

# Compreendendo o Movimento Além do Espaço e Tempo: Análise Visual de Trajetórias com Múltiplos Aspectos

Pedro Henrique Valiati Vilbert<sup>1</sup>, Eduardo Luiz Alba<sup>1</sup>, Vanessa Lago Machado<sup>2</sup>,  
Tarlis Tortelli Portela<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR), Palmas, PR – Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL), Passo Fundo, RS – Brasil

<sup>3</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Dois Vizinhos, PR – Brasil

{pedrovilbert2005,eduardoalba0,vanessalagomachado}@gmail.com

tarlis@tarlis.com.br

**Abstract.** *This work proposes a tool aimed at the interactive visualization of Multiple Aspect Trajectories (MAT) and movelets, an approach for analyzing mobility data enriched with heterogeneous semantic information. Developed in Python using libraries such as Dash, Plotly, and Pandas, the tool enables the loading, processing, and visual exploration of trajectories, allowing dynamic filtering by different aspects and detailed inspection of points and segments on maps. The objective is to facilitate the interpretation of complex patterns in multidimensional mobility data, contributing to advances in the understanding of mobile object behavior.*

**Resumo.** *Este trabalho propõe uma ferramenta voltada à visualização interativa de trajetórias de múltiplos aspectos (MAT) e movelets, uma abordagem para análise de dados de mobilidade enriquecidos com informações semânticas heterogêneas. Desenvolvida em Python com o uso de bibliotecas como Dash, Plotly e Pandas, a ferramenta permite o carregamento, processamento e exploração visual de trajetórias, possibilitando a filtragem dinâmica por diferentes aspectos e a inspeção detalhada de pontos e segmentos em mapas. O objetivo é facilitar a interpretação de padrões complexos de dados de mobilidade multidimensionais, contribuindo para avanços na compreensão de comportamentos de objetos móveis.*

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, a popularização de dispositivos móveis equipados com sensores de localização tem ampliado significativamente a coleta de dados de mobilidade. Como resultado, observa-se um crescimento expressivo no volume de dados que descrevem as rotinas e deslocamentos de objetos móveis. Esse cenário tem impulsionado o desenvolvimento de novos métodos e ferramentas para o processamento, a modelagem e a análise de dados de mobilidade [Portela et al. 2019].

Os dados de mobilidade representam o deslocamento de um objeto ao longo do tempo, descrevendo sua sequência de posições em um determinado intervalo de tempo. Esses dados são organizados como Trajetórias de Múltiplos Aspectos (Multiple Aspect

Trajectories — MAT), nas quais múltiplas dimensões semânticas podem ser associadas a cada ponto ou segmento da trajetória. Essa integração de informações heterogêneas ampliou o potencial analítico para identificação de padrões em objetos móveis, embora também torne o processamento e a análise mais desafiadores devido à heterogeneidade e ao grande volume de atributos [Mello et al. 2019].

Nesse contexto, são essenciais ferramentas de análise de dados de mobilidade que disponibilizem recursos que facilitem sua interpretação. Neste trabalho é apresentada a ferramenta Trajectory-Mat, com o objetivo de apoiar a análise e a visualização de dados de trajetórias.

## 2. Trabalhos Relacionados

Diversos trabalhos têm sido propostos com a finalidade de oferecer suporte à análise e à visualização de dados de trajetórias, especialmente diante do crescimento do volume desses dados. Por conta disso, as ferramentas de visualização desempenham um papel fundamental, pois permitem que analistas compreendam padrões e comportamentos de forma intuitiva, reduzindo a complexidade da análise de dados de mobilidade, que são muito ricos em sentido semântico.

Em 2011, [Bakshev et al. 2011] apresentou uma abordagem voltada à visualização semântica de trajetórias, integrando informações contextuais aos dados espaciais e temporais para possibilitar interpretações mais ricas do comportamento de objetos móveis. Em 2022 [da Luz et al. 2022] propôs a ferramenta Visual RMat, destinada à análise visual de dados de múltiplos aspectos, oferecendo recursos de inspeção visual e apoio à compreensão de padrões durante a exploração dos dados.

