights relevantes sobre os agrupamentos e segmentações dos turistas na cidade.

5.3 Dendogramas e Histogramas

A fim de tornar documentado os resultados obtidos para possíveis análises e estudos futuros, a seguir temos o resultados obtidos através dos Algoritmos de Clusterização feitos em *Python*. Na Figura 9 temos um dos resultados do HC (*Hierarchical Clustering*), e ao final do artigo temos os histogramas dos *clusters* encontrados: C1 (Figura 14), C2 (Figura 15), C3 (Figura 16), C4 (Figura 17) e C5 (Figura 18). Temos também a Figura 10, onde o resultado anterior foi aplicado a técnica de diminuição de dimensionalidade PCA, mas como os *clusters* encontrados

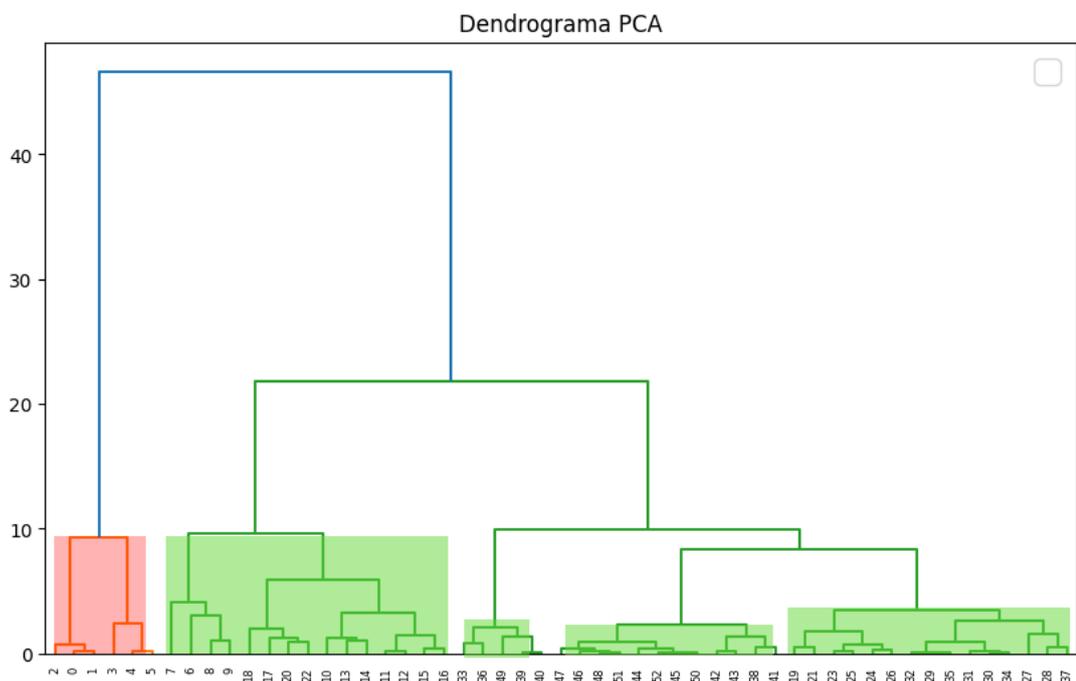
foram os mesmos anteriores, serve para análise os histogramas referentes a 9. Por fim, temos os resultados do HC aplicados com a técnica TSNE na Figura 11 e em anexo no final do artigo temos os histogramas dos *clusters* encontrados: C1 (19), C2 (Figura 20), C3 (Figura 21), C4 (Figura 22) e C5 (Figura 23)

