

# Exploratory analysis of Recurrent deforestation warnings in the Brazilian Amazon

Alber Sanchez  
alber.ipia@inpe.br



TreesLab  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Brazil

May 2, 2023

# Introduction

- ▶ Deforestation by successive degradation remains a challenging question in the scientific literature.
- ▶ We think an answer to this question lies down in DETER data.
- ▶ This answer could play an important role, for example, in the brazilian estimation of greenhouse gases.
- ▶ We used DETER data from 2016 to 2021 of the Amazon Biome in Brazil.

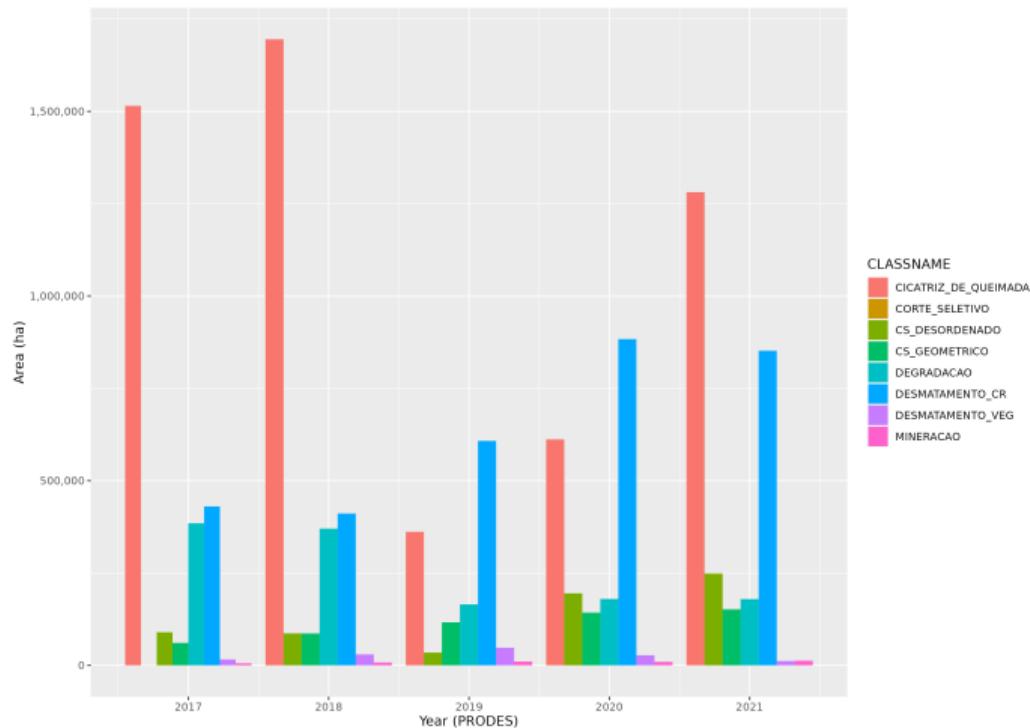
## What is DETER?

- ▶ DETER is a GIS which produces a fast assessment of deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon [SDA<sup>+</sup>06].
- ▶ DETER is an important tool for environmental protection and effective law enforcement.
- ▶ DETER employs Linear Mixture Models of CBERS imagery and human experts to deter and issue warnings of deforested (or degraded) areas larger than 3 ha [DAMV<sup>+</sup>22].
- ▶ Annually, DETER takes from PRODES the current forested area, starting anew issuing warnings.

# DETER warnings

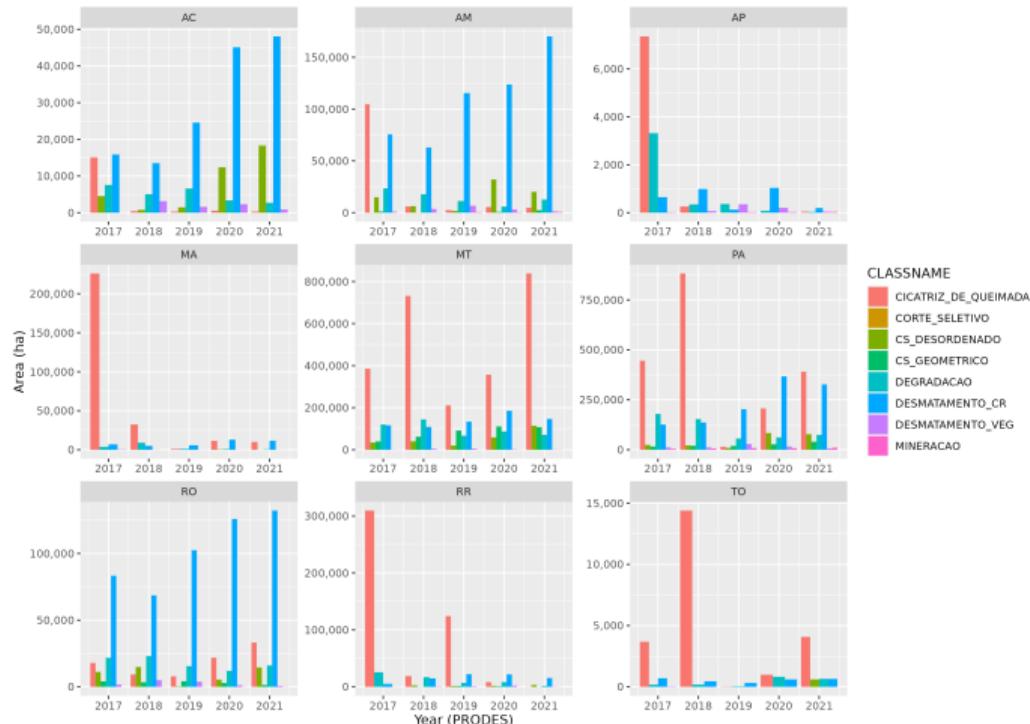


# DETER warnings by class



Burn scars and clear cut are the most common warnings.

