



IV CEOS WGEdu Workshop

Geotechnologies for Natural Disaster Monitoring in Latin America

O papel do Sensoriamento Remoto para o monitoramento de Secas/Estiagem

Dr. Manoel de Araújo Sousa Júnior

e-mail : manoel.der.ufsm@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Unidade 1 – Introdução ao tema de estudo

Unidade 2 – Caso de Estudo

Unidade 3 – Fundamentos

Unidade 4 – Metodologia

Unidade 5 – Resultados

Unidade 6 – Exercício

Introdução

- As secas são uma característica do clima
- Ocorrem em quase todos os países
- Variam significativamente de uma região para outra
- Difícil definir o termo com precisão.

Introdução

- A seca é uma deficiência de precipitação durante um período prolongado de tempo que resulta em escassez de água para algumas atividades, grupo ou setor ambiental (*National Drought Mitigation Center - NDMC, 2006*).

Introdução

- Os termos estiagem e seca como eventos de intensidade diferentes.
- No Manual de Desastres, Volume 1-Desastres Naturais, da Secretaria Nacional de Defesa Civil define:

“As estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada.”

Introdução

- Nas estiagens, ocorre uma queda dos índices pluviométricos para níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica, comprometendo necessariamente as reservas hidrológicas locais e causando prejuízos à agricultura e à pecuária” .
- A estiagem está relacionada com a queda acentuada das reservas hídricas de superfície e de subsuperfície de uma dada região e com as consequências dessa queda sobre o fluxo dos rios e sobre a produtividade agropecuária.

Introdução

- A Secretaria Nacional de Defesa Civil considera que existe estiagem quando:

“O início da temporada chuvosa em sua plenitude atrasa por prazo superior a quinze dias”;

“As médias de precipitações pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, da região considerada.”

Introdução

- As estiagens se caracterizam por serem menos intensas que as secas e por ocorrerem em períodos de tempo menores.
- Estiagem ocorrem em área produtoras → maior perda econômica em um curto intervalo de tempo
- Setores mais afetados: Abastecimento, agronegócios, produção de alimentos

Introdução

➤ Meteorológico

- A seca é uma estiagem prolongada e caracteriza-se por provocar uma redução das reservas hídricas existentes.
- A seca é a forma crônica da estiagem.

Introdução

➤ Meteorológico

- Considerada seca é necessário que o fenômeno atue sobre um sistema ecológico, econômico, social e cultural, que seja vulnerável à redução da precipitação.
- Não pode ser considerada seca quando o evento ocorre em regiões onde há permanentemente, uma precipitação reduzida.

Introdução

➤ Meteorológico

- A seca não deve ser vista exclusivamente como um fenômeno físico ou um evento natural.
- O seu impacto na sociedade resulta da interação entre um evento natural (menor precipitação do que o esperado como resultado da variabilidade climática) e a demanda das pessoas pelo fornecimento de água.

Unidade 2

Caso de estudo – Região Sul do Brasil

Área de Estudo

- Área total 576.408 km² – 26.733.595 habitantes
- Paraná (199.314 km²) – 38,47% hab.
- Santa Catarina (95.346 km²) – 21,94% hab.
- Rio Grande do Sul (281.748 km²) - 39,58% hab.



Importância

- A região Sul destaca-se por sua
 - Produção agropecuária,
 - Líder na produção nacional de soja
 - Responsável por 90% da produção nacional de trigo
 - Suprir mais de 50% da demanda nacional de arroz
 - Maior exportação de carne bovina
 - Maior rebanho ovino do país.

Situação

- A região Sul do Brasil tem enfrentado períodos de estiagens na última década, com intensidade e frequência acima do normal.
- Esse fenômeno afeta a economia, por ser esta uma região agropecuária e os danos à população aparecem de forma direta com a escassez no abastecimento de água potável, o que faz com que se caracterize como um desastre natural de grande magnitude

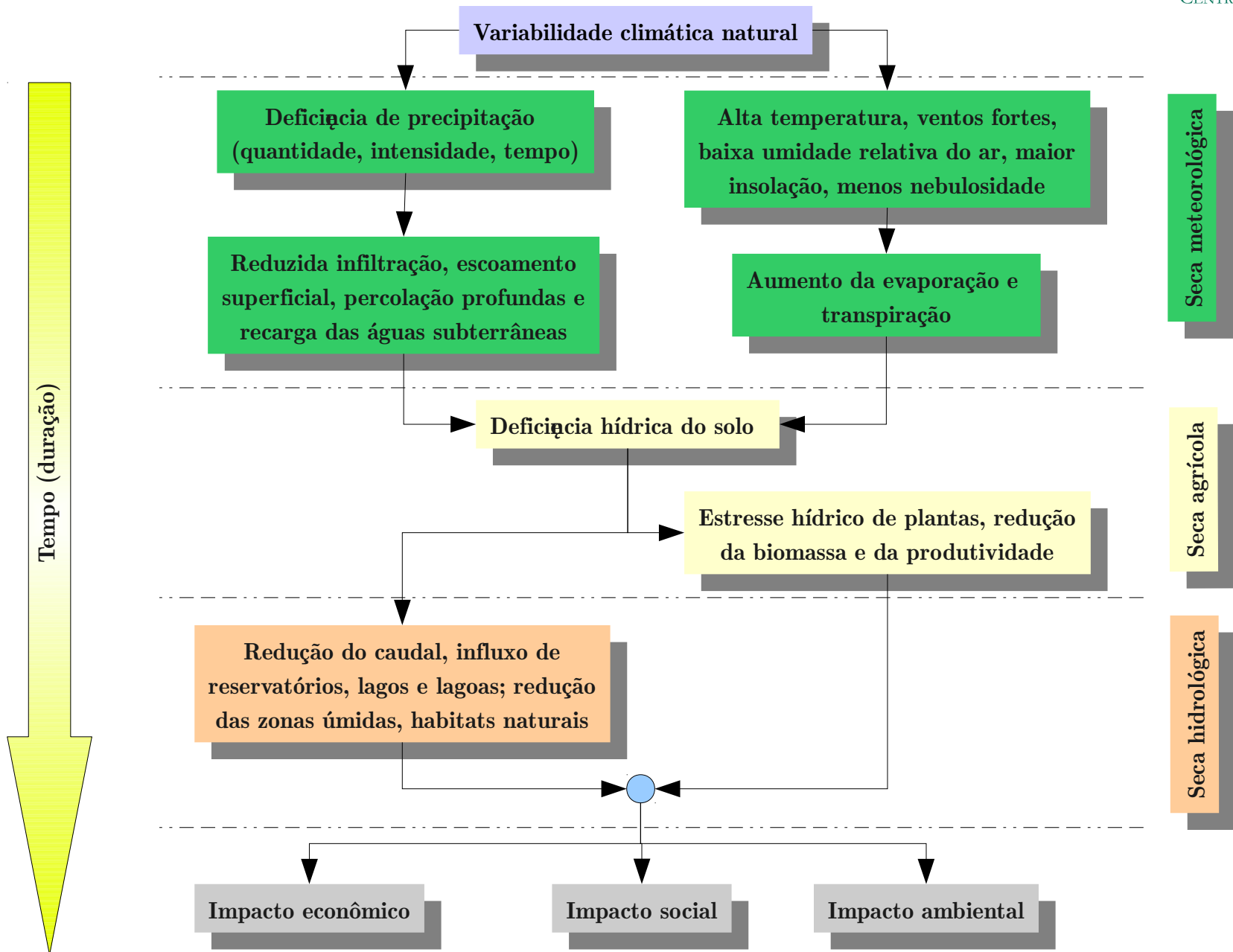
Ano 2005

- Falta de chuvas por três meses:
 - O estado do Paraná com 145 municípios decretando situação de emergência;
 - O estado de Santa Catarina, com 157 municípios decretando situação emergência e 1 decretando calamidade pública;
 - O estado do Rio Grande do Sul com 397 municípios declararam situação de emergência.



Unidade 3

Fundamentação



Fundamentos

➤ A seca pode ser classificada em quatro categorias:

- meteorológica,
 - agrícola e
 - hidrológica
- } fenômeno físicos
- socioeconômica — — — — ➤ oferta e demanda

Fundamentos

➤ Seca meteorológica

- Condição anormal e recorrente, que ocorre em todas as regiões climáticas da Terra.
- É caracterizada por uma marcada redução da quantidade de precipitação e para sua definição são utilizados somente dados de precipitação;

Fundamentos

➤ Seca agrícola

- ocorre quando o solo não dispõe da umidade necessária para satisfazer as necessidades de uma cultura em um tempo determinado.
- A seca agrícola acontece depois da seca meteorológica, porém antes que a seca hidrológica.