Além das ferramentas voltadas diretamente à visualização, o framework MAT-Tools, apresentado por [Portela et al. 2024], fornece uma infraestrutura abrangente para mineração e análise de trajetórias de múltiplos aspectos, com suporte à classificação e à extração de padrões discriminativos, como *movelets*. Esses padrões permitem interpretar o comportamento de objetos móveis ao evidenciar subtrajetórias relevantes que distinguem diferentes classes, sendo particularmente úteis para tarefas como classificação. Contudo, o foco do framework está predominantemente nos métodos analíticos e de mineração, não contemplando de forma aprofundada mecanismos de exploração visual interativa que auxiliem na interpretação humana e na análise exploratória dos dados.

Além das ferramentas voltadas diretamente à visualização, o framework MAT-Tools, apresentado por [Portela et al. 2024], fornece uma infraestrutura para mineração e análise de trajetórias de múltiplos aspectos, com suporte à classificação e à extração de padrões discriminativos, como *movelets*. Esses padrões permitem interpretar o comportamento de objetos móveis, o que é útil para Contudo, seu foco está principalmente em métodos analíticos e de mineração, e não na exploração visual interativa dos dados.

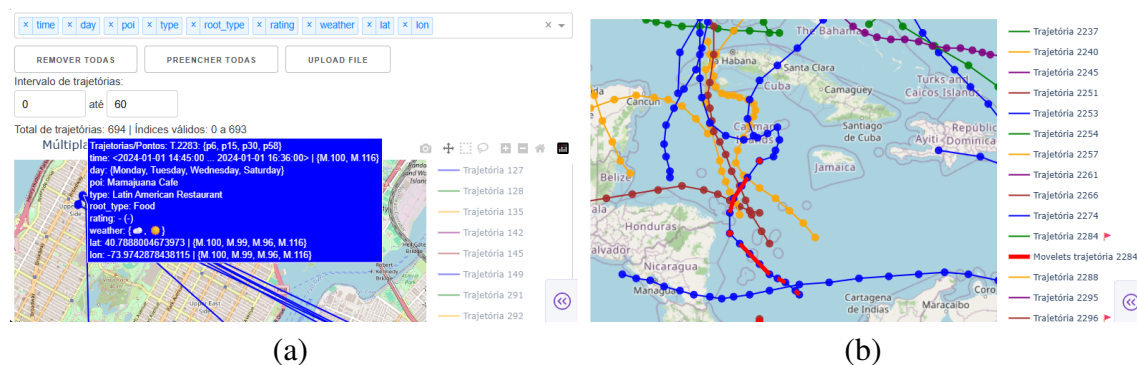
Diferentemente desses trabalhos, a ferramenta apresentada neste artigo tem como foco principal a visualização interativa exploratória, permitindo aplicar filtros dinâmicos sobre múltiplos aspectos semânticos e espaciais e observar imediatamente seus efeitos na visualização das trajetórias e seus padrões. Assim, a proposta busca complementar as soluções existentes ao oferecer um ambiente simples, interativo e acessível para a inspeção de trajetórias de múltiplos aspectos, tanto a analistas quanto a usuários sem conhecimento especializado.

### 3. Trajectory-Map

Nesta seção, é apresentada a ferramenta *trajectory-map*<sup>1</sup> voltada à visualização de MAT's. Trajectory-map visa facilitar o trabalho de analistas e, ao mesmo tempo, permitir que os padrões nos dados possam ser evidenciados, facilitando a descoberta de novo conhecimento.

A implementação da ferramenta foi realizada em Python, combinada a um conjunto de bibliotecas amplamente empregadas em aplicações de visualização e manipulação de dados, entre elas, destacam-se: Dash, responsável pela criação da interface interativa; Plotly, utilizada na renderização gráfica das trajetórias e na construção dos componentes visuais; Pandas, essencial para a organização, limpeza e manipulação das estruturas de dados; além de diferentes bibliotecas MAT (MAT-Data e MAT-Model)<sup>2</sup>, empregadas no tratamento e na representação dos múltiplos aspectos que enriquecem as trajetórias.

