

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CACEQUI/RS DE 1985 A 2020: EFEITOS DO FENÔMENO ENOS E DA MUDANÇA NA COBERTURA DA TERRA

Claudia Elisa Lanes Dorneles Souza

Universidade Federal do Pampa,
Laboratório Interdisciplinar de Pesquisas em Ciências Ambientais, São Gabriel, RS, Brasil
claudiaelisaids@gmail.com

Rafael Cabral Cruz

Universidade Federal do Pampa,
Laboratório Interdisciplinar de Pesquisas em Ciências Ambientais, São Gabriel, RS, Brasil
rafaelcabralcruz@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o impacto das mudanças nas classes de cobertura da terra no Balanço Hídrico Climatológico (BHC) do município de Cacequi/RS durante os anos 1985 a 2020, em intervalos de 5 anos, a sua correlação com uma análise de componentes principais (PCA) do BHC e sua relação com o fenômeno ENOS. Os resultados de BHC, PCA e os parâmetros de declividade, classificação de solos e cobertura da terra foram correlacionados pelo método de Pearson e inseridos em planilhas, com uma coluna de Índice de Oscilação Sul. Diante dos resultados, a variabilidade do BHC pode ser explicada principalmente pelas alterações na cobertura de terra, em que áreas agrícolas oscilam entre os dois extremos hídricos (déficit e excedente), enquanto áreas de vegetação nativa promovem uma regularização no sistema hídrico e os efeitos de ENOS atuaram com o agravamento de reações extremas dentro do BHC em déficit (*La Niña*) e excedente (*El Niño*). Desta forma, ressalta-se a importância das áreas de vegetação nativa para regular a disponibilidade hídrica. Também, o agravamento de eventos extremos identificado pode ter sinergia com os efeitos da mudança climática, o que se recomenda novos estudos sequenciais para redução dos níveis de incerteza.

Palavras-chave: PCA. Correlação linear. Disponibilidade hídrica. Paisagens campestres.

CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE OF THE COUNTY OF CACEQUI/RS FROM 1985 TO 2020: EFFECTS OF THE ENSO PHENOMENON AND CHANGE IN LAND COVERAGE

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the impact of changes in land cover classes on the Climatological Water Balance (CWB) of the municipality of Cacequi/RS during the years 1985 to 2020, at intervals of 5 years, its correlation with a Principal Component Analysis (PCA) of the CWB, and its relationship with the ENSO phenomenon. The CWB and PCA results and slope, soil classification, and land cover parameters were correlated using the Pearson method and inserted into spreadsheets with a Southern Oscillation Index column. Given the results, the variability of the CWB can be explained mainly by changes in land cover, where agricultural areas fluctuate between two hydrological extremes (deficit and surplus). In contrast, areas of native vegetation promote regularization in the hydrological system, and the effects of ENSO act with the aggravation of extreme reactions within the CWB during deficit (*La Niña*) and surplus (*El Niño*) conditions. Thus, the importance of areas with native vegetation in regulating water availability is emphasized. Additionally, the aggravation of extreme events identified may have synergy with the effects of climate change, warranting further sequential studies to reduce uncertainty levels.

Keywords: Principal Components Analysis. Linear correlation. Water availability. Field's landscapes.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o planejamento e o gerenciamento ambiental somente foram incorporados pelo poder público como ferramentas de gestão territorial a partir da década de 1980, com a introdução da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Ainda, no país, os conflitos políticos dos órgãos executores nem sempre possibilitam a compreensão do meio socioambiental, sendo comum a dominância dos interesses econômicos nas etapas de tomadas de decisões (SANTOS, 2004). À vista disso, a eficiência econômica do mercado não garante o uso socialmente otimizado dos recursos naturais, mas sim a intervenção dos poderes públicos para ordenar o uso e a poluição dos recursos (LANNA; DORFMAN, 1993; LANNA, 2002; BECKER, 2010).

Nessa conjuntura, quanto à gestão de recursos hídricos, a água é um recurso extremamente vulnerável, essencial para a vida terrestre e faz parte de uma totalidade de atividades humanas. Porque a Política Nacional dos Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997) respalda a água como um recurso natural limitado e um bem de domínio público, a sua gestão deve ser sistemática e proporcionar seus usos múltiplos sem dissociação de aspectos de qualidade e quantidade.

A partir disso, os múltiplos usos da água, embora oportunizem benefícios econômicos, estão vinculados a intensificação de seus usos, que, como reflexos dos processos de expansão civilizatória e de urbanização não planejada, resultam em conflitos por disponibilidade hídrica quantitativa e qualitativa (LANNA, 2002). Ainda, Lanna (2002) classifica como conflitos de disponibilidade hídrica quantitativa, quando há um uso intensivo que causa o esgotamento dos recursos hídricos.

Diante o exposto, o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) surge da necessidade de quantificar a disponibilidade de água ao longo do ano, ou seja, contabilizar o armazenamento hídrico do solo durante o ano (CARVALHO NETO, 2011; 2016). De acordo com a UNESCO (1982), o cálculo do balanço hídrico para as regiões da América do Sul está essencialmente associado à superfície e topografia do continente, aos parâmetros hídricos para classificação do fenômeno, aos dados climáticos e à disponibilidade de informação.

Ainda, quanto às relações ambientais e os recursos hídricos, para Farina (2006): “as precipitações e suas interações com a paisagem dependem não apenas do caráter do declive e da composição do solo, mas também da cobertura e do uso do solo”. Portanto, para compreender a paisagem dos sistemas hídricos e seus regimes de perturbações, utilizam-se como parâmetros a disponibilidade hídrica por meio do BHC, os índices de declividade, as classes de solos e as classes de cobertura da terra. Também, ressalta-se a importância de compreender parâmetros climáticos, tendo em vista as relações entre a atmosfera e o ciclo hidrológico, como o fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS), que causa variações irregulares na temperatura e alterações nos campos de pressão e ventos (GLANTZ, 1997; BERLATO; FONTANA, 2003).

Com isso, ocorre que, no município de Cacequi, região central do estado do Rio Grande do Sul, todos os setores produtivos vêm sofrendo nos últimos anos, especialmente quanto à disponibilidade hídrica quantitativa para o setor agropecuário, com reconhecimento federal de situação de emergência vigente devido à estiagem (BRASIL, 2023). Destaca-se a carência de dados e estudos quanto ao BHC para esta região e a falta de planejamento e ordenamento territorial do poder executivo ao que tange os recursos hídricos.

Deste modo, observa-se a necessidade de uma avaliação dos mais recentes regimes de perturbações que causam o déficit hídrico dentro dos limites do município de Cacequi/RS. O objetivo deste trabalho é calcular o BHC de Cacequi/RS para os anos de 1985 a 2020, em intervalos de 5 anos. O presente artigo sustenta-se na hipótese de que a suscetibilidade ao déficit hídrico nesta região está correlacionada principalmente com as transformações nas classes de cobertura da terra impulsionadas pelo setor agrícola e ao fenômeno ENOS de anomalia climática. Além disso, destaca-se que este trabalho é resultado de um projeto de pesquisa do Laboratório Interdisciplinar de Ciências Ambientais – LICA da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) - Campus São Gabriel, o qual possui como objetivo final calcular o BHC do Pampa no Rio Grande do Sul para os anos de 1985 a 2020. Ademais, este artigo é oriundo do Trabalho de Conclusão de Curso de mesmo título, apresentado por Souza (2023) e sob a orientação de Rafael Cabral Cruz.