Fundamentos

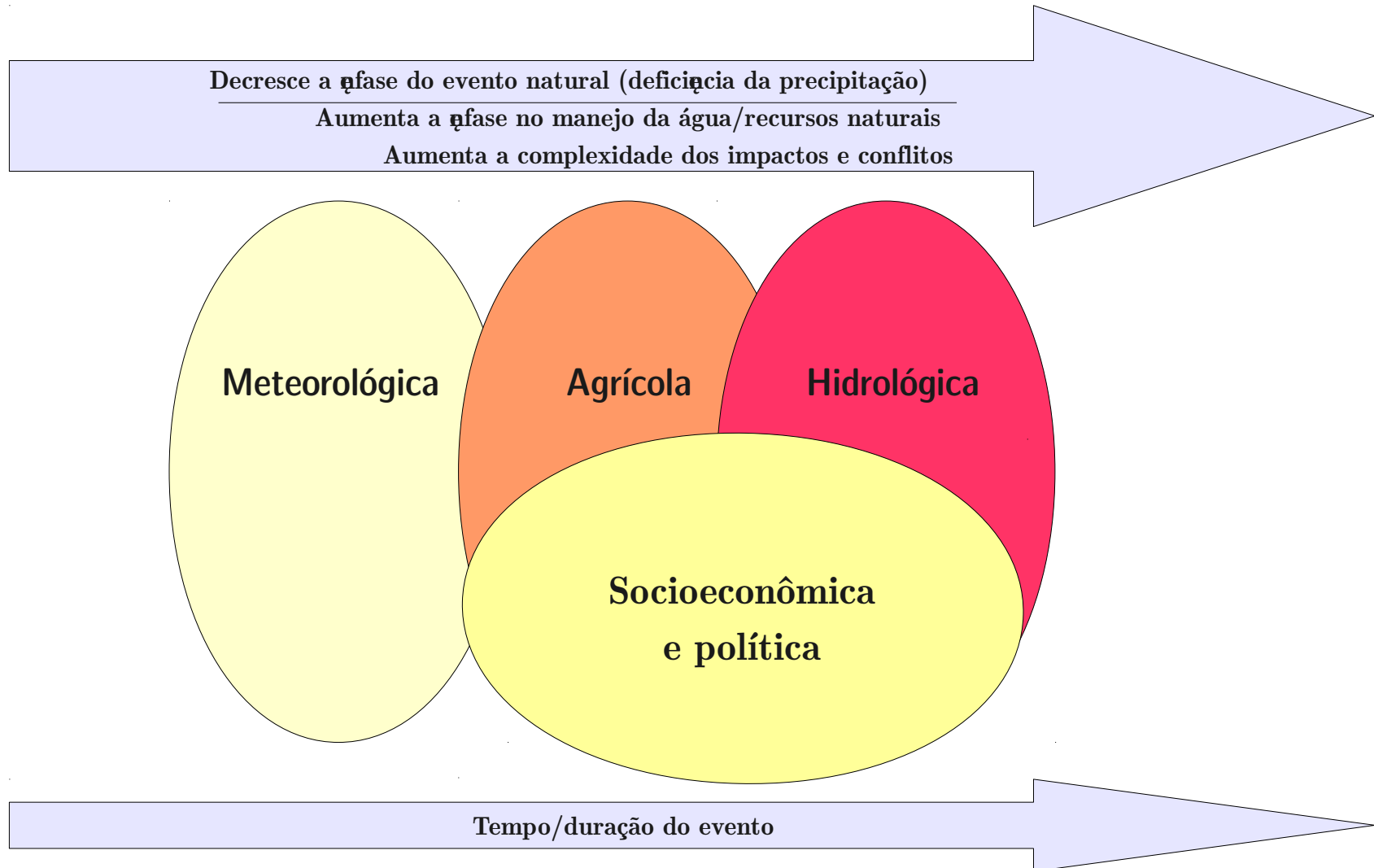
➤ Seca hidrológica

- É medida pelo caudal dos rios e pelos níveis freáticos dos lagos e reservatórios.
- São utilizados dados de disponibilidade e taxas de consumo baseado no abastecimento normal do sistema.

Fundamentos

- **Seca socioeconômica**
 - Quando a procura de um bem econômico supera a oferta, como consequência de uma quebra no abastecimento de água relacionada com o clima.

Fundamentos



Fundamentos

- Abordagens convencionais → observações climatológicas e climáticas:
 - O Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) (Palmer, 1965);
 - O Índice de Anomalia de Precipitação (RAI) (Van Rooy, 1965);
 - O Índice de Umidade da Cultura (Palmer, 1968);
 - O Índice de Precipitação Padronizado (SPI) (McKee et al., 1993).

Fundamentos

- O sensoriamento remoto
- Ferramenta eficiente
- Alta frequência de aquisição de dados
- Informação em diferentes regiões espectrais.

Fundamentos

- Uso do infravermelho próximo → sensível ao conteúdo de umidade da vegetação,
- Uso do infravermelho termal → utilizada para a detecção e o monitoramento do estresse do dossel das plantas e para a modelagem dos fluxos de calor sensível e latente

Fundamentos

- **As propriedades espectrais da vegetação**
 - **monitoramento da sua dinâmica**
 - **variabilidade espacial e temporal**
 - **diferentes plataformas**
 - **vegetação sadia ou com estresse**

Fundamentos

- O produto de sensoriamento remoto mais utilizado:
 - monitoramento da seca em extensas áreas
 - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*NDVI*)
 - derivados de imagens do sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)* da série de satélites da *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*.

Fundamentos - trabalhos

- O *NDVI* e *EVI* tem sido utilizado para a identificação e monitoramento de regiões afetadas pela seca em diferentes escalas com resultados satisfatórios.
 - Tucker e Choudhury (1987)
 - Teng (1990) → detectar a seca na sua fase inicial
 - Liu et al. (1994) → evolução espacial e temporal

Fundamentos - trabalhos

- Autores utilizam a anomalia do índice de vegetação → estabelecer as condições normais de crescimento da vegetação em uma dada região para uma época do ano específica, e assim poder caracterizar o estado da vegetação em relação com a normal.

Fundamentos - MODIS

- Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (a partir de 1999), foi possível dar continuidade à utilização do NDVI com uma resolução espacial maior (250 metros) quando comparada com a obtida com o AVHRR (1–4 km).
- Enhanced Vegetation Index (EVI) → altos valores de biomassa e permite realizar um melhor monitoramento da vegetação através da redução dos efeitos de substrato do dossel e da influência da atmosfera (Huete et al., 1994; Huete et al., 1997).

Fundamentos - Índices

- Este índice responde principalmente às variações estruturais do dossel, incluindo índice de área foliar, tipo de dossel, fisionomia da planta e arquitetura do dossel, em comparação com outros índices de vegetação (GAO et al., 2000).
- Os valores de EVI garantem a sensibilidade em todo o range de paisagens, de desertos a florestas densas.



Unidade 3

Metodologia

Materiais e métodos

- Imagens do sensor *MODIS* (*Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*), correspondente ao Índice de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index – EVI*), produto MOD13Q1, identificadas pelos *tiles* H13V11 e H13V12 disponíveis em *Earth Observing System Data Gateway* (<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>).

Materiais e métodos

- Necessários dois *tiles* EVI/MODIS (mosaicos)
 - Utilizadas 392 imagens e
 - gerados 196 mosaicos
 - dezembro de 2000 a junho de 2009
- Nas quatro estações do ano:
 - Verão: 19 de dezembro a 21 de março;
 - Outono: 22 de março a 25 de junho;
 - Inverno: 26 de junho a 13 de setembro;
 - Primavera: 14 de setembro a 18 de dezembro.

