

Disciplina: Geoinformática

Professores: Silvana Amaral e Marcos Adami

Trabalho de conclusão de disciplina



Instituto Nacional de  
Pesquisas Espaciais (INPE)  
2025

# Característica dos desmatamentos da Mata Atlântica brasileira por recorte de produção PRODES

Aluna: Raquel Zózimo Molinez

São José dos Campos - SP

# Introdução

## ❖ Mata Atlântica

Grande **extensão latitudinal**: Diversidade, biodiversidade;  
15% Território brasileiro.

## ❖ Antropismo

72% da população brasileira;  
49,3% das áreas urbanizadas;  
O único bioma que **não predomina a cobertura vegetal natural**;  
12,6 % áreas florestais original;  
(IBGE 2018)

**Investigar padrões de desmatamento;**



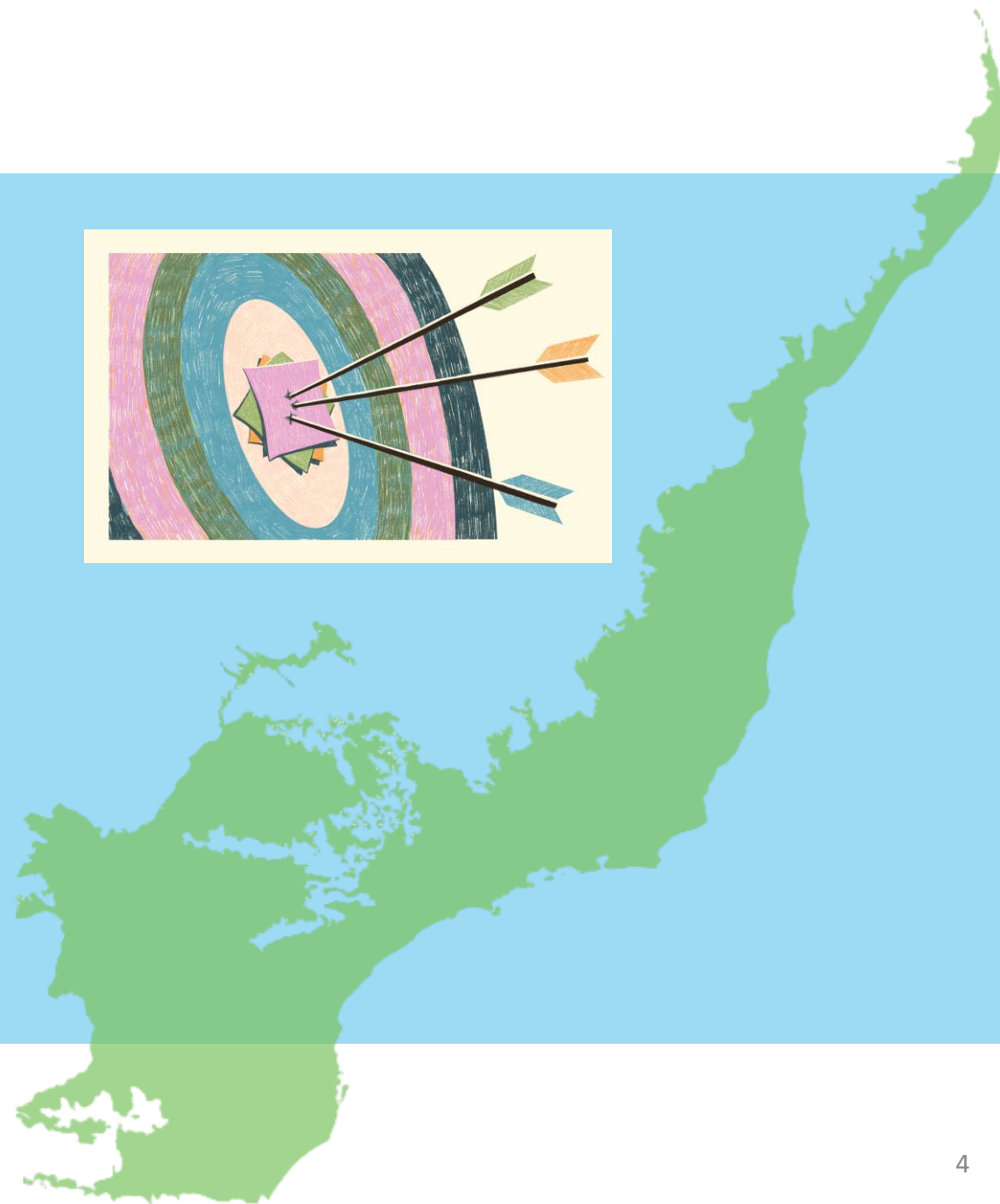
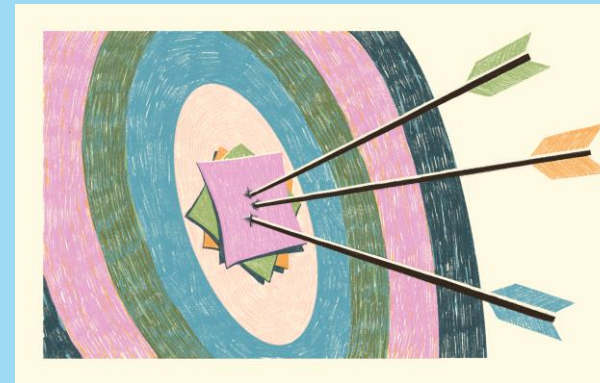
# Vetores de Supressão

- ❖ **Tipo de uso do solo** – Áreas com uso consolidado tendem a apresentar maior recorrência de supressão da vegetação nativa (Santos et al., 2020);
- ❖ **Atividade econômica preponderante** – definem o ritmo de conversão da paisagem (Amaral, 2025);
- ❖ **Quantidade populacional** – O adensamento urbano ou rural intensifica a pressão sobre remanescentes florestais (Metzger & Sodhi, 2009);
- ❖ **Topografia** – Relevos mais acidentados tendem a ser menos acessíveis e, por isso, menos impactados (Perz et al., 2006; Soares-Filho et al., 2006);
- ❖ **Clima** – Fatores climáticos influenciam o uso da terra e o acesso sazonal a determinadas áreas (Ribeiro et al., 2009; Guimarães et al., 2023);



# Objetivo

- ❖ Propor uma classificação das células da Mata Atlântica baseada em vetores de supressão;
- ❖ Análise de cluster sobre variáveis para particionar as células do território.



# Área de estudo

## ❖ Limite Mata Atlântica (IBGE):

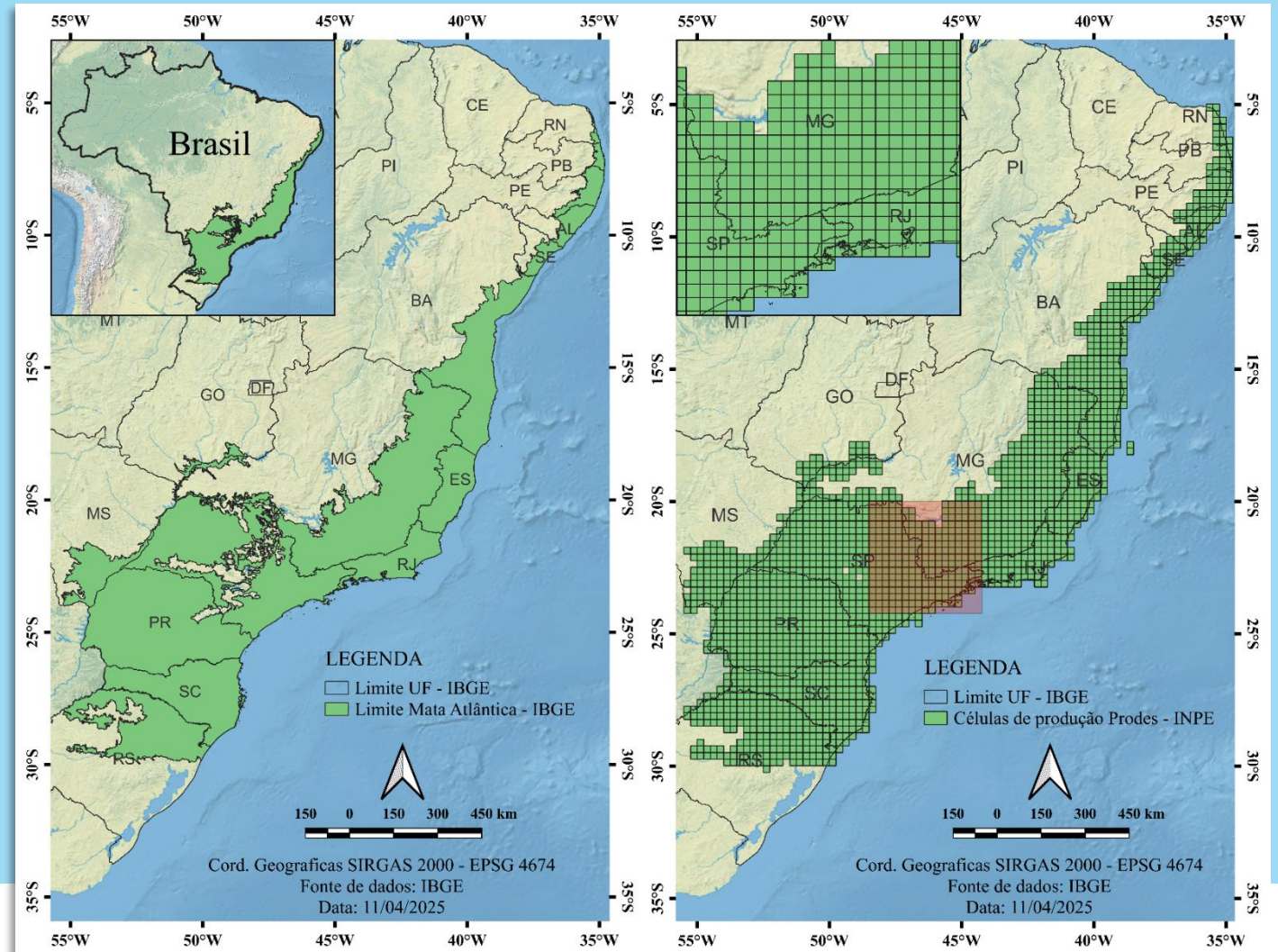
✓ 1.110.182 km<sup>2</sup>.

## ❖ Limite células Prodes:

✓ 1.962 células;

✓ 667 a 766 km<sup>2</sup>;

✓ 1.401.978 km<sup>2</sup>.



# Metodologia - Variáveis

| Variáveis                                                  | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                | Métrica espacial                | Fonte do dado                        |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| <b>População</b>                                           | O crescimento populacional, principalmente em zonas periurbanas, amplia a demanda por áreas e recursos, pressionando remanescentes florestais. Essa expansão está fortemente associada à fragmentação e perda de vegetação nativa (Santos et al., 2020). | Número de indivíduos por célula | Censo Demográfico 2022 (SIDRA IBGE)  |
| <b>Uso e cobertura da terra (28 classes)</b>               | O mapeamento de classes como floresta, mosaico de uso e áreas não vegetadas permite identificar diferentes estágios de antropização do território (Scarano & Ceotto, 2015).                                                                              | Área por classe por célula      | MapBiomass (coleção 9)               |
| <b>Colheita temporária.</b>                                | Cultivos de ciclo curto, como soja e milho, são reconhecidos como importantes vetores de desmatamento recente no bioma, sobretudo devido à sua rápida expansão em áreas com cobertura florestal (Guimarães et al., 2023).                                | Área por célula                 | Censo Agropecuário 2023 (SIDRA IBGE) |
| <b>Colheita perene.</b>                                    | Cultivos permanentes como café e citros também implicam supressão vegetal, especialmente quando associados à expansão histórica da agricultura nas regiões sudeste e sul do Brasil (Guimarães et al., 2023).                                             | Área por célula                 | Censo Agropecuário 2023 (SIDRA IBGE) |
| <b>Silvicultura.</b>                                       | A implantação de monoculturas exóticas de eucalipto e pinus, frequentemente em áreas anteriormente florestadas, promove perda de biodiversidade, degradação de solo e homogeneização da paisagem (Santos et al., 2020).                                  | Área por célula                 | Censo Agropecuário 2023 (SIDRA IBGE) |
| <b>Efetivo de rebanho (bovino)</b>                         | A pecuária extensiva tem a mais alta correlação com desmatamento em diversas porções da Mata Atlântica, sendo o principal vetor antrópico de conversão da vegetação nativa (Guimarães et al., 2023).                                                     | Número de indivíduos por célula | Censo Agropecuário 2023 (SIDRA IBGE) |
| <b>Precipitação (média, mínima e máxima)</b>               | A pluviosidade influencia diretamente a densidade e o tipo de vegetação, além de determinar as práticas agrícolas dominantes. Áreas com menor precipitação média tendem a apresentar maior suscetibilidade à supressão vegetal (Scarano & Ceotto, 2015). | Média (mm/m²) por célula        | WorldClim (1970 -2000)               |
| <b>Declividade (média, mínima, máxima e desvio padrão)</b> | Terrenos com maior inclinação tendem a manter mais remanescentes florestais por dificultarem o uso mecanizado da terra. Áreas planas são preferidas para expansão agrícola e, portanto, mais desmatadas (Ribeiro et al., 2009; Guimarães et al., 2023 ). | Estatística por célula (%)      | Copernicus MDE (30m)                 |