Figura 9 – Resultado do algoritmo Hierarchical Clustering



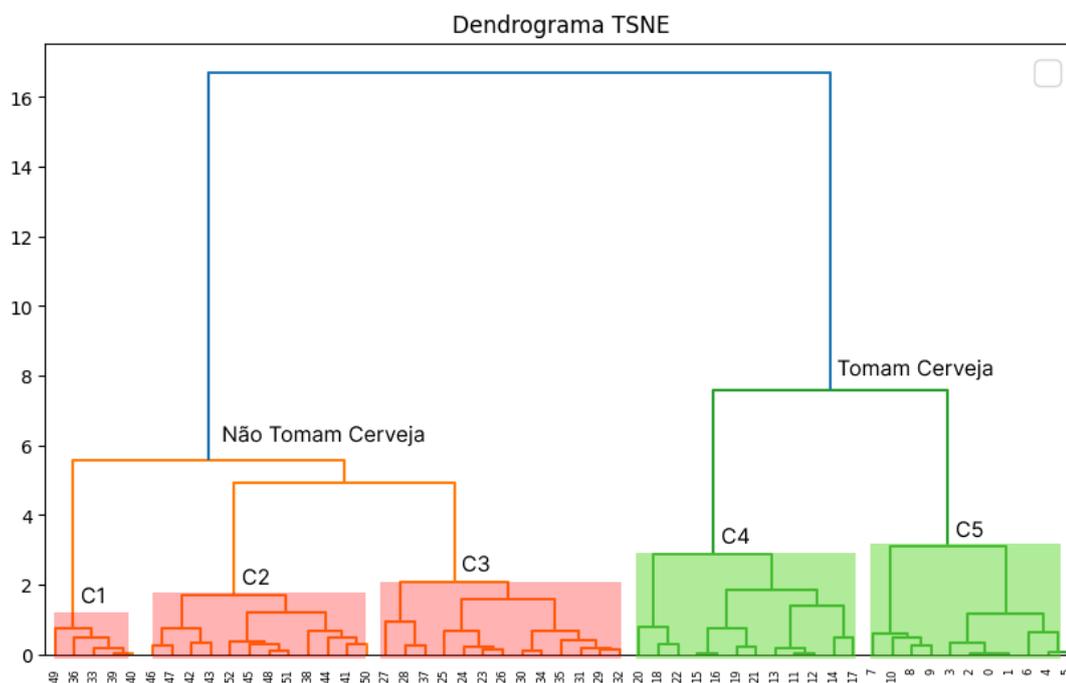
Fonte: Autoria própria

Figura 10 – Resultado do algoritmo Hierarchical Clustering com PCA



Fonte: Autoria própria

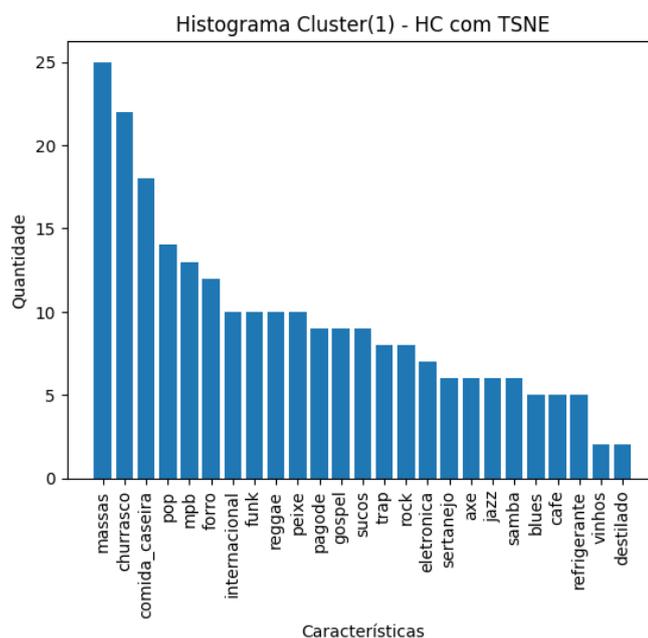
Figura 11 – Resultado do algoritmo Hierarchical Clustering com TSNE