# DETER warnings by class and state

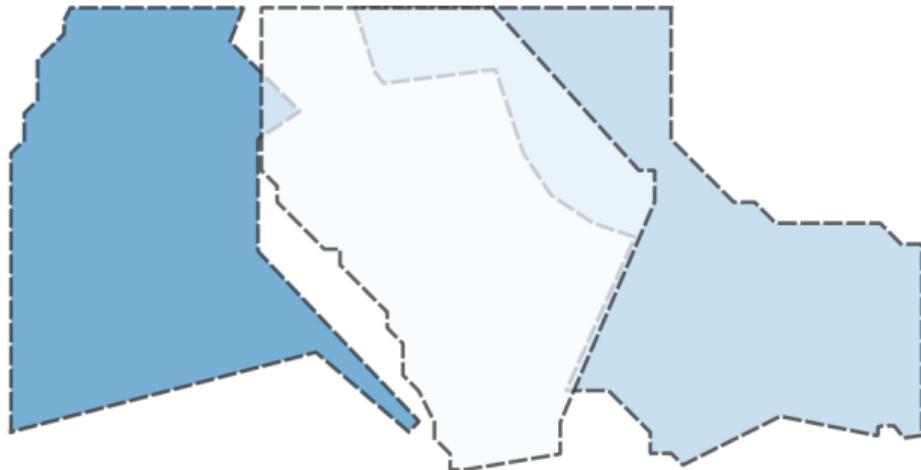


Burn scars and clear cut are the most common warnings.

## DETER warnings and time

- ▶ The spatial properties of DETER warning are inconsistent along time (shape, size, position, orientation).

## Warnings are inconsistent along time

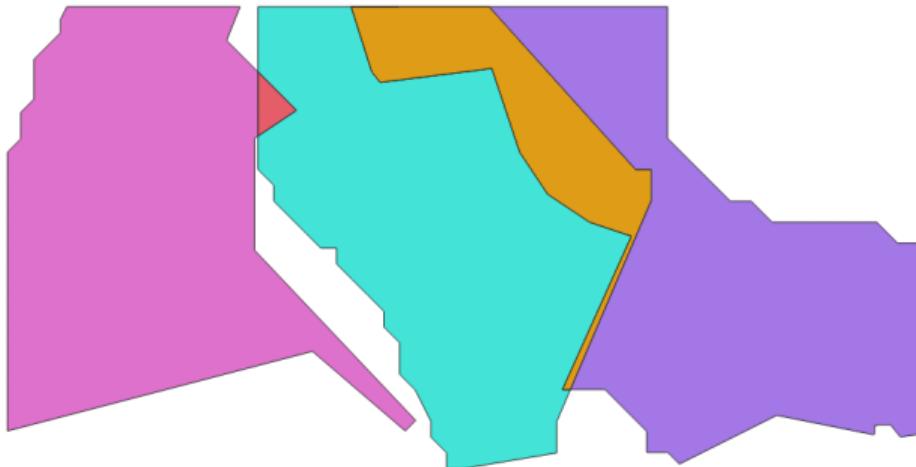


DETER warnings don't fit along time.

## DETER subareas

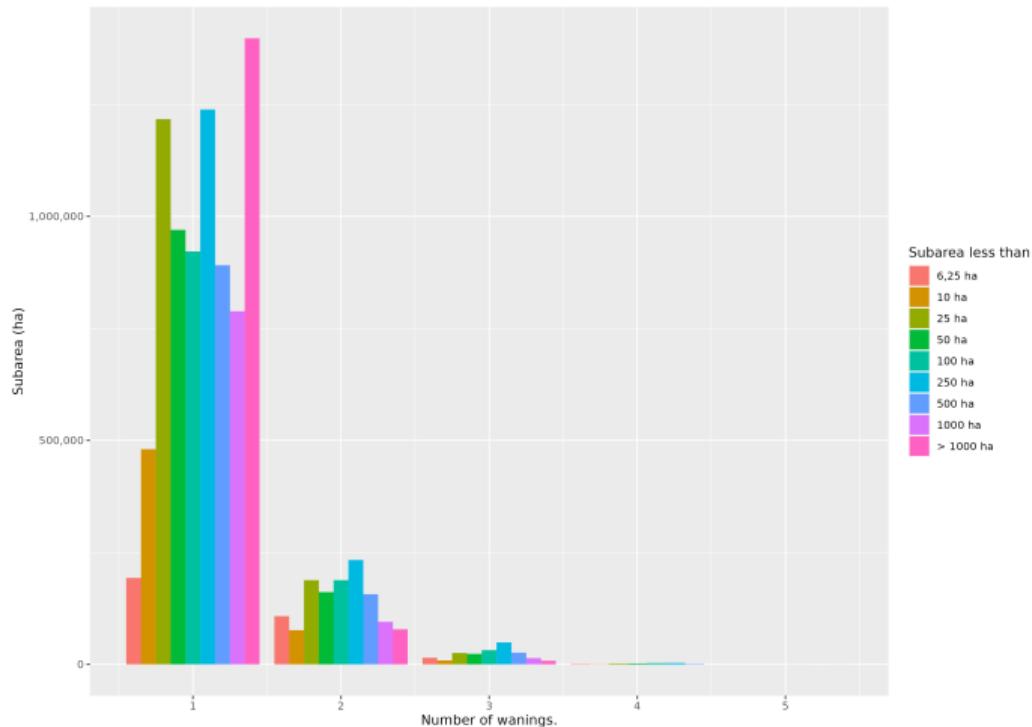
- ▶ The spatial properties of DETER warning are inconsistent along time (shape, size, position, orientation).
- ▶ DETER subareas maintain their spatial properties along time.