# Metodologia



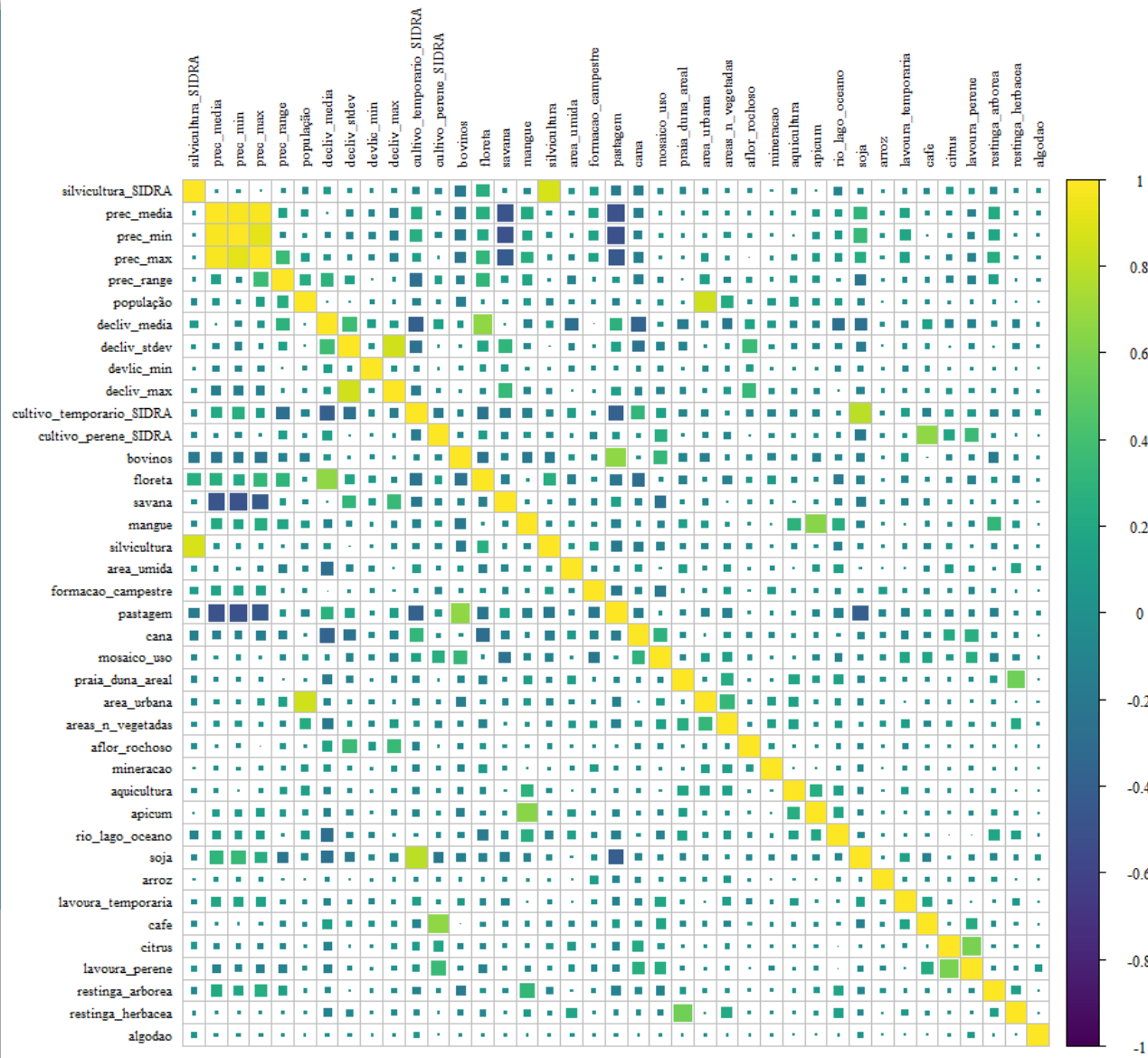
- ❖ **Uso e cobertura da terra** – Maobiomias (coleção 9 – 30m);
- ❖ **Censo Agropecuário** – IBGE 2023;
- ❖ **Censo demográfico** – IBGE 2022;
- ❖ **Precipitação anual** – WordClim 1970 - 2000;
- ❖ **Declividade** – Copernicus (30m).

39 variáveis

- ❖ **Espacialização das variáveis** do IBGE por município - Qgis;
- ❖ **Estatística zonal das variáveis** por célula (área, médias, mínimas, máximas e desvio padrão) - Qgis;
- ❖ **Normalização** – Linear mínimo a máximo - Rstudio;
- ❖ **Correlograma de Person** – Todas contra todas - Rstudio;
- ❖ **Análise Clusterização fuzzy Fanny** de todas as variáveis – Rstudio;
- ❖ **Ranqueamento de variáveis (Boruta)** análise de pertencimento das variáveis por cluster – Rstudio.



# Resultados – Correlograma de Person



39 variáveis

❖ **Uso e cobertura** tem forte correlação com dados do **Censo**:

Bovinos e Pastagem;

População e Área urbana;

Cultivo temporário e Soja;

Cultivo perene e Café;

❖ **Floresta** tem alta correlação positiva com **Declividade média**;

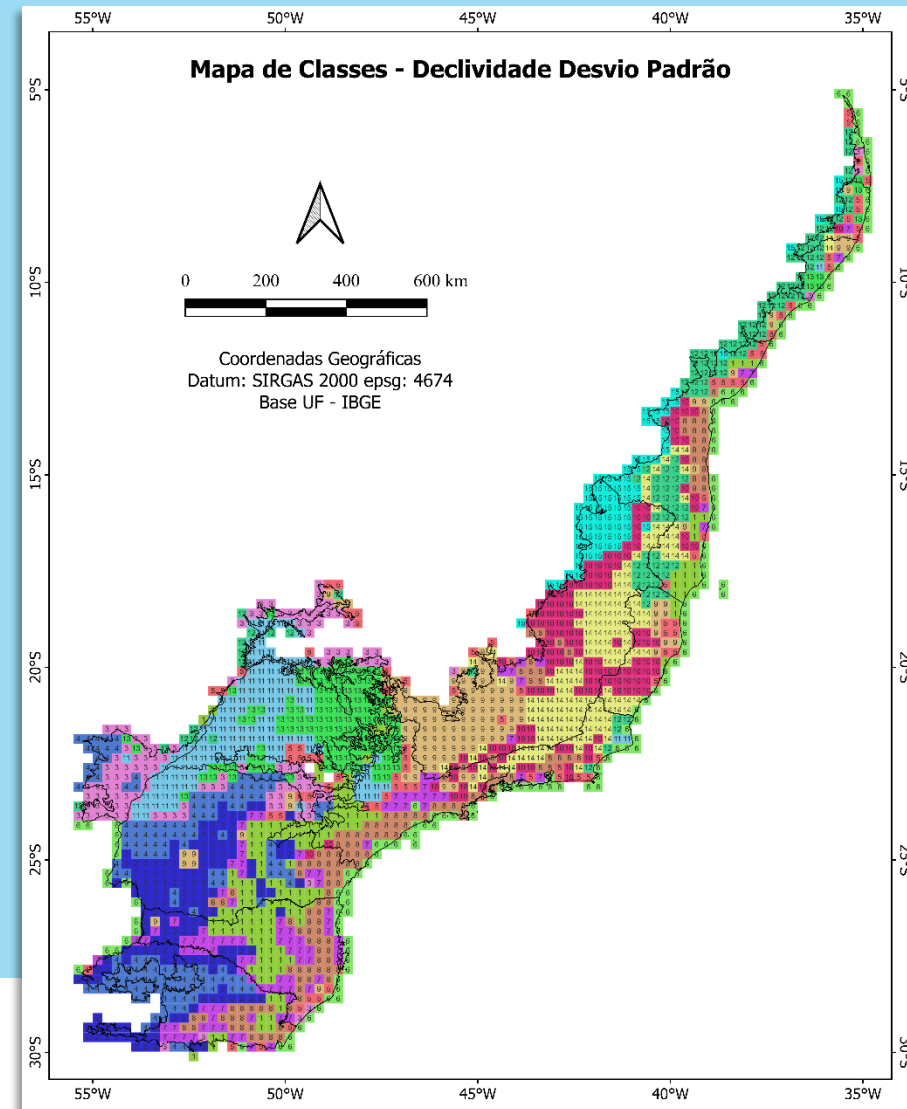
❖ **Precipitação** tem alta correlação negativa com **Pastagem** e **Savana**.

❖ **Pastagem** tem alta correlação negativa com **Soja**.

# Resultados – Análise fuzzy Fanny

Parâmetros explícitos:

- 1) Matriz de dissimilaridade **Gower**;
- 2) Clusters **k=15**;
- 3) Membership **1,2**;
- 4) Iterações **1.000**;
- 5) Tolerância **1e-15**;



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

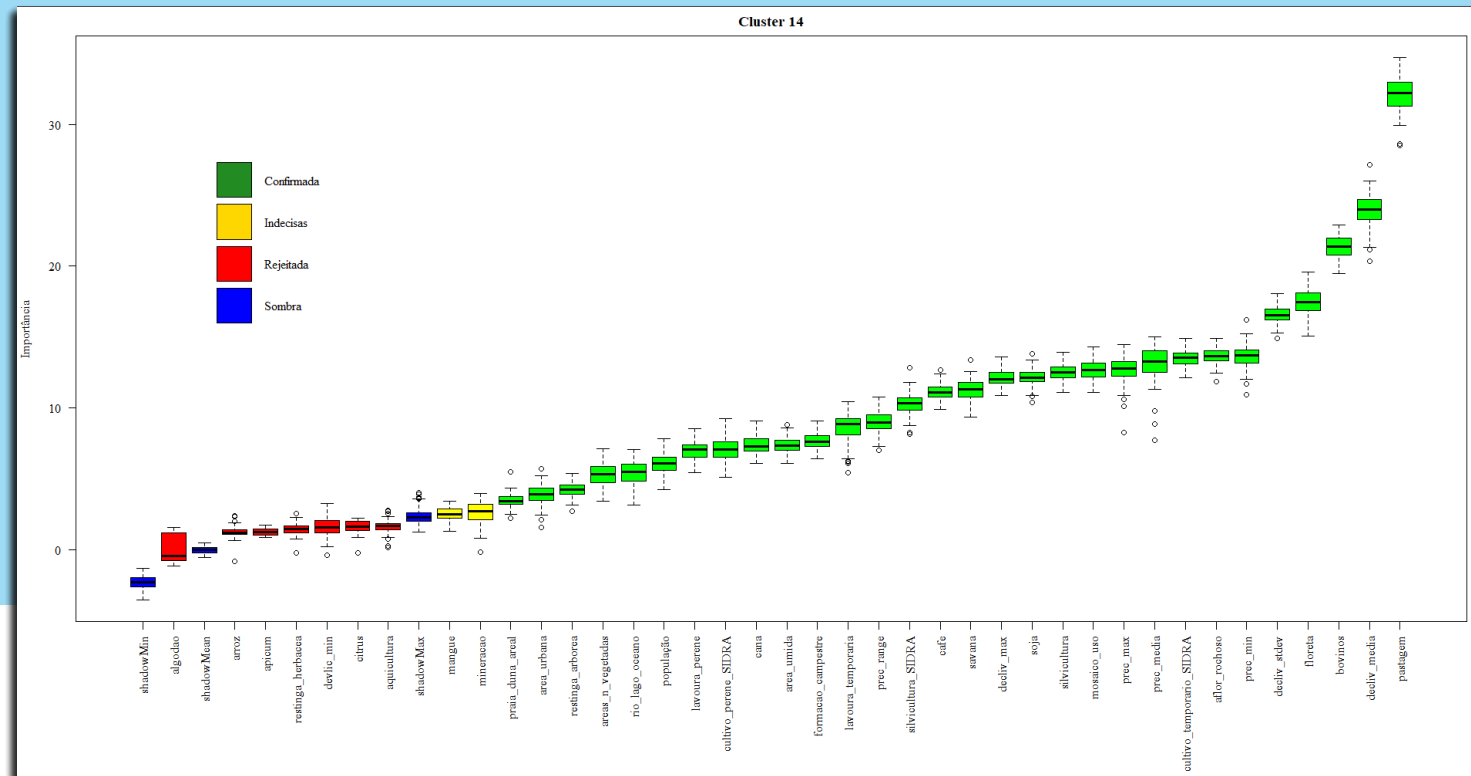
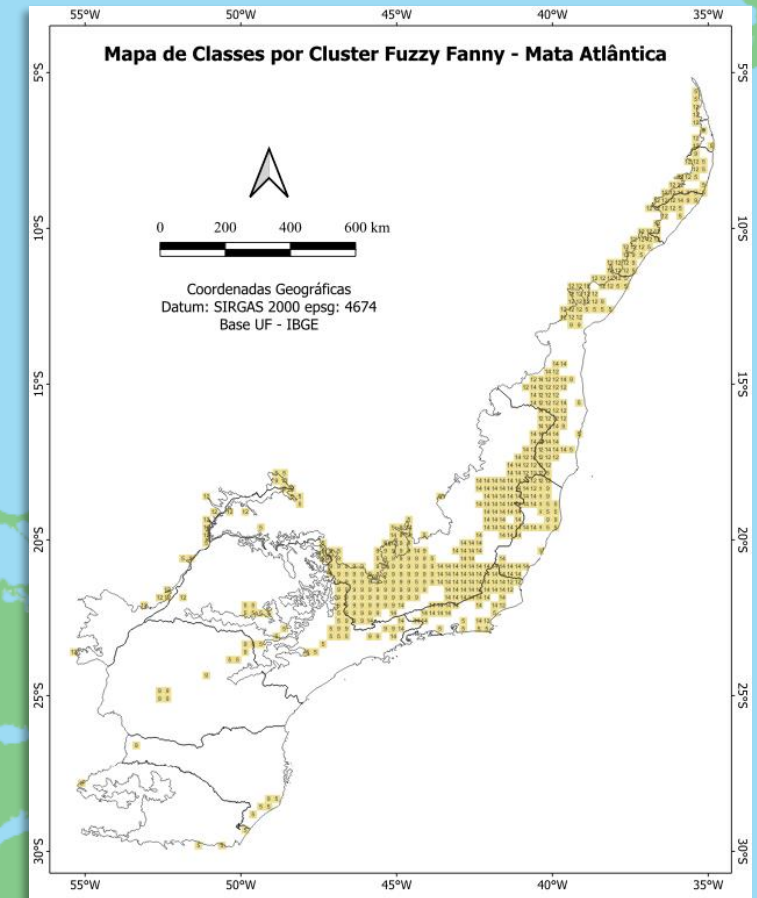
## ❖ Pastagem

Cluster 5 – **Pastagem** / Declividade média / Mosaico de usos;

Cluster 9 – **Pastagem** / Café / Lavoura Temporária;

Cluster 12 – **Pastagem** / Bovino / Savana;

Cluster 14 – **Pastagem** / Declividade média / Bovino.