BALANÇO HÍDRICO E PROCESSOS DE ALTERAÇÃO DA PAISAGEM

Para o BHC, é necessário quantificar os elementos do sistema analisado, desde as possíveis entradas de água, por exemplo, a precipitação, e as possíveis saídas da água, como a evapotranspiração (CARVALHO NETO, 2016). Dentro deste sistema, o solo é responsável pelo armazenamento de água, sendo capaz de fornecer a água necessária às plantas (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Ainda, quanto a disponibilidade hídrica nos solos, a capacidade de campo de um solo simboliza a máxima quantidade de água que o solo pode reter em seus poros, em uma relação de equilíbrio gravitacional (LEPSCH, 2011). Enquanto o ponto de murcha permanente é definido pela tensão em que as plantas perdem sua capacidade de resiliência em um ambiente com ar saturado de umidade (LEPSCH, 2011).

A quantidade de água armazenada no solo é a mesma independentemente da classe de cobertura de solo, enquanto a capacidade de água disponível para as plantas (CAD) é definida pela combinação solo-cultura e é influenciada pelo sistema radicular da cultura, pois, em cenários de déficit hídrico, as plantas com raízes mais próximas da superfície e em solos menos profundos são as que possuem menor resiliência em períodos de seca prolongada (SANTOS; CARLESSO, 1998). A CAD é definida por Lepsch (2011) como uma: “quantidade de água retida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente”.

Com isso, situações de excedente hídrico ocorrem quando a água armazenada no solo aumenta até a sua saturação, ou seja, quando a água atinge o limite de armazenamento do solo o seu excedente se torna disponível para escoamento superficial e alimentação subterrânea (UNESCO, 1982). Ressalta-se que situações de excesso hídrico podem ocasionar na lixiviação e acidificação do solo, enquanto situações de déficit hídrico resultam em períodos de seca que, em casos extremos, especialmente em quadros de mudanças climáticas, podem causar processos de desertificação e salinização (LEPSCH, 2011). Para Lepsch (2011) ambos os cenários, de déficit e excesso hídrico, possuem a capacidade de aumentar a suscetibilidade dos solos a processos erosivos e produzem estresse hídrico, prejudicando o desenvolvimento das estruturas vegetais.

A vista disso, o BHC dispõe de diversas aplicações; desde o planejamento e estudos de viabilidade ambiental; estudo de disponibilidade hídrica em reservatórios e bacias hidrográficas; diferentes tipos de zoneamento, como o zoneamento ambiental e o zoneamento agrícola; comparação climática entre regiões; subsídios para gestão de atividades agropecuárias e turísticas; e estudos de impactos e tendências a alterações climáticas (CARVALHO NETO, 2016).

No comportamento sistêmico, a estabilidade de um sistema deve ser dimensionada de acordo com o processo que está sendo descrito, sendo definida por Farina (2006) como: “uma família de processos com capacidade de reconfirmar padrões e processos ao longo do tempo”. Definem-se processos naturais como componentes de sistemas imprevisíveis (entropia) com estruturas dissipativas (consideradas flutuações gigantes), compostos por trocas e fluxos constantes de energia que refletem em processos dinâmicos de auto-organização e auto-adaptação espacial, aumentando sua complexidade e compondo um ambiente longe dos padrões de estabilidade, sendo denominados sistemas de metaestabilidade ou homeostáticos (NAVEH; LIEBERMAN, 1984; FARINA, 2006).

Portanto, cada sistema de paisagem é moldado, mantido e/ou alterado por regimes de perturbações, que podem atuar em todas as escalas espaço-temporais e são relacionadas com a estrutura e arranjo espacial dos fragmentos, ainda se enfatiza que o agravamento de perturbações ou a falta delas causam efeitos deprimentes na diversidade, que podem contribuir para a sua metaestabilidade ou reforçar suas fragilidades (FARINA, 2006).

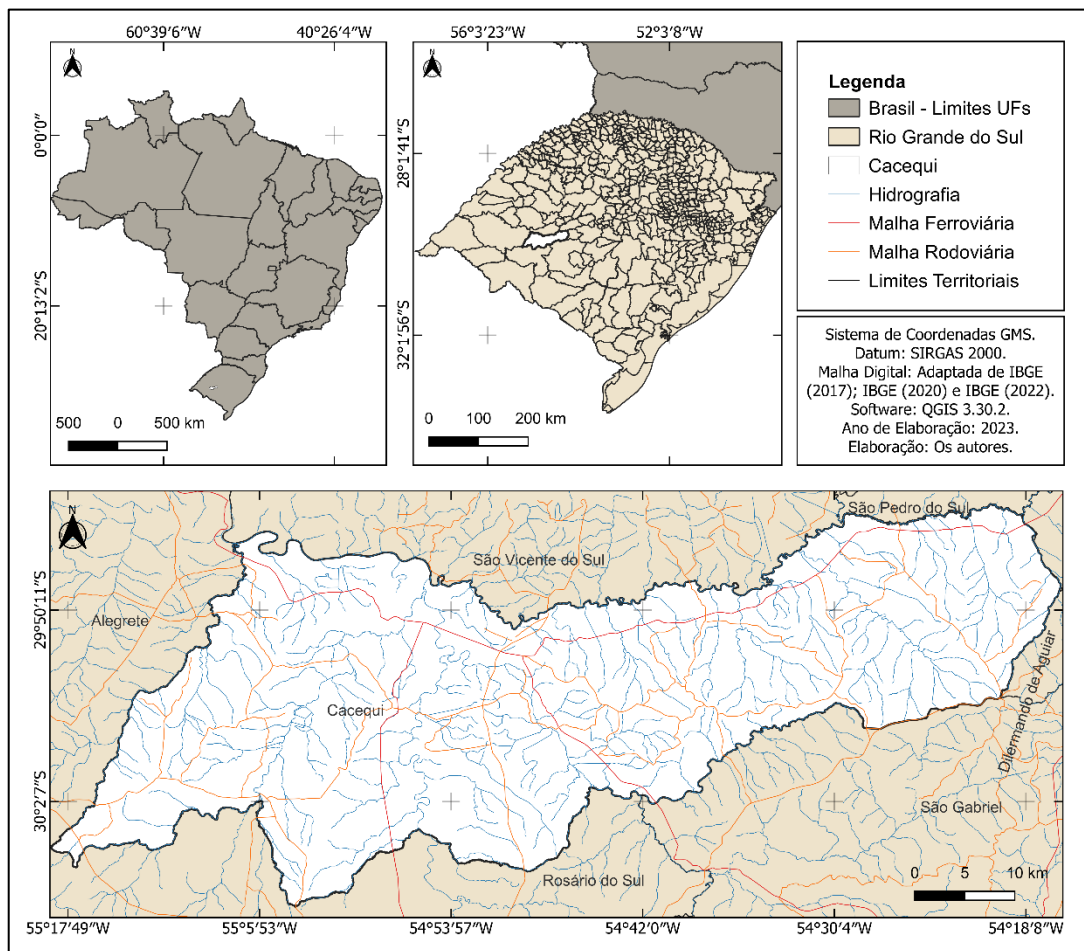
Por fim, a importância da gestão dos recursos hídricos decorre da complexidade do ecossistema total-humano, no qual as pressões quanto aos conflitos hídricos aumentam substancialmente. São necessárias ações que visem a adequação dos usos, controle e conservação das águas. Ainda, dentre as principais pressões socioambientais sobre os recursos hídricos, Lanna (2002) aponta o desenvolvimento econômico, a expansão da agricultura, as pressões regionais, as mudanças tecnológicas, as mudanças sociais, a urbanização, as demandas sociais e ambientais e o fator de incerteza do futuro.

METODOLOGIA

Área de estudo

O município de Cacequi está localizado na região Centro Ocidental do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, com área total de 2.373,507 km² (IBGE, 2021a), sendo apenas 6,96 km² de área urbana (IBGE, 2019). O município possui uma população estimada de 12.291 pessoas (IBGE, 2021b) e está localizado conforme o mapa da Figura 1, no qual se percebe uma abundância de trechos de drenagem. Dentre os trechos de drenagem que percorrem o município, estão presentes o Rio Cacequi, Rio Ibicuí, Rio Ibicuí-Mirim, Rio Santa Maria e um trecho do Rio Toropi, como um afluente do Rio Ibicuí.