Fonte: Autoria própria

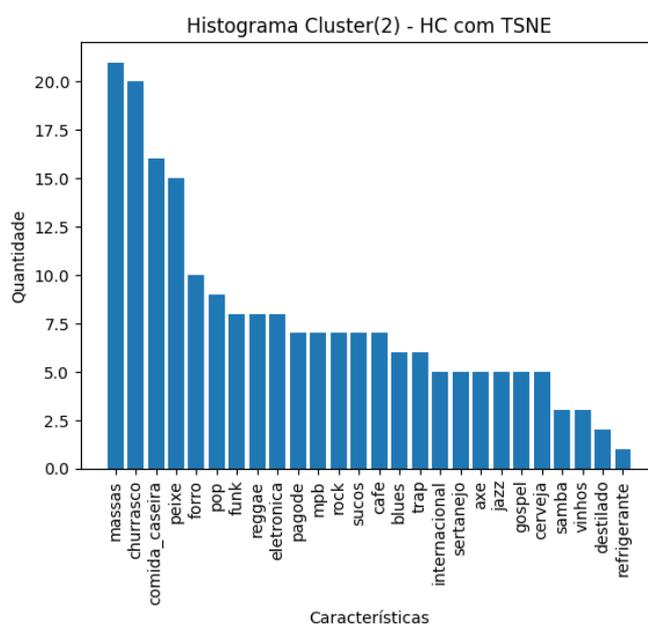
Para identificar as características de cada *cluster*, foi criado um algoritmo que percorre o vetor através dos índices que são a identificação dos indivíduos, e faz uma contagem de ocorrências. Para um melhor entendimento, na Figura 11 podemos ver dois grandes agrupamentos, vistos de cima para baixo, seriam o segundo nível. O primeiro grande *cluster* representado pela cor laranja, chamado de *Cluster(1)* assim como na Figura 12, tendo como uma das principais características conter indivíduos que consomem cerveja. Já o segundo na cor verde, *Cluster(2)*, representa os indivíduos que não consomem cerveja, o histograma desse grupo está disponível na Figura 13. Podemos destacar também a predominância dos gostos culinários referentes a massas e churrasco em ambos os *clusters*.

Figura 12 – Histograma do Cluster(1) do algoritmo Hierarchical Clustering com TSNE



Fonte: Autoria própria

Figura 13 – Histograma do Cluster(2) do algoritmo Hierarchical Clustering com TSNE



Fonte: Autoria própria

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho abordou a concepção de uma plataforma digital inteligente no contexto do Turismo 4.0, utilizando técnicas de filtragem e Algoritmos de Inteligência Artificial para fornecer recomendações personalizadas aos turistas. O objetivo principal foi estudar e aplicar

os Algoritmos, avaliando sua capacidade de auxiliar os turistas na filtragem do excesso de informações disponíveis na internet, de acordo com suas preferências pessoais, ao mesmo tempo em que impulsiona a transição tecnológica de empresários locais.

A metodologia adotada envolveu a revisão bibliográfica e a análise de Algoritmos de Recomendação, como a filtragem baseada em conteúdo, filtragem colaborativa e filtragem híbrida, além de Algoritmos de Clusterização, como o *K-Means* e o *Hierarchical Clustering*. Através dessas análises, foram estabelecidos os critérios mais relevantes para a filtragem e Recomendação de conteúdo aos usuários da plataforma.

Os resultados obtidos indicam que a plataforma proposta pode proporcionar uma experiência turística personalizada e eficiente em termos de custo-benefício para os turistas. Ao lidar com o excesso de informações na internet, a plataforma auxilia os usuários a encontrarem informações relevantes de acordo com suas preferências, contribuindo, assim, para o desenvolvimento do setor turístico.

Ao longo do trabalho, também foram destacadas tendências de mercado, como as linguagens *Javascript* e *Typescript* para a web e o *Python* para IA. Essas tendências têm o poder de impulsionar ainda mais a interconectividade e a Internet das Coisas (IoT), ampliando as possibilidades de personalização e contextualização das recomendações turísticas.

