



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



Mineração de Dados Espaço-temporais no Contexto das Mudanças de Uso e Cobertura da Terra

Exame de Qualificação em Computação Aplicada

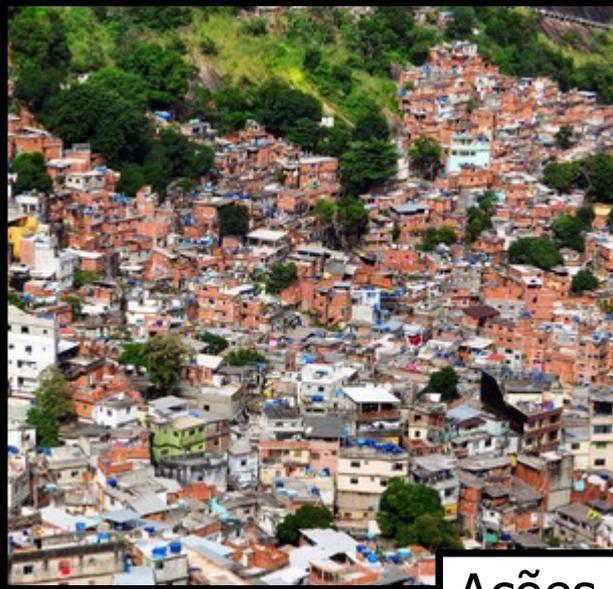
Marcio Azeredo

Orientadores: Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro
Dra. Maria Isabel Sobral Escada

Sumário

- Considerações Iniciais
- Objetivos do Trabalho
- Mudança de Uso e Cobertura da Terra
- Mineração de Dados Espaço-Temporais
- Abordagens para a Caracterização de Trajetórias
- Considerações Finais

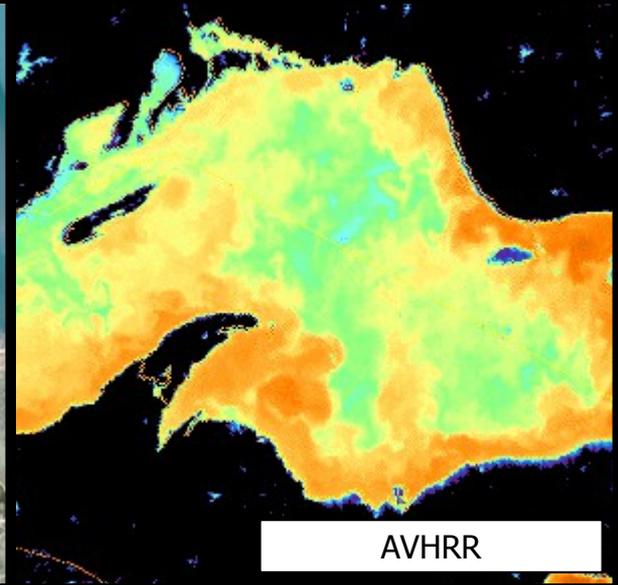
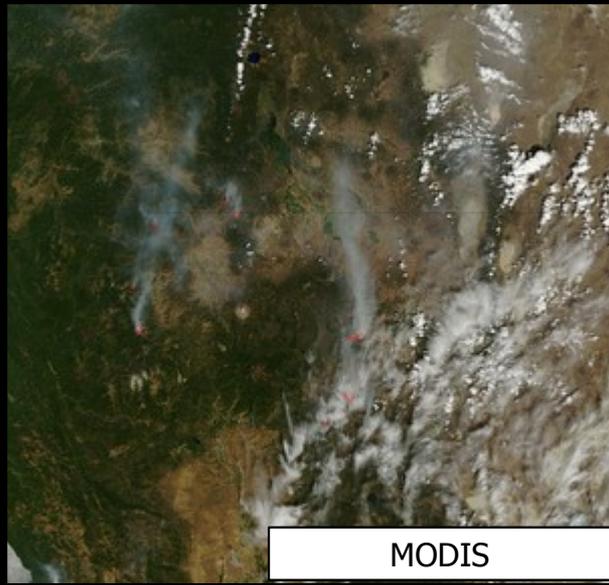
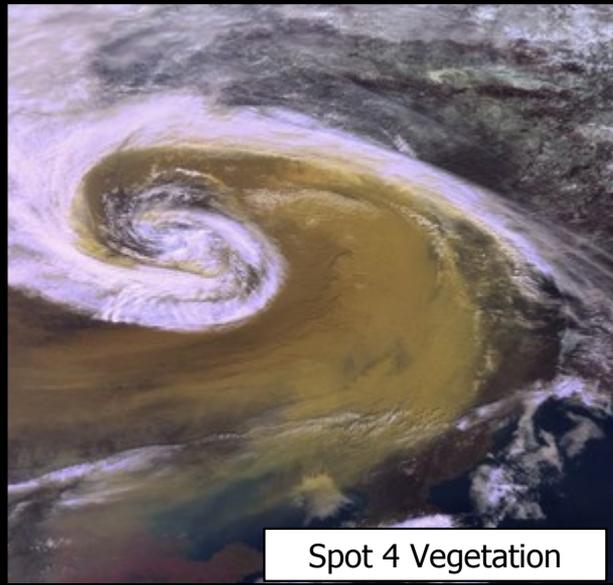
Considerações Iniciais



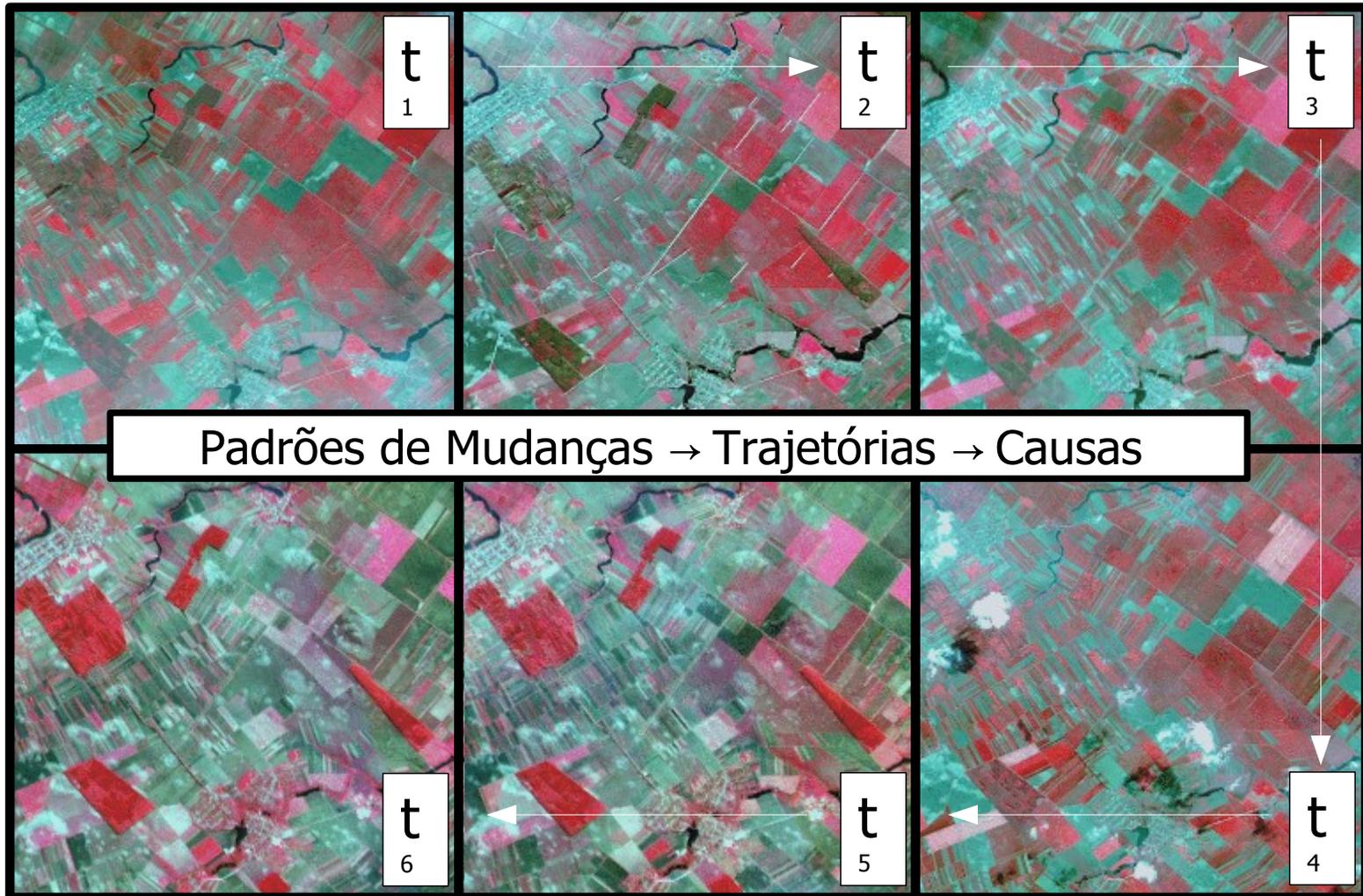
Ações Humanas e suas Consequências



Considerações Iniciais



Considerações Iniciais



Considerações Iniciais



Objetivos do Trabalho

- Apresentar e discutir os conceitos envolvidos no estudo de trajetórias de mudança de uso e cobertura da terra.
- Apresentar algumas abordagens existentes para a caracterização de trajetórias de mudança de uso e cobertura da terra, considerando a mineração de dados espaço-temporais provenientes de sensores remotos.