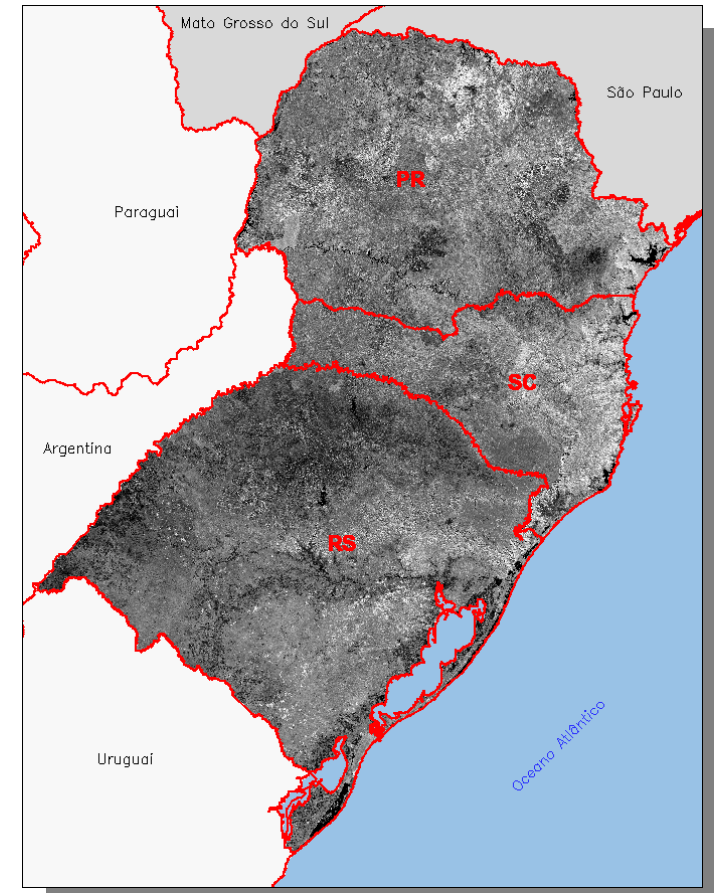
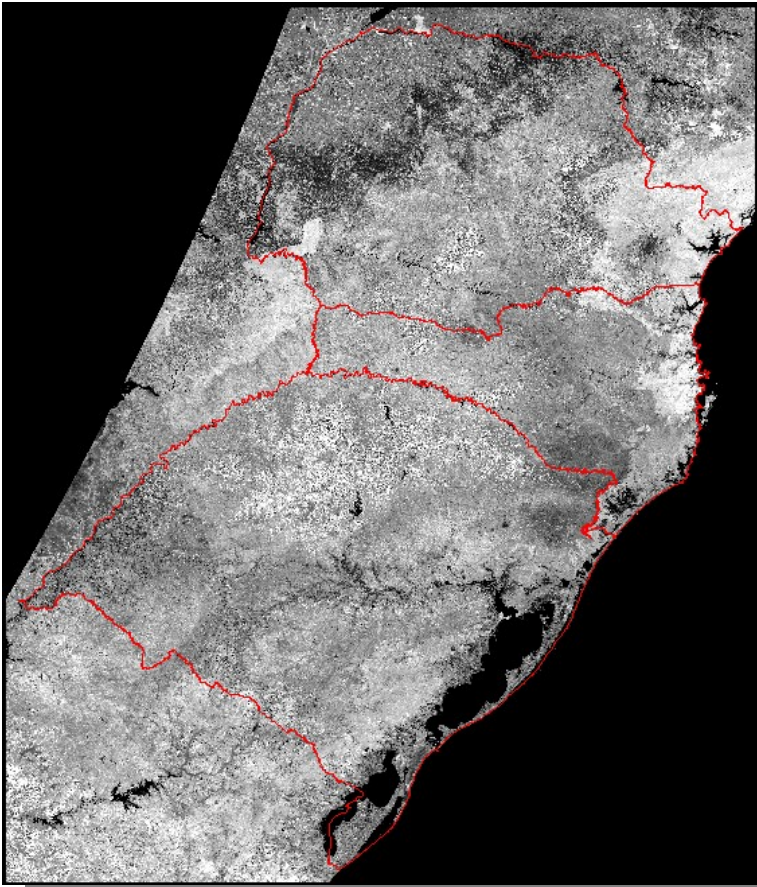
Materiais e métodos

➤ Imagens EVI/MODIS

- Verão → 353, 001, 017, 033, 049 e 065
- Outono → 081, 097, 113, 129, 145 e 161
- Inverno → 177, 193, 209, 224 e 241
- Primavera → 257, 273, 289, 305, 321 e 337

Materiais e métodos

➤ Mosaico do índice de vegetação EVI/MODIS



Materiais e métodos

- software MRT (MODIS Reprojection Tool) disponível em https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/tools/modis_reprojection_tool/
- agrupados por estação do ano
- calcularam as médias de verdor da vegetação
- imagens de média e desvio padrão de referência
- período de dezembro de 2000 a junho de 2009.

Materiais e métodos

- Imagens de referência foram calculadas as imagens anormais da vegetação por meio do cálculo do Índice de Vegetação Padronizado (*Standardize Vegetation Index - SVI*)

$$SVI_{valor} = \frac{\bar{X}_{valor} - \bar{X}_{referência}}{\sigma_{referência}}$$

Materiais e métodos

$$SVI_{valor} = \frac{\bar{X}_{valor} - \bar{X}_{referência}}{\sigma_{referência}}$$

\bar{X}_{valor} representa a média da estação para um determinado ano,

$\bar{X}_{referência}$ é a média de referência para a estação, ou seja, a média para o período de dezembro de 2000 a junho de 2009

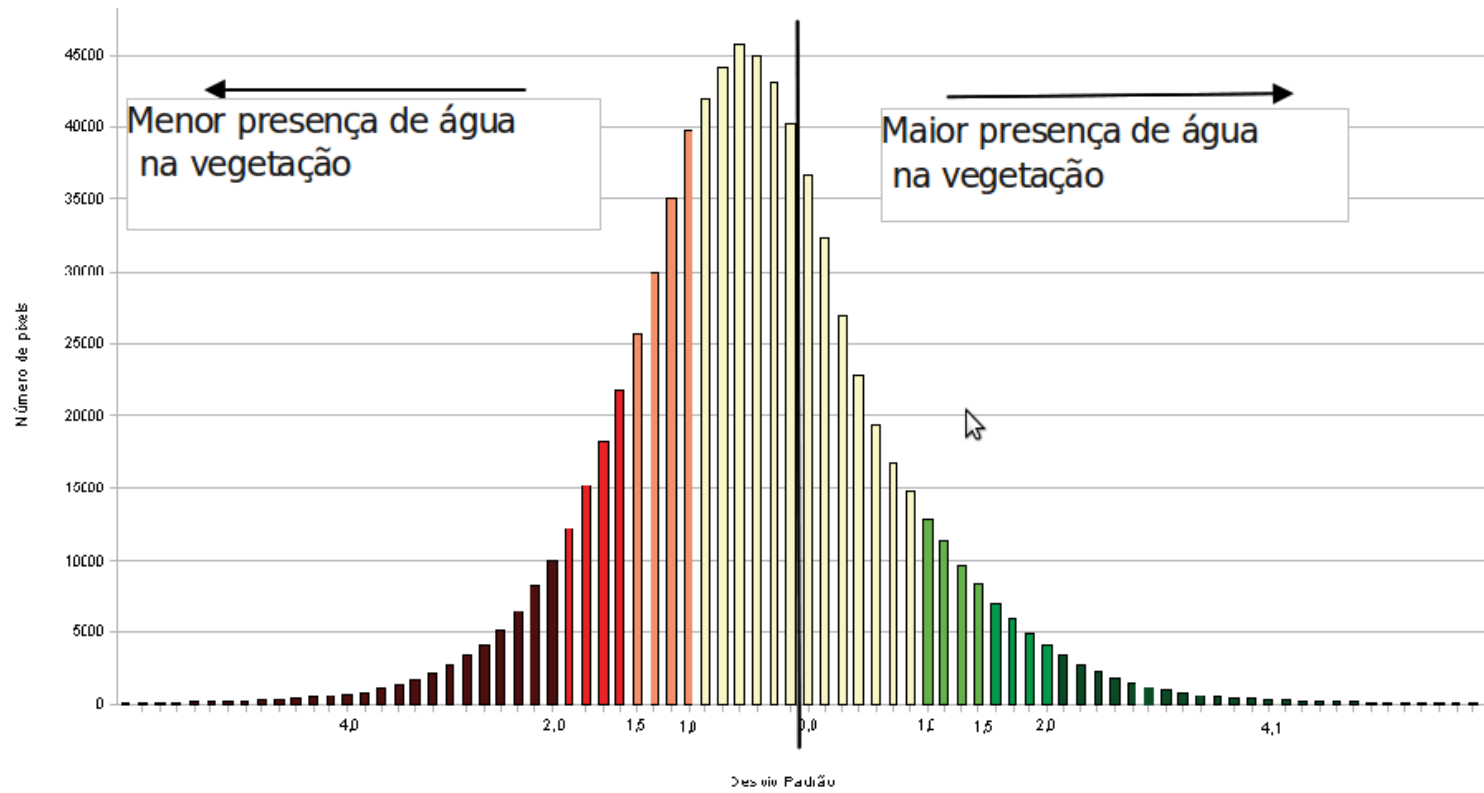
$\sigma_{referência}$ é o desvio padrão de referência para a estação do ano, isto é, desvio padrão para a média para o período de dezembro de 2000 a junho de 2009.

Materiais e métodos

- O cálculo das imagens anomalias
 - pixel a pixel → subtração da média da estação do ano e a média da imagem referência para cada estação dividida pelo desvio padrão da imagem referência.

Materiais e métodos

➤ Anomalias no *EVI*



Materiais e métodos

- INMET (2009) o índice de Precipitação Padronizado (Standardized Precipitation Index-SPI)
- banco histórico de dados de chuva (mínimo 30 anos)
- probabilidade da precipitação, para diferentes escalas de tempo, contribuindo para uma avaliação da severidade da seca.