Como conclusão, este estudo poderá contribuir para a compreensão da importância das tecnologias de Inteligência Artificial e Clusterização na personalização das recomendações turísticas, bem como na Indústria 4.0 como um todo. A plataforma em desenvolvimento apresenta um grande potencial para melhorar a experiência dos turistas, integrando serviços web e Inteligência Artificial para fornecer informações relevantes e personalizadas sobre pontos turísticos, eventos e serviços.

Recomenda-se que futuras pesquisas explorem a expansão da amostra de dados e realizem análises mais aprofundadas para avaliar o impacto específico dos Algoritmos utilizados. Além disso, é importante acompanhar as tendências tecnológicas e a evolução do Turismo 4.0, buscando constantemente aprimorar a plataforma e promover uma experiência turística cada vez mais satisfatória e personalizada.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. B.; CARVALHO, Z. V.; BURLAMAQUI, A. M. F. Turismo 4.0 e o potencial inovativo de experiências personalizadas. In: **11th International Symposium on Technological Innovation**. [S.l.: s.n.], 2021.

BUHR, D. **Social innovation policy for Industry 4.0**. [S.l.]: Friedrich-Ebert-Stiftung, Division for Social and Economic Policies Berlin, 2015.

CASTELLS, M. **A era da informação: economia, sociedade e cultura**. [S.l.: s.n.], 2007. v. 1.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or hype?[industry forum]. **IEEE industrial electronics magazine**, IEEE, v. 8, n. 2, p. 56–58, 2014.

DRUCKER, P. **Prática da administração de empresas**. Thompson Pioneira, 1992.

FERNANDES, T. de A. M. F. L. Um estudo sobre modelo de gestão dos negócios com ênfase no turismo 4.0. **Revista Turismo Estudos e Práticas-RTEP/UERN**, v. 9, n. 2, p. 1–20, 2020.

GARCIA, L. P.; DUARTE, E. **Infodemia: excesso de quantidade em detrimento da qualidade das informações sobre a COVID-19**. [S.l.]: SciELO Public Health, 2020. e2020186 p.

GILLESPIE, T. A relevância dos algoritmos. **Parágrafo**, v. 6, n. 1, p. 95–121, 2018.

GOLDSTONE, J. **Revolutions: A Very Short Introduction**. OUP USA, 2014. (Very Short Introductions). ISBN 9780199858507. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=kHBVAgAAQBAJ>>.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: IEEE. **2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)**. [S.l.], 2016. p. 3928–3937.

JESUS, F. S. de. **Os ciclos de Kondratiev**. 2016. Disponível em: <<https://www.geografiaopinativa.com.br/2016/07/os-ciclos-de-kondratiev.html>>. Acesso em: 26 de out. de 2022.

KAGERMANN, H. **Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0**. Acatech. Alemanha, 2013.

KUDYBA, S. Covid-19 and the acceleration of digital transformation and the future of work. **Information Systems Management**, Taylor & Francis, v. 37, n. 4, p. 284–287, 2020.

MARINHO, L. H. et al. Conceitos, implementação e dados privados de algoritmos de recomendação. **Sociedade Brasileira de Computação**, 2019.

OFICIAL, S. **O que é Amazon Web Services?** 2022. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/what-is-aws/>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2022.

PAEA, S.; BAIRD, R. Information architecture (ia): Using multidimensional scaling (mds) and k-means clustering algorithm for analysis of card sorting data. **Journal of Usability Studies**, v. 13, n. 3, p. 138–157, 2018.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480–491, 2018.

SANTOS-JÚNIOR, A. et al. Smart tourism destinations: Un estudio basado en la visión de los stakeholders. **Revista Turismo em Análise**, v. 28, n. 3, p. 358–379, 2017.