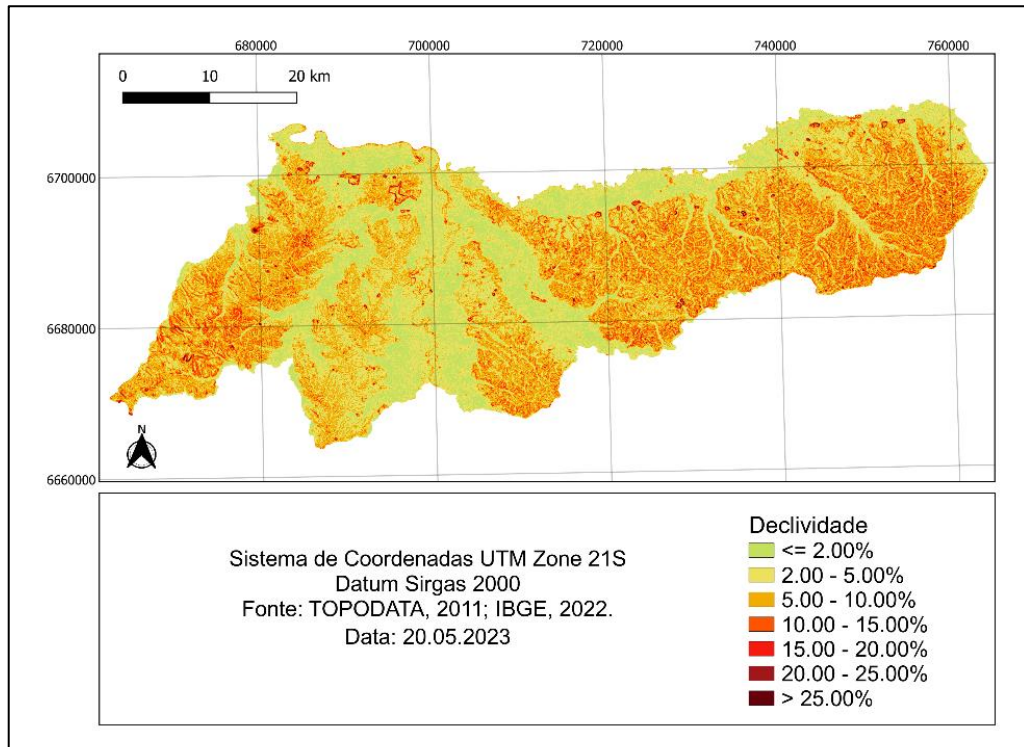
Figura 1 - Município de Cacequi (RS): Mapa de localização, 2023



Fontes: IBGE, 2017; IBGE, 2020; IBGE, 2022. Elaboração: AUTORES, 2023.

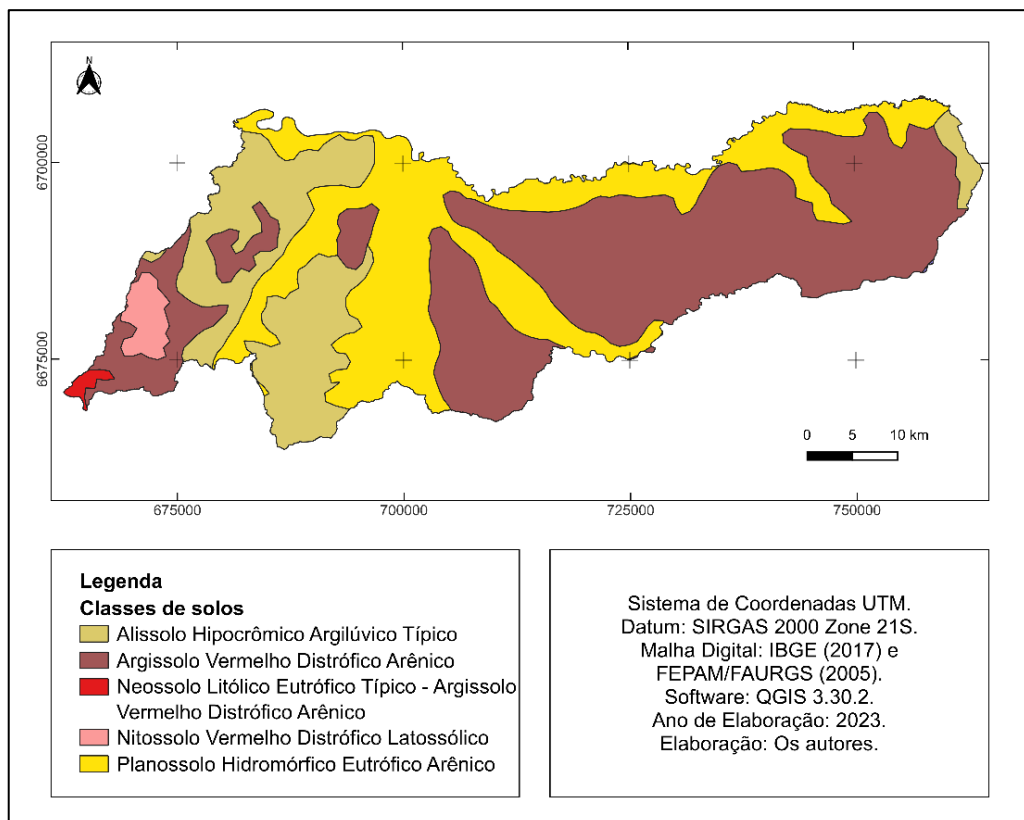
O município está localizado na região fisiográfica da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973 apud STRECK et al., 2002), sob o domínio fitogeográfico do Pampa, onde predominam formações campestres (campo nativo), com níveis de declividade mínima de 0,064% e máxima de 35,23%, conforme a Figura 2. Observa-se que há menores índices de declividade especialmente em áreas de várzea. Quanto às classes de solos de Cacequi, de acordo com a Figura 3, nota-se que a classe de solo Argissolo Vermelho distrófico arênico é a mais predominante, cobrindo uma maior área total. Ainda, a classe de solo Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico também está situada nas áreas de várzea e em regiões de menor declividade.

Figura 2 - Município de Cacequi (RS): Mapa de declividade, 2023



Fontes: TOPODATA, 2011; IBGE, 2022. Elaboração: AUTORES, 2023.

Figura 3 - Município de Cacequi (RS): Mapa de classificação dos solos, 2023



Fontes: FEPAM/FAURGS, 2005; IBGE, 2017. Elaboração: AUTORES, 2023.

Manipulação de dados geográficos e cálculo do BHC

Para delimitação territorial do município de Cacequi, utilizou-se a malha municipal do estado do Rio Grande do Sul, disponibilizada em escala 1:250.000 no Portal de Mapas do IBGE (2022). A seleção, recorte e dimensionamento da área de estudo delimitada se deu por intermédio do *software* livre QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023) em todos os procedimentos metodológicos do presente trabalho.

Na presente pesquisa, optou-se por calcular o BHC do município de Cacequi-RS através da aplicação de Carvalho Neto (2016) para Thornthwaite & Mather (1955), nos meses de janeiro a dezembro dos anos de 1985 a 2020, intervalados em 5 anos.

Dentre as bases de dados utilizadas, conforme o Quadro 1, para os dados de classes de solos, utilizou-se o Relatório Final de “Classificação taxonômica dos solos do Estado do Rio Grande do Sul segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e Avaliação da classe de resistência a impactos ambientais” da Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM e da Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - FAURGS (2005). Ainda, para os dados de declividade numérica do relevo, foram utilizadas as folhas de prefixo 29S555SN e 30S555SN do Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil (TOPODATA, 2011), em escala 1:250.000. Quanto aos dados de cobertura de terra, utilizou-se a base de dados da Coleção 7.1 da Série Anual do MapBiomias (2022), em escala 1:100.000, com os produtos referentes aos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020.