## DETER subareas



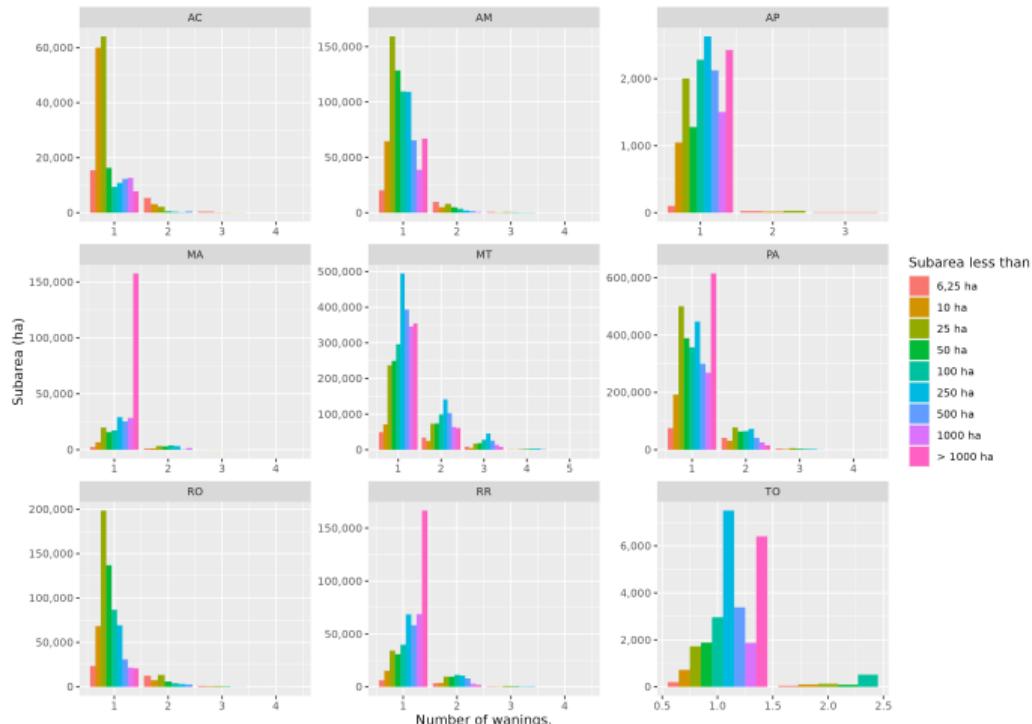
From 3 DETER warnings, we get 7 subareas!

# DETER subareas



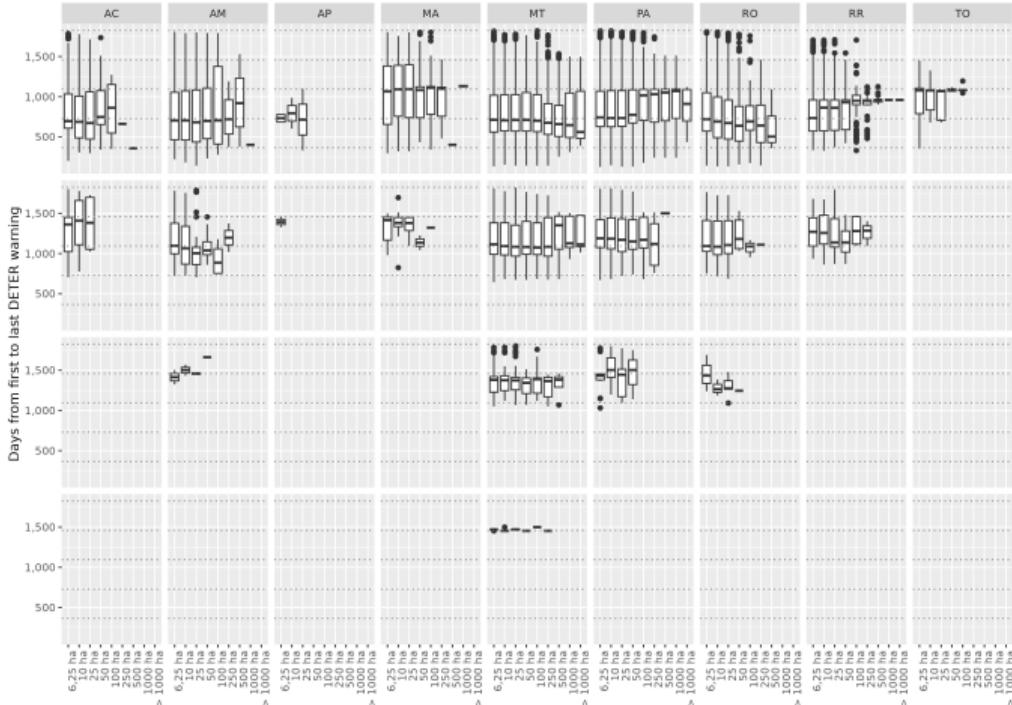
There are subareas with up to 5 recurrent warnings.