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

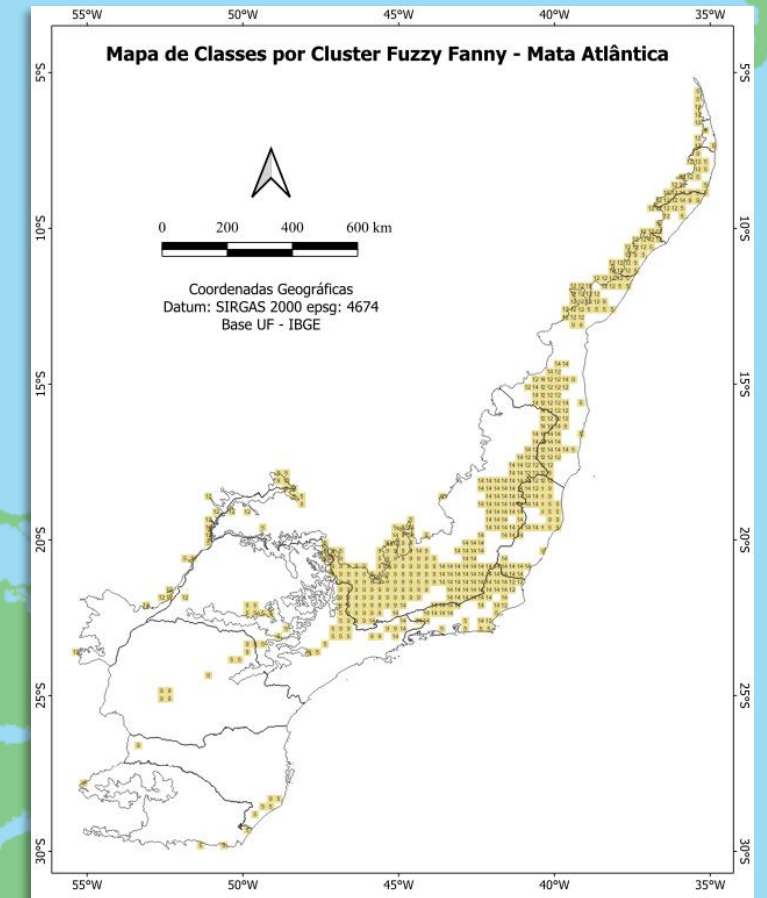
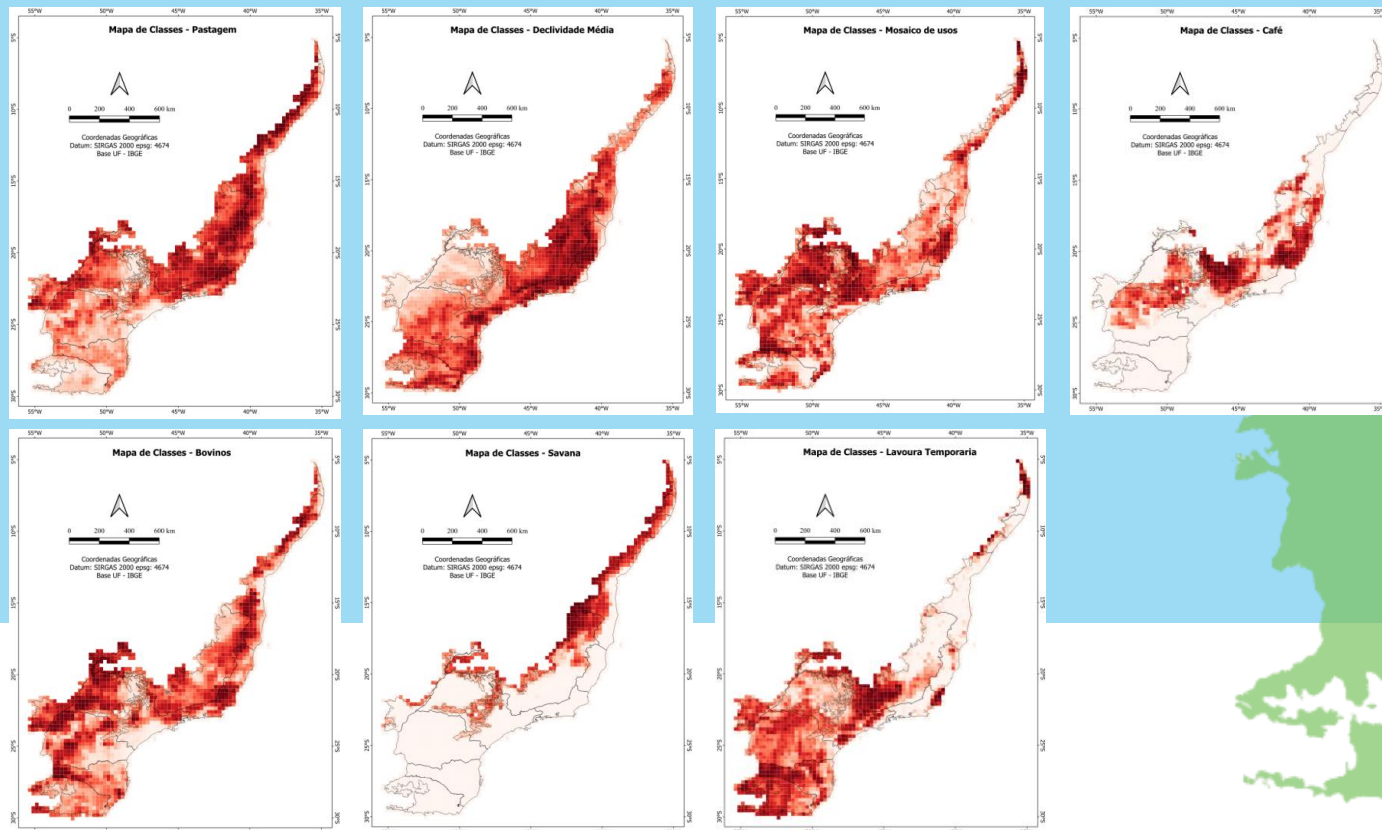
## ❖ Pastagem

Cluster 5 – **Pastagem** / Declividade média / Mosaico de usos;

Cluster 9 – **Pastagem** / Café / Lavoura Temporária;

Cluster 12 – **Pastagem** / Bovino / Savana;

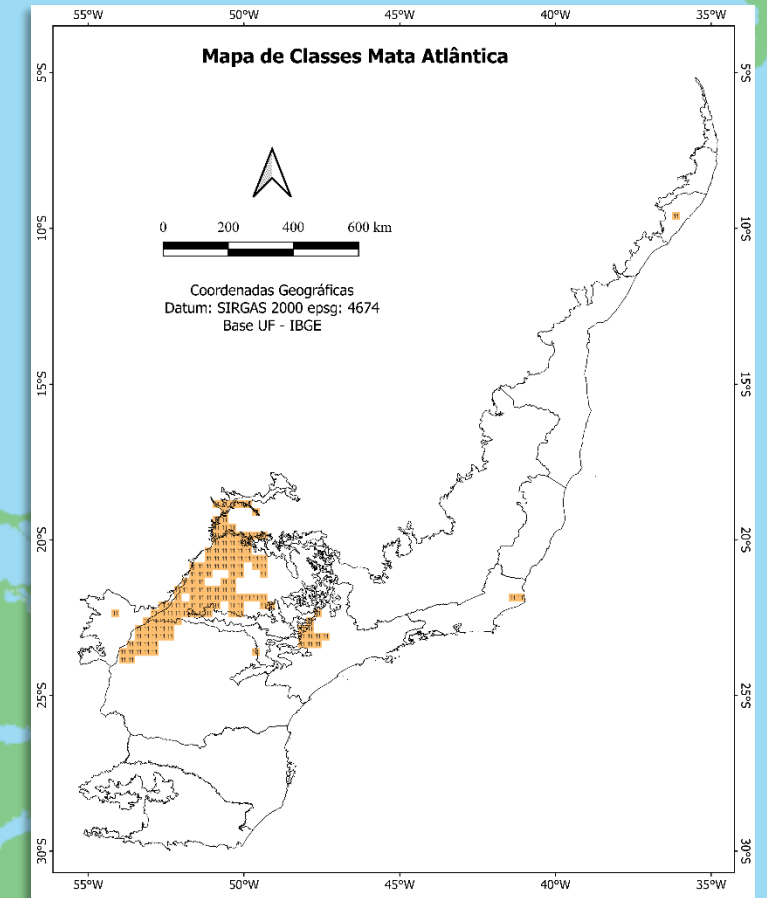
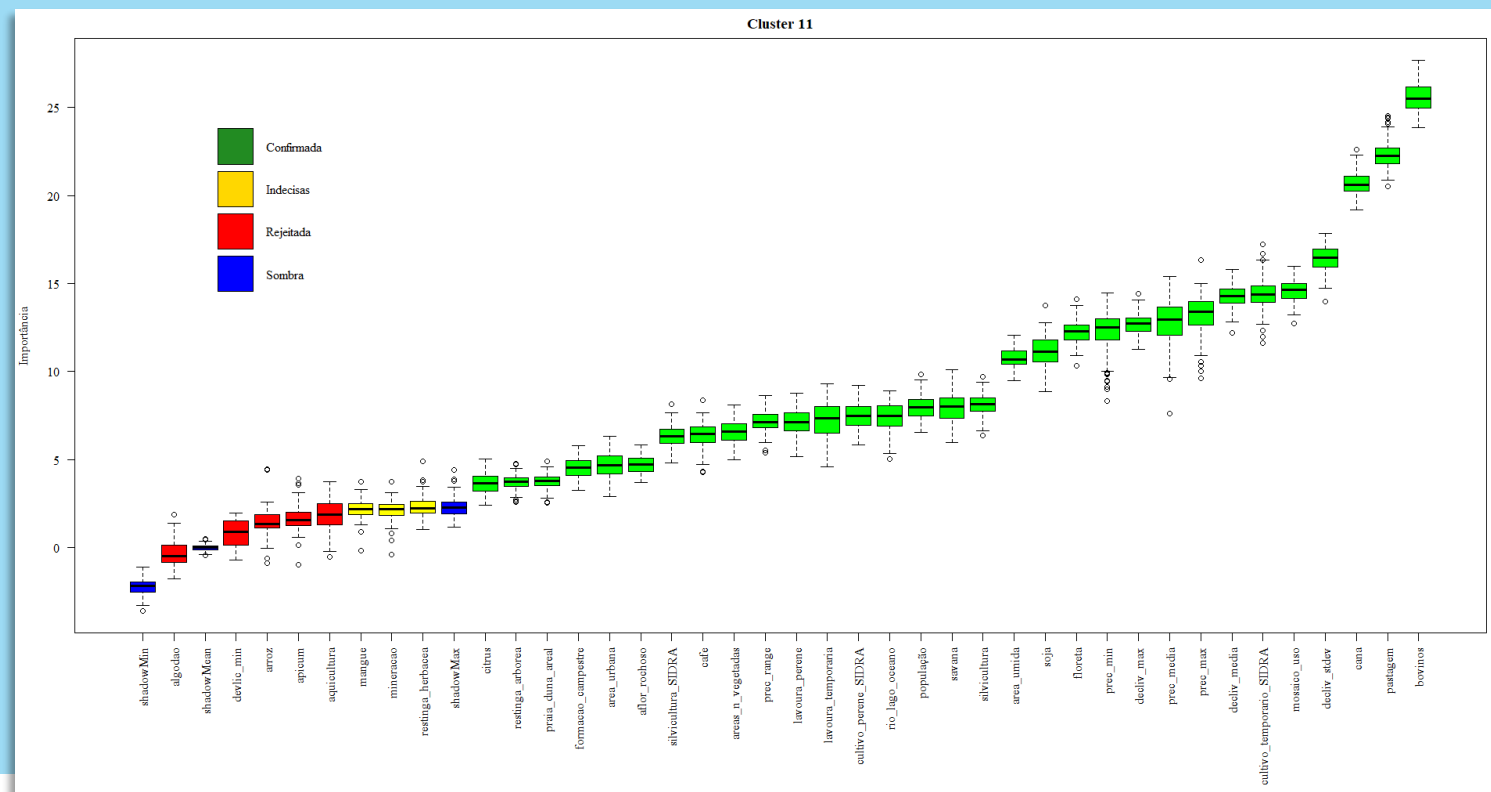
Cluster 14 – **Pastagem** / Declividade média / Bovino.



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Bovinos

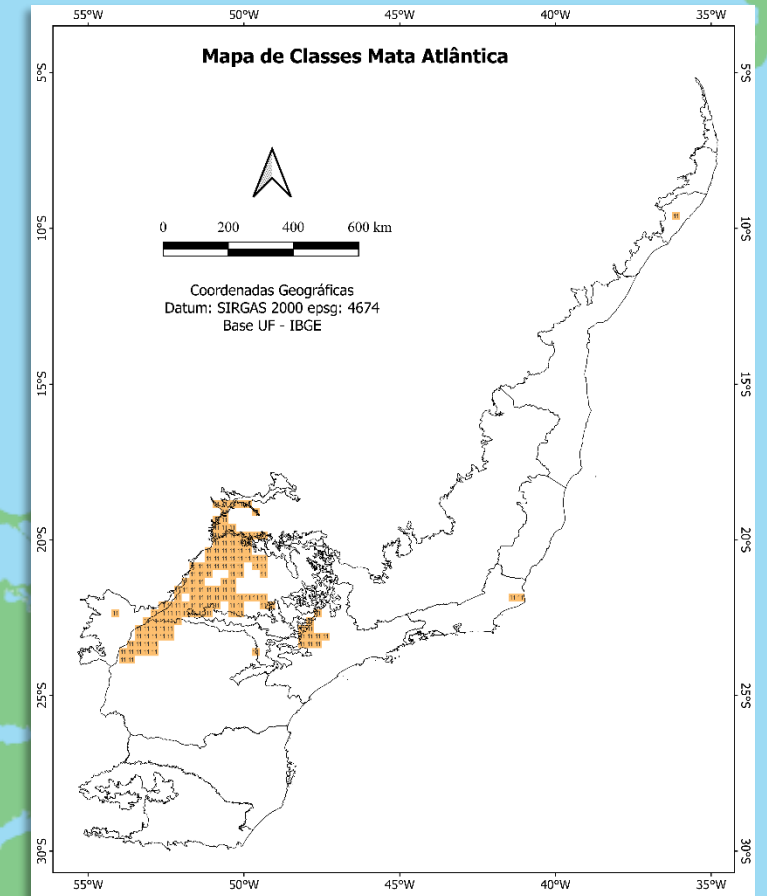
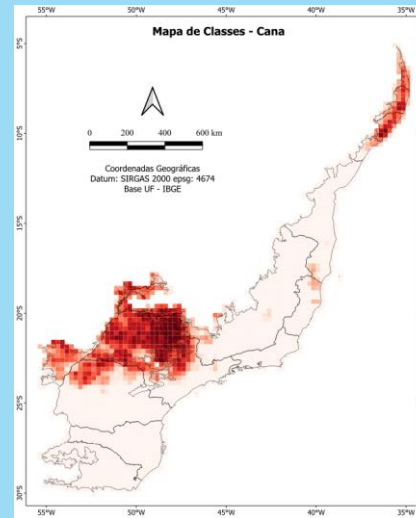
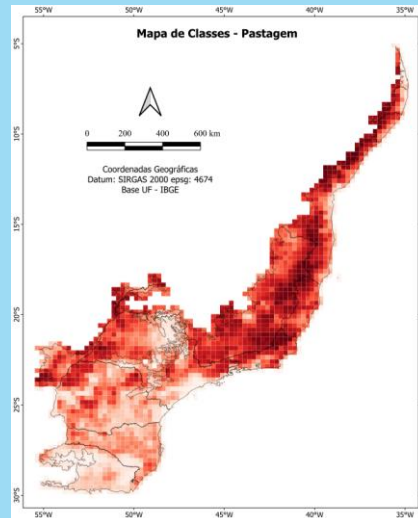
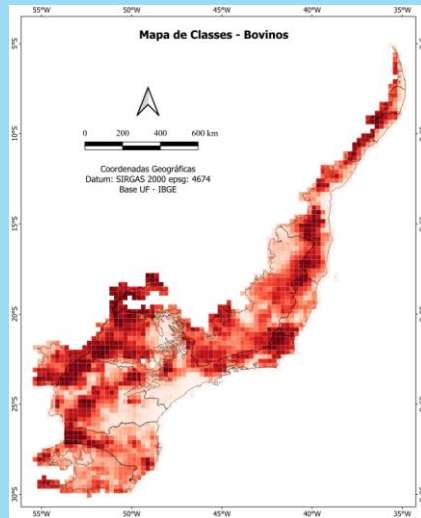
Cluster 11 – **Bovino** / Pastagem / Cana;