Uso e Cobertura da Terra



Cobertura



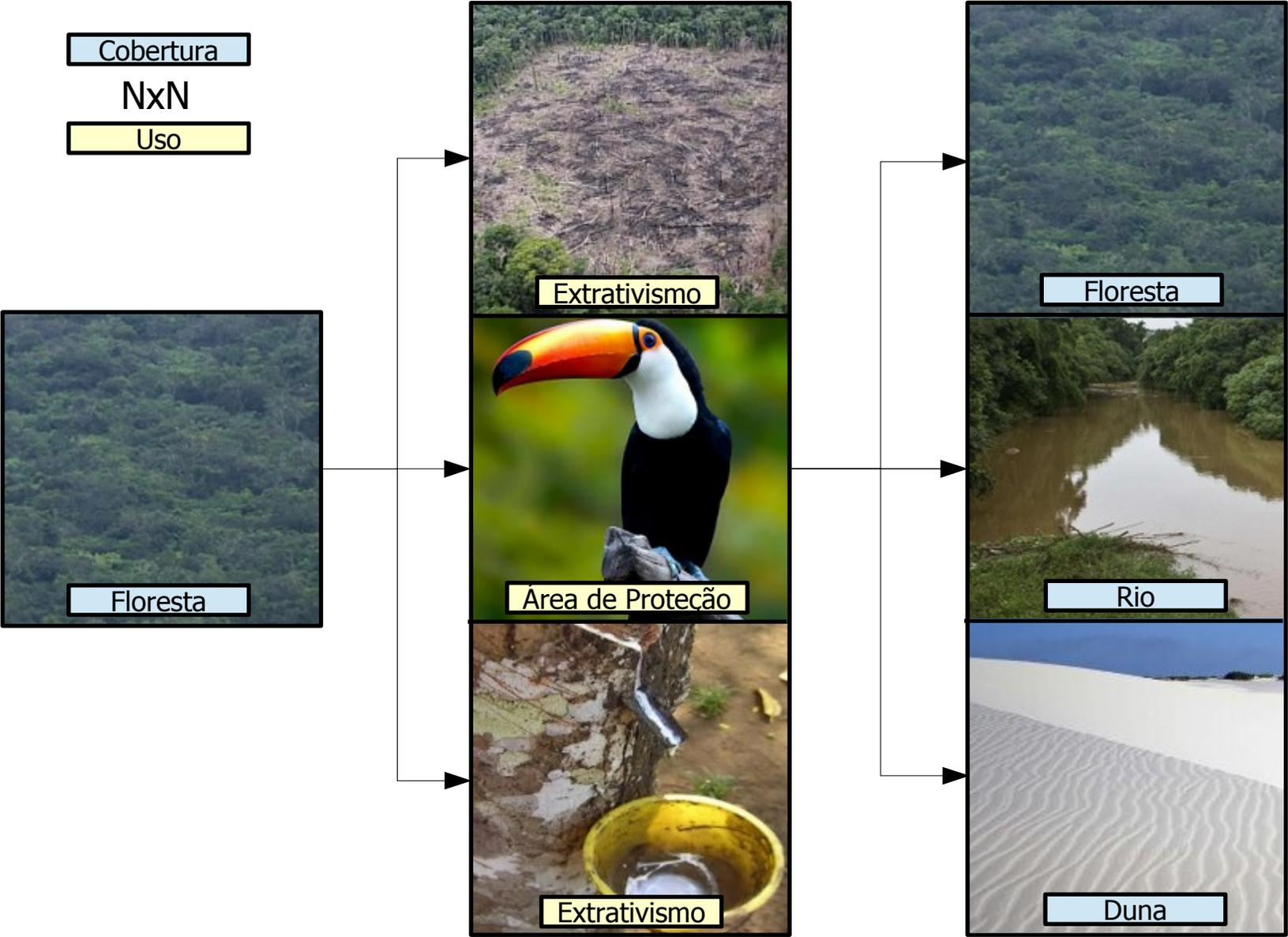
Uso e Cobertura da Terra



Uso



Uso e Cobertura da Terra

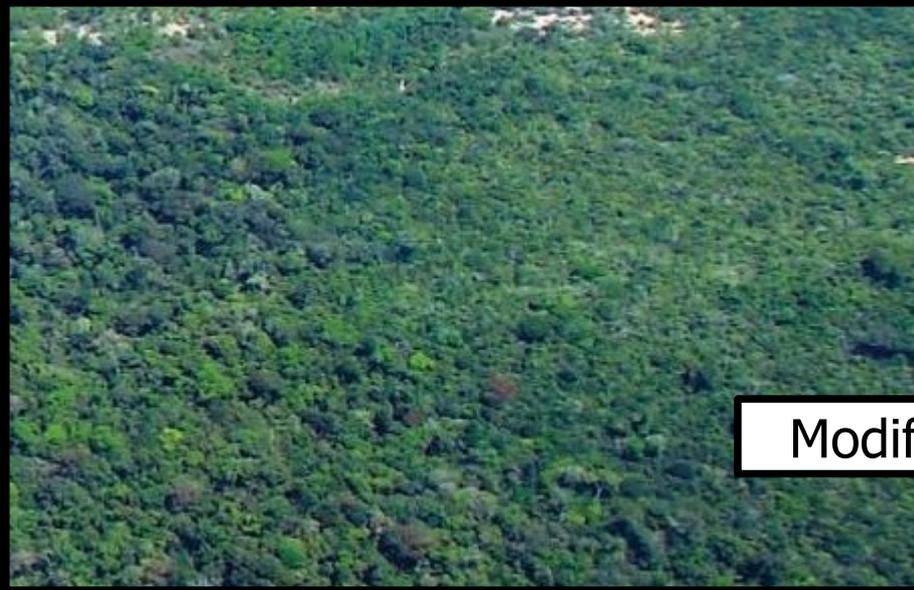


Mudança Cobertura da Terra

Conversão



Modificação



Mudança de Uso da Terra



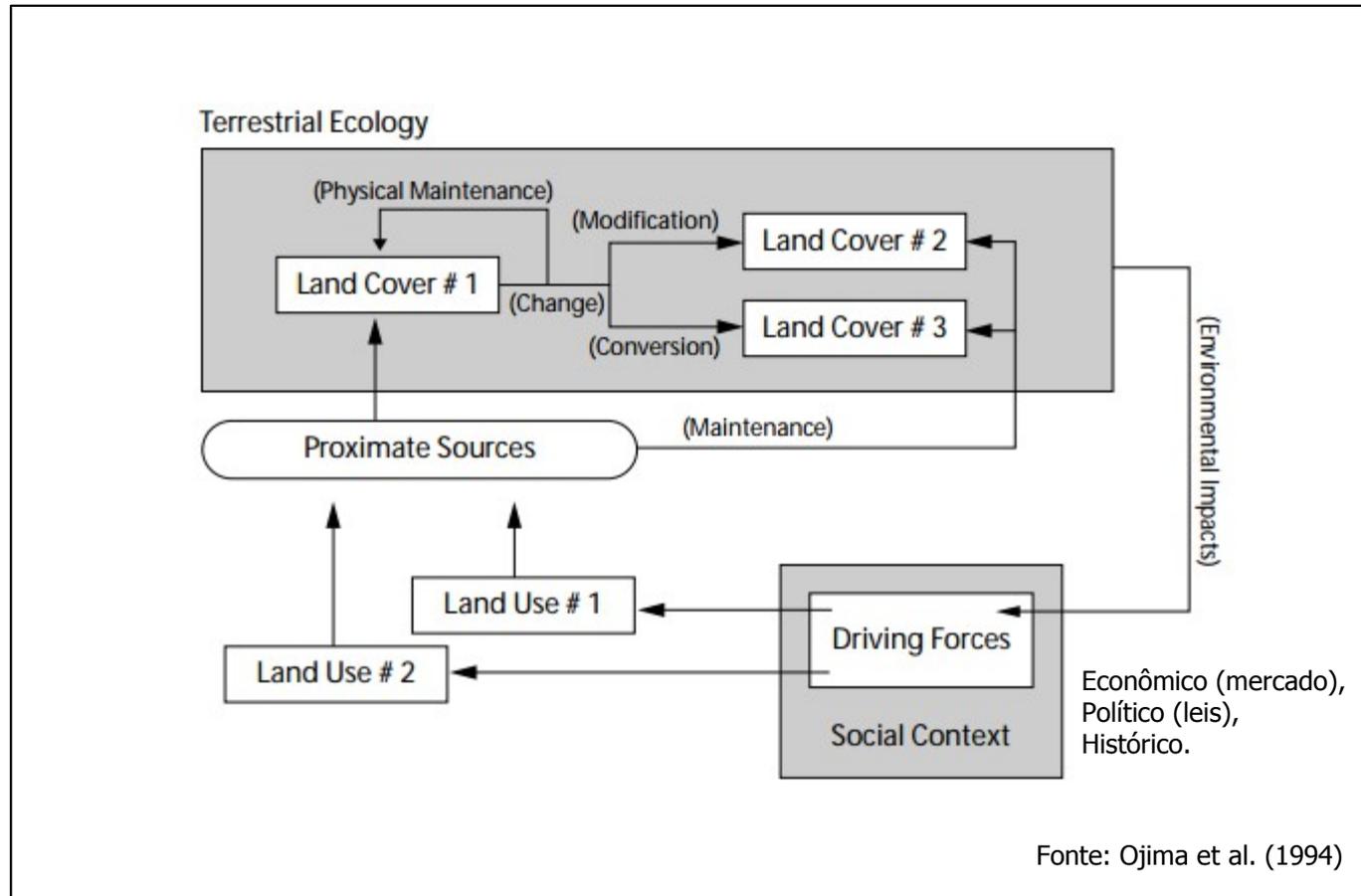
Intensificação



Substituição



Mudança de Uso e Cobertura da Terra

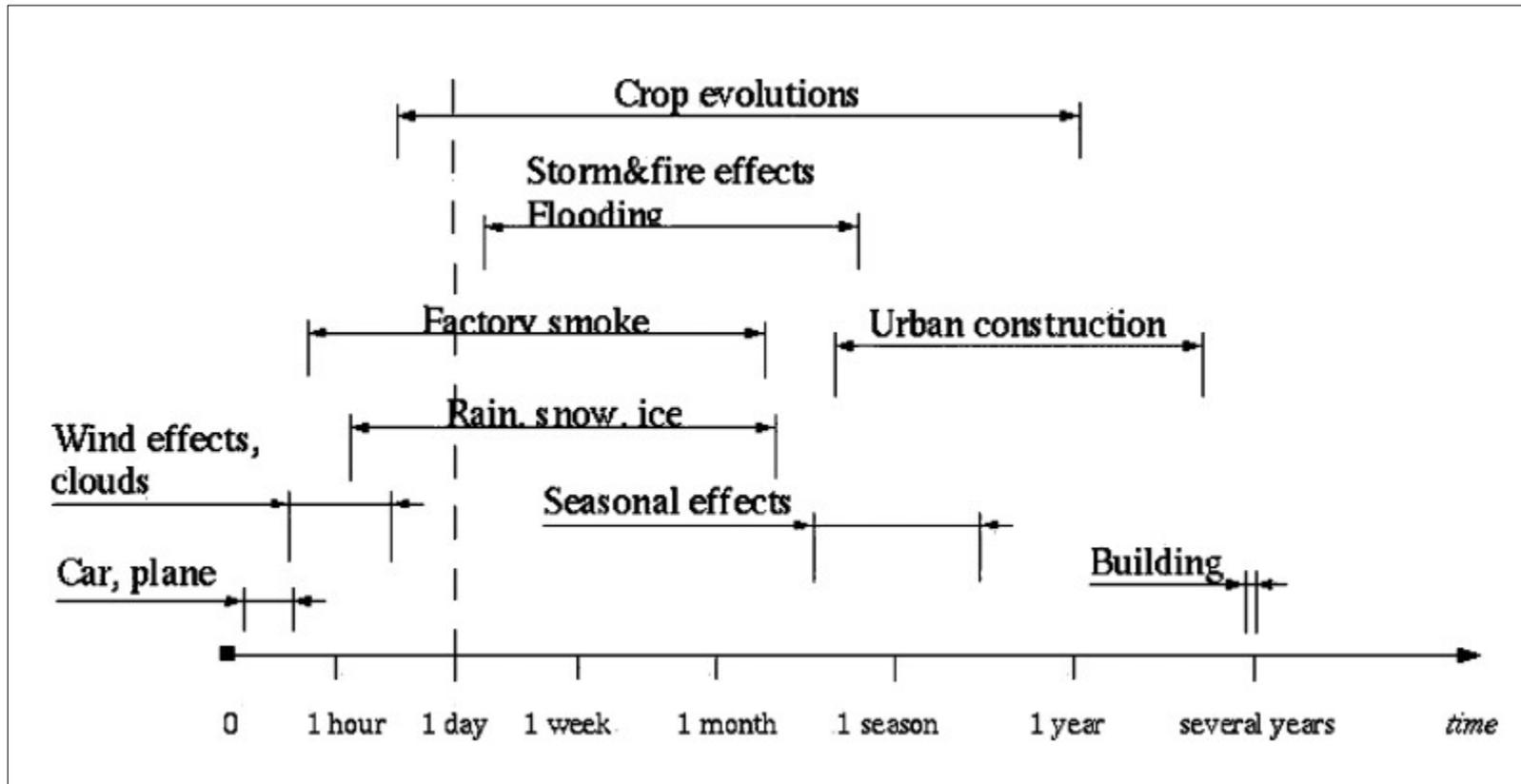
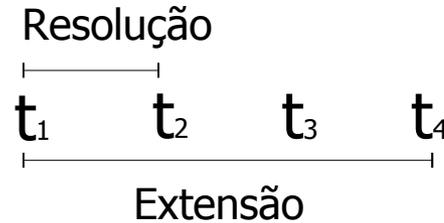