# DETER subareas



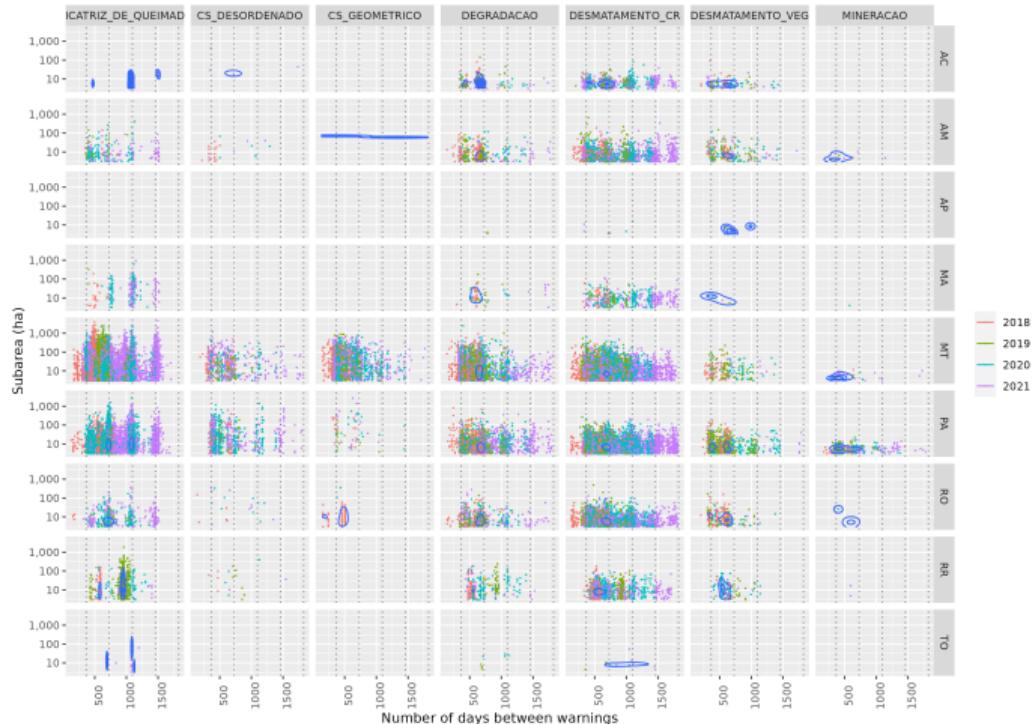
The warning recurrence changes by brazilian state.

# DETER subareas



Number of days between first and last warning.

# DETER subareas

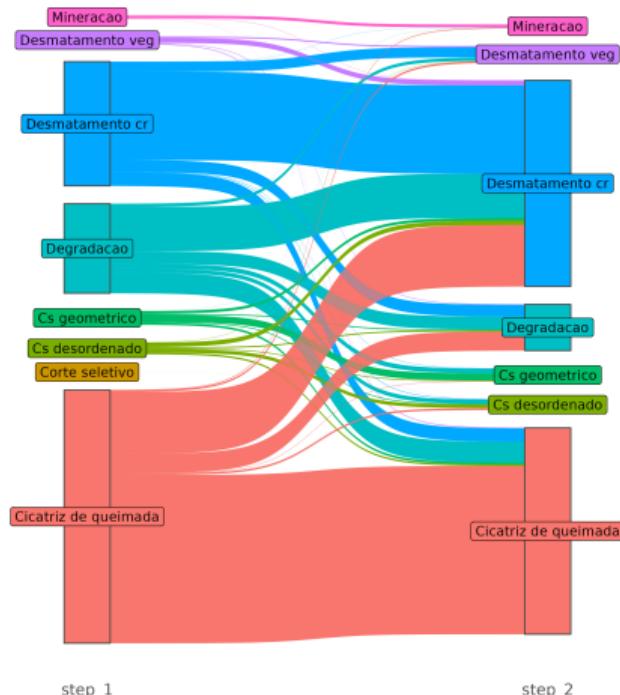


The number of days between warnings behaviour in space and time.

## Subarea trajectories

- ▶ Overlaped subareas organized along time describe trajectories of change.

# DETER subareas (2 warnings)

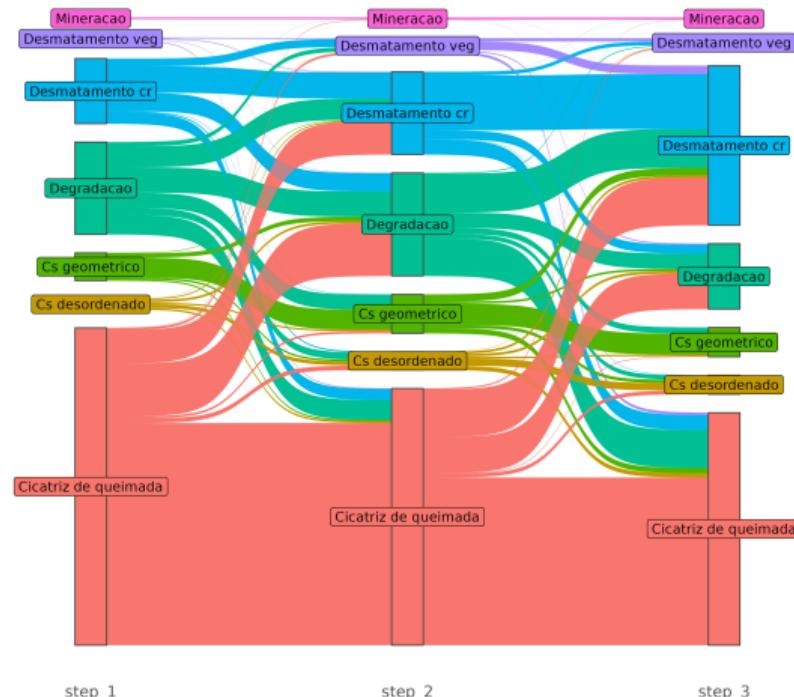


Trajectory of subareas with 2 wanings.