Materiais e métodos

➤ Índice de Precipitação Padronizada-SPI

Valor de SPI	Categoria de Seca
2 e acima	Extremamente úmido
+1,50 a +1,99	Muito úmido
+1,00 a +1,49	Moderadamente úmido
-0,99 a +0,99	Próximo a Normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente Seco
-1,50 a -1,99	Severamente Seco
-2,00 e abaixo	Extremamente Seco









Unidade 3

Resultados

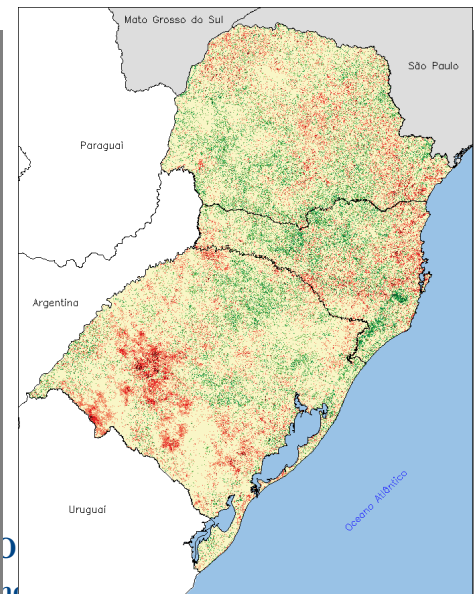
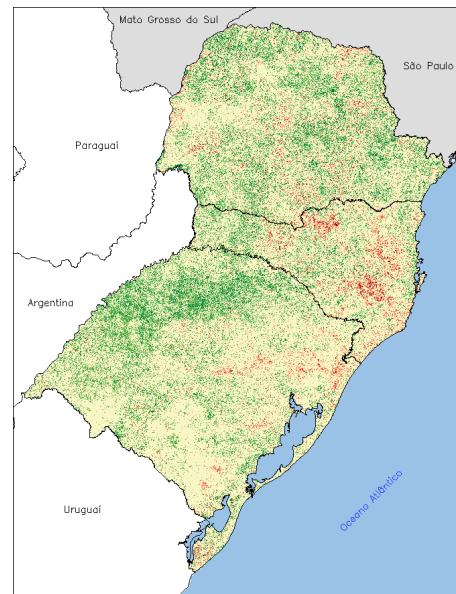
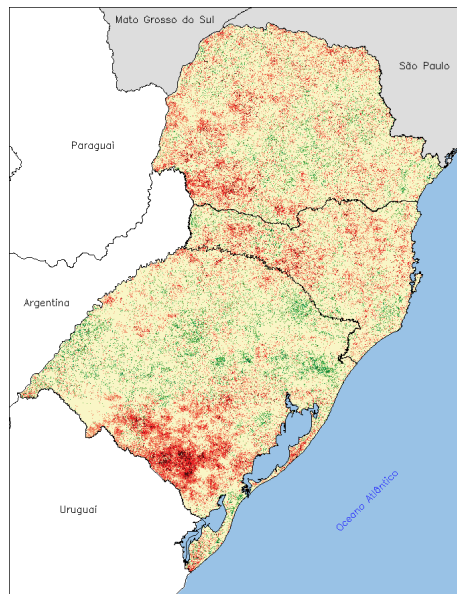
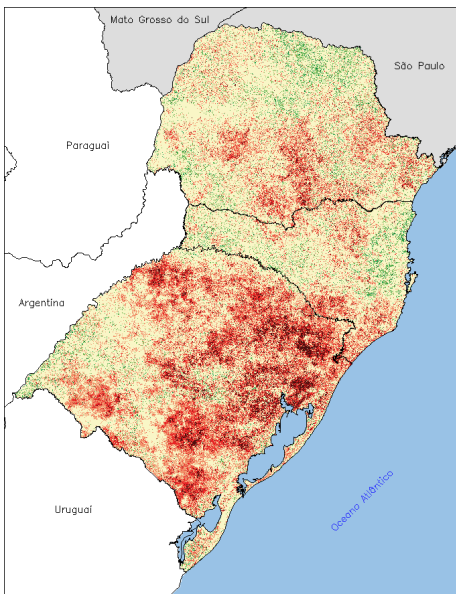
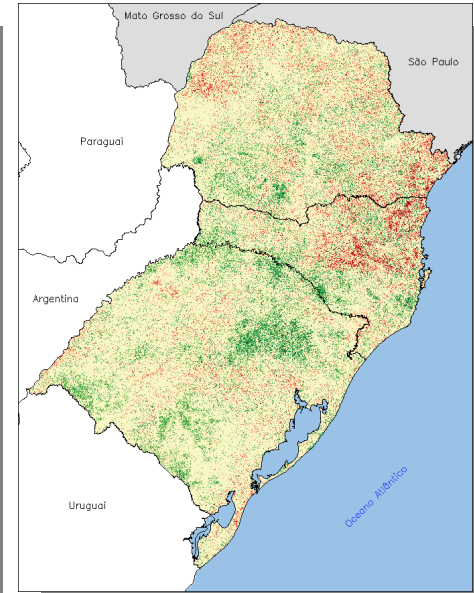
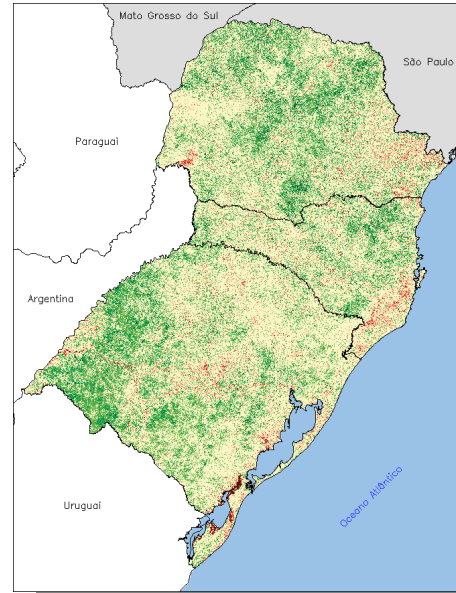
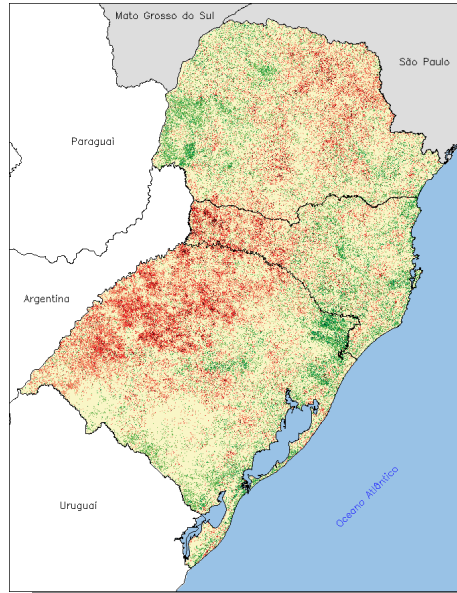
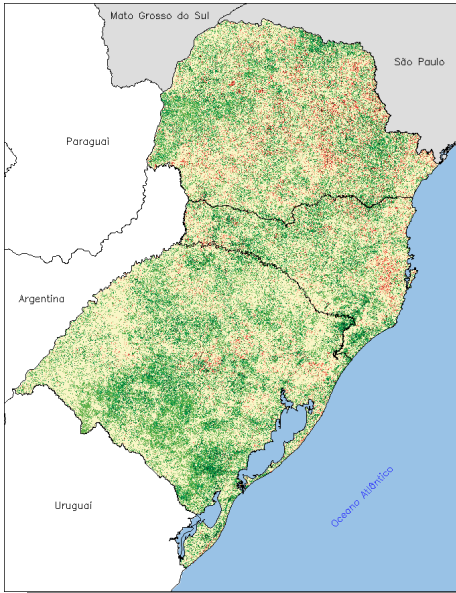
Materiais e métodos