Mudança de Uso e Cobertura da Terra

Escala

(Espacial, Temporal e Qualitativa)

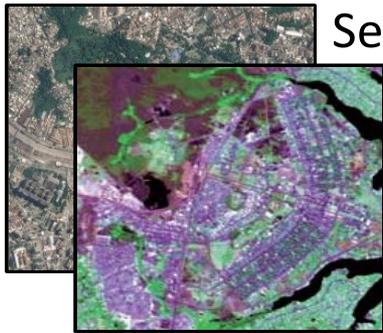
Gibson (2000)



Heas (2005)

Mineração de Dados Espaço-Temporais

Contexto Atual



Sensores Orbitais



Dispositivos Móveis



Medidor de Nível (Água)

Fonte: <http://www.clean.com.br>



Internet

Pluviômetro



Detector de Metais Pesados (Água)



Maior capacidade de aquisição de dados !!!

Mineração de Dados Espaço-Temporais

Contexto Atual

Parallel Computing



OpenCL

Google's servers (Iowa)



Cloud Computing



Spatialite



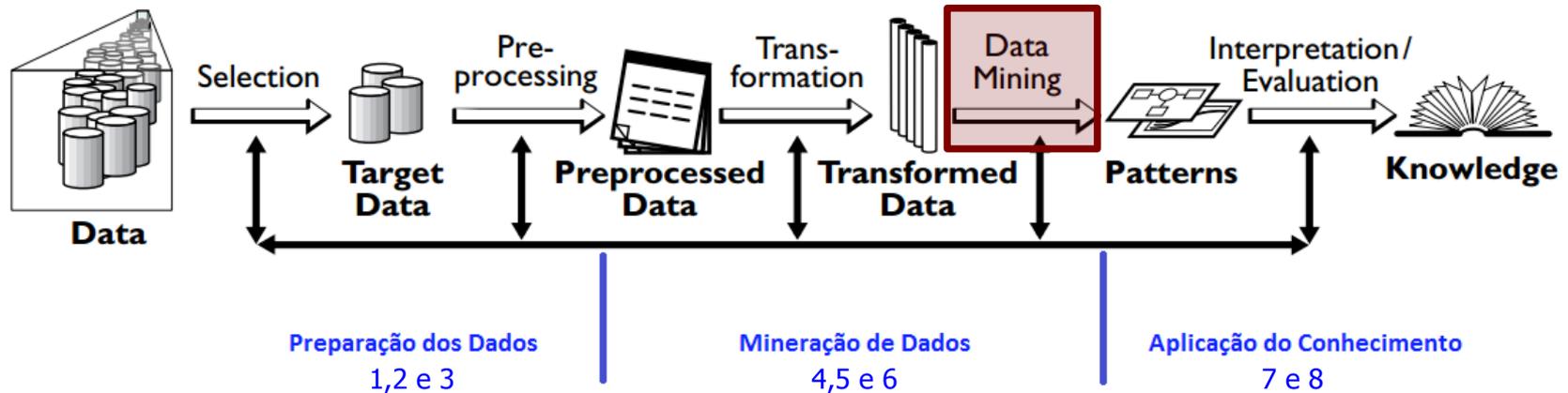
ORACLE
SPATIAL

SGBDGeo

Maior capacidade de armazenamento e processamento !!!

Mineração de Dados Espaço-Temporais

O Processo de Descoberta do Conhecimento



Adaptado de: Fayyad et al. (1996), Wang e Shi (2012).

“ Knowledge Discovery in Databases (KDD) é o processo não trivial de identificar padrões válidos, originais potencialmente úteis e compreensíveis, em grandes bases de dados.”

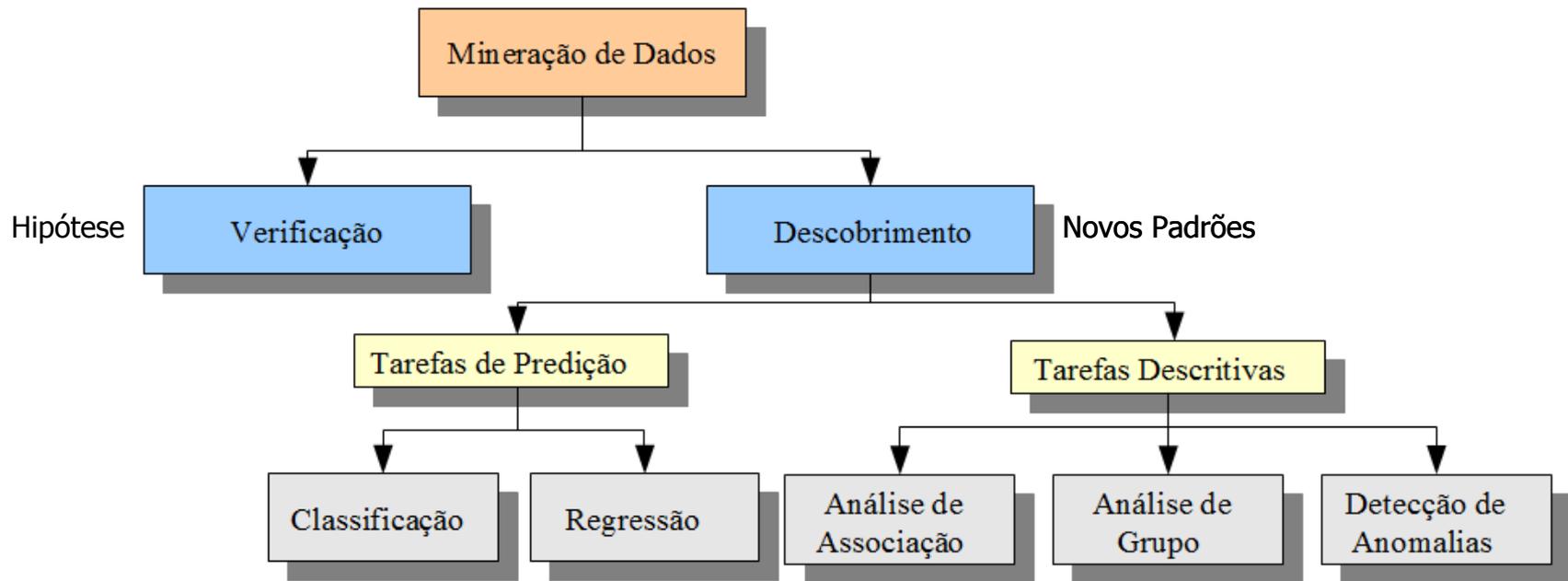
Fayyad et al. (1996)

1. Aprendizado sobre o domínio.
2. Seleção do conjunto de dados alvo.
3. Pré-processamento.
4. Redução e transformação.
5. Escolha do algoritmo de mineração.
6. Mineração de Dados.
7. Interpretação dos padrões.
8. Utilização dos conhecimentos adquiridos.

Mineração de Dados Espaço-Temporais

A Etapa de Mineração de Dados

Geetha et al. (2008)



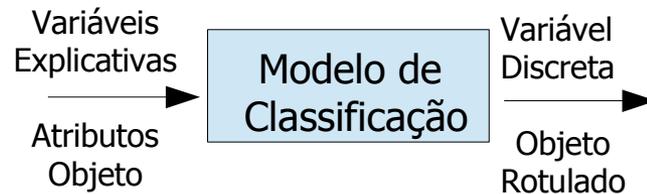
Mineração de Dados Espaço-Temporais

As Tarefas de Mineração de Dados

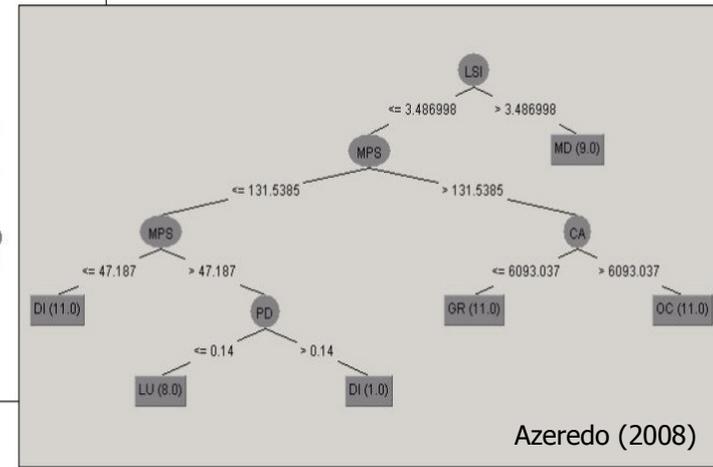
Tan et al. (2009)

- Classificação

O objetivo principal é organizar os dados em categorias pré-determinadas.



```
=== Classifier model (full training set) ===  
  
J48 pruned tree  
-----  
  
LSI <= 3.486998  
| MPS <= 131.5385  
| | MPS <= 47.187: DI (11.0)  
| | | MPS > 47.187  
| | | | PD <= 0.14: LU (8.0)  
| | | | | PD > 0.14: DI (1.0)  
| | MPS > 131.5385  
| | | CA <= 6093.037: GR (11.0)  
| | | | CA > 6093.037: OC (11.0)  
| LSI > 3.486998: MD (9.0)  
  
Number of Leaves : 6  
Size of the tree : 11
```



- Regressão

Criar um modelo que permita realizar a predição de valores de uma variável contínua, a partir de um conjunto de variáveis explicativas.

ex. Prever o preço de uma ação na bolsa de valores.