## DETER - Top 10 trajectories (2 warnings) |

position_1	position_2	area_ha	n_traj
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	673806.1	15015
Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	89540.6	5493
Desmatamento cr	Desmatamento cr	71670.7	7882
Cs geometrico	Cs geometrico	53594.9	623
Degradacao	Desmatamento cr	52004.1	3935
Degradacao	Cicatriz de queimada	48710.2	1840
Cicatriz de queimada	Degradacao	45634.8	1701
Degradacao	Degradacao	24307.9	1142
Cs desordenado	Cs desordenado	22358.4	301
Degradacao	Cs geometrico	20763.4	419
Total	-	1102390.9	38351

# DETER subareas (3 warnings)

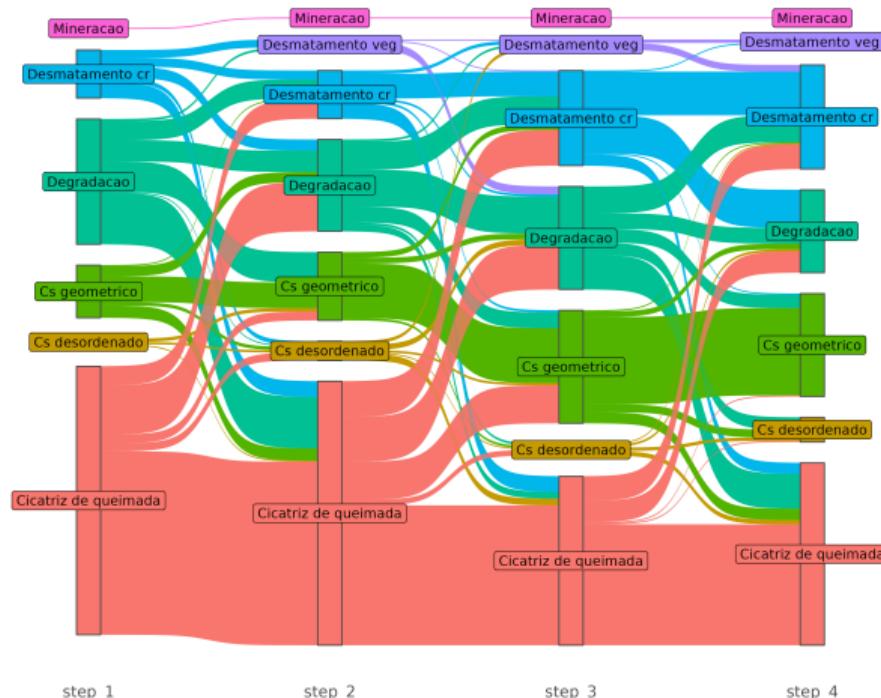


Trajectory of subareas with 3 wanings.

## DETER - Top 10 trajectories (3 warnings) |

position_1	position_2	position_3	area_ha	n_traj
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	96013.6	1789
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Degradacao	11700.9	345
Cicatriz de queimada	Degradacao	Cicatriz de queimada	11374.3	336
Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	10345.3	145
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	8944.6	423
Degradacao	Cs geometrico	Cs geometrico	3016.7	82
Cicatriz de queimada	Degradacao	Degradacao	2481.7	92
Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	Desmatamento cr	2474.5	196
Cicatriz de queimada	Degradacao	Desmatamento cr	2353.2	173
Cs geometrico	Degradacao	Cs geometrico	2247.7	31
Total	-	-	150952.4	3612

# DETER subareas (4 warnings)



Trajectory of subareas with 4 wanings.

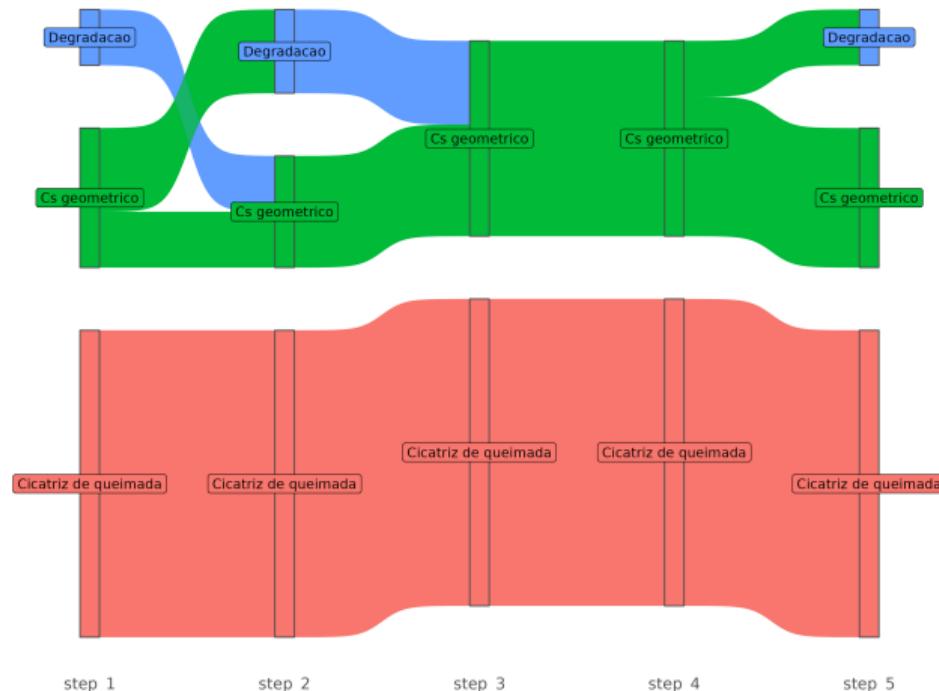
## DETER - Top 10 trajectories (4 warnings) |

position_1	position_2	position_3	position_4	area_ha	n_traj
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	3003.6	92
Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	892.2	16
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Degradacao	725.4	12
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	Degradacao	525.2	10
Degradacao	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	515.6	16
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Degradacao	Desmatamento cr	466.3	8
Cicatriz de queimada	Degradacao	Degradacao	Cicatriz de queimada	431.0	21
Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	390.8	9
Degradacao	Cs geometrico	Cs geometrico	Cicatriz de queimada	387.4	7

## DETER - Top 10 trajectories (4 warnings) II

Degradação	Cicatriz de queimada	Cs geometrico	Cs geometrico	373.2	23
Total	-	-	-	7710.8	214

# DETER subareas (5 warnings)



Trajectory of subareas with 5 wanings.