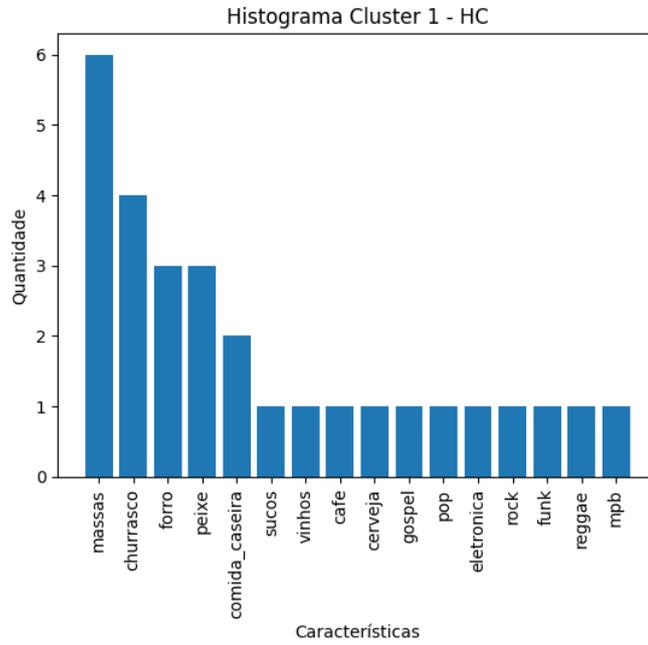
SANTOS, R. Mecanismo de recomendação personalizada de rotas utilizando algoritmos genéticos no contexto do turismo 4.0. 2022.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. [S.l.]: Currency, 2017.

TAKAHASHI, M. M.; JR, R. H. Estudo comparativo de algoritmos de recomendação. **Universidade de São Paulo**, 2015.