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Bovinos

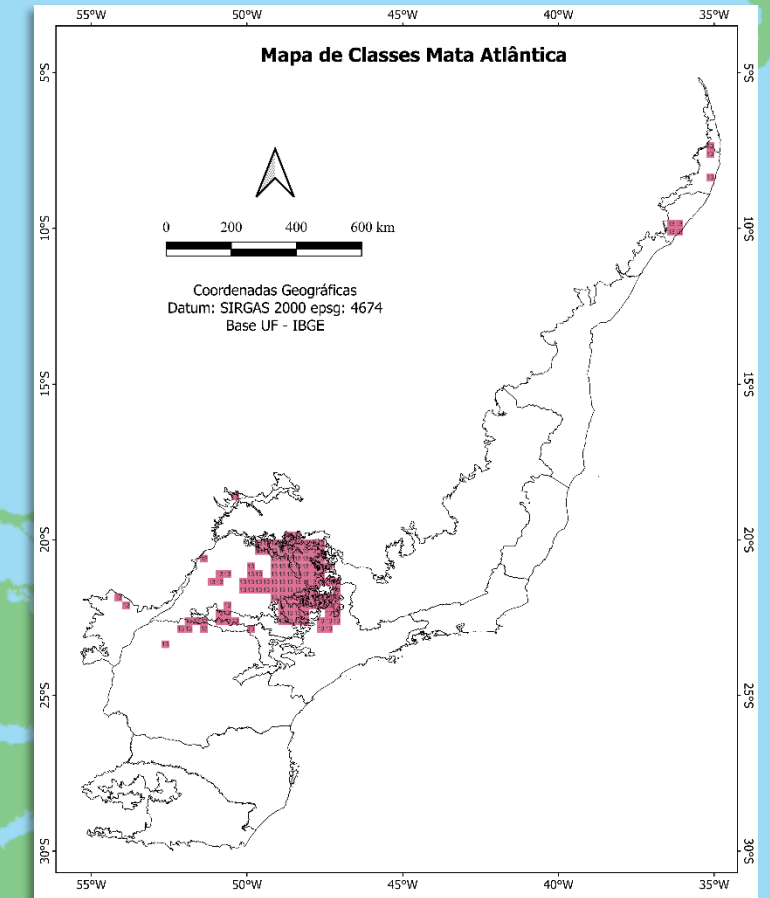
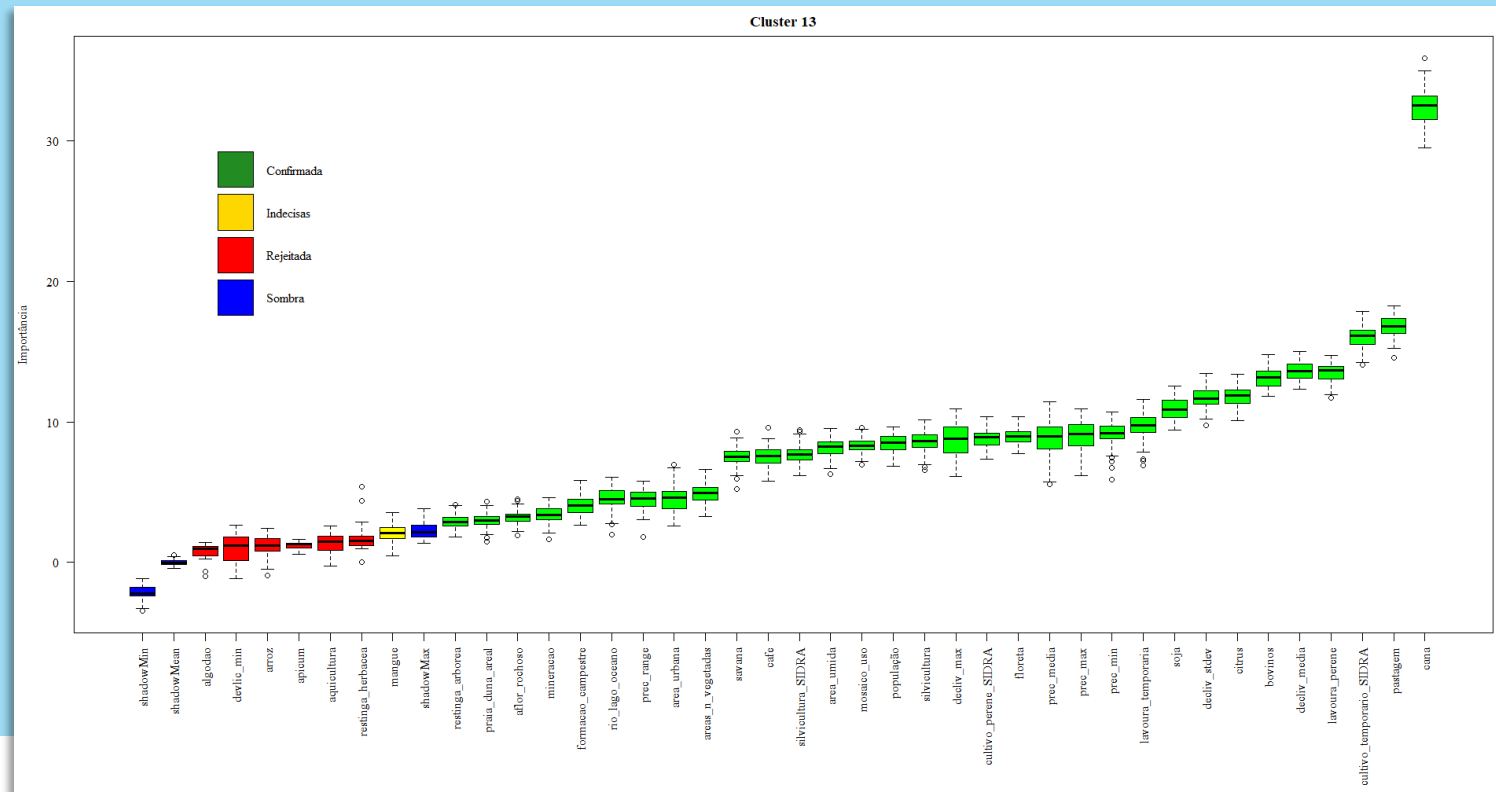
Cluster 11 – **Bovino / Pastagem / Cana;**



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Cana-de-açúcar

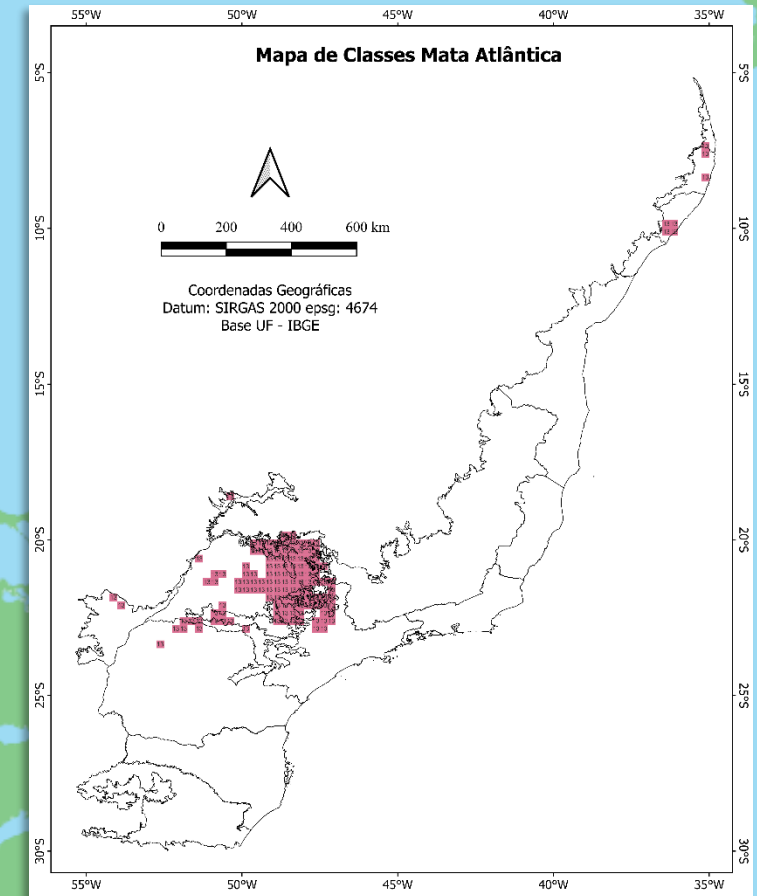
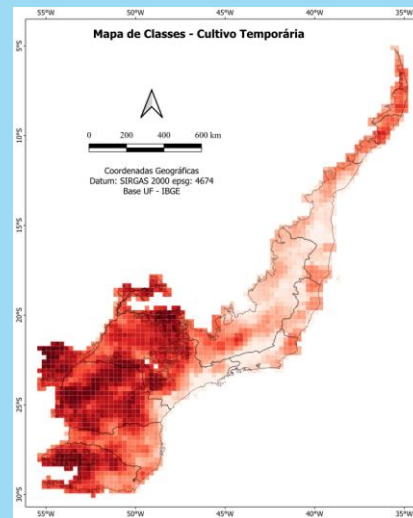
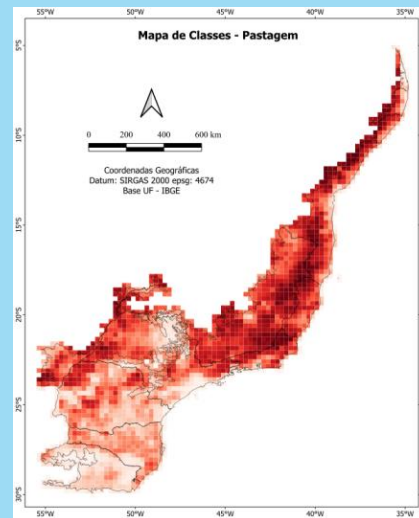
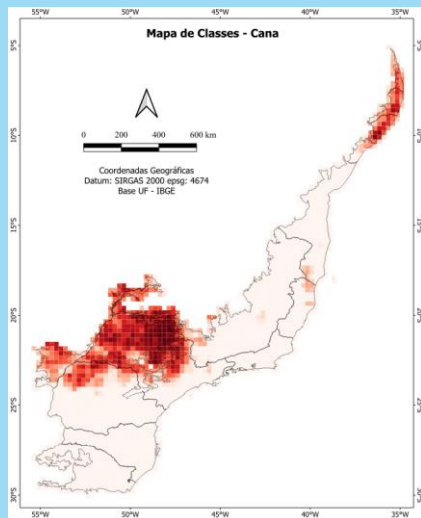
Cluster 13 – **Cana** / Pastagem / Cultivo Temporário;



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Cana-de-açúcar

Cluster 13 – **Cana** / Pastagem / Cultivo Temporário;