Mineração de Dados Espaço-Temporais

As Tarefas de Mineração de Dados

Tan et al. (2009)

- **Análise de Associação**

Busca descobrir padrões que representem relacionamentos como regras de implicação do tipo $X \rightarrow Y$, onde X e Y são conjuntos de dados.

ex. Venda cruzada de produtos.

<i>TID</i>	<i>Items</i>
1	Bread, Milk
2	Bread, Diapers, Beer, Eggs
3	Milk, Diapers, Beer, Coke
4	Bread, Milk, Diapers, Beer
5	Bread, Milk, Diapers, Coke

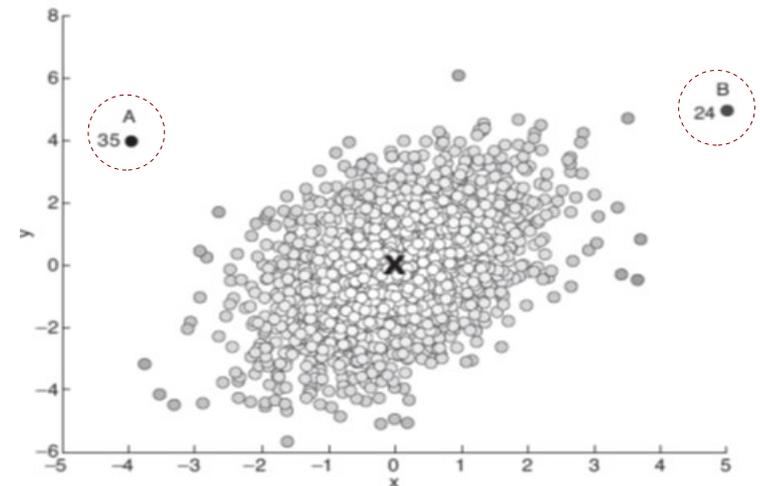
Diapers \rightarrow Beer

[confiança=60%, suporte=75%]

- **Detecção de Anomalias**

Procura identificar dados que possuam um comportamento bem diferente do restante dos dados do mesmo conjunto.

ex. Fraude com cartão de crédito.



Mineração de Dados Espaço-Temporais

As Tarefas de Mineração de Dados

Tan et al. (2009)

- Análise de Grupo

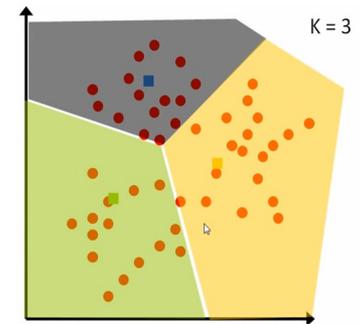
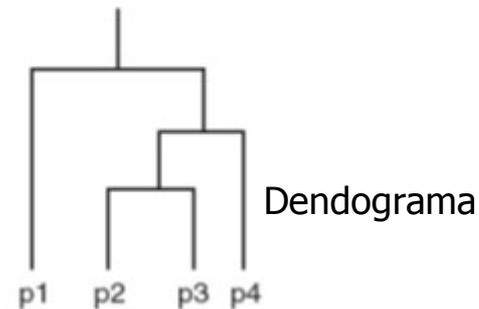
Identifica grupos de dados semelhantes no conjunto de dados.

- Por particionamento

Não há sobreposição de grupos.

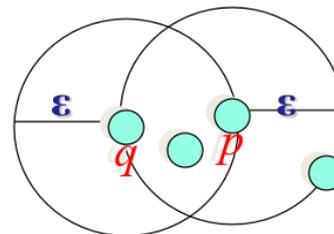
- Hierárquico

Os agrupamentos são organizados em árvores.



- Densidade

Um grupo representa uma região densa rodeado por uma região de baixa densidade.



Mineração de Dados Espaço-Temporais

Tan et al. (2009)

Dados Espaço-temporais

Time	Customer	
t1	C1	A, B
t2	C3	A, C
t2	C1	C, D
t3	C2	A, D
t4	C2	E
t5	C1	A, E

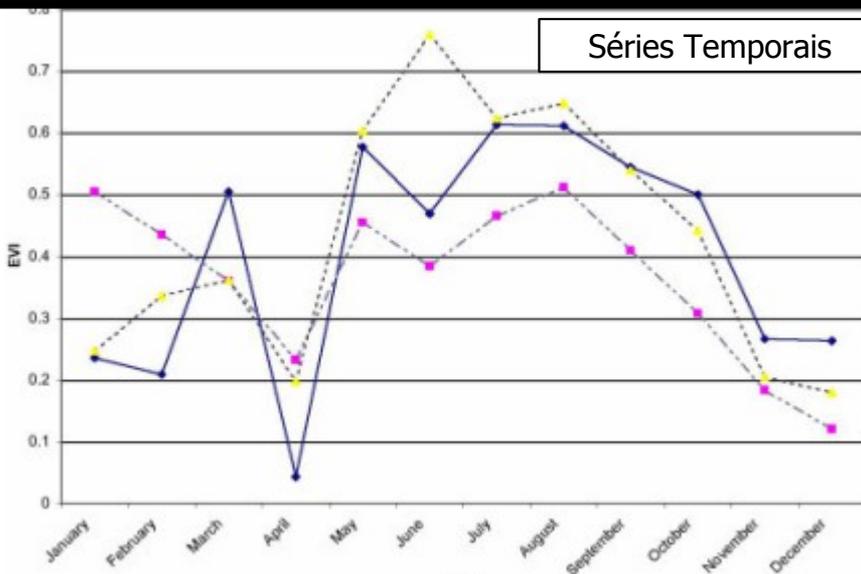
Customer	Time and Items Purchased
C1	(t1: A,B) (t2:C,D) (t5:A,E)
C2	(t3: A, D) (t4: E)
C3	(t2: A, C)

Dados Sequenciais



Dados de Sequência

Séries Temporais



Dados Espaciais



Mineração de Dados Espaço-Temporais

As Tarefas de Mineração de Dados Espaciais

Classificação Espacial

Os atributos são influenciados pelo valor dos atributos. Vizinhos → Rótulos iguais.



Detecção de Anomalias



Associação Espacial



Ilha → dentro(Rio)

Ponte → cruza(Rio)

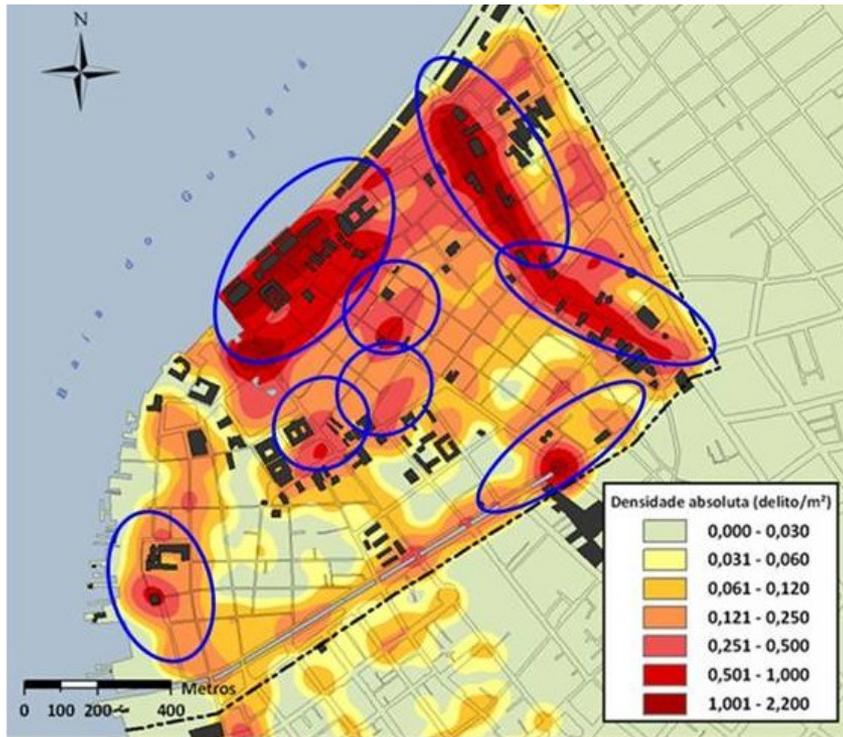


Residência

Mineração de Dados Espaço-Temporais

As Tarefas de Mineração de Dados Espaciais

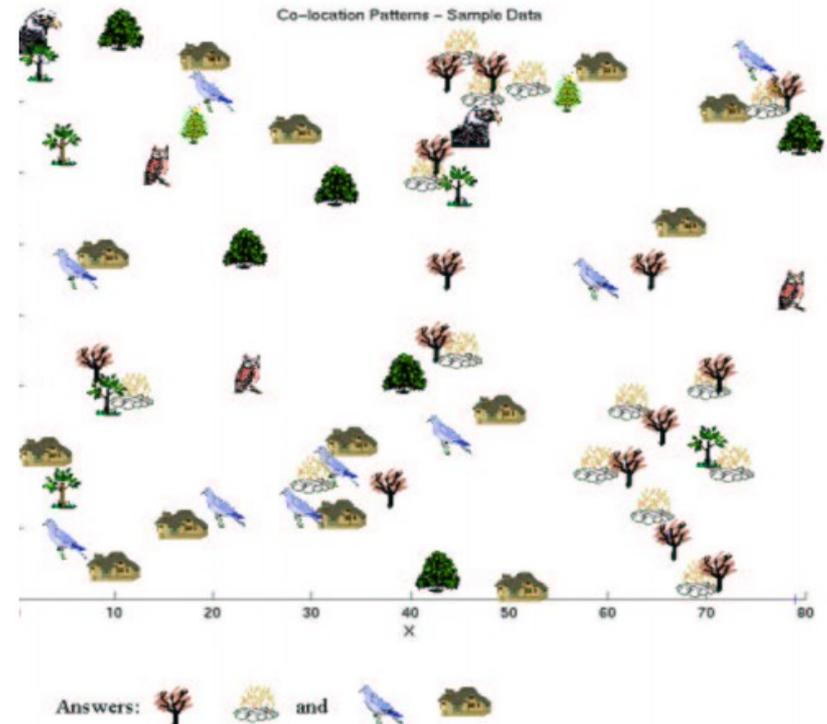
Agrupamento Espacial



Furtos na cidade de Belém-PA

Lobo (2013)