Quadro 1 - Bases de dados utilizadas para os procedimentos metodológicos do trabalho, 2023

PROCEDIMENTO	TIPO DE DADOS	BASE DE DADOS	DESCRIÇÃO	ESCALA	FONTE
Delimitação da área de estudo e redimensionamento de dados geográficos	Malha territorial	Portal de Mapas do IBGE	Malha municipal do estado do Rio Grande do Sul.	1:250.000	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022)
	Precipitação (PPT) Evapotranspiração Potencial (ETP)	<i>Terraclimate</i>	Produtos mensais referentes aos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2022.	1:400.000	Abatzoglou (2022)
Cálculo do BHC	Capacidade de Água Disponível (CAD)	Dados organizados pelos autores	Cálculo da diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, produtos referentes aos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2023.	1:20.000	Autores (2023)
	Classificação de solos	Dados do Relatório Final da FEPAM/FAURGS	Relatório Final de Classificação taxonômica dos solos do Estado do Rio Grande do Sul segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e Avaliação da classe de resistência a impactos ambientais.	1:250.000	Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM e Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - FAURGS (2005)
Correlação linear	Declividade	Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil	Declividade numérica do relevo, folhas de prefixo 29S555SN e 30S555SN	1:250.000	TOPODATA (2011)
	Cobertura da terra	Coleção 7.1 da Série Anual do MapBiomias	Produtos referentes aos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020.	1:100.000	MapBiomias (2022)

Comparação	Índice de Oscilação Sul (IOS)	<i>Climate Prediction Center</i>	Produtos mensais referentes aos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2021.	-	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA, 2023)
------------	-------------------------------	----------------------------------	--	---	---

Elaboração: AUTORES, 2023.

Já para o Índice de Oscilação Sul (IOS) para ENOS, os dados foram atribuídos de acordo com o portal do *Climate Prediction Center*, um setorial da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos – NOAA (NOAA, 2023). E, em relação ao cálculo do BHC, para os valores de precipitação (PPT) e evapotranspiração potencial (ETP), utilizou-se dados do *Terraclimate* (ABATZOGLOU, 2022), um diretório de dados globais de alta resolução da unidade de *Northwest Knowledge Network* da Universidade de Idaho, Estados Unidos, com dados climáticos globais mensais.

Posteriormente, foram extraídos os valores da média de cada arquivo de PPT e ETP e, através de planilhas, foi calculada a Diferença Média mensal (PPT-ETP) para todos os meses de cada ano em estudo. Para o valor do último mês com armazenamento máximo para o cálculo de BHC, os meses foram selecionados conforme o primeiro mês de negativo constante, sendo atribuído o valor da CAD para primeiro valor de armazenamento.

Assume-se que, após longos períodos de resultados positivos, os valores do armazenamento atinjam a capacidade de campo suportada, desta forma, considera-se como mês inicial para o BHC anual, o primeiro mês com a diferença média mensal negativa, sendo assim, assume-se que o armazenamento inicial é igual à capacidade de campo e, portanto, igual a CAD. Porém, como o cálculo do BHC costuma ser trabalhado com médias mensais de normais climatológicas ou períodos mais longos, assumindo que as séries são estacionárias, condição não efetiva em quadro de mudanças climáticas aceleradas, neste estudo foi abordado ano a ano, portanto, em alguns casos, como em anos anômalos, que não apresentam uma única moda na diferença entre a precipitação e a ETP, o mês inicial pode não ser o primeiro mês com diferença média mensal negativa. Neste caso, quando existe mais de um período negativo no ano, priorizou-se o primeiro mês negativo no período de verão.

O cálculo do BHC foi efetuado através de um R script, por meio do software RStudio, um ambiente de desenvolvimento integrado para as linguagens R e Python (RSTUDIO TEAM, 2023), o script foi desenvolvido por Cruz (apud SOUZA, 2023), baseado no Fluxograma do modelo de BHC de Carvalho Neto (2016) e aplicado no trabalho de Souza (2023).

Os resultados de BHC de todos os meses também foram processados juntos conforme o ano, em uma análise de componente principal (PCA) por meio do software livre e automatizado de análises geocientíficas SAGA (CONRAD et al., 2015), que levou a uma redução de dimensionalidade para 3 principais dimensões (PC1, PC2 e PC3) de componente principal (PC) de cada ano em estudo.

Os resultados do BHC, de PCA e os parâmetros de declividade, classificação de solos e cobertura da terra foram correlacionados pelo método de Pearson (BARBETTA, 2011) e inseridos em planilhas, com o acréscimo de uma coluna de IOS. A força da correlação foi considerada conforme os valores e cores da Tabela 1, enquanto o ENOS foi associado de acordo com os indicadores e cores da Tabela 2.

Tabela 1 - Força da correlação entre os dados analisados, 2023

FORÇA	VALOR
Forte	0,75 – 1
Moderada	0,5 – 0,75
Fraca	0,25 – 0,5
Muito fraca	0 – 0,25

Fonte: adaptado de BARBETTA, 2011. Elaboração: AUTORES, 2023.

Tabela 2 - Classificação segundo o fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) em Normal, *El Niño* e *La Niña* conforme o Índice de Oscilação Sul (IOS), 2023

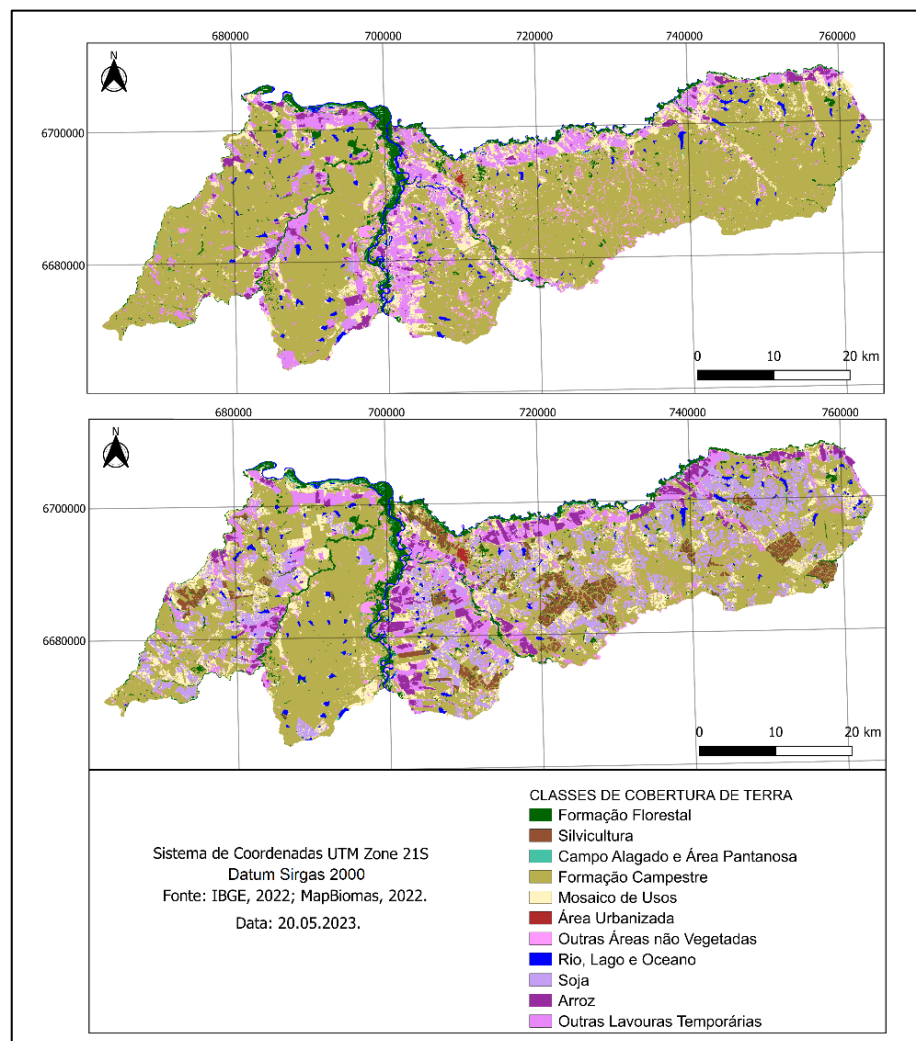
IOS	ENOS
-0,5 a 0,5	Normal
0,5	<i>El Niño</i>
-0,5	<i>La Niña</i>