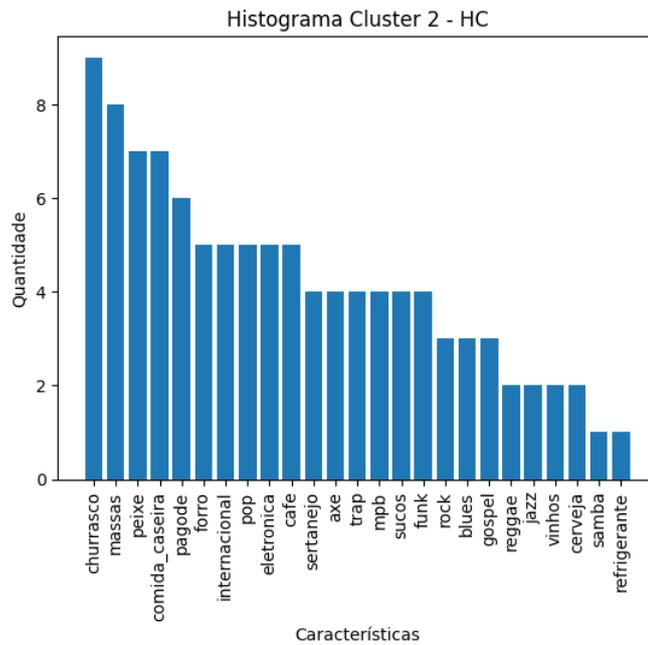
7 APÊNDICE

Figura 14 – Resultado do algoritmo Cluster 1



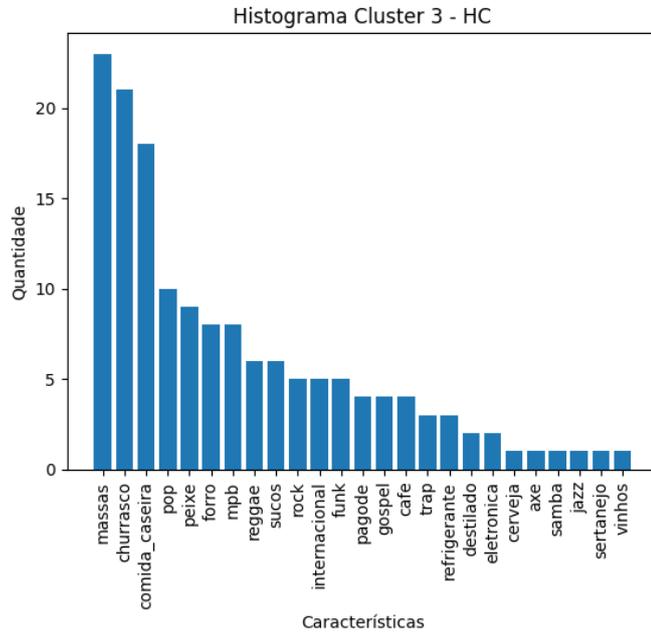
Fonte: Autoria própria

Figura 15 – Resultado do algoritmo Cluster 2



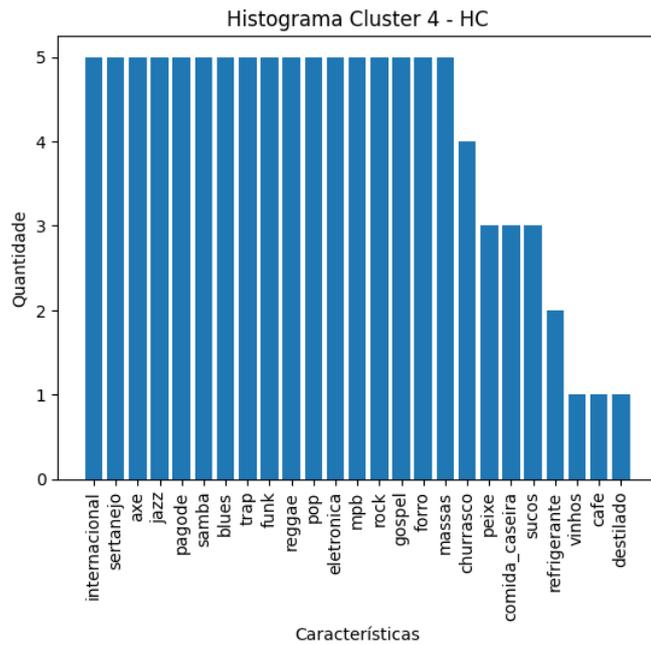
Fonte: Autoria própria

Figura 16 – Resultado do algoritmo Cluster 3



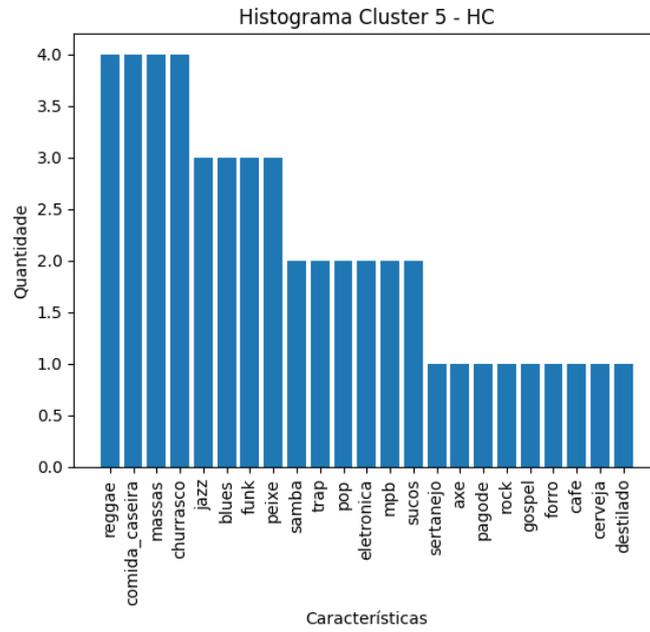
Fonte: Autoria própria