A ferramenta desenvolvida opera por meio de um fluxo composto por três etapas principais: carregamento dos dados, processamento e integração dos múltiplos aspectos, e visualização interativa. Inicialmente, o usuário fornece um arquivo que contém as MAT's ou movelets. Esses dados são então carregados e estruturados pela aplicação, que se encarrega de organizar os atributos espaciais, temporais e semânticos de cada trajetória.



**Figure 1. Visualização de trajetórias com múltiplos aspectos e detalhes semânticos.**

Os dados estruturados são encaminhados ao módulo de visualização interativa, desenvolvido com Dash e Plotly, permitindo alternar entre diferentes aspectos semânticos e aplicar filtros. Nesse ambiente, o usuário pode explorar trajetórias geoespaciais em mapas, bem como inspecionar, de forma detalhada, pontos e segmentos individuais — conforme ilustrado na Figura 1 (a), que apresenta dados do Foursquare referentes a trajetórias do tipo check-in na cidade de New York. A Figura 1 (b), por sua vez, exemplifica a visualização de trajetórias de furacões, evidenciando a aplicabilidade do sistema em diferentes domínios. Além disso, a ferramenta permite apresentar padrões extraídos das trajetórias, chamados movelets. A interface foi planejada para favorecer a clareza e a interpretabilidade, permitindo que analistas e usuários leigos compreendam padrões, comportamentos e características presentes nas trajetórias, sem precisarem lidar diretamente com a complexidade da estrutura interna dos dados.

<sup>1</sup><https://github.com/mat-analysis/trajectory-map>

<sup>2</sup><https://github.com/mat-analysis/mat-tools>

#### 4. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Esta proposta apresenta a ferramenta Trajectory-Map focada na visualização de Trajetórias de Múltiplos Aspectos (MATs), com o objetivo de facilitar a interpretação e a exploração de dados de mobilidade. A ferramenta busca apoiar a análise exploratória desses dados, permitindo que usuários identifiquem padrões, relações e comportamentos presentes nas trajetórias a partir da integração de diferentes aspectos semânticos e espaciais.

Apesar das contribuições no suporte à visualização e à inspeção interativa, a abordagem ainda apresenta algumas limitações, como a dependência da qualidade e disponibilidade dos dados semânticos e a ausência de mecanismos para análise preditiva. Nesse sentido, trabalhos futuros podem explorar a integração de técnicas de mineração de dados e aprendizado de máquina, possibilitando, por exemplo, a realização de previsões de deslocamento ampliando o potencial analítico da ferramenta.

#### References

- Bakshev, S., Spisanti, L., Fernández de Macedo, J., Vidal, V., and Casanova, M. (2011). Semantic visualization of trajectories. In *13th International Conference on Enterprise Information Systems. Beijing, China*.
- da Luz, T. O., Machado, V. L., and dos Santos Mello, R. (2022). Visual r-mat: uma ferramenta visual de apoio a análises sob dados representativos de trajetórias de múltiplos aspectos. *Revista ComInG-Communications and Innovations Gazette*, 6(1):36–45.
- Li, A., Xu, Z., Zhang, J., Li, T., Cheng, X., and Hu, C. (2023). A vector field visualization method for trajectory big data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(10).
- Mello, R. d. S., Bogorny, V., Alvares, L. O., Santana, L. H. Z., Ferrero, C. A., Frozza, A. A., Schreiner, G. A., and Renso, C. (2019). MASTER: A multiple aspect view on trajectories. *Trans. GIS*, 23(4):805–822.
- Portela, T. T. et al. (2023). Towards optimization methods for movelets extraction in multiple aspect trajectory classification.
- Portela, T. T., Machado, V. L., and Renso, C. (2024). Unified approach to trajectory data mining and multi-aspect trajectory analysis with mat-tools framework. In *Anais Extendidos do 39º Simpósio Brasileiro de Bancos de Dados*, pages 00–00, Florianópolis, SC, Brasil. SBC.
- Portela, T. T., Vicenzi, F., and Bogorny, V. (2019). Trajectory data privacy: Research challenges and opportunities. *GEOINFO*, pages 99–110.
- Spaccapietra, S., Parent, C., Damiani, M. L., de Macedo, J. A., Porto, F., and Vangenot, C. (2008). A conceptual view on trajectories. *Data and Knowledge Engineering*, 65(1):126–146.