Fonte: adaptado de NOAA, 2023. Elaboração: AUTORES, 2023.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados de cobertura de terra (MAPBIOMAS, 2022), percebe-se uma diminuição da classe de formação campestre (campo nativo) na área de estudo, visto que no ano inicial (1985) o campo nativo cobria 66,56% de área total nos limites do município de Cacequi, enquanto no ano final (2020) este valor passa a ser de 48,01%. Nota-se que este cenário pode ser explicado por uma taxa de substituição das classes de cobertura de terra, na Figura 4 é possível observar que a classe de cobertura de campo nativo decaiu enquanto o setor agrícola e a silvicultura subiram gradativamente ao longo dos anos, a agricultura (mosaico de usos, soja, arroz e outras culturas temporárias) de 23,92% (1985) passa a ser 38,11% (2020) e a silvicultura de 0% (1985) para 3,86% (2020).

Figura 4 - Município de Cacequi (RS): Mapas de cobertura de terra, comparativo dos anos de 1985 e 2020



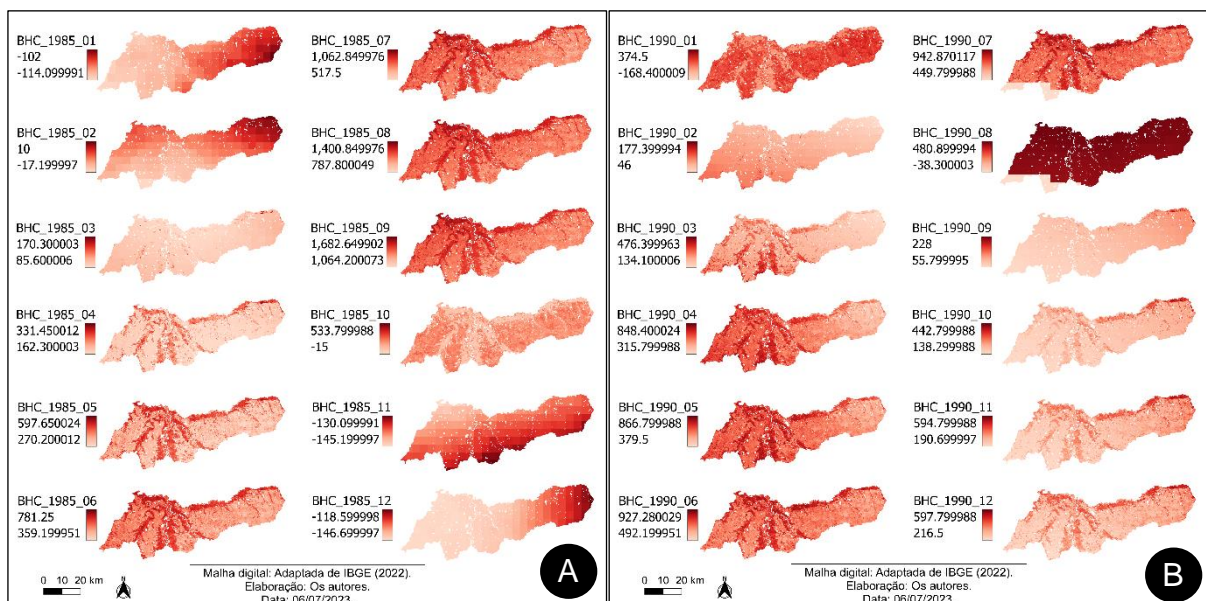
Fonte: IBGE, 2022; MAPBIOMAS, 2022. Elaboração: AUTORES, 2023.

Ainda, ressalta-se que a classe de cobertura de formação campestre, especialmente no contexto do Pampa, domínio característico da área de estudo, desempenha um papel fundamental na conservação e preservação das paisagens campestres e na manutenção do ciclo hidrológico, sendo assim, há uma relação intrínseca entre os ecossistemas campestres e o BHC. Nessas paisagens, os campos nativos realizam funções ecossistêmicas cruciais para a manutenção da disponibilidade hídrica qualitativa e quantitativa, como a proteção e recarga de aquíferos, a infiltração de águas pluviais, a sua vegetação ribeirinha também fornece proteção às águas superficiais, representando um papel essencial para a regulação dos corpos d'água, reduzindo a erosão e sedimentação (LATERRA et al., 2009).

De um lado, a pecuária, mesmo sendo a prática de produção agropecuária que tem a melhor capacidade de manter a integridade das paisagens campestres, vem sendo gradativamente substituída por outras atividades aparentemente mais rentáveis em curto prazo (PILLAR et al., 2006), como a produção de soja e silvicultura. De outro, a transnacionalização dos espaços econômicos atendendo demandas exógenas às da região (BECKER, 2010) que garante a expansão do mercado de *commodities*, impulsionado especialmente pelo aumento exponencial de incentivos privados e governamentais, como programas de seguro e crédito agrícola subsidiado e programas de incentivo a compra de fertilizantes e mecanização agrícola.

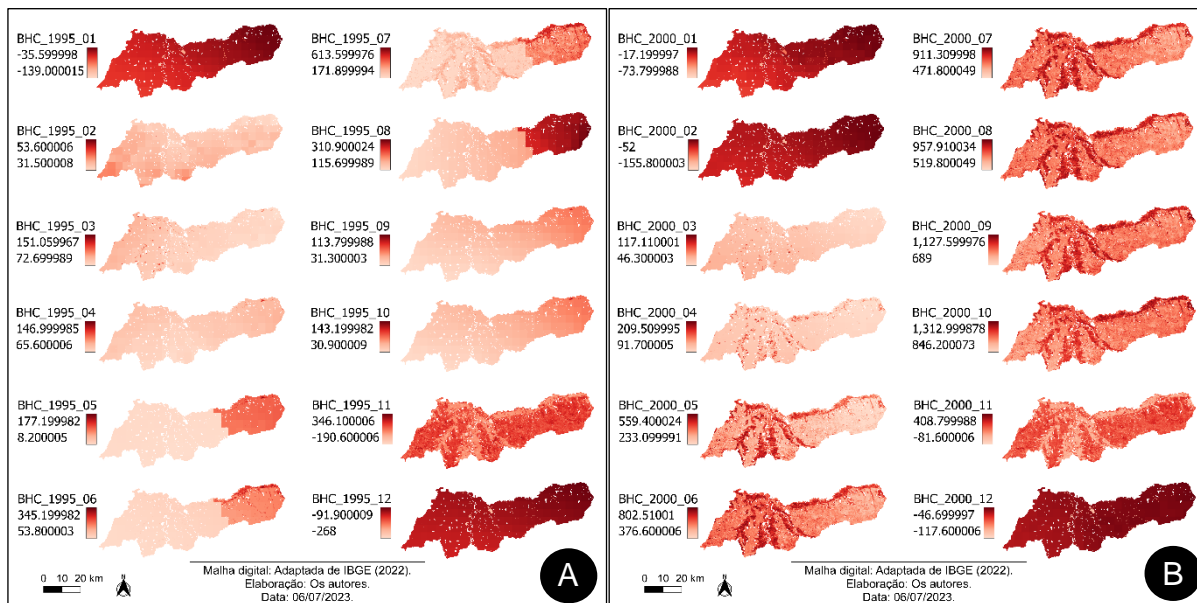
Desta forma, nesta pesquisa foi realizado o cálculo do BHC dentro dos limites municipais de Cacequi/RS, para os anos de 1985 a 2020, com intervalos de 5 anos, sendo possível visualizar os resultados nas Figuras 5, 6, 7 e 8. Com isso, ao comparar os resultados de BHC com os mapas de cobertura da terra, observa-se um padrão comportamental que se repete ao longo dos anos 1985 (meses 5 e 10), 2000 (meses 10 e 11), 2005 (6 e 11), 2010 e 2015, nota-se que a qual a disponibilidade hídrica é maior em áreas destinadas à agricultura e após alguns meses ocorre o inverso, as regiões com maior disponibilidade hídrica passam a ocorrer em locais contrários a áreas agrícolas e as regiões destinadas ao cultivo agrícola passam a sofrer déficit hídrico. Já quanto aos anos de 1990 (meses 1 e 6) e 2020 (meses 7 e 10) este padrão se repete reversamente, onde ocorre uma menor disponibilidade hídrica nestas mesmas áreas e após certo período é gerado um excedente hídrico. E, para o ano de 1995, observa-se um padrão que se difere dos demais, com exceção do mês 11 de BHC que, além de atingir déficit hídrico, pode ser relacionado especialmente à cobertura da terra.