Figura 17 – Resultado do algoritmo Cluster 4



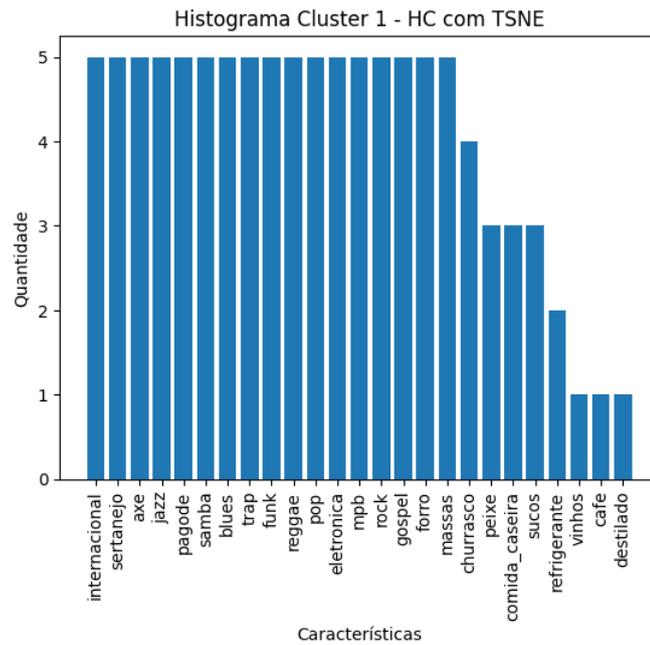
Fonte: Autoria própria

Figura 18 – Resultado do algoritmo Cluster 5



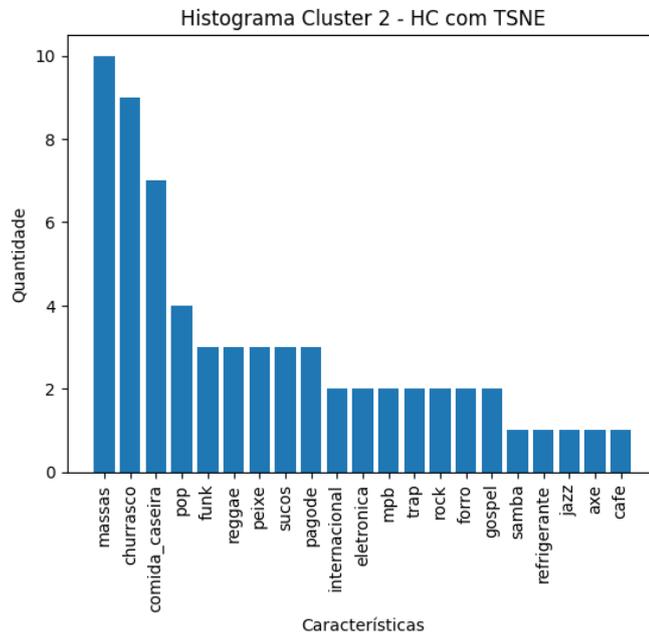
Fonte: Autoria própria

Figura 19 – Resultado do algoritmo Cluster 1 com TSNE



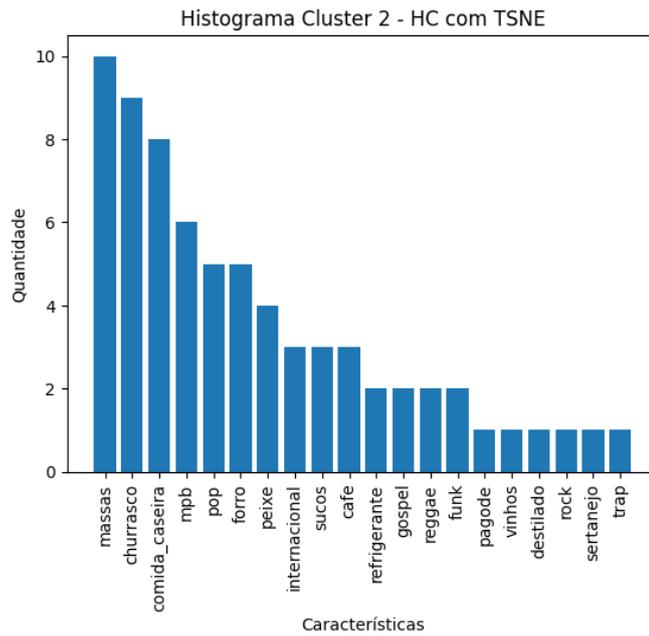
Fonte: Autoria própria