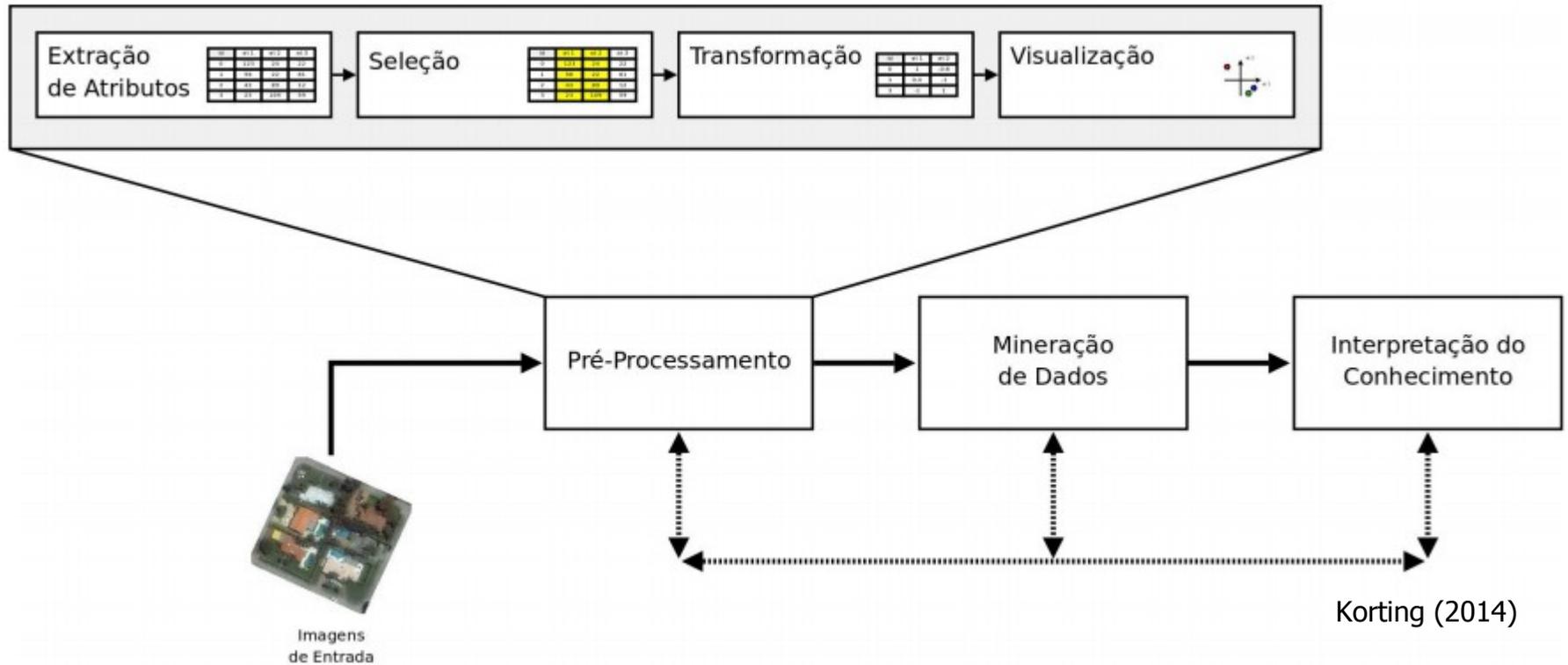
Co-localização



ex. Predador-Presa / Habitat

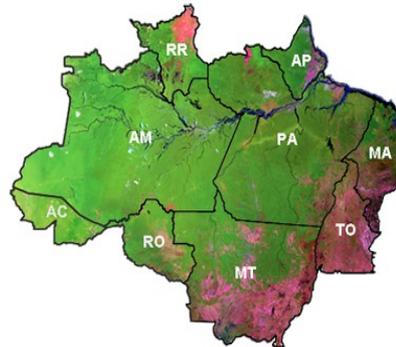
Mineração de Dados Espaço-Temporais

O Processo de Mineração de Imagens

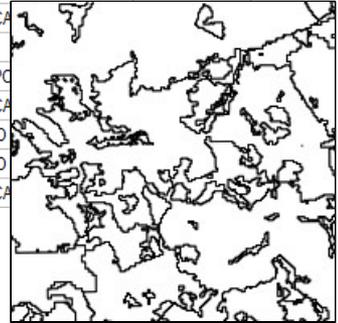


Mineração de Dados Espaço-Temporais

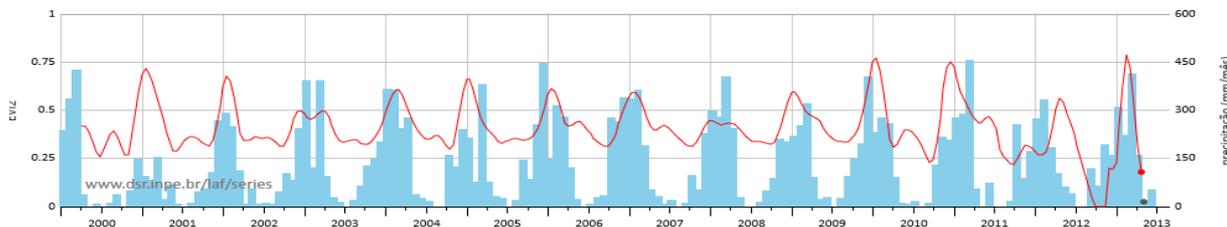
Iniciativas de Apoio à Mineração de Dados Espaço Temporais



TC_2010	TC_2008	ORBITA_PTO	ESTADO
VEGETACAO_SECUNDARIA	VEGETACAO_SECUNDARIA	22571	MT
VEGETACAO_SECUNDARIA	VEGETACAO_SECUNDARIA	22571	MT
VEGETACAO_SECUNDARIA	REGENERACAO_COM_PASTO	22571	MT
REGENERACAO_COM_PASTO	REGENERACAO_COM_PASTO		
FLORESTA	FLORESTA		
PASTO_LIMPO	PASTO_LIMPO		
OUTROS	REGENERACAO_COM_PASTO		
VEGETACAO_SECUNDARIA	PASTO_SUJO		
PASTO_SUJO	PASTO_SUJO		
VEGETACAO_SECUNDARIA	REGENERACAO_COM_PASTO		



Laboratório de Sensoriamento Remoto
Aplicado à Agricultura e Floresta



CDSR

Abordagens para Mineração de Trajetórias

Detecção de Mudanças

- **Mudança Direta**

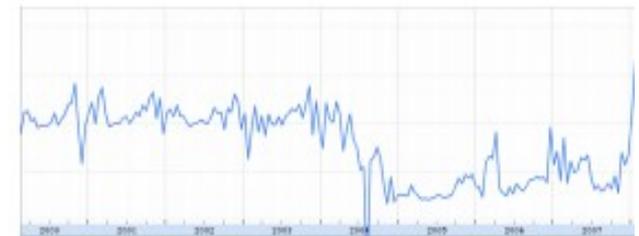
Como o próprio nome sugere, esta abordagem considera a comparação direta entre duas medições realizadas em diferentes instantes de tempo.

- **Trajetórias de Mudança**

Realizada sobre um conjunto sequencial de detecções diretas, ou baseada na análise de séries temporais de atributos da superfície terrestre.



Korting (2012)

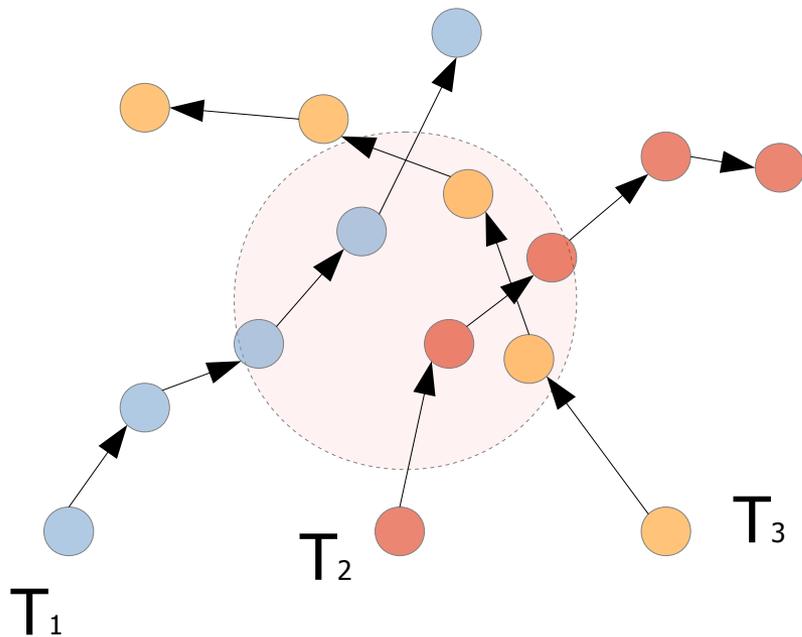


Abordagens para Mineração de Trajetórias

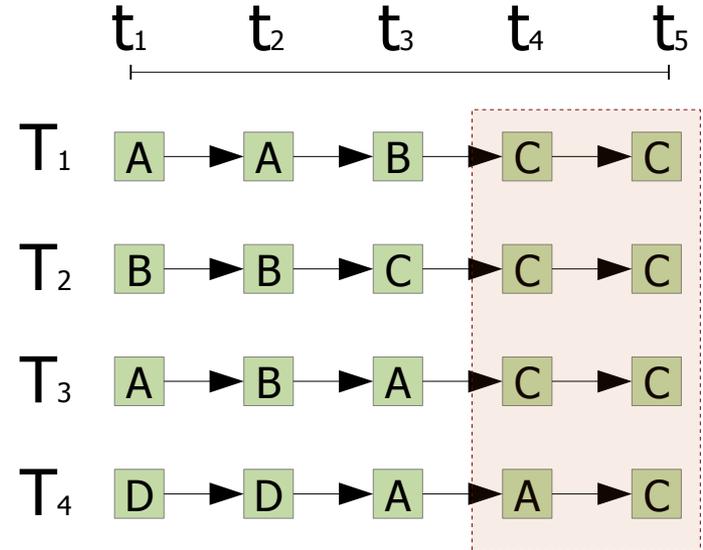
Mineração de Trajetórias de Mudança de Uso e Cobertura

(Padrões de Trajetórias Móveis/Mudança)

- Convergência



N: Trajetórias ($\geq N$)
R: Raio da região ($\leq R$)