Figura 5 - Município de Cacequi (RS): Balanço Hídrico Climatológico de janeiro a dezembro do ano de 1985 (A) e 1990 (B), 2023



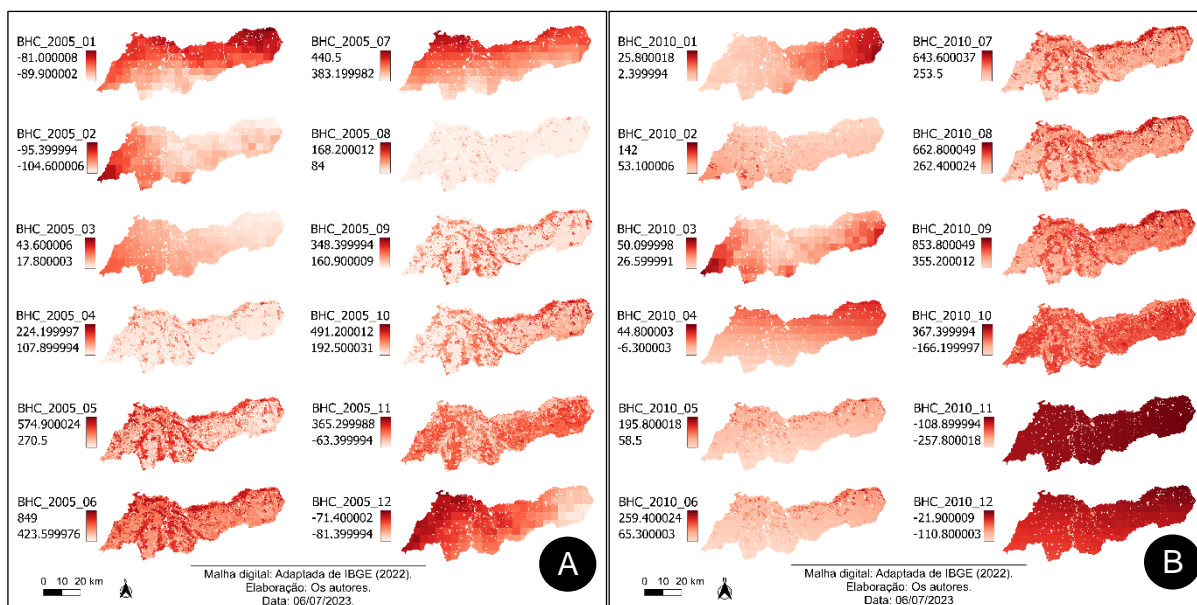
Fonte: IBGE, 2022. Elaboração: AUTORES, 2023. Obs.: A legenda foi otimizada para uma melhor visualização da heterogeneidade espacial.

Figura 6 - Município de Cacequi (RS): Balanço Hídrico Climatológico de janeiro a dezembro do ano de 1995 (A) e 2000 (B), 2023



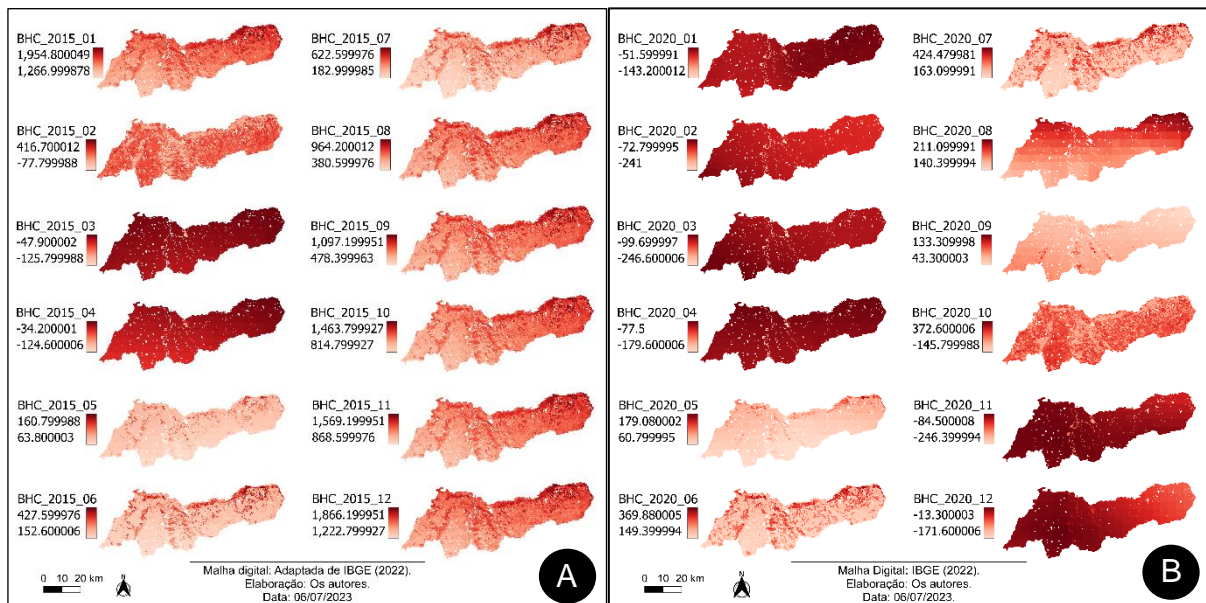
Fonte: IBGE, 2022. Elaboração: AUTORES, 2023. Obs.: A legenda foi otimizada para uma melhor visualização da heterogeneidade espacial.

Figura 7 - Município de Cacequi (RS): Balanço Hídrico Climatológico de janeiro a dezembro do ano de 2005 (A) e 2010 (B), 2023



Fonte: IBGE, 2022. Elaboração: AUTORES, 2023. Obs.: A legenda foi otimizada para uma melhor visualização da heterogeneidade espacial.

Figura 8 - Município de Cacequi (RS): Balanço Hídrico Climatológico de janeiro a dezembro do ano de 2015 (A) e 2020 (B), 2023



Fonte: IBGE, 2022. Elaboração: AUTORES, 2023. Obs.: A legenda foi otimizada para uma melhor visualização da heterogeneidade espacial.

Desta forma, as áreas destinadas ao cultivo agrícola possuem maior índice de variabilidade, oscilando entre os dois extremos hídricos (déficit e excedente), conseqüentemente, com estas trocas de fluxos constantes de energia, o sistema busca uma nova readaptação, em um processo que Naveh e Liebermann (1984) e Farina (2006) chamam de homeostase, onde as estruturas bióticas tendem a promover um efeito de regularização ecossistêmica, neste caso, os campos nativos, em busca de manter a metaestabilidade do sistema.