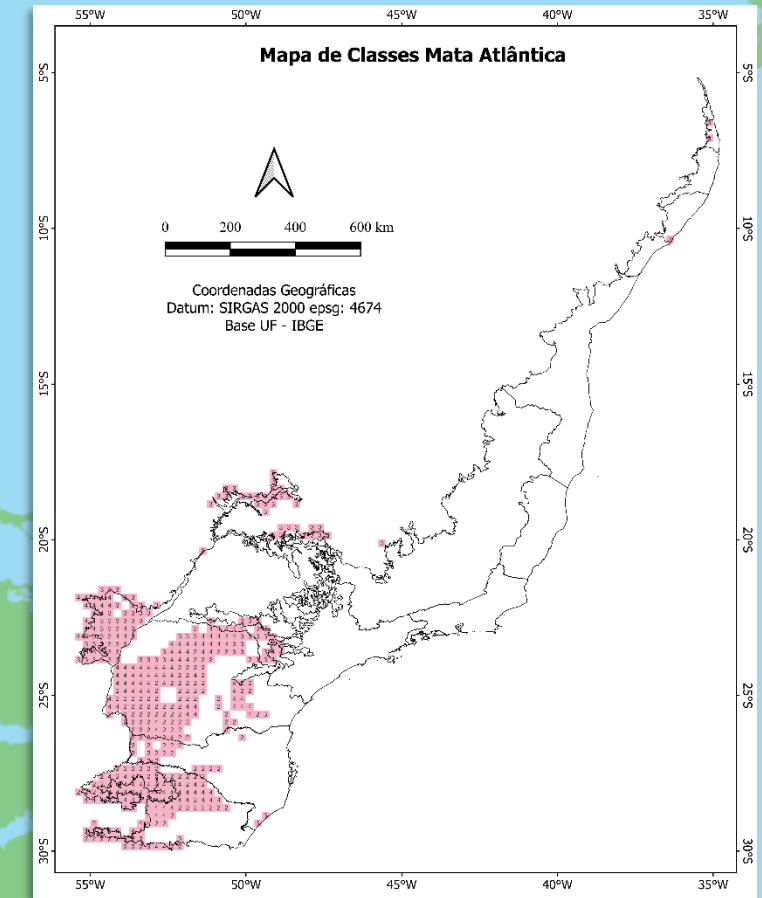
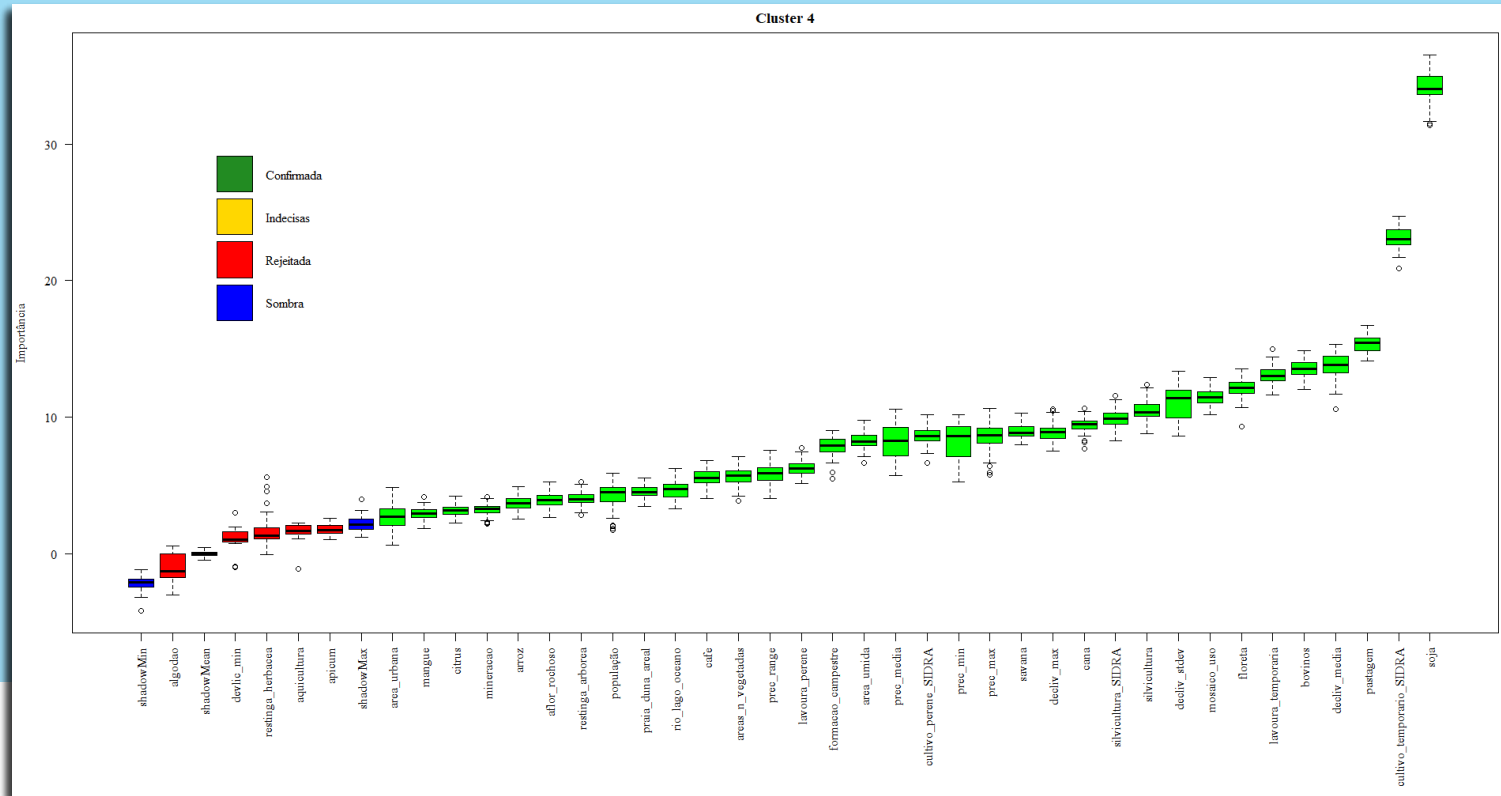
# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Soja

Cluster 2 – **Soja** / Cultivos Temporários / Declividade média ;

Cluster 3 – **Soja** / Cana / Cultivos Temporários;

Cluster 4 – **Soja** / Cultivos Temporários / Pastagem;



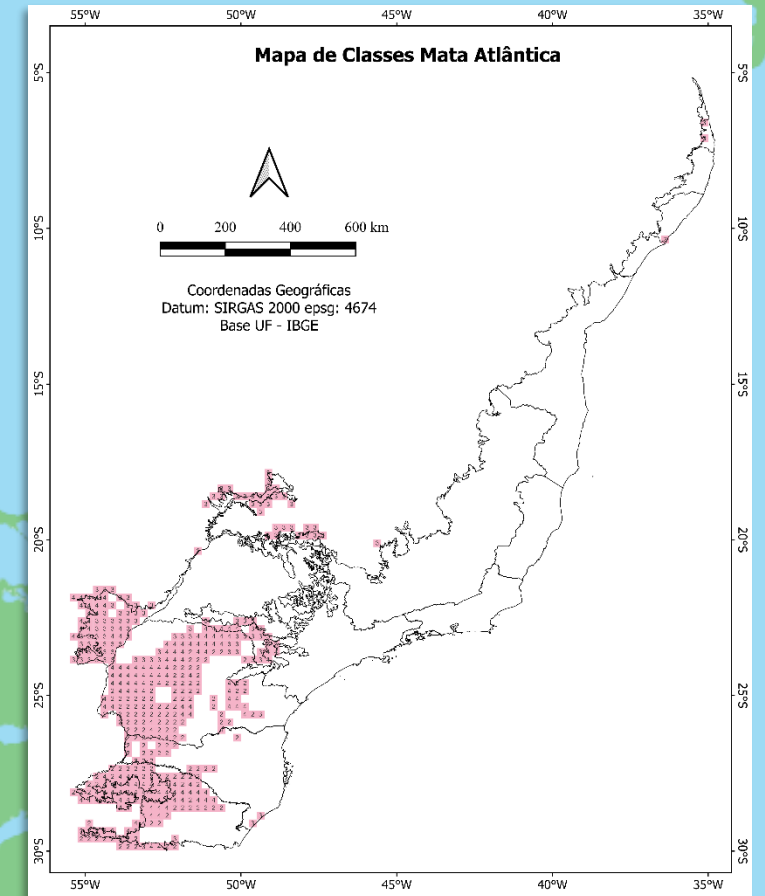
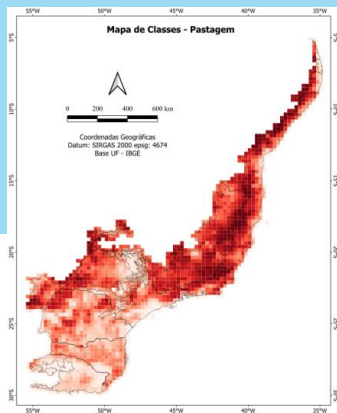
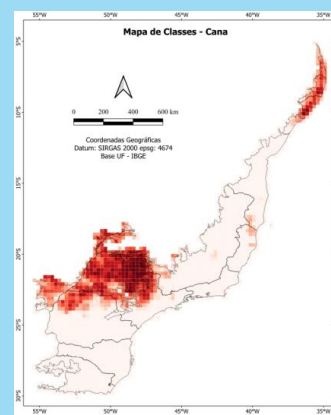
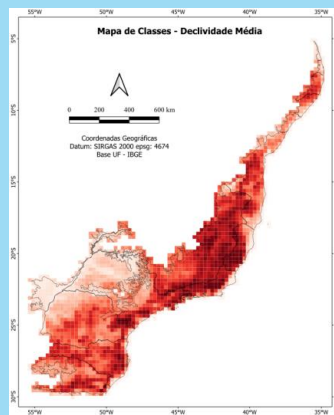
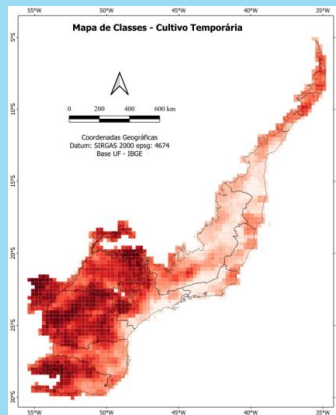
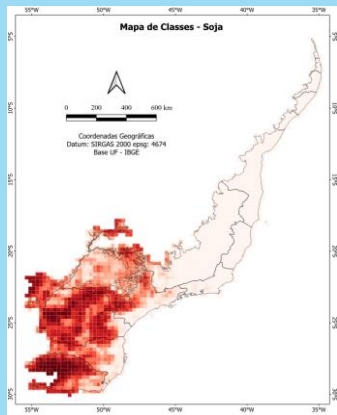
# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Soja

Cluster 2 – **Soja** / Cultivos Temporários / Declividade média ;

Cluster 3 – **Soja** / Cana / Cultivos Temporários;

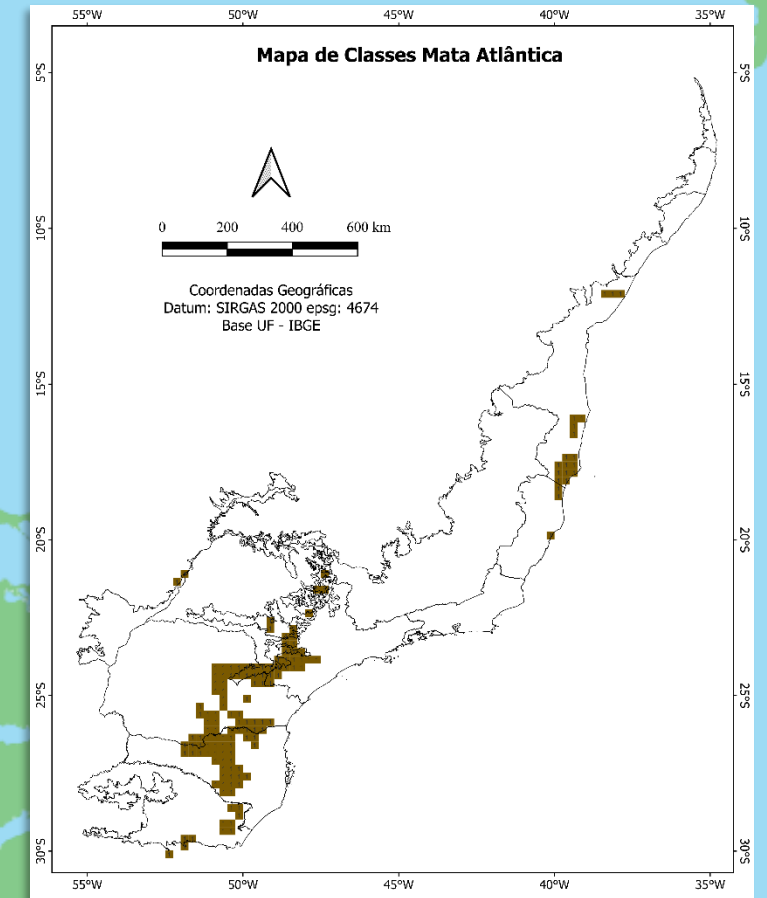
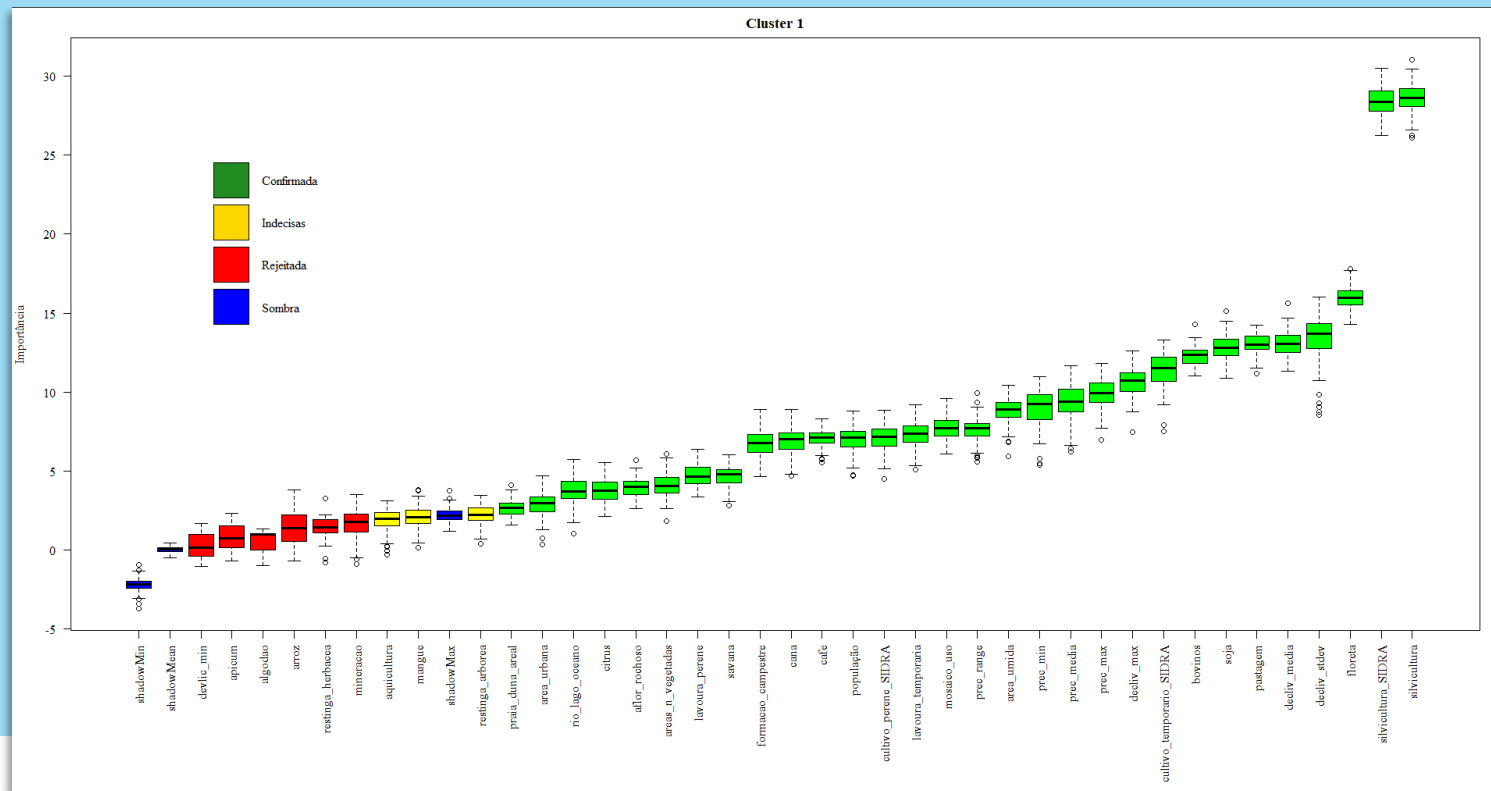
Cluster 4 – **Soja** / Cultivos Temporários / Pastagem;