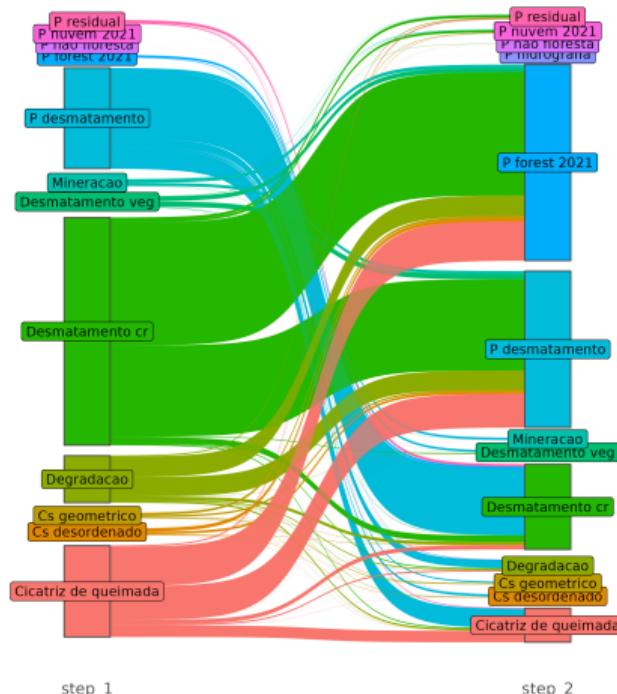
## DETER - Top 10 trajectories (5 warnings) |

position_1	position_2	position_3	position_4	area_ha	n_traj
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	3003.6	92
Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	892.2	16
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Degradacao	725.4	12
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	Degradacao	525.2	10
Degradacao	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	515.6	16
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Degradacao	Desmatamento cr	466.3	8
Cicatriz de queimada	Degradacao	Degradacao	Cicatriz de queimada	431.0	21
Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	390.8	9
Degradacao	Cs geometrico	Cs geometrico	Cicatriz de queimada	387.4	7

## DETER - Top 10 trajectories (5 warnings) II

Degradação	Cicatriz de queimada	Cs geometrico	Cs geometrico	373.2	23
Total	-	-	-	7710.8	214

# DETER & PRODES - Top 10 trajectories (2 warnings)

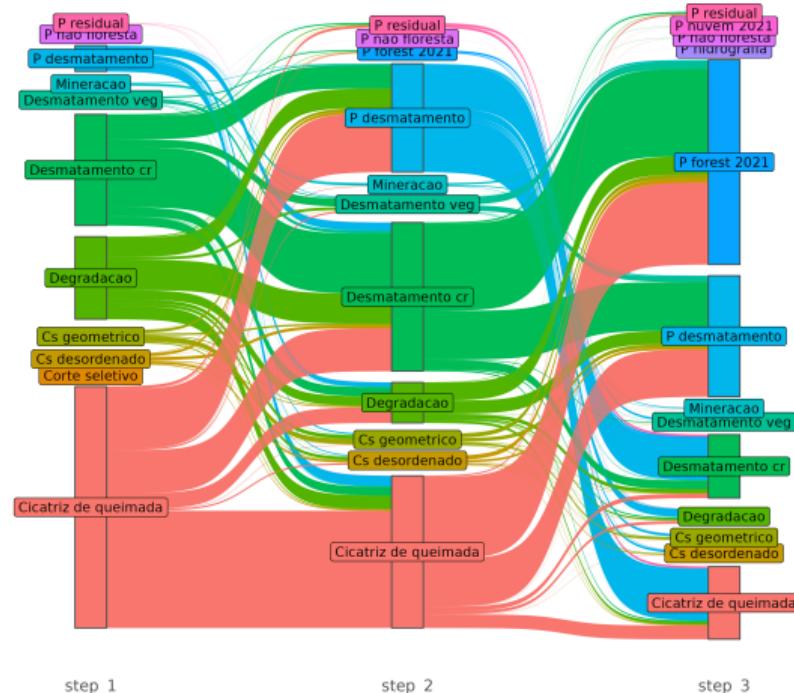


Trajectory of subareas with 2 wanings.

## DETER & PRODES - Top 10 trajectories (2 warnings) |

position_1	position_2	area_ha	n_traj
Cicatriz de queimada	P forest 2021	1041281.5	12645
Cicatriz de queimada	P desmatamento	927627.3	10848
Desmatamento cr	P forest 2021	838982.5	39589
Desmatamento cr	P desmatamento	575218.9	29323
P desmatamento	Desmatamento cr	386346.7	21391
P desmatamento	Cicatriz de queimada	354232.1	6147
Degradacao	P forest 2021	264139.7	6554
Degradacao	P desmatamento	247879.9	6227
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	178664.3	3663
Cs desordenado	P forest 2021	169361.8	1092
Total	-	4983734.7	137479