➤ Valores de anomalia de vegetação → classes de desvio

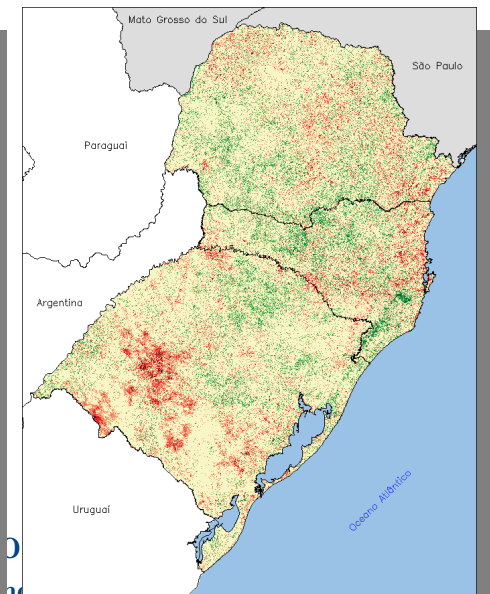
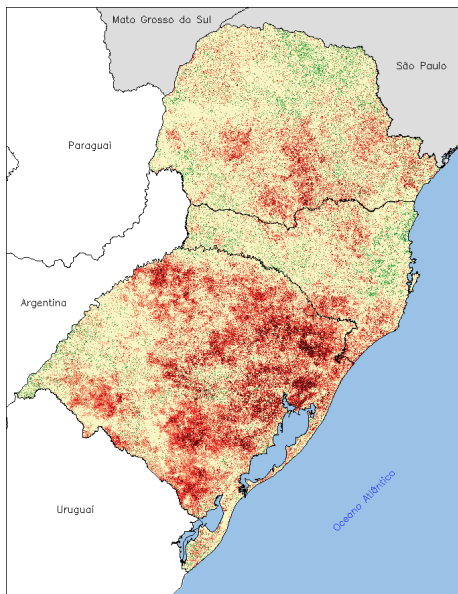
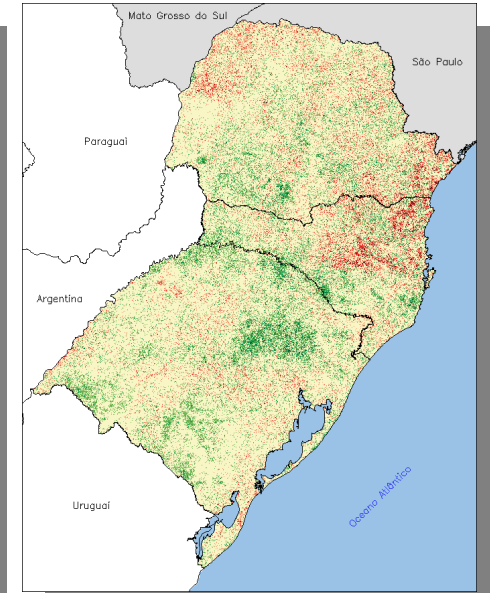
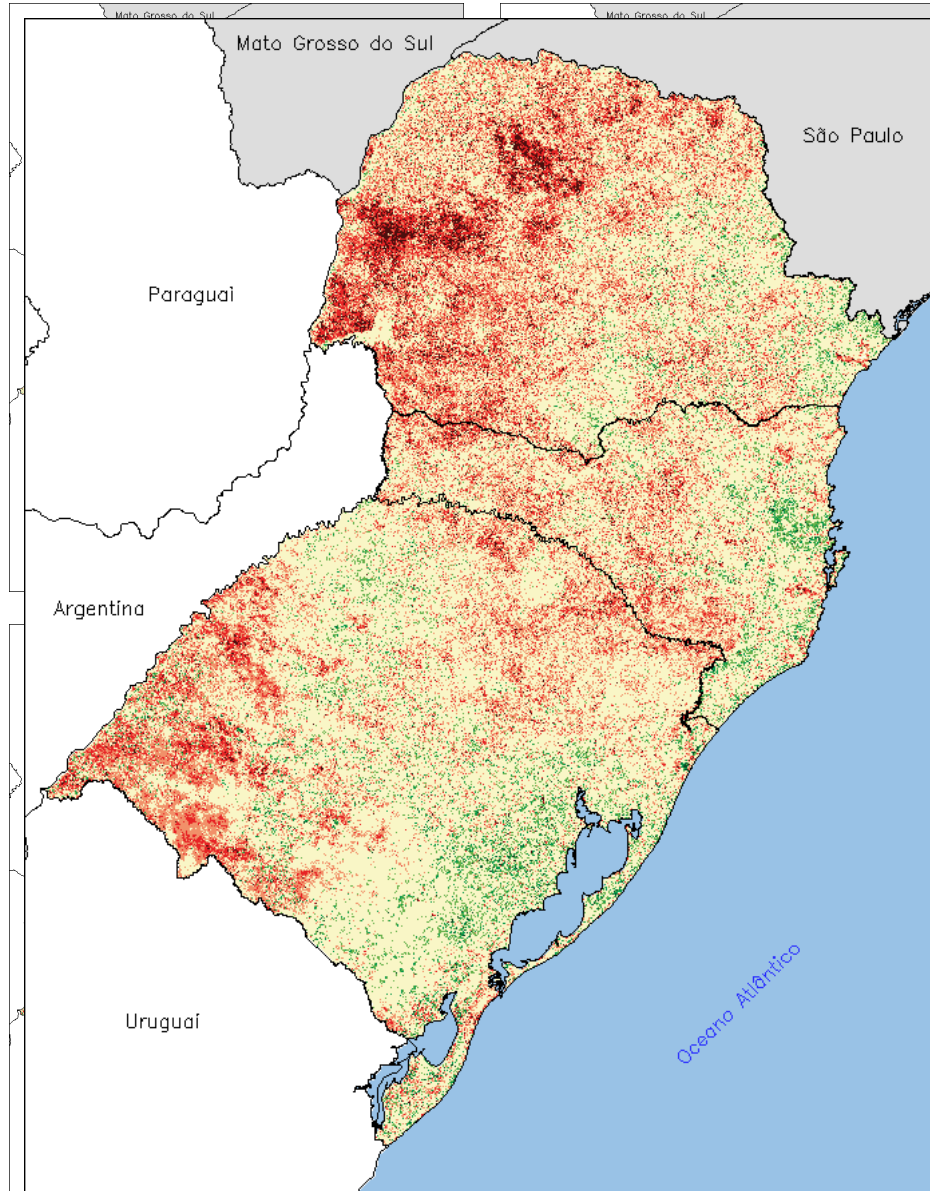
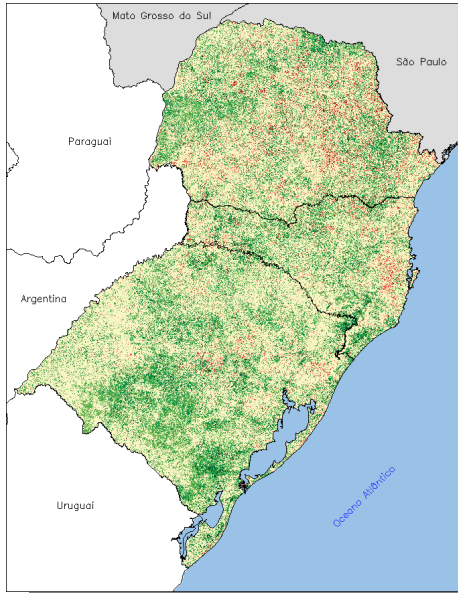
padrão

-  < -2 – estiagem de intensidade alta
-  -2 a $-1,5$ – estiagem de intensidade média
-  $-1,5$ a -1 – estiagem de intensidade baixa
-  -1 a $+1$ – normal
-  $+1$ a $+1,5$ – vegetação com verdor baixo
-  $+1,5$ a $+2$ - vegetação com verdor médio
-  $> +2$ – vegetação com verdor alto