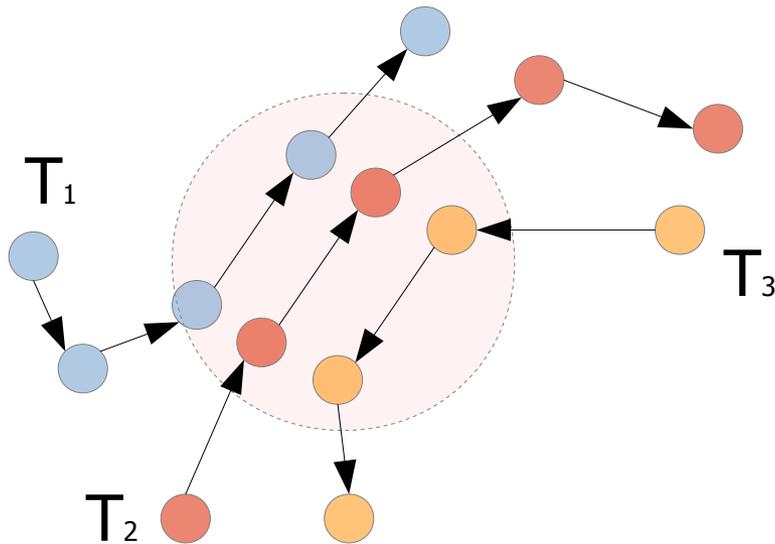


Abordagens para Mineração de Trajetórias

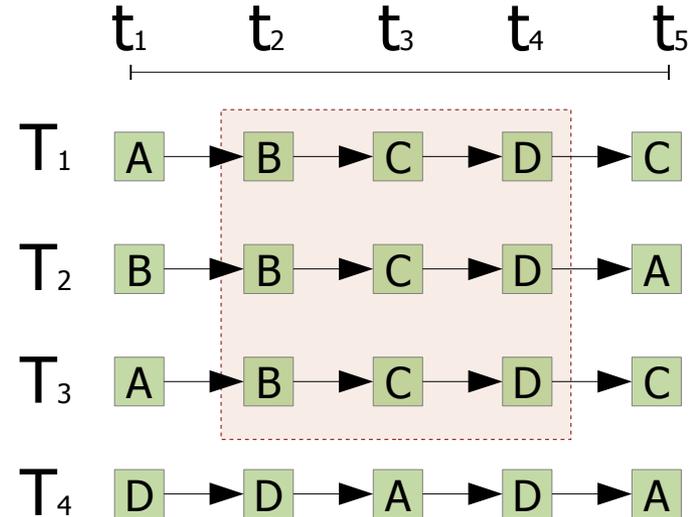
Mineração de Trajetórias de Mudança de Uso e Cobertura

- *Flock*

(Padrões de Trajetórias Móveis/Mudança)



N: Trajetórias ($\geq N$)
R: Raio da região ($\leq R$)
t: Intervalo ($\geq t$)
D: Direção ($=D$)

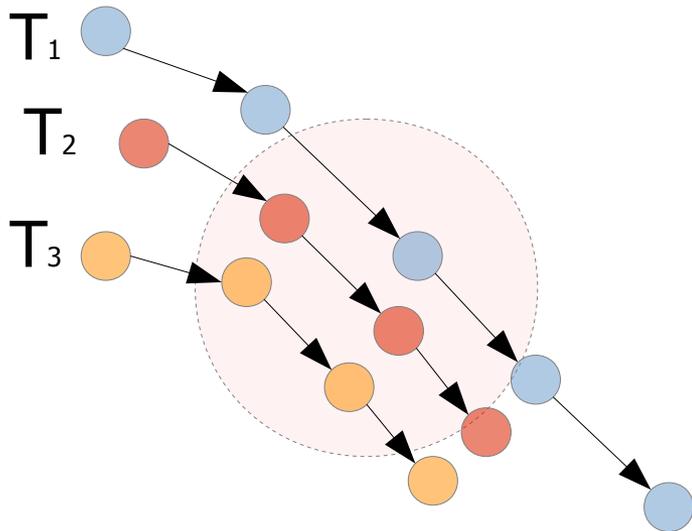


Abordagens para Mineração de Trajetórias

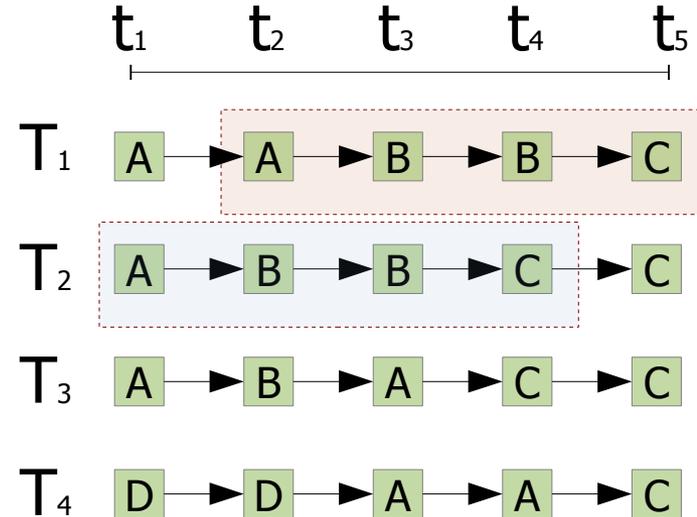
Mineração de Trajetórias de Mudança de Uso e Cobertura

(Padrões de Trajetórias Móveis/Mudança)

- Liderança



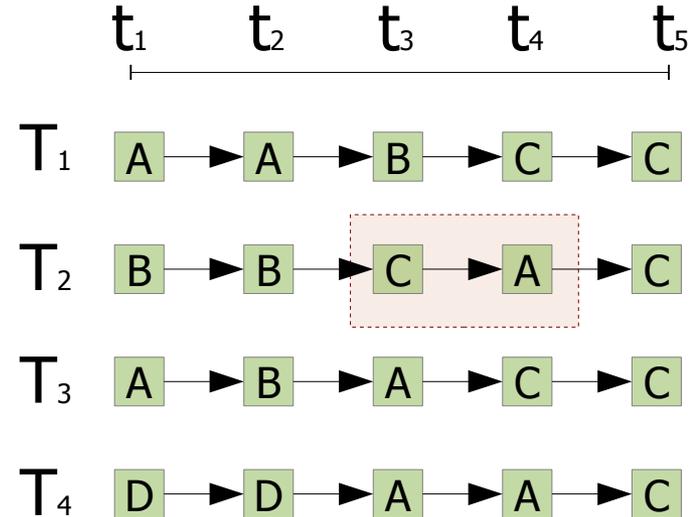
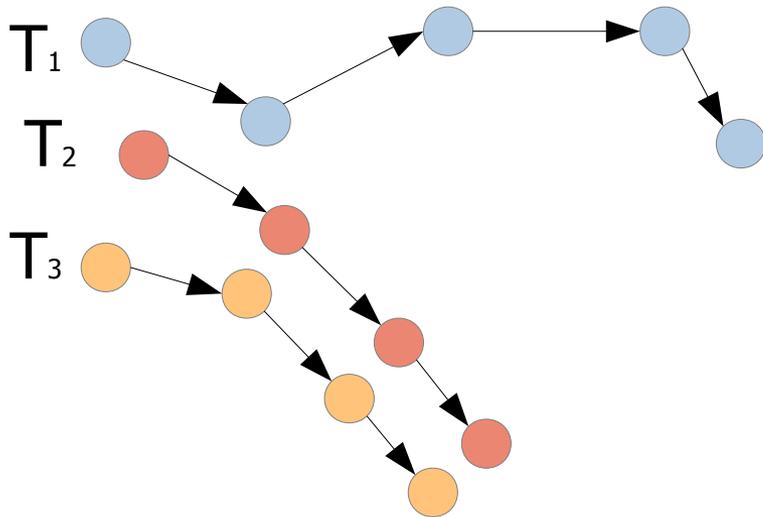
N: Trajetórias ($\geq N$)
R: Raio da região ($\leq R$)
D: Direção ($=D$)
P: Posição (P posições à frente)



Abordagens para Mineração de Trajetórias

Mineração de Trajetórias de Mudança de Uso e Cobertura

- Detecção de Anomalias (Padrões de Trajetórias Móveis/Mudança)

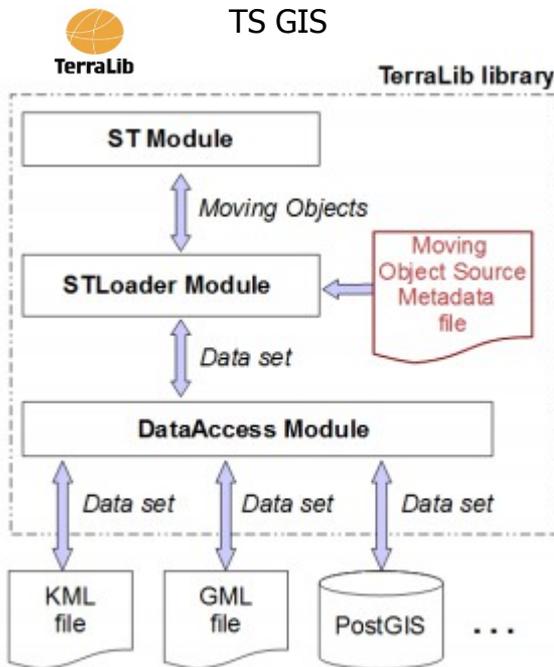


A transição de C → A não é possível na resolução temporal considerada

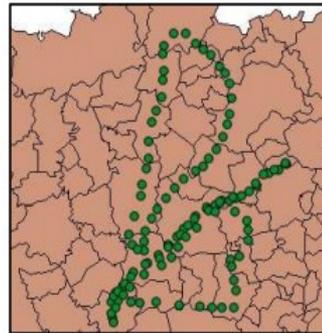
Abordagens para Mineração de Trajetórias

Trajетórias de Objetos Móveis

- Interoperabilidade de dados de trajetória



Ferreira et al. (2012)



a set of cars equipped with GPS and air pollution sensors

Observations

each observation contains a car identity, a time instant, a location and an air pollution value

Time Series

air pollution variation over time

Trajectory

car location variation over time

Coverage

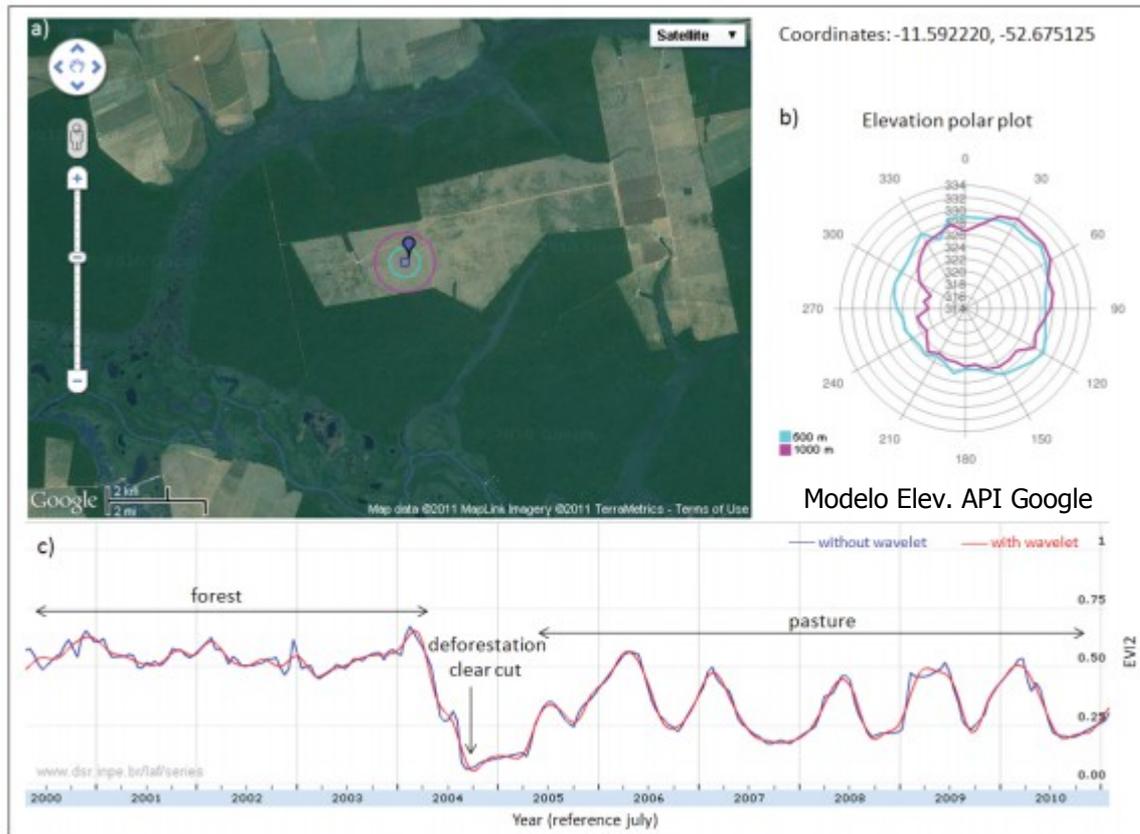
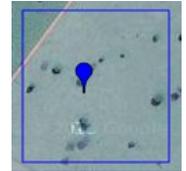
air pollution variation within the city limits