Ao que tange os componentes principais, a técnica de PCA trabalha com transformação linear de variáveis em componentes principais não correlacionados, utilizada para reduzir a dimensionalidade dos dados, permitindo selecionar apenas os três principais componentes, onde o primeiro componente principal possui a maior parte da variância total e assim sucessivamente (FLORENZANO, 2008). Com isso, os índices de correlação demonstraram que a maior parte da variabilidade explicada do BHC pelo PC1 está relacionada com a cobertura da terra durante a maioria dos anos (com exceção de 1995), enquanto se pressupõe que o PC3 está mais relacionado com as variações climáticas (Tabela 3). Já o PC2 apresenta comportamento intermediário entre o PC1 e o PC3, expressando tanto cobertura da terra, como clima.

Em relação aos resultados de correlação, no método de correlação linear de Pearson, destaca-se que para qualquer conjunto de dados o valor de r estará no intervalo de -1 a 1 e mais forte será a correlação entre os dados quanto mais próximo de -1 ou de 1, podendo ser uma correlação positiva ou negativa e quanto mais próximo de 0, mais fraca será a correlação (BARBETTA, 2011), com isso, os indicadores de classificação de valores e cores da Tabela 3 estão nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 3 - Planilha de correlação para o Balanço Hídrico Climatológico de Cacequi/RS, de 1985 a 2020, com as variáveis de componentes principais (PC1, PC2 e PC3), cobertura da terra (COB.), declividade (DEC.), solos (SOL.) e ENOS, 2023

1985		out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	VARIÁVEIS						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PC1	PC2	PC3	COB.	DEC.	SOL.	ENOS
out	1	1,00	0,63	0,08	-0,21	-0,36	-0,44	-0,48	-0,40	-0,49	0,14	0,48	0,92	-0,41	0,60	-0,62	-0,15	0,25	-0,19	-0,3
nov	2	0,63	1,00	0,06	0,04	-0,02	-0,10	-0,08	0,05	-0,02	0,02	-0,31	0,78	-0,03	0,02	-0,90	-0,07	0,13	-0,05	-0,3
dez	3	0,08	0,06	1,00	0,27	0,08	0,05	-0,03	-0,06	-0,05	-0,06	0,27	0,26	0,01	0,33	0,19	0,07	0,06	-0,04	-0,4
jan	4	-0,21	0,04	0,27	1,00	0,89	0,87	0,84	0,83	0,81	-0,87	-0,26	-0,12	0,87	0,26	-0,08	0,65	-0,39	0,38	-1,0
fev	5	-0,36	-0,02	0,08	0,89	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	-0,95	-0,40	-0,28	0,99	0,10	0,02	0,58	-0,41	0,43	-0,8
mar	6	-0,44	-0,10	0,05	0,87	0,99	1,00	0,99	0,97	0,97	-0,93	-0,42	-0,37	0,99	0,03	0,09	0,57	-0,40	0,42	-0,8
abr	7	-0,48	-0,08	-0,03	0,84	0,98	0,99	1,00	0,99	0,99	-0,89	-0,52	-0,42	1,00	-0,08	0,04	0,54	-0,41	0,42	-0,8
mai	8	-0,40	0,05	-0,06	0,83	0,97	0,97	0,99	1,00	0,99	-0,89	-0,57	-0,33	0,99	-0,09	-0,09	0,53	-0,40	0,41	-0,8
jun	9	-0,49	-0,02	-0,05	0,81	0,96	0,97	0,99	0,99	1,00	-0,85	-0,60	-0,41	0,98	-0,17	-0,01	0,51	-0,39	0,39	-0,6
jul	10	0,14	0,02	-0,06	-0,87	-0,95	-0,93	-0,89	-0,89	-0,85	1,00	0,16	0,12	-0,93	-0,36	0,03	-0,60	0,39	-0,43	-0,5
ago	11	0,48	-0,31	0,27	-0,26	-0,40	-0,42	-0,52	-0,57	-0,60	0,16	1,00	0,32	-0,47	0,76	0,34	-0,08	0,18	-0,15	-0,5
set	12	0,92	0,78	0,26	-0,12	-0,28	-0,37	-0,42	-0,33	-0,41	0,12	0,32	1,00	-0,34	0,52	-0,66	-0,13	0,23	-0,16	-0,4
	PC1	-0,41	-0,03	0,01	0,87	0,99	0,99	1,00	0,99	0,98	-0,93	-0,47	-0,34	1,00	0,00	0,00	0,56	-0,41	0,42	
	PC2	0,60	0,02	0,33	0,26	0,10	0,03	-0,08	-0,09	-0,17	-0,36	0,76	0,52	0,00	1,00	0,00	0,25	-0,04	0,09	
	PC3	-0,62	-0,90	0,19	-0,08	0,02	0,09	0,04	-0,09	-0,01	0,03	0,34	-0,66	0,00	0,00	1,00	0,00	-0,05	0,01	
	COB.	-0,15	-0,07	0,07	0,65	0,58	0,57	0,54	0,53	0,51	-0,60	-0,08	-0,13	0,56	0,25	0,00	1,00	-0,35	0,29	
	DEC.	0,25	0,13	0,06	-0,39	-0,41	-0,40	-0,41	-0,40	-0,39	0,39	0,18	0,23	-0,41	-0,04	-0,05	-0,35	1,00	-0,34	
	SOL.	-0,19	-0,05	-0,04	0,38	0,43	0,42	0,42	0,41	0,39	-0,43	-0,15	-0,16	0,42	0,09	0,01	0,29	-0,34	1,00	
1990		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jun	ago	set	out	nov	dez	VARIÁVEIS						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PC1	PC2	PC3	COB.	DEC.	SOL.	ENOS
jan	1	1,00	-0,22	-0,78	-0,83	-0,93	-0,97	-0,68	0,01	0,12	-0,50	-0,61	-0,74	0,96	-0,22	-0,13	-0,77	0,38	-0,39	0,1
fev	2	-0,22	1,00	0,70	0,66	0,50	0,08	-0,24	-0,44	-0,88	-0,58	-0,56	-0,44	-0,12	0,78	-0,51	0,09	-0,07	0,01	0,2
mar	3	-0,78	0,70	1,00	0,92	0,89	0,67	0,29	-0,27	-0,60	0,01	0,08	0,23	-0,70	0,60	-0,20	0,65	-0,32	0,29	0,3
abr	4	-0,83	0,66	0,92	1,00	0,97	0,76	0,40	-0,19	-0,62	-0,01	0,08	0,27	-0,78	0,57	-0,28	0,58	-0,34	0,30	0,3
mai	5	-0,93	0,50	0,89	0,97	1,00	0,89	0,56	-0,09	-0,44	0,20	0,30	0,48	-0,89	0,42	-0,15	0,67	-0,37	0,36	0,3
jun	6	-0,97	0,08	0,67	0,76	0,89	1,00	0,77	0,12	-0,01	0,57	0,67	0,80	-0,98	0,08	0,13	0,74	-0,38	0,41	0,3
jul	7	-0,68	-0,24	0,29	0,40	0,56	0,77	1,00	0,70	0,26	0,62	0,69	0,76	-0,84	-0,51	-0,12	0,54	-0,28	0,34	0,4
ago	8	0,01	-0,44	-0,27	-0,19	-0,09	0,12	0,70	1,00	0,38	0,29	0,30	0,28	-0,24	-0,88	-0,40	0,02	-0,01	0,08	0,4
set	9	0,12	-0,88	-0,60	-0,62	-0,44	-0,01	0,26	0,38	1,00	0,73	0,68	0,54	0,04	-0,74	0,64	-0,01	0,09	-0,01	0,3
out	10	-0,50	-0,58	0,01	-0,01	0,20	0,57	0,62	0,29	0,73	1,00	0,95	0,90	-0,55	-0,47	0,64	0,56	-0,19	0,24	0,4
nov	11	-0,61	-0,56	0,08	0,08	0,30	0,67	0,69	0,30	0,68	0,95	1,00	0,97	-0,65	-0,44	0,62	0,57	-0,20	0,27	0,4
dez	12	-0,74	-0,44	0,23	0,27	0,48	0,80	0,76	0,28	0,54	0,90	0,97	1,00	-0,78	-0,34	0,52	0,65	-0,26	0,32	
	PC1	0,96	-0,12	-0,70	-0,78	-0,89	-0,98	-0,84	-0,24	0,04	-0,55	-0,65	-0,78	1,00	0,00	0,00	-0,75	0,38	-0,40	
	PC2	-0,22	0,78	0,60	0,57	0,42	0,08	-0,51	-0,88	-0,74	-0,47	-0,44	-0,34	0,00	1,00	-0,01	0,11	-0,09	0,01	
	PC3	-0,13	-0,51	-0,20	-0,28	-0,15	0,13	-0,12	-0,40	0,64	0,64	0,62	0,52	0,00	-0,01	1,00	0,19	0,00	0,03	
	COB.	-0,77	0,09	0,65	0,58	0,67	0,74	0,54	0,02	-0,01	0,56	0,57	0,65	-0,75	0,11	0,19	1,00	-0,39	0,30	
	DEC.	0,38	-0,07	-0,32	-0,34	-0,37	-0,38	-0,28	-0,01	0,09	-0,19	-0,20	-0,26	0,38	-0,09	0,00	-0,39	1,00	-0,34	
	SOL.	-0,39	0,01	0,29	0,30	0,36	0,41	0,34	0,08	-0,01	0,24	0,27	0,32	-0,40	0,01	0,03	0,30	-0,34	1,00	
1995		nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	VARIÁVEIS						