# DETER & PRODES subareas (3 warnings)

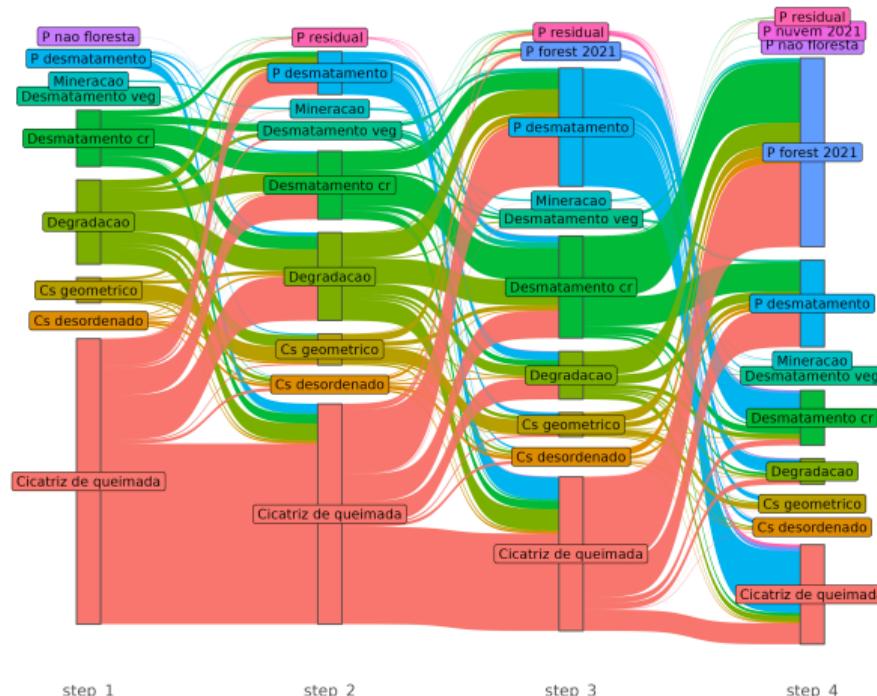


Trajectory of subareas with 3 wanings.

## DETER & PRODES - Top 10 trajectories (3 warnings) |

position_1	position_2	position_3	area_ha	n_traj
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P forest 2021	227564.0	4775
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P desmatamento	124744.1	2836
Cicatriz de queimada	P desmatamento	Cicatriz de queimada	115222.7	2983
Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	P forest 2021	30929.6	1888
Desmatamento cr	Desmatamento cr	P forest 2021	24851.9	2624
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	22486.4	434
Degradação	Desmatamento cr	P forest 2021	18236.5	1325
Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	P desmatamento	16990.8	1028
P desmatamento	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	15963.1	495
Degradação	Cicatriz de queimada	P forest 2021	15749.4	569
Total	-	-	612738.7	18957

# DETER & PRODES subareas (4 warnings)



Trajectory of subareas with 4 wanings.

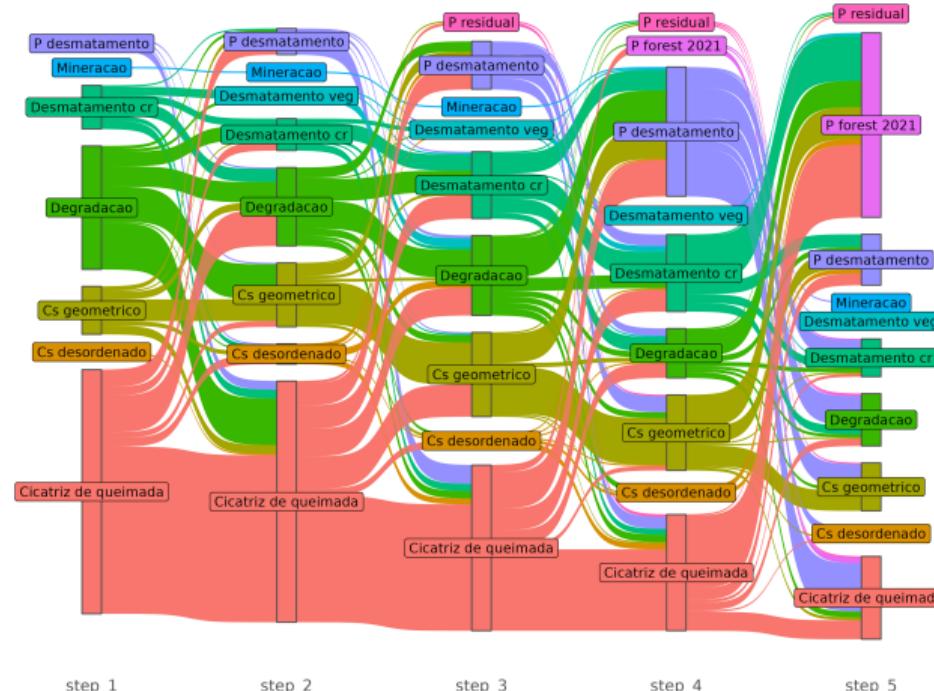
## DETER & PRODES - Top 10 trajectories (4 warnings) |

position_1	position_2	position_3	position_4	area_ha	n_traj
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P forest 2021	32093.7	524
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P desmatamento	Cicatriz de queimada	21441.9	387
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P desmatamento	10783.9	236
Cicatriz de queimada	P desmatamento	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	5683.2	116
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Degradacao	P forest 2021	5222.6	102
Cicatriz de queimada	Degradacao	Cicatriz de queimada	P forest 2021	4678.7	102
Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	P forest 2021	3097.3	47
Cicatriz de queimada	Degradacao	P desmatamento	Cicatriz de queimada	2298.4	75
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	P forest 2021	2210.2	119

## DETER & PRODES - Top 10 trajectories (4 warnings) II

Cs geometrico	Cs geometrico	P desmatamento	Cs geometrico	1812.0	18
Total	-	-	-	89321.7	1726

# DETER & PRODES subareas (5 warnings)



Trajectory of subareas with 5 wanings.