Ferreira (2013)

Abordagens para Mineração de Trajetórias

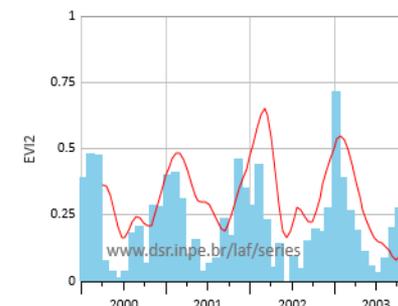
Detecção de Mudanças de Uso e Cobertura

- Laboratório Virtual de Séries Temporais (integração com GoogleMaps)



Data	EVI
06/04/2000	0.1189
22/04/2000	0.1046
08/05/2000	0.0911
24/05/2000	0.0887
09/06/2000	0.092
25/06/2000	0.081
11/07/2000	0.0864
27/07/2000	0.095
12/08/2000	0.0992
28/08/2000	0.1031
13/09/2000	0.1073
29/09/2000	0.1104
15/10/2000	0.1139

Mês	Precipitação (mm)
jan/00	232.8
fev/00	286.7
mar/00	284.6
abr/00	45
mai/00	20.5
jun/00	3.5
jul/00	19.8
ago/00	105.8
set/00	120.9
out/00	36.8
nov/00	169.8



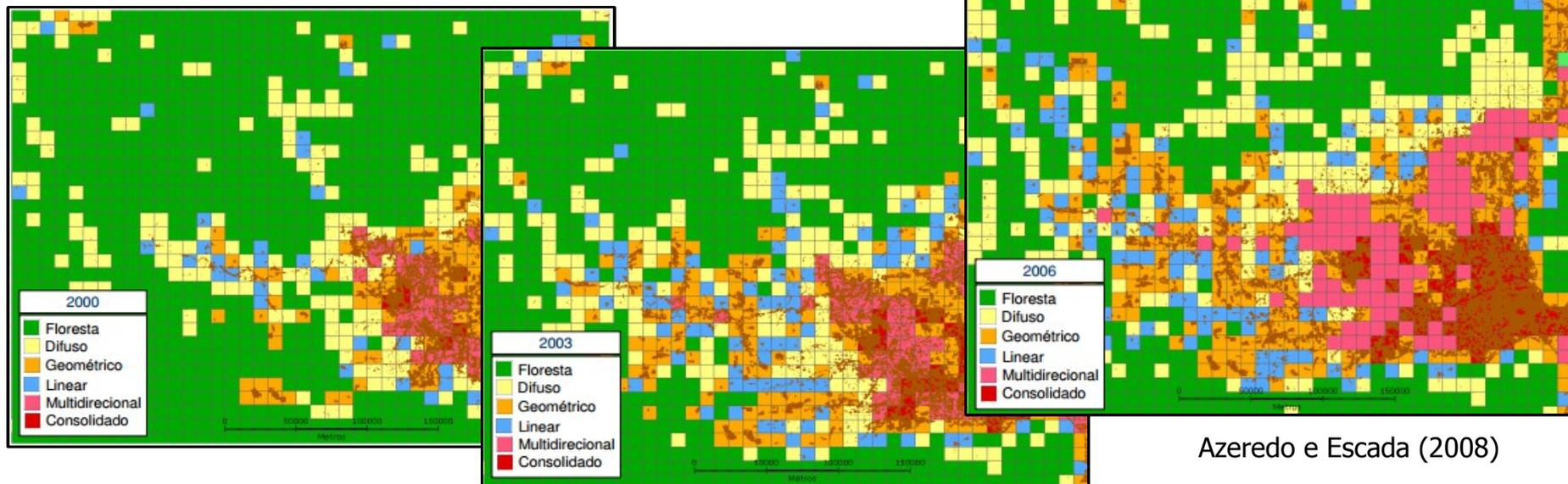
Inferir sobre Coberturas e Usos.

Freitas et al. (2011)

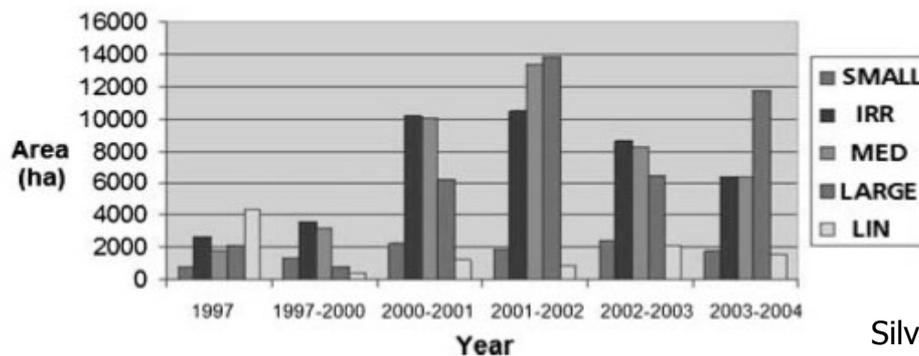
<https://www.dsr.inpe.br/laf/series>

Abordagens para Mineração de Trajetórias

Detecção de Mudanças de Uso e Cobertura



Deforested Areas in Terra do Meio



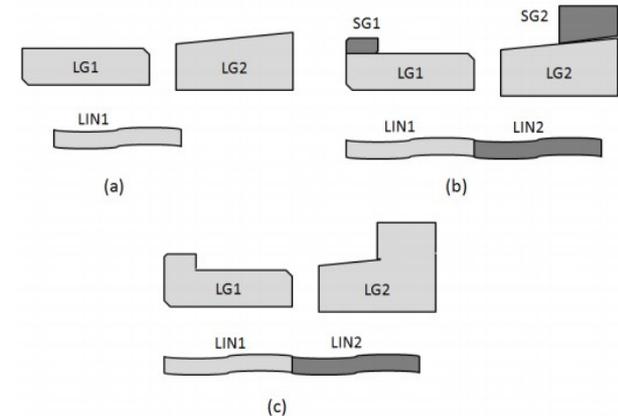
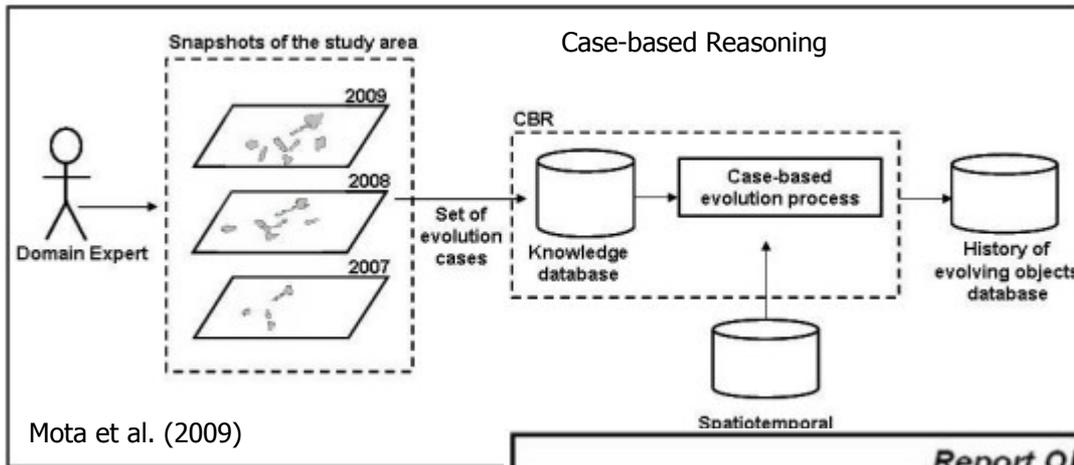
- Métricas da paisagem.
- Árvore de decisão.
- Padrões de Ocupação Humana.

Abordagens para Mineração de Trajetórias

Mineração de Trajetórias de Mudança

- Caracterização da Evolução de Objetos (Trajetórias)

Obj: Identificar histórico de desflorestamento na Amazônia.



Case 1	Case 2	Case 3
		Linear Linear Adjacency
		Not Merge

Report Object's History									
New Object	Father's Object 1	Type	Year	Father's Object 2	Type	Year	Result	New Area	Year
10	9	Concentration	1997	799	Small Lot	1997	Concentration	4858478,5447	1997
9	8	Concentration	1997	783	Small Lot	1997	Concentration	4751810,5137	1997
8	7	Concentration	1994	725	Small Lot	1997	Concentration	4722290,5137	1997
7	6	Concentration	1994	1	Small Lot	1991	Concentration	4715153,5137	1994
6	5	Concentration	1994	4	Concentration	1994	Concentration	4647959,5059	1994

Regras de Descrição: DR1. An object with perimeter less than 10 hectares is a Small Ge...