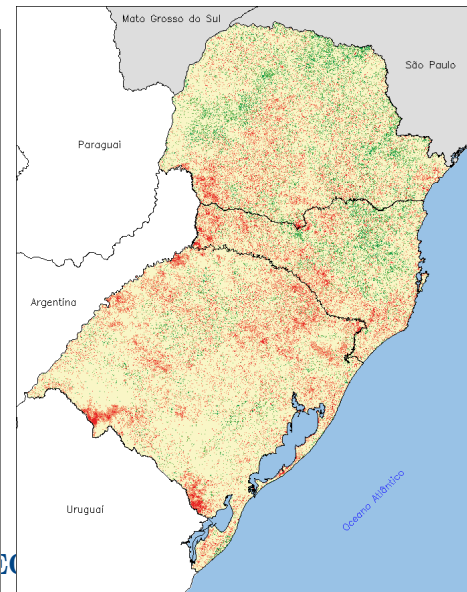
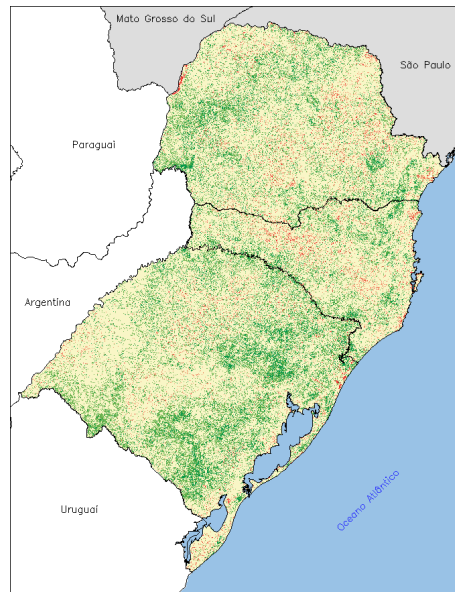
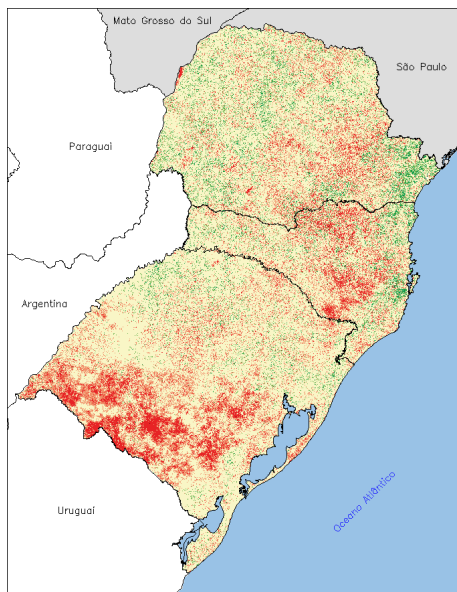
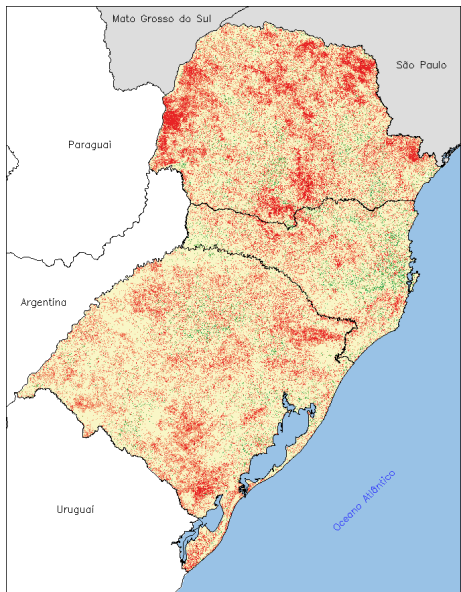
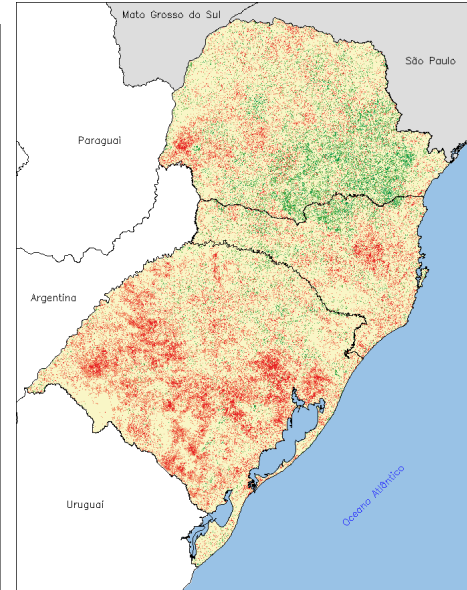
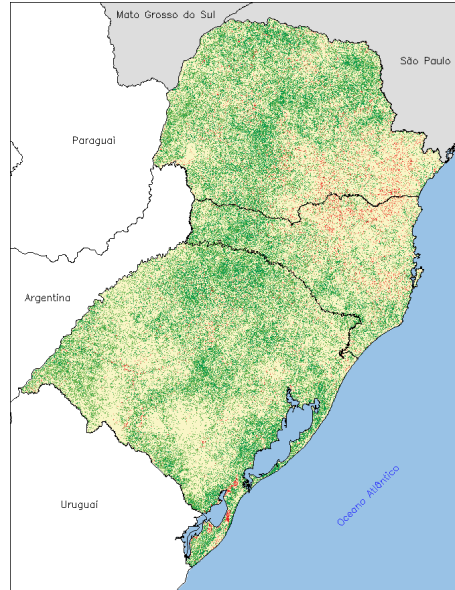
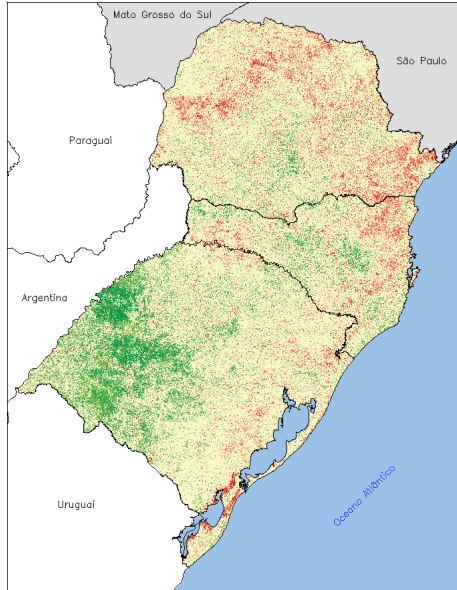
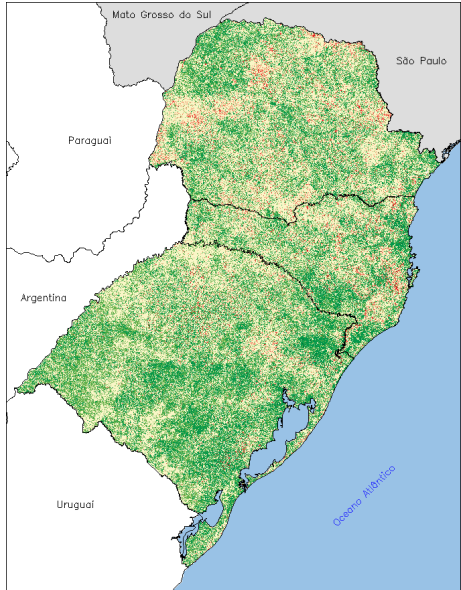
Resultados – Verão



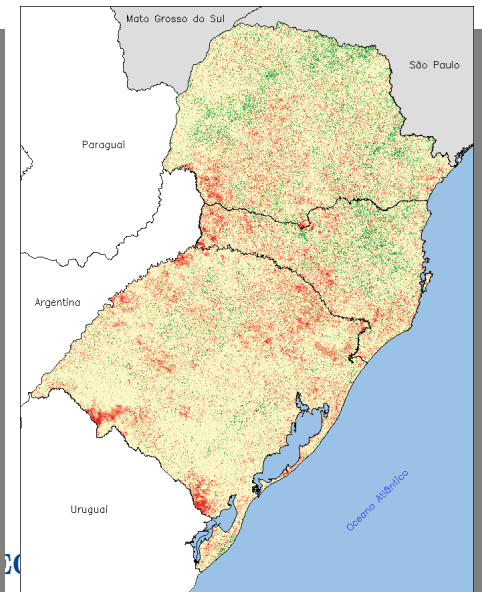
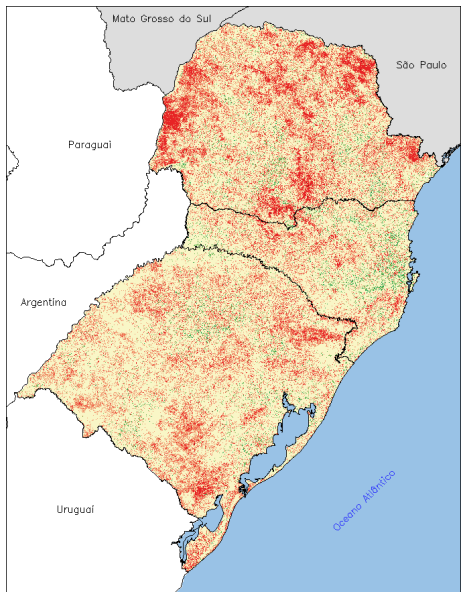
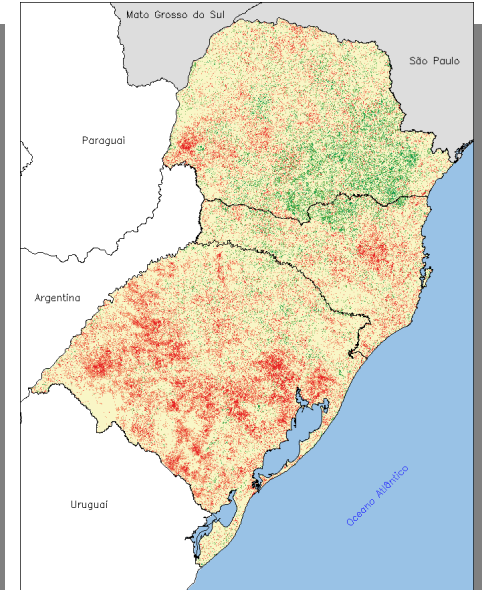
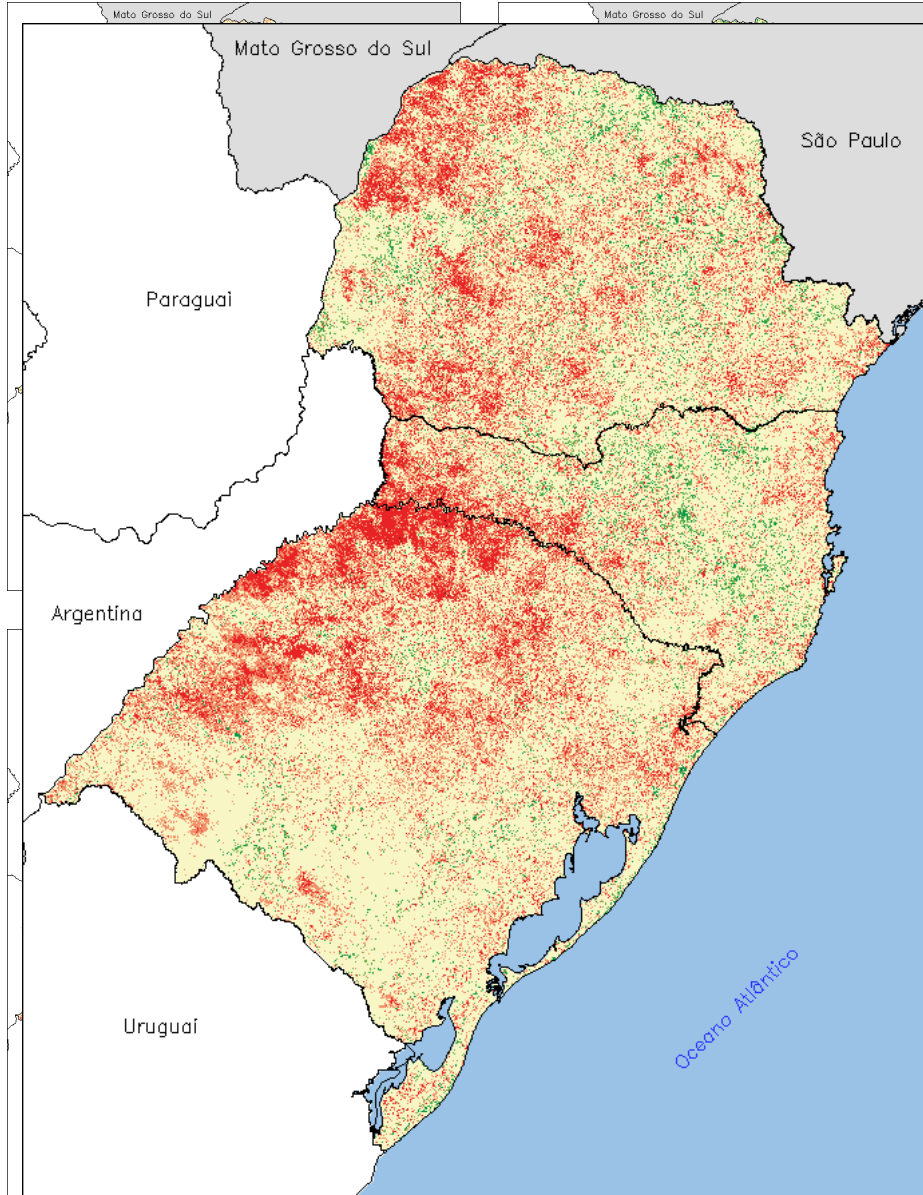
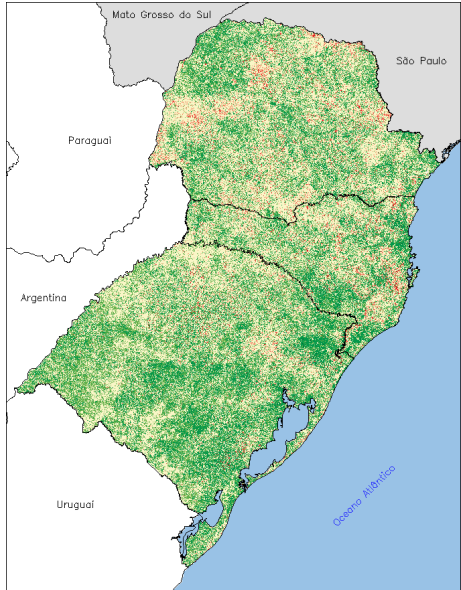
Resultados – Verão