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Silvicultura

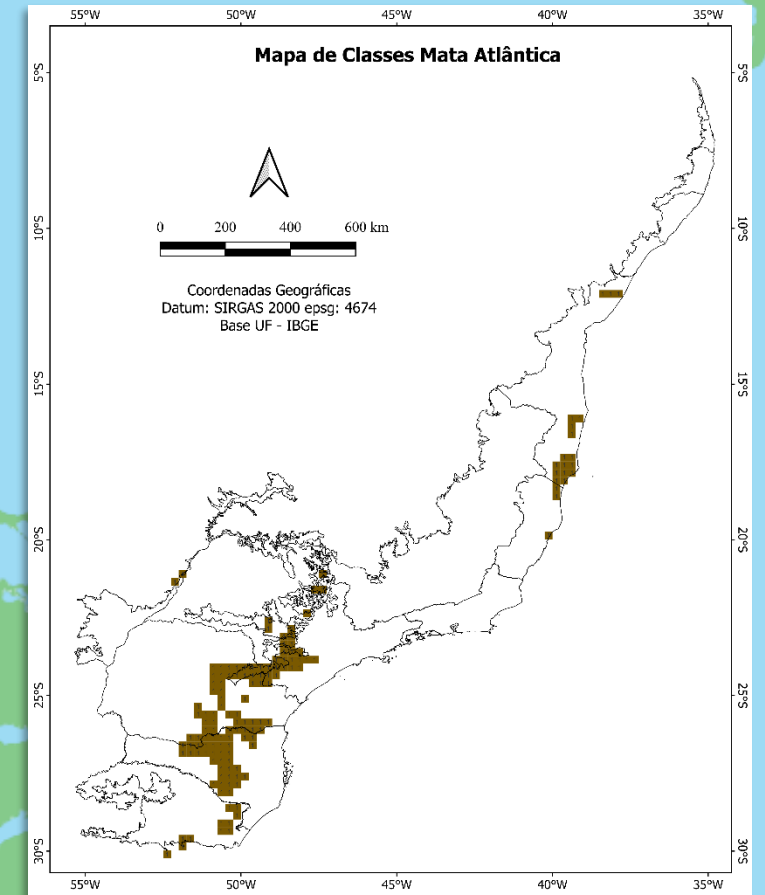
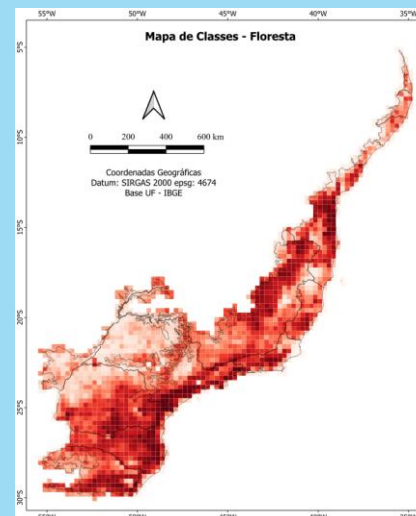
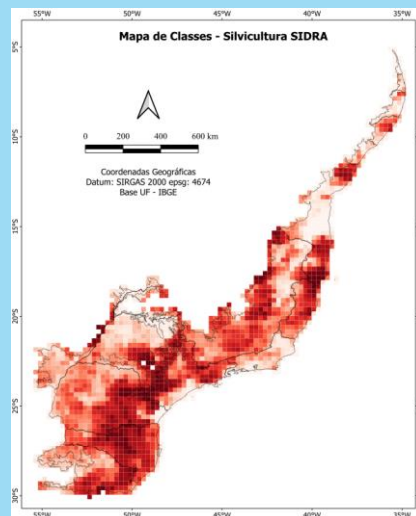
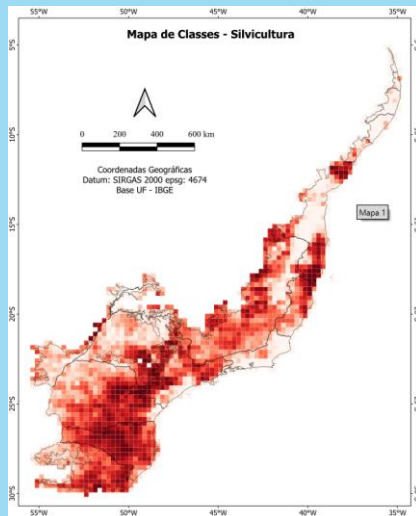
Cluster 1 – Silvicultura/ Silvicultura – Sidra / Floresta ;



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Silvicultura

Cluster 1 – Silvicultura / Silvicultura – Sidra / Floresta ;



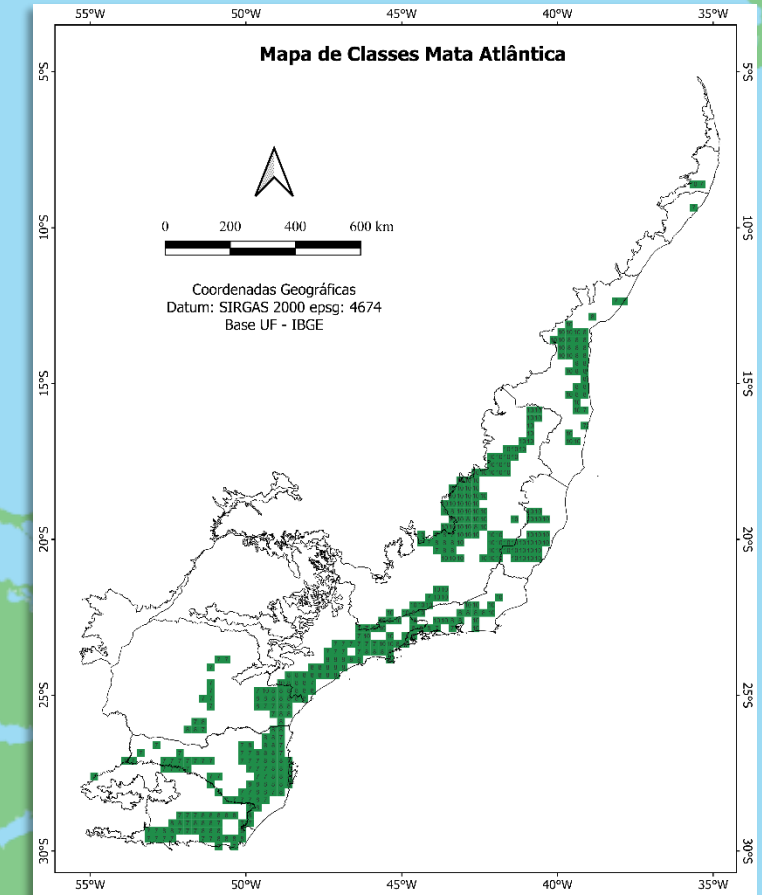
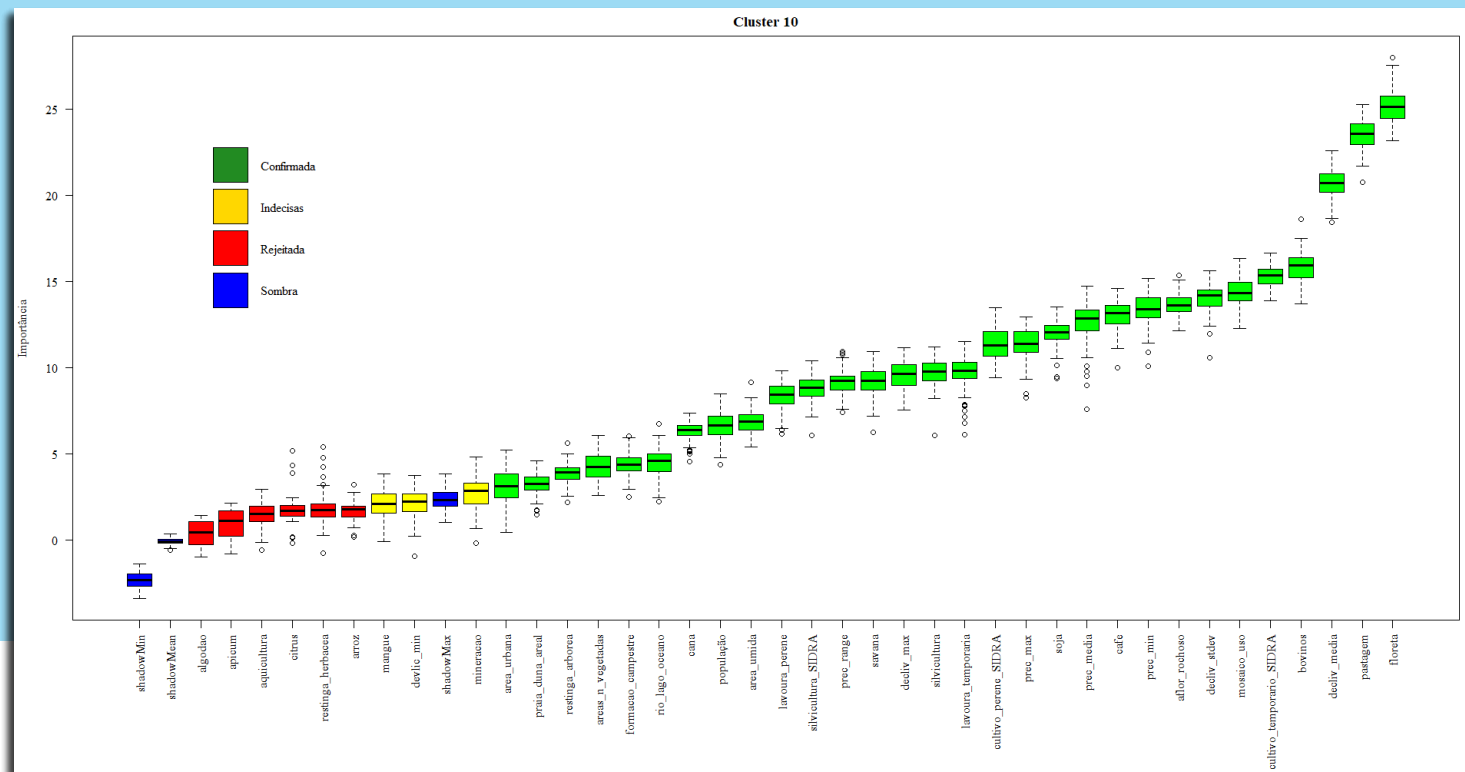
# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Floresta

Cluster 7 – Floresta / Silvicultura / Declividade média ;

Cluster 8 – Floresta / Declividade média / Declividade desvio padrão;

Cluster 10 – Floresta / Pastagem / Declividade média;



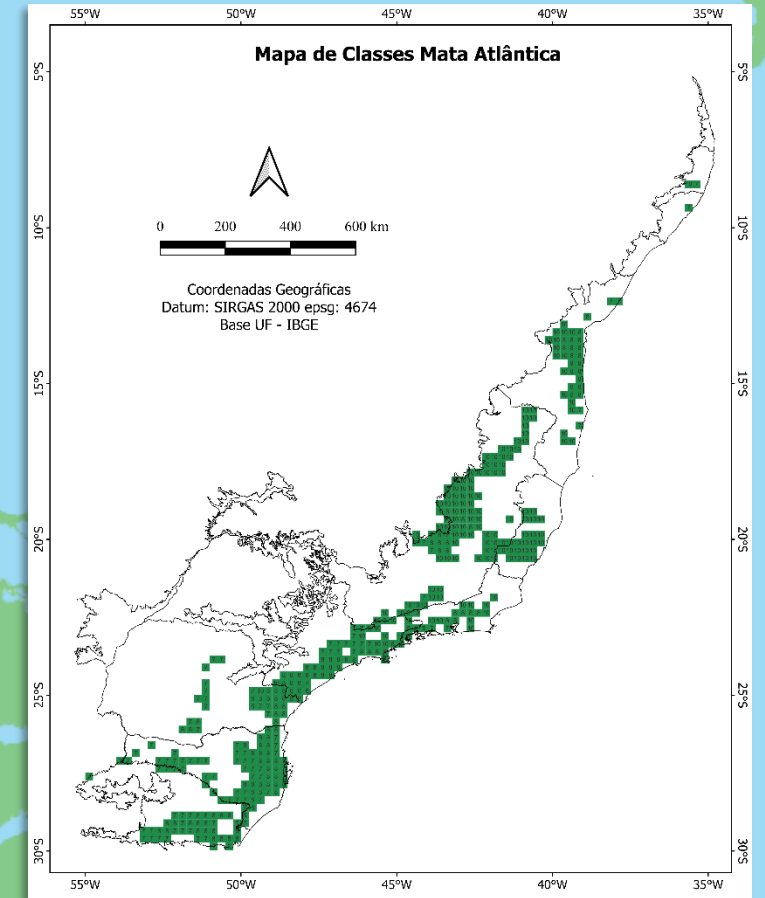
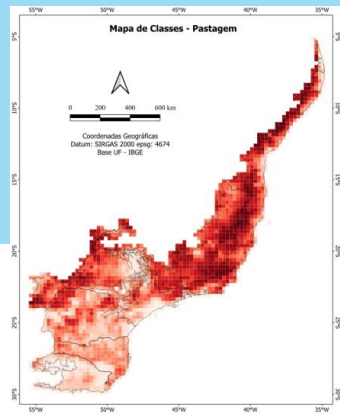
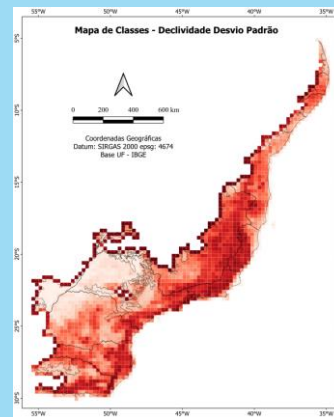
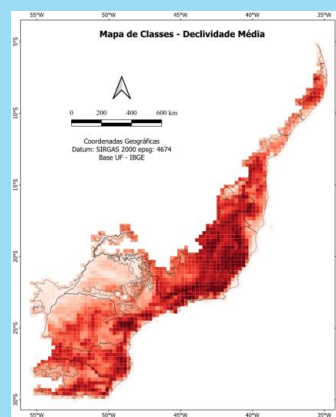
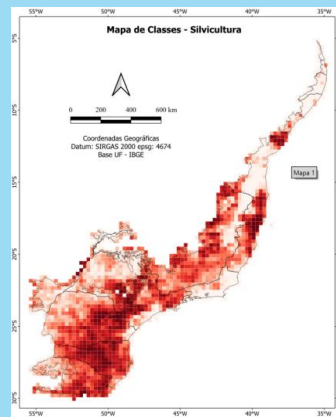
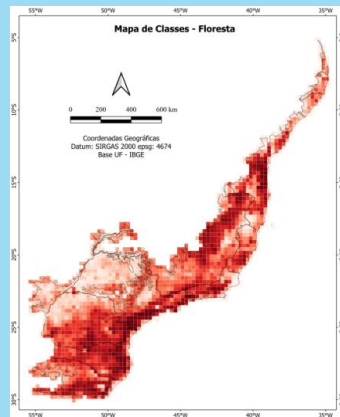
# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Floresta