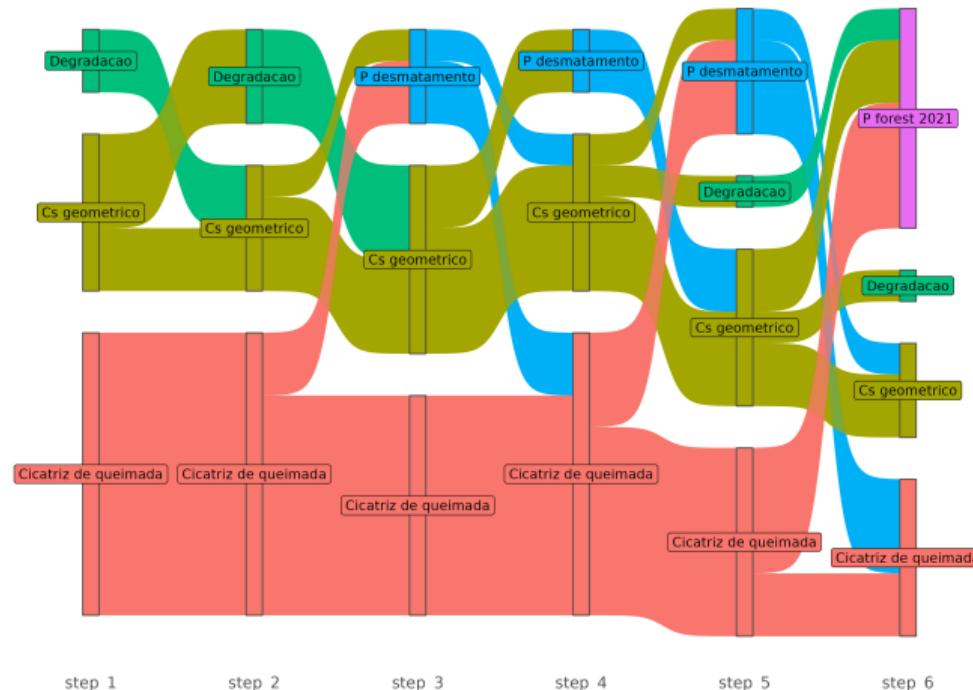
## DETER & PRODES - Top 10 trajectories (5 warnings) |

position_1	position_2	position_3	position_4	position_5	area_ha	n_traj
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P forest 2021	1290.8	33
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P desmatamento	Cicatriz de queimada	384.5	14
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P desmatamento	364.5	8
Cicatriz de queimada	P desmatamento	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Degradaao	308.7	3
Degradaao	Cs geometrico	Cs geometrico	Cicatriz de queimada	P forest 2021	279.9	1
Degradaao	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	P forest 2021	270.0	6
Cicatriz de queimada	P desmatamento	Cicatriz de queimada	Desmatamento cr	Degradaao	258.3	1
Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	P forest 2021	244.2	4
Cs geometrico	Desmatamento cr	Cs geometrico	P desmatamento	Cs geometrico	218.8	1

## DETER & PRODES - Top 10 trajectories (5 warnings) II

Desmatamento cr	Degradaao	Degradaao	P desmata- mento	Cicatriz de queimada	215.5	1
Total	-	-	-	-	3835.1	72

# DETER & PRODES subareas (6 warnings)



Trajectory of subareas with 6 wanings.

## DETER & PRODES - Top 10 trajectories (6 warnings) |

position_1	position_2	position_3	position_4	position_5	position_6	area_ha	n_traj
Cicatriz de queimada	P forest 2021	187.4	4				
Degradacao	Cs geometrico	Cs geometrico	P desmata-mento	Cs geometrico	Degradacao	74.3	1
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P desmata-mento	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	55.7	2
Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	Cicatriz de queimada	P desmata-mento	Cicatriz de queimada	30.4	3
Cs geometrico	Degradacao	Cs geometrico	P desmata-mento	Cs geometrico	Cs geometrico	21.9	1
Cs geometrico	Degradacao	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	P forest 2021	11.0	2
Degradacao	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	Degradacao	P forest 2021	6.3	1
Cs geometrico	Cs geometrico	P desmata-mento	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	3.4	1

## DETER & PRODES - Top 10 trajectories (6 warnings) II

Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	Cs geometrico	P desmata- mento	Cs geometrico	3.2	1
Total	-	-	-	-	-	393.5	16

# DETER & PRODES - Top 10 proximity in time I

CLASSNAME	closest_class	total_ha	n	median_days	median_days_abs	sd_days	sd_abs
P desmata- mento P forest 2021	Cicatriz de queimada Cicatriz de queimada	1620833.2 1338484.8	26272 19411	300 688	396 688	687.2 516.1	496.9 515.8
P desmata- mento P forest 2021	Desmatamento cr Desmatamento	1049533.4 939836.4	57922 47172	64 649	383 649	731.8 488.8	504.0 488.4
P desmata- mento P forest 2021	cr Degradação	391152.0	11266	353	478	731.9	511.0
P desmata- mento P forest 2021	Degradação	303475.8	8198	1028	1028	540.6	540.4
P desmata- mento P forest 2021	Cs desorde- nado Cs desorde- nado	218994.5 194497.7	1861 1526	11 401	364 401	746.3 530.4	531.8 530.0
P desmata- mento P forest 2021	Cs geometrico	168756.0	1658	44	348	636.2	464.5
P desmata- mento P forest 2021	Cs geometrico	130931.0	1155	379	379	473.8	473.6

## Final remarks

- ▶ The analysis of DETER warning subareas along time could improve the characterization of forest degradation along time.
- ▶ Potential applications of our work are:
  - ▶ Improve estimation of emissions of greenhouse gases, i.e. our data could help avoiding double counting.
  - ▶ Identify spatio-temporal areas which could help training Machine-Learning algorithms for automatic identification of forest degradation.
- ▶ Code available at <https://github.com/albhasan/treesburnareas>

## References I

-  Claudio Aparecido De Almeida, Luis Maurano, Dalton M. Valeriano, Gilberto Câmara, Lúbia Vinhas, Marisa Da Motta, Alessandra Rodrigues Gomes, Antonio Miguel Vieira Monteiro, Arlesson Antônio De Almeida Souza, Cassiano Gustavo Messias, Camilo Daleles Rennó, Marcos Adami, Maria Isabel Sobral Escada, Luciana De Souza Soler, and Silvana Amaral, *Metodologia Utilizada nos Sistemas PRODES e DETER - 2a Edição (atualizada)*, Tech. report, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2022.
-  Yosio Shimabukuro, Valdete Duarte, Liana Anderson, Dalton Valeriano, Egídio Arai, Ramon Freitas, Bernardo Rudorff, and Maurício Moreira, *Near real time detection of deforestation in the Brazilian Amazon using MODIS imagery*, Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science **1** (2006), no. 1, 37–47.