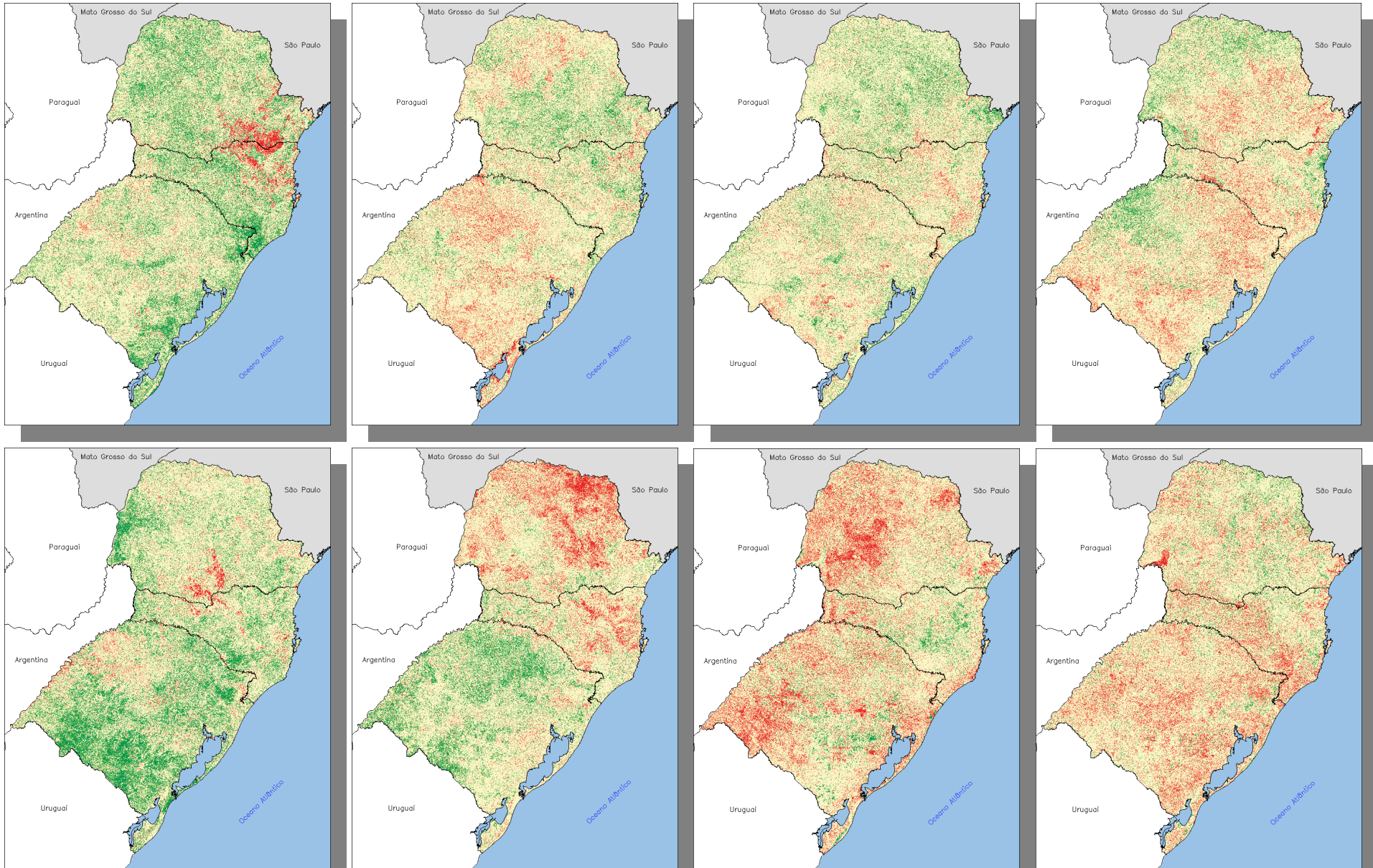
Resultados – Outono



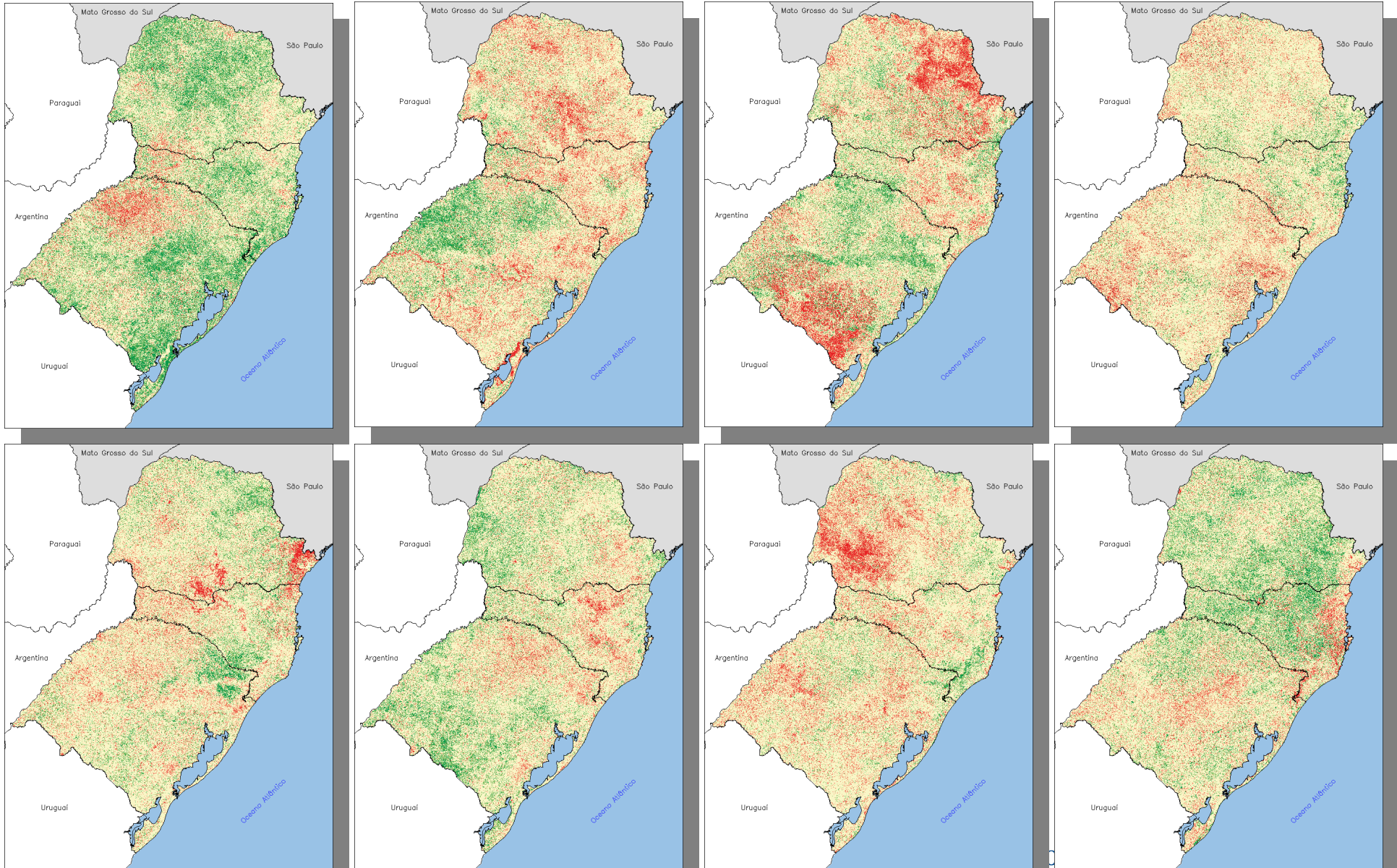
Resultados – Outono



Resultados – Inverno



Resultados – Primavera

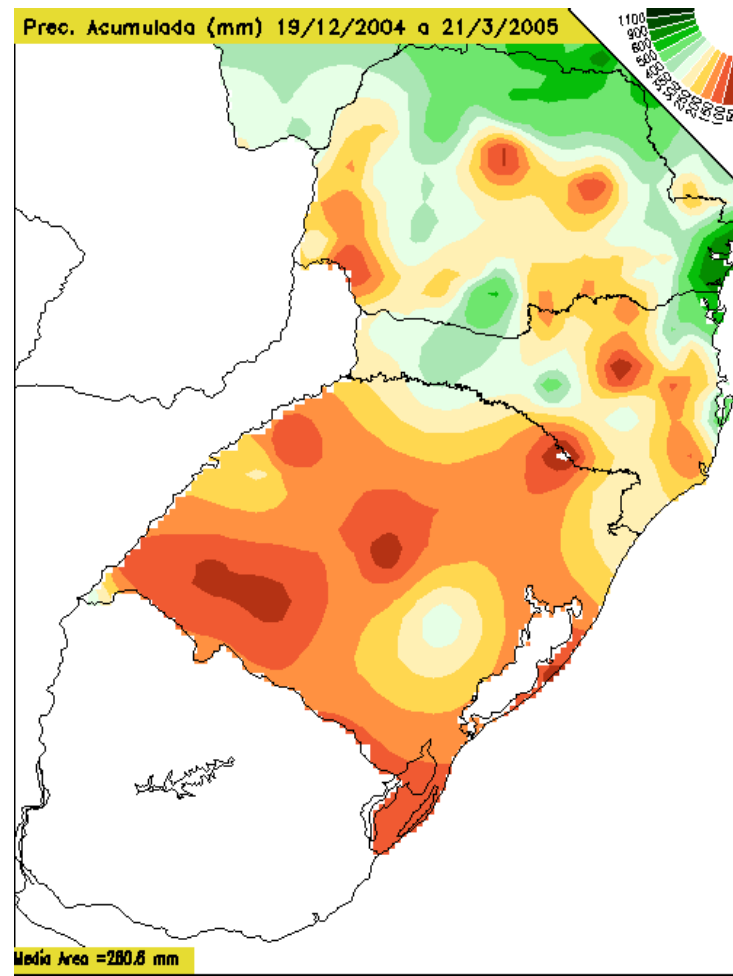
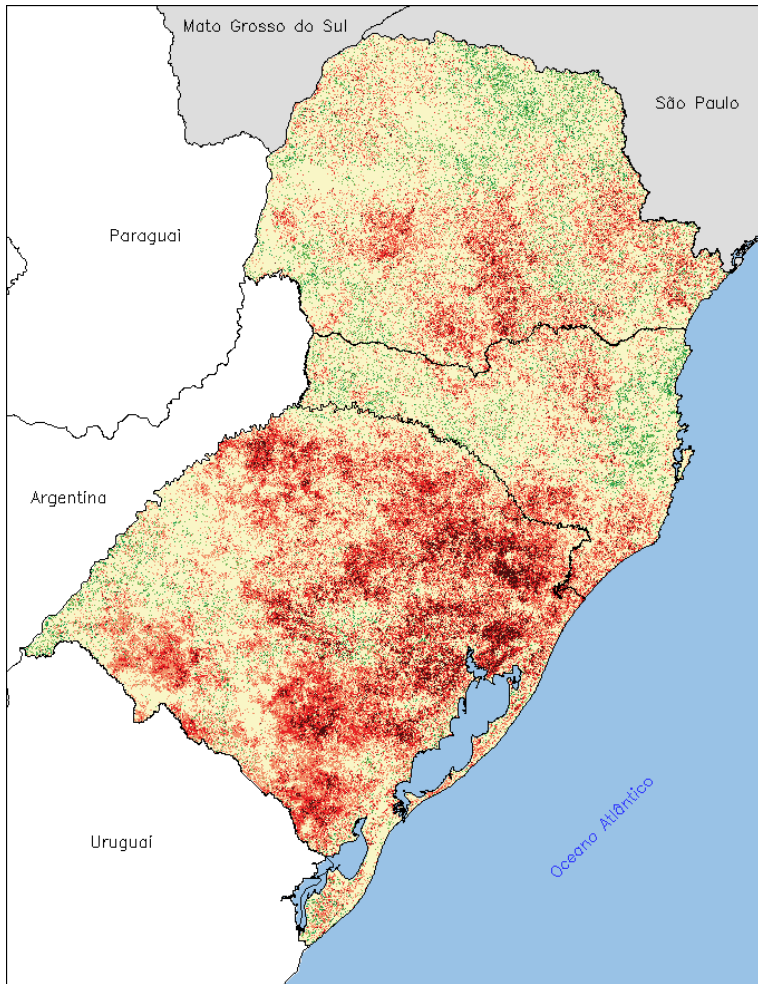


Resultados

Ano	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
2001	6,75	40.435	4,82	28.149	8,29	48.220	9,15	51.435
2002	16,77	96.055	11,18	67.020	15,57	88.469	20,01	116.294
2003	5,65	32.581	3,73	21.842	10,94	61.386	22,05	131.053
2004	9,94	58.890	21,73	123.159	16,34	92.927	15,46	88.692
2005	33,33	187.726	26,64	156.564	6,98	40.284	14,28	82.112
2006	19,02	110.456	23,08	131.117	15,02	90.986	12,17	68.477
2007	6,77	38.971	5,19	30.170	27,76	162.025	19,26	112.312
2008	15,64	89.755	19,23	109.184	25,16	143.088	13,98	78.188
2009	34,34	198.857	28,55	163.871	--		--	

Precipitação mm	Verão	Outono	Inverno	Primavera
2001	582,1	424,1	247,0	464,4
2002	417,1	402,1	326,5	634,3
2003	585,2	296,0	162,9	459,9
2004	346,1	532,0	183,1	471,0
2005	280,6	484,2	335,7	473,9
2006	363,5	203,3	212,9	412,6
2007	605,1	334,9	251,6	476,9
2008	431,3	346,2	308,9	426,2
2009	427,1	236,1		

Resultados



Resultados

PR	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
2001	11,84	23.589	6,89	13.734	11,00	21.917	6,30	12.549
2002	16,34	32.564	19,98	39.824	10,53	20.986	22,96	45.770
2003	5,91	11.777	5,43	10.831	6,34	12.635	31,35	62.483
2004	15,81	31.506	12,23	24.370	13,08	26.069	13,07	26.058