Cluster 7 – Floresta / Silvicultura / Declividade média ;

Cluster 8 – Floresta / Declividade média / Declividade desvio padrão;

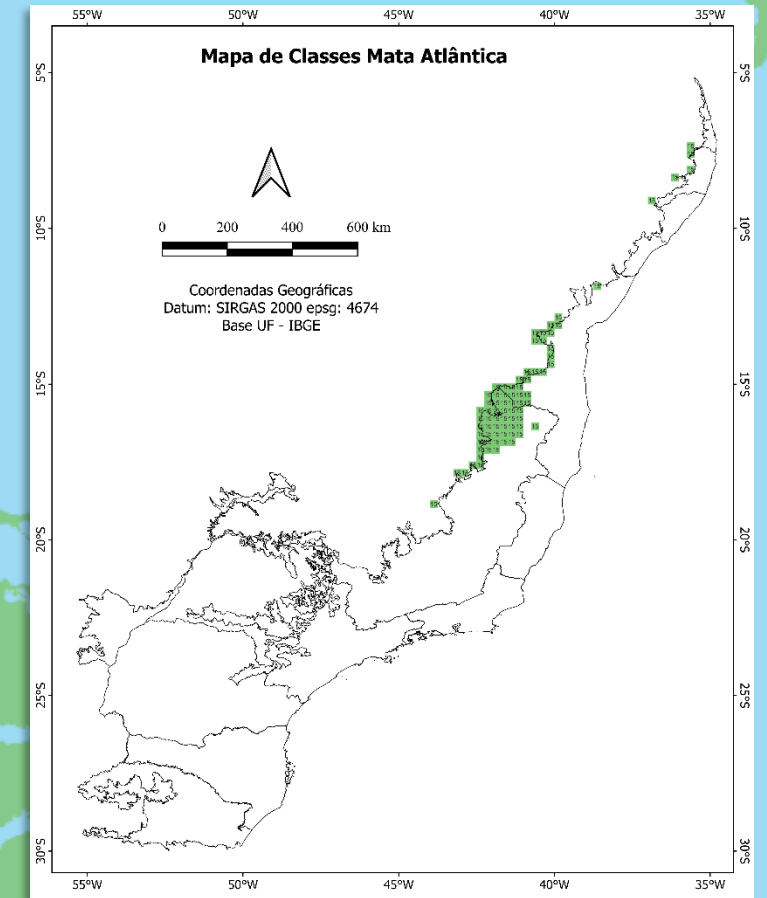
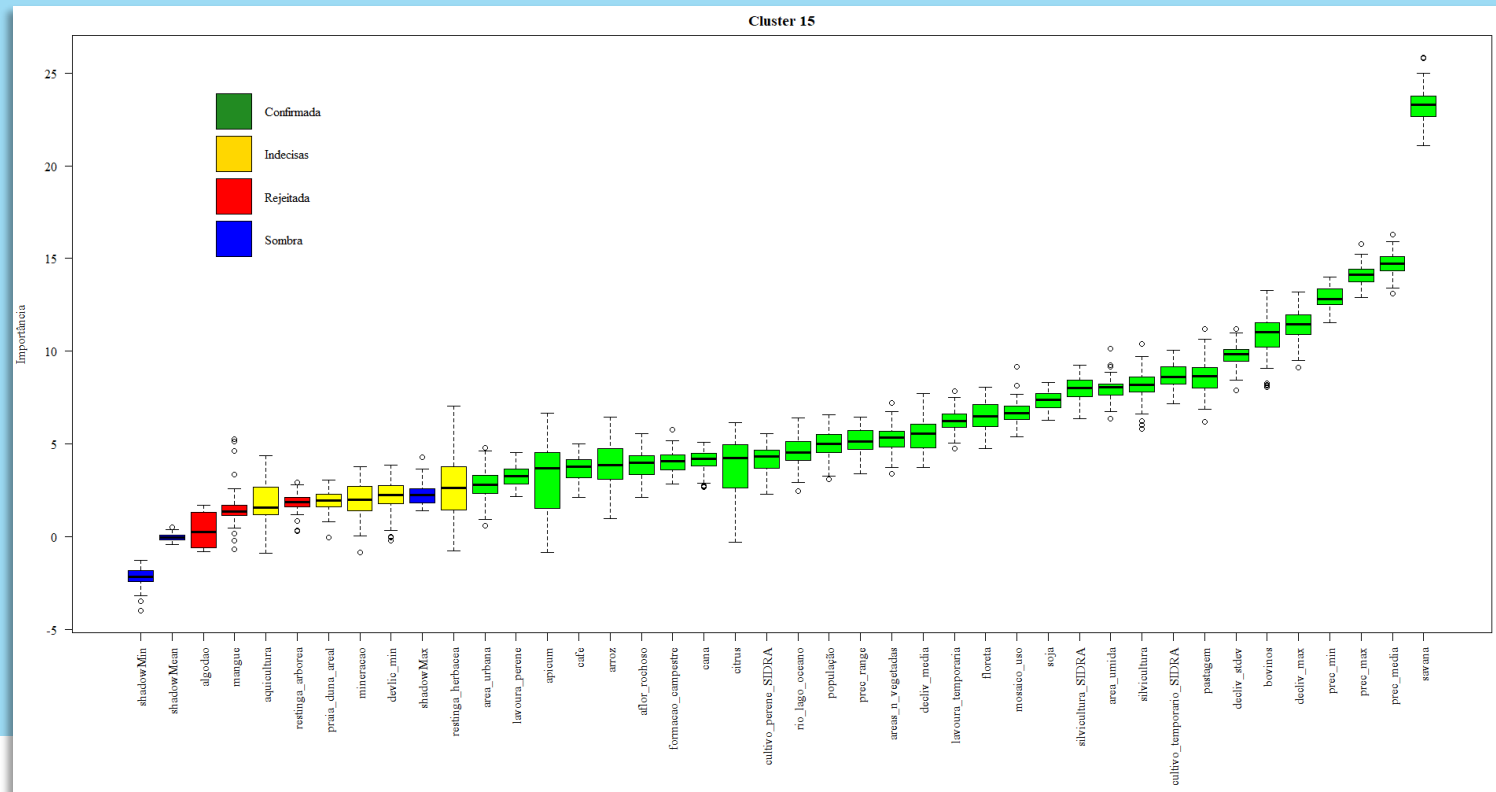
Cluster 10 – Floresta / Pastagem / Declividade média;



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Savana

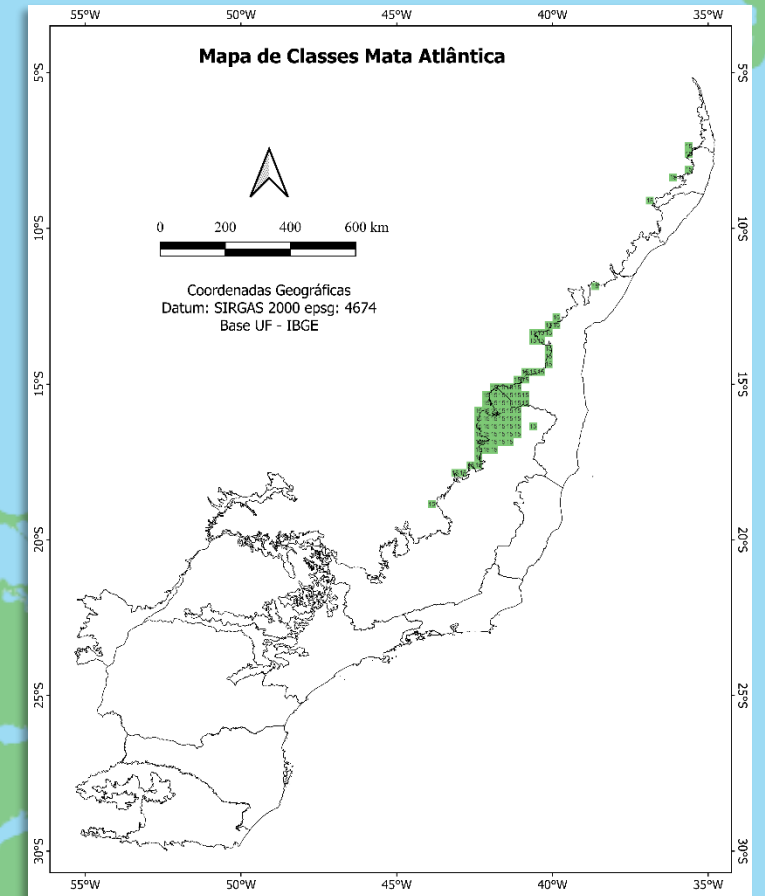
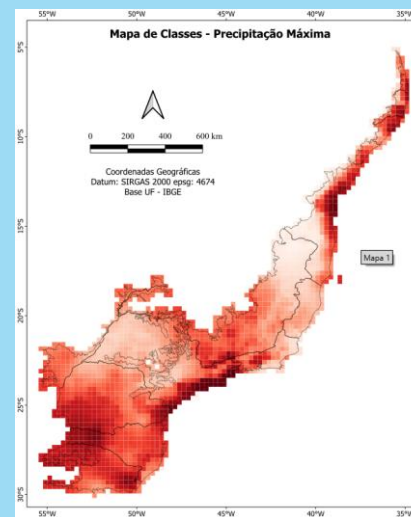
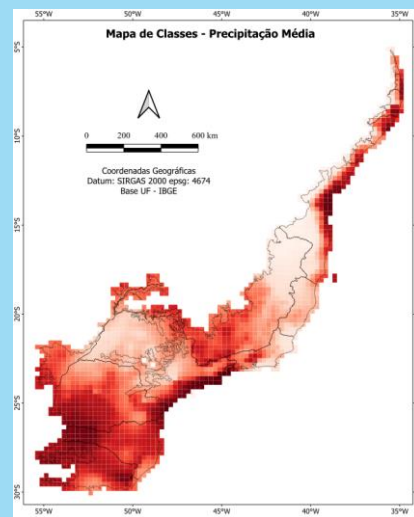
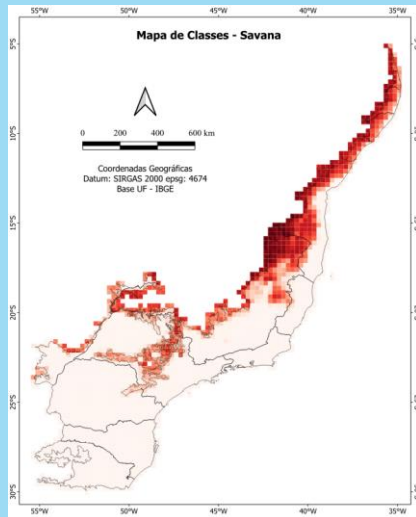
Cluster 15 – Savana/ Precipitação média/Precipitação máxima;