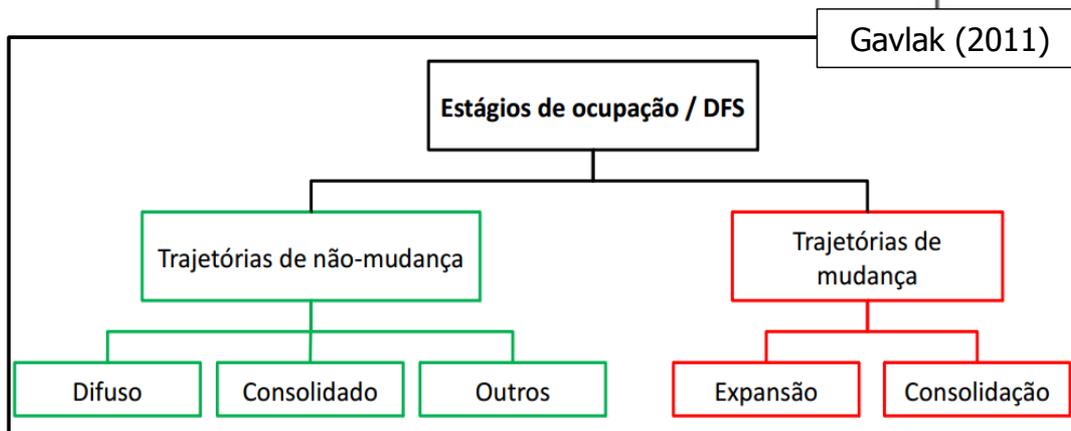
Regras de Evolução: ER2. Two adjacent Small (ER3. Two Linear objects th...

Abordagens para Mineração de Trajetórias

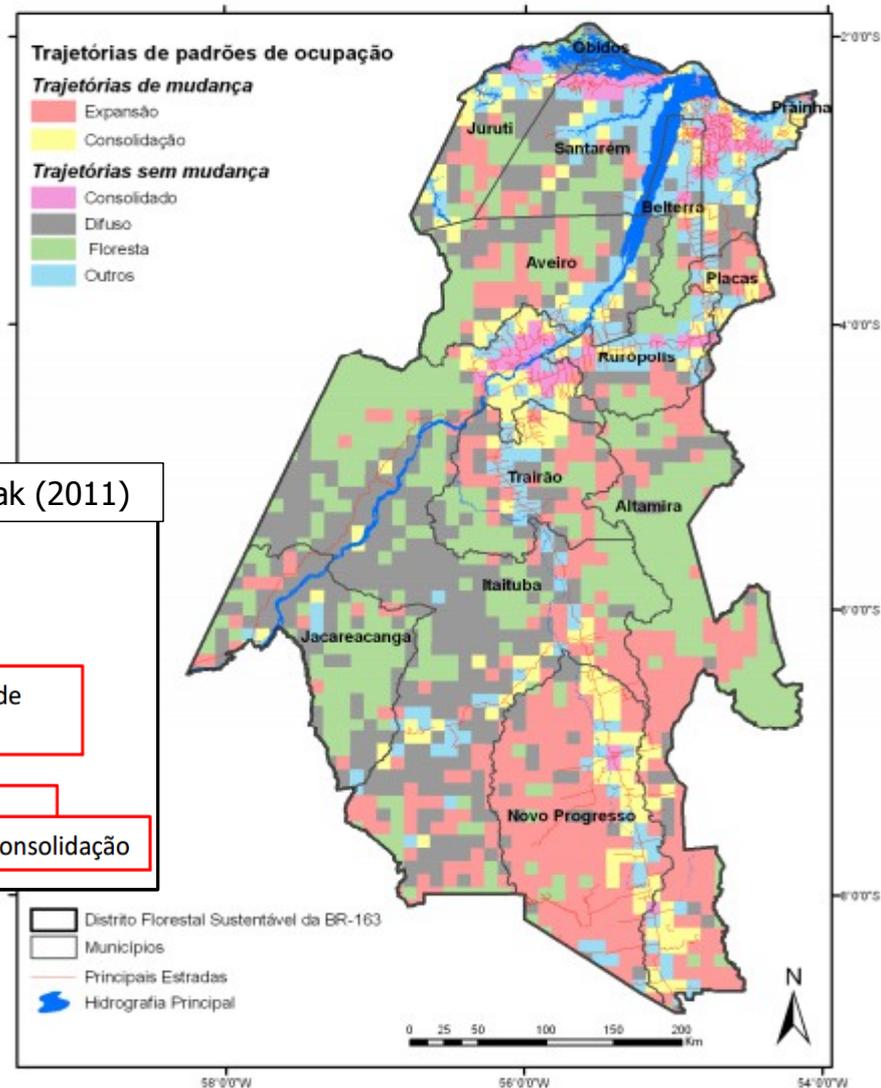
Mineração de Trajetórias de Mudança

Object	t_1	t_2	t_3	t_4
O_1	Forest	Forest	Bare soil	Cropland
O_2	Forest	Forest	Forest	Bare soil
O_3	Forest	Forest	Forest	Forest

Korting (2012)



- Métricas da paisagem.
- Padrões de Ocupação Humana.



Abordagens para Mineração de Trajetórias

Mineração de Trajetórias de Mudança

Level 1 classes	Level 2 classes	Description	Trajectory examples
Unchanged	Grass/woodland	No change*	G→G→G→G→G
	Salty grass	No change*	S→S→S→S→S
	Water body	No change*	W→W→W→W→W
	Bare ground	No change*	B→B→B→B→B
Human-induced	Old cultivation	Changed to and remained as cropland since 1994	G→G→G→C→C
	New cultivation	Changed to and remained as cropland since 2000	S→S→G→G→C
	Reservoirs/ponds	Changed to and remained as water bodies since 1986	G→G→W→W→W
Natural	Grass/woodland	Periodical changes between cover G and S	G→S→G→G→S
	Flooded	Periodical changes between cover W and other types	G→W→G→W→G
	Bare ground	Periodical changes between cover B and other types	G→B→B→G→B

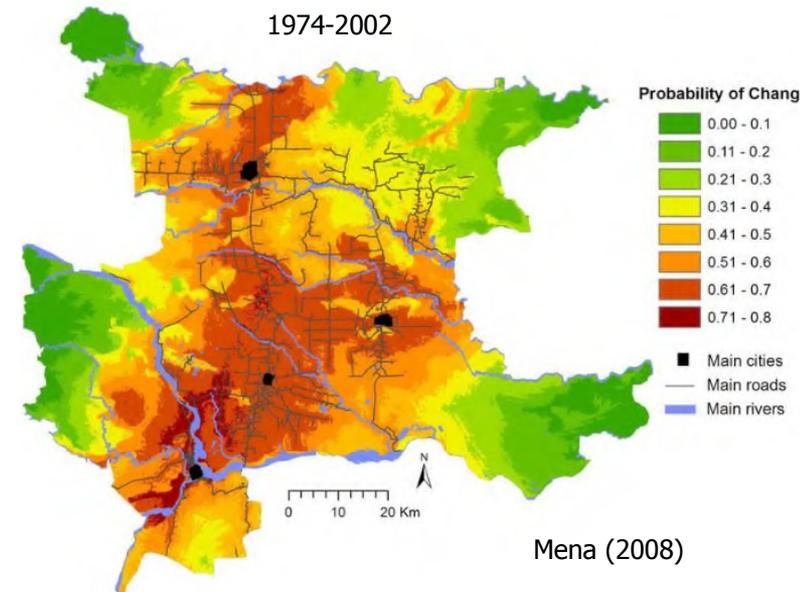
G (Floresta) C (Pasto) W (Água)
S (Gramma/Sal) B (Terreno Exposto)

Zhou (2008)
1973-2000

- Classificação de coberturas/uso.
- Detecção das mudanças (pixel).
- Definição, classificação, agrupamento e detecção de anomalias das trajetórias.
- Utilização de dados complementares.
- Análise dos resultados.

(a) All LULC Trajectories		(b) Agricultural Trajectories**	
Trajectory	%	Trajectory	%
F-F-F-F-F	30.83	F-F-F-F-P	2.15
F-F-F-F-S	2.67	F-F-F-F-La	1.29
F-F-F-F-P	2.15	F-F-F-F-Sa	1.10
F-F-S-F-F	1.56	F-F-P-P-P	0.84
F-F-F-S-F	1.37	F-F-F-P-P	0.63
F-F-F-F-La	1.29	F-P-P-P-P	0.49
F-F-F-F-Sa	1.10	F-F-P-P-Sa	0.34
F-F-P-P-P	0.84	F-F-F-P-Sa	0.33
F-F-F-P-F	0.79	F-F-F-La-La	0.24
F-F-P-F-F	0.68	F-F-F-Sa-P	0.22

(F: Forest, S: Succession, P: Pasture, Sa: Small Scale Agriculture, La: Large Scale Agriculture)



Influência da Urbanização

Considerações Finais

- Contexto oportuno (avanços tecnológicos).
- Maior parte dos trabalhos relativos à mudança de uso e cobertura tem seu foco na detecção e quantificação das mudanças.
- Não foram observados trabalhos que tratassem sobre possíveis adaptações dos padrões de trajetória de objetos móveis.
- Os projetos na área de monitoramento do desflorestamento da região amazônica motivam o desenvolvimento de novos algoritmos e aplicações.

Referências Bibliográficas

AZEREDO, M. Mineração de dados espaciais utilizando métricas de paisagens. São José dos Campos, 2008. 52p. Relatório Técnico.

BOGORNY, V.; BRAZ, F. J. Introdução a Trajetórias de Objetos Móveis: conceitos, armazenamento e análise de dados. [S.l.]: Univille, 2012.

FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIRO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery in databases. American Association for Artificial Intelligence, v. 17, n. 3, p. 37–54, 1996.

FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIRO, G.; SMYTH, P. The kdd process for extracting useful knowledge from volumes of data. Communications of the ACM, v. 39, n. 11, p. 27–34, 1996.

GAVLAK, A. A.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Dinâmica de padrões de mudança de uso e cobertura da terra na região do distrito florestal sustentável da br-163. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Curitiba, p. 6152–6160, 2011.

GEETHA, R.; SUMATHI, N.; SATHIYABAM, S. A survey of spatial, temporal and spatio-temporal data mining. Journal of Computer Applications, v. 1, n. 4, p. 31–33, 2008.

Referências Bibliográficas

KORTING, T. S. GeoDMA: A toolbox integrating data mining with object-based and multi-temporal analysis of stellite remotely sensed imagery. 114 p. Sid.inpe.br/mtc-m19/2012/07.31.18.22-TDI. Tese de Doutorado em Sensoriamento Remoto — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.

MENA, F. C. Trajectories of land-use and land-cover in the northern ecuadorian amazon: Temporal composition, spatial configuration, and probability of change. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing Journal*, v. 74, n. 6, p. 737–751, 2008.

MOTA, J. S.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S.; BITTENCOURT, O.; FONSECA, L. M. G.; VINHAS, L. Case-based reasoning for eliciting the evolution of geospatial objects. *Spatial Information Theory Lecture Notes in Computer Science*, v. 5756, p. 405–420, 2009.

TAN, P.-N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. *Introdução ao Data Mining: Mineração de dados*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009. 900 p.

ZHOU, Q.; LI, B.; KURBAN, A. Spatial pattern analysis of land cover change trajectories in tarim basin, northwest china. *International Journal of Remote Sensing*, v. 29, p. 5495–5509, 2008.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



Mineração de Dados Espaço-temporais no Contexto das Mudanças de Uso e Cobertura da Terra

Exame de Qualificação em Computação Aplicada

Marcio Azeredo

Orientadores: Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro
Dra. Maria Isabel Sobral Escada