2005	19,95	39.771	35,47	70.688	7,87	15.691	15,04	29.983
2006	20,49	40.836	15,73	31.359	29,32	58.445	9,33	18.603
2007	7,50	14.939	6,14	12.243	31,04	61.857	21,94	43.725
2008	13,17	26.256	14,49	28.885	19,40	38.660	6,68	13.308
2009	34,41	68.580	27,44	54.688	-	-	-	-
SC	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
2001	6,74	6.422	6,66	6.350	11,12	10.600	12,47	11.893
2002	20,30	19.359	11,78	11.236	13,57	12.942	19,64	18.725
2003	6,24	5.952	4,86	4.637	13,07	12.462	13,45	12.828
2004	11,35	10.817	16,00	15.259	18,61	17.745	13,26	12.644
2005	35,96	34.284	24,06	22.940	8,70	8.292	17,56	16.746
2006	16,21	15.454	20,92	19.947	14,23	13.569	18,39	17.531
2007	8,93	8.518	5,32	5.072	20,10	19.169	15,42	14.700
2008	12,99	12.389	21,06	20.085	26,52	25.284	15,63	14.906
2009	27,36	26.088	31,48	30.012	-	-	-	-
RS	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
2001	3,70	10.424	2,86	8.065	5,57	15.703	9,58	26.994
2002	15,66	44.132	5,66	15.960	19,36	54.540	18,38	51.799
2003	5,27	14.853	2,26	6.375	12,88	36.289	19,78	55.742
2004	5,88	16.567	29,65	83.530	17,43	49.113	17,74	49.990
2005	40,34	113.671	22,34	62.937	5,79	16.301	12,56	35.383
2006	19,23	54.166	28,33	79.811	6,73	18.972	11,48	32.343
2007	5,51	15.514	4,56	12.854	28,75	80.998	19,13	53.887
2008	18,14	51.110	21,37	60.215	28,09	79.144	17,74	49.974
2009	36,98	104.189	28,10	79.171	-	-	-	-

Legenda:

...

Explorando aplicações de dados de Sensoriamento Remoto para Secas