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Savana

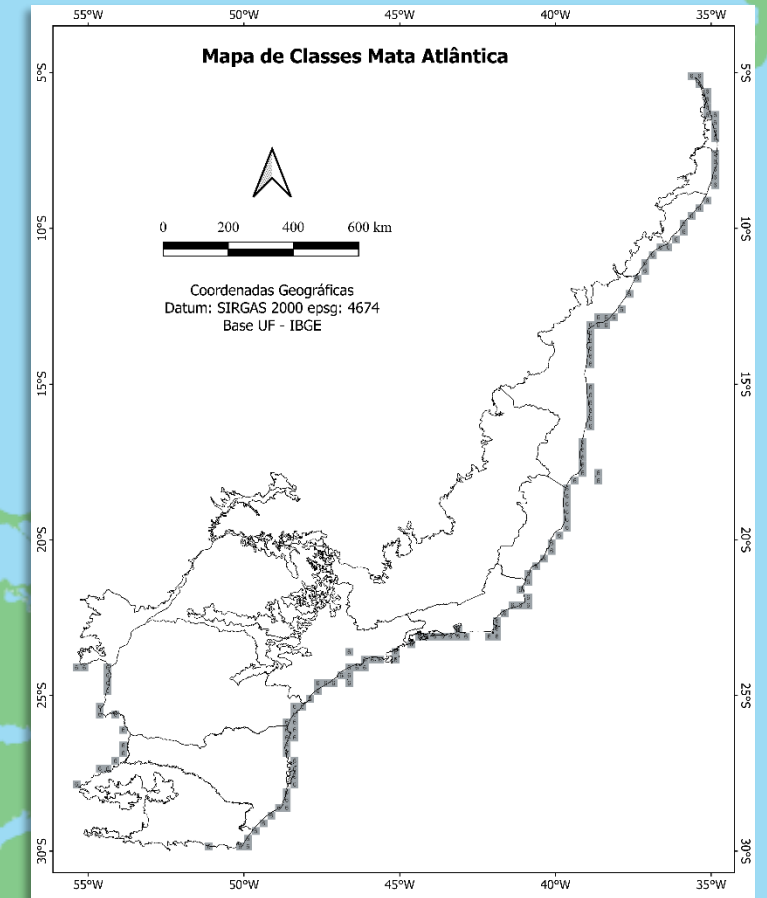
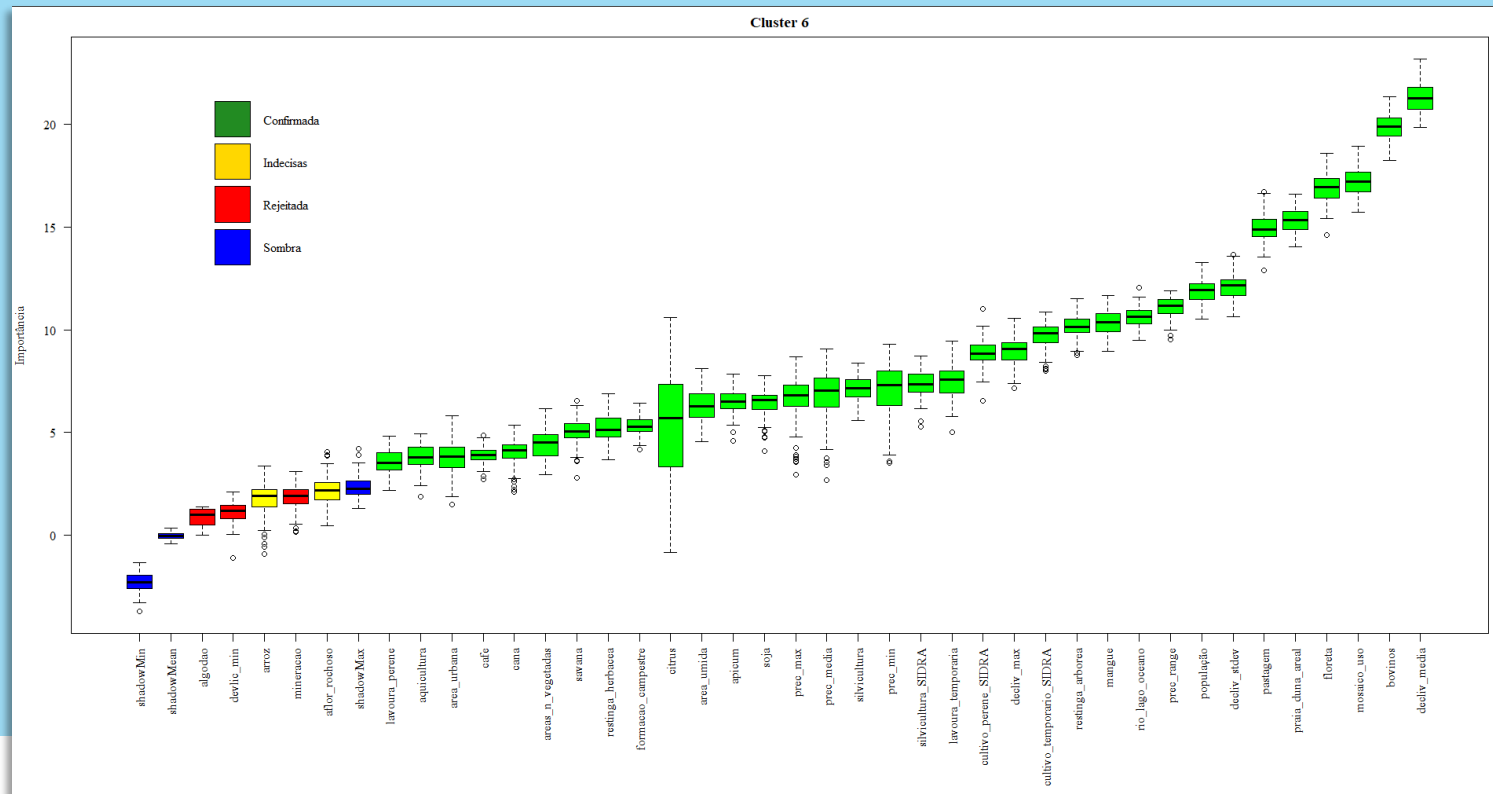
Cluster 15 – Savana / Precipitação média/Precipitação máxima;



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Efeito de Borda

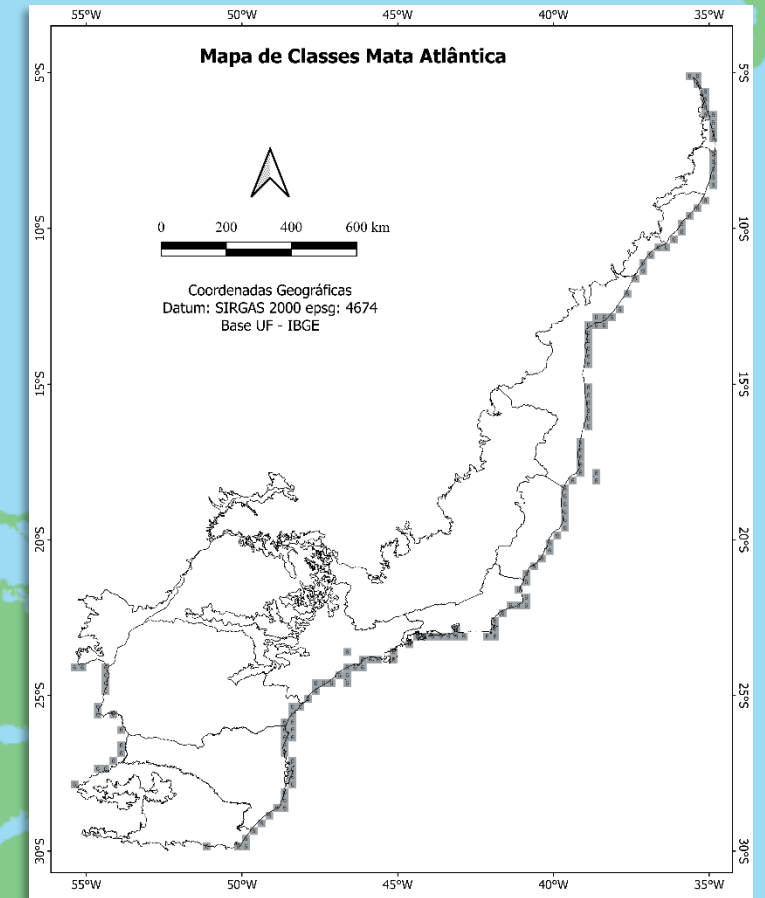
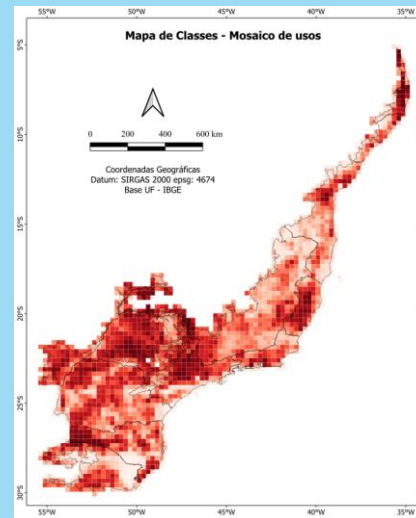
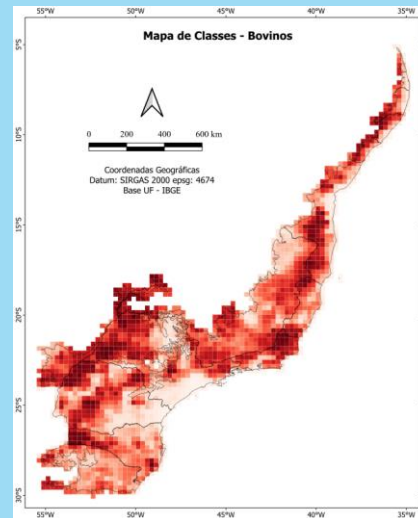
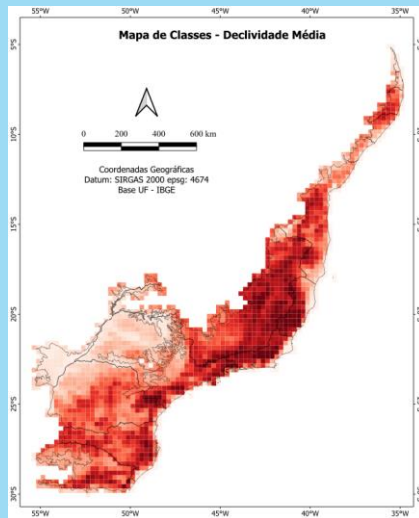
Cluster 6 – Declividade média / Bovino / Mosaico de usos;



# Resultados – Ranqueamento de variáveis (Boruta)

## ❖ Efeito de Borda

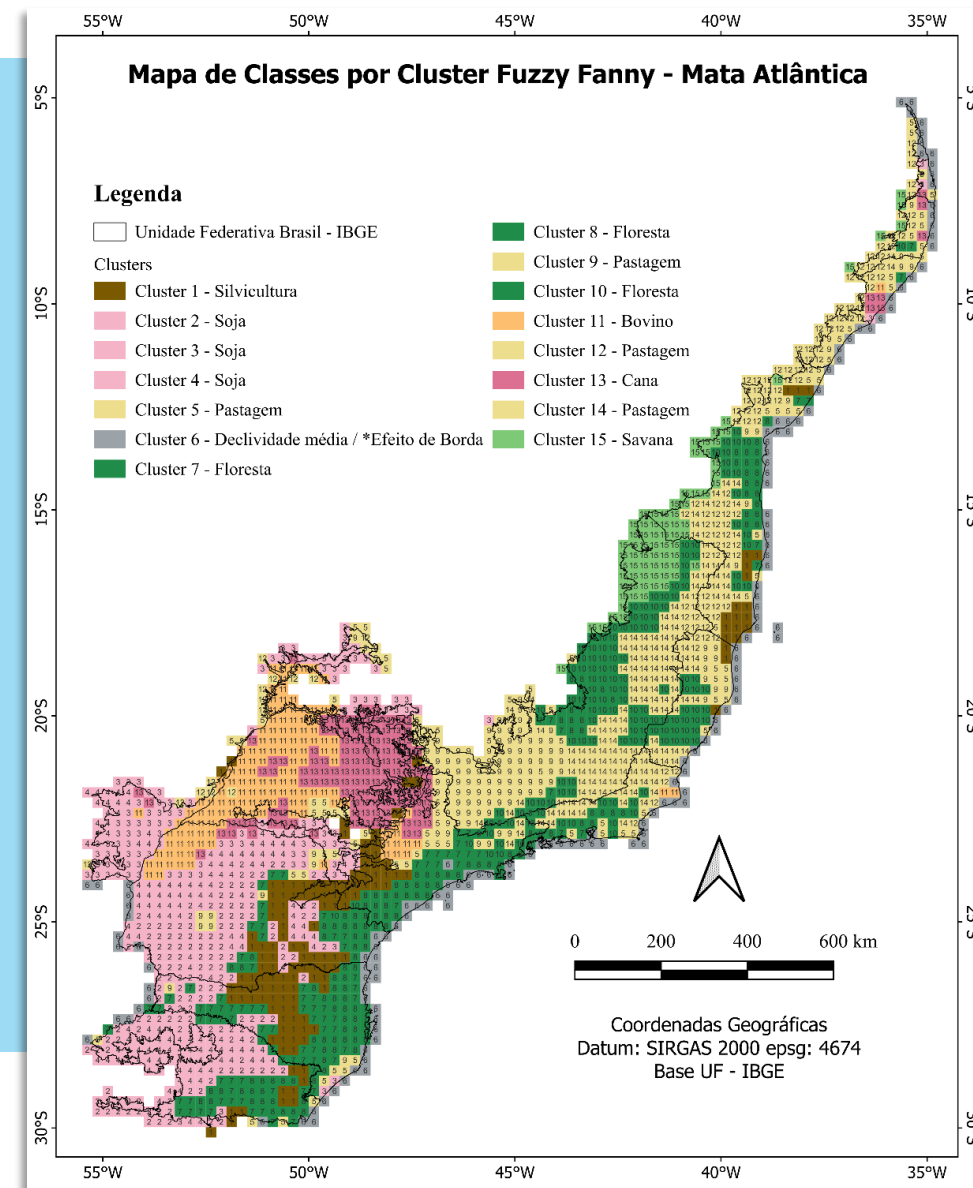
Cluster 6 – Declividade média / Bovino / Mosaico de usos;



# Resultados – Classificação

8 classes:

- ❖ **Silvicultura** (1 cluster);
- ❖ **Soja** (3 clusters);
- ❖ **Pastagem** (4 clusters);
- ❖ **Bovinos** (1 cluster);
- ❖ **Cana** (1 cluster);
- ❖ **Savana** (1 cluster);
- ❖ **Floresta** (3 cluster);
- ❖ **Efeito borda** (1 cluster);



# Conclusão

- ❖ **1.962 células analisadas** cobrindo todo o limite da Mata Atlântica;
- ❖ **15 clusters** identificaram **8 padrões distintos na Mata Atlântica**;
- ❖ Fatores mais relevantes:
  - ✓ **Pastagem** - MG, ES, BA;
  - ✓ **Soja** - RS, PR e RN;
  - ✓ **Floresta** – Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, ES, MG e BA;
  - ✓ **Silvicultura** – BA, SP, PR e SC,
  - ✓ **Efetivos de bovinos** - SP e PR;
  - ✓ **Declividade média**.
- ❖ A abordagem Fuzzy com algoritmo Fanny atingiu bom nível de separabilidade do território **vetores associados a supressão de vegetação nativa**, conforme o objetivo do trabalho;
- ❖ **Próximos passos:**
  - Análise conjunta das variáveis com menores graus de pertencimento;
  - Análise do cluster 6 (Efeito de Borda).



# Obrigada!

E-mail: [raquel.zozimo@gmail.com](mailto:raquel.zozimo@gmail.com)