Figura 20 – Resultado do algoritmo Cluster 2 com TSNE



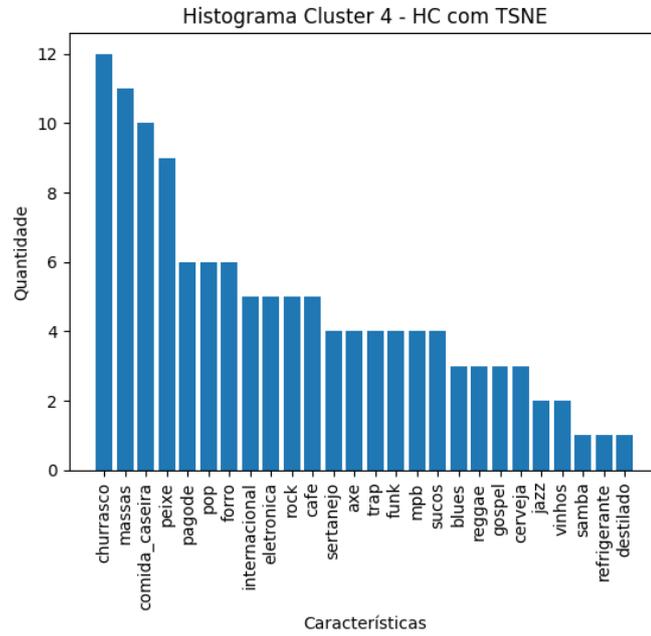
Fonte: Autoria própria

Figura 21 – Resultado do algoritmo Cluster 3 com TSNE



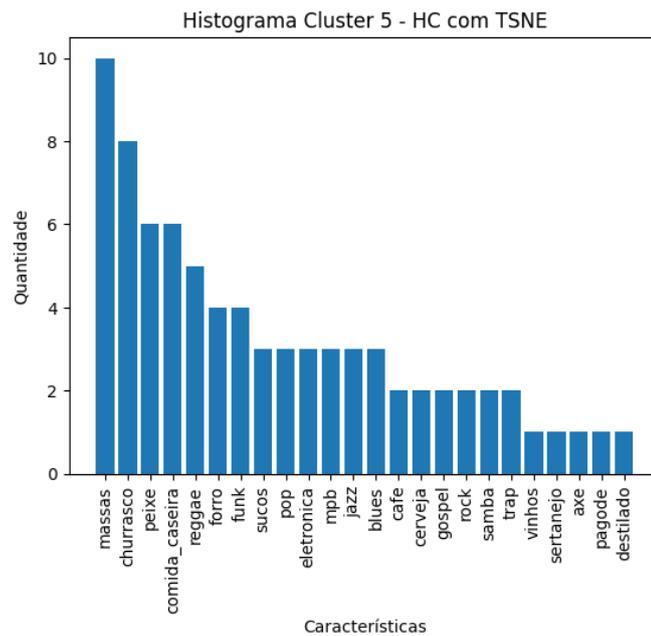
Fonte: Autoria própria

Figura 22 – Resultado do algoritmo Cluster 4 com TSNE



Fonte: Autoria própria

Figura 23 – Resultado do algoritmo Cluster 5 com TSNE



Fonte: Autoria própria