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PC1	PC2	PC3	COB.	DEC.	SOL.	ENOS	
nov	1	1,00	-0,69	-0,63	0,76	0,86	0,88	0,77	0,93	0,99	0,99	0,09	0,98	-0,87	-0,22	-0,38	-0,11	0,15	-0,06	1	
dez	2	-0,69	1,00	0,45	-0,38	-0,47	-0,53	-0,54	-0,53	-0,73	-0,71	0,19	-0,73	0,56	-0,11	0,46	-0,14	0,17	-0,21	0,7	
jan	3	-0,63	0,45	1,00	-0,11	-0,54	-0,54	-0,49	-0,67	-0,55	-0,58	-0,19	-0,52	0,56	0,26	0,11	0,12	-0,11	0,05	0,5	
fev	4	0,76	-0,38	-0,11	1,00	0,73	0,73	0,57	0,68	0,80	0,80	0,10	0,82	-0,67	-0,21	-0,33	-0,14	0,20	-0,12	0,3	
mar	5	0,86	-0,47	-0,54	0,73	1,00	0,97	0,84	0,97	0,84	0,84	0,14	0,84	-0,95	-0,27	0,00	-0,11	0,18	-0,10	0,1	
abr	6	0,88	-0,53	-0,54	0,73	0,97	1,00	0,89	0,95	0,87	0,87	0,04	0,87	-0,97	-0,17	-0,01	-0,02	0,13	-0,05	0	
mai	7	0,77	-0,54	-0,49	0,57	0,84	0,89	1,00	0,85	0,76	0,76	-0,35	0,75	-0,97	0,24	0,08	0,31	-0,03	0,10	-0,2	
jun	8	0,93	-0,53	-0,67	0,68	0,97	0,95	0,85	1,00	0,89	0,90	0,15	0,89	-0,95	-0,28	-0,09	-0,12	0,19	-0,10	-0,5	
jul	9	0,99	-0,73	-0,55	0,80	0,84	0,87	0,76	0,89	1,00	1,00	0,06	0,99	-0,85	-0,19	-0,42	-0,08	0,12	-0,03	-0,8	
ago	10	0,99	-0,71	-0,58	0,80	0,84	0,87	0,76	0,90	1,00	1,00	0,07	0,99	-0,86	-0,20	-0,40	-0,09	0,13	-0,06	-1	
set	11	0,09	0,19	-0,19	0,10	0,14	0,04	-0,35	0,15	0,06	0,07	1,00	0,06	0,13	-0,99	0,06	-0,78	0,39	-0,40	-1	
out	12	0,98	-0,73	-0,52	0,82	0,84	0,87	0,75	0,89	0,99	0,99	0,06	1,00	-0,85	-0,19	-0,42	-0,09	0,12	-0,03	-1	
	PC1	-0,87	0,56	0,56	-0,67	-0,95	-0,97	-0,97	-0,95	-0,85	-0,86	0,13	-0,85	1,00	0,00	0,00	-0,12	-0,07	-0,01		
	PC2	-0,22	-0,11	0,26	-0,21	-0,27	-0,17	0,24	-0,28	-0,19	-0,20	-0,99	-0,19	0,00	1,00	0,00	0,79	-0,41	0,40		
	PC3	-0,38	0,46	0,11	-0,33	0,00	-0,01	0,08	-0,09	-0,42	-0,40	0,06	-0,42	0,00	0,00	1,00	0,13	0,01	-0,04		
	COB.	-0,11	-0,14	0,12	-0,14	-0,11	-0,02	0,31	-0,12	-0,08	-0,09	-0,78	-0,09	-0,12	0,79	0,13	1,00	-0,41	0,31		
	DEC.	0,15	0,17	-0,11	0,20	0,18	0,13	-0,03	0,19	0,12	0,13	0,39	0,12	-0,07	-0,41	0,01	-0,41	1,00	-0,34		
	SOL.	-0,06	-0,21	0,05	-0,12	-0,10	-0,05	0,10	-0,10	-0,03	-0,06	-0,40	-0,03	-0,01	0,40	-0,04	0,31	-0,34	1,00		
2000		nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	VARIÁVEIS							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PC1	PC2	PC3	COB.	DEC.	SOL.	ENOS	
nov	1	1,00	0,97	-0,89	-0,46	-0,49	-0,37	-0,27	-0,22	0,05	0,28	0,14	0,93	0,19	0,95	0,15	-0,09	0,14	-0,05	-0,7	
dez	2	0,97	1,00	-0,90	-0,47	-0,52	-0,40	-0,31	-0,26	0,01	0,25	0,16	0,88	0,22	0,95	0,16	-0,10	0,17	-0,08	-0,7	
jan	3	-0,89	-0,90	1,00	0,65	0,53	0,42	0,34	0,30	0,06	-0,17	-0,21	-0,80	-0,27	-0,85	-0,25	0,13	-0,13	0,05	-1,7	
fev	4	-0,46	-0,47	0,65	1,00	0,72	0,68	0,65	0,64	0,53	0,39	-0,61	-0,40	-0,63	-0,36	-0,21	0,51	-0,29	0,20	-1,4	
mar	5	-0,49	-0,52	0,53	0,72	1,00	0,98	0,96	0,95	0,80	0,68	-0,91	-0,46	-0,94	-0,34	0,02	0,73	-0,43	0,38	-1,1	
abr	6	-0,37	-0,40	0,42	0,68	0,98	1,00	0,99	0,99	0,88	0,78	-0,96	-0,35	-0,98	-0,19	0,03	0,75	-0,43	0,39	-0,8	
mai	7	-0,27	-0,31	0,34	0,65	0,96	0,99	1,00	1,00	0,92	0,84	-0,98	-0,25	-1,00	-0,09	0,02	0,77	-0,44	0,40	-0,7	
jun	8	-0,22	-0,26	0,30	0,64	0,95	0,99	1,00	1,00	0,94	0,87	-0,99	-0,19	-1,00	-0,03	0,00	0,78	-0,43	0,40	-0,6	
jul	9	0,05	0,01	0,06	0,53	0,80	0,88	0,92	0,94	1,00	0,95	-0,97	0,10	-0,95	0,26	-0,14	0,77	-0,38	0,37	-0,6	
ago	10	0,28	0,25	-0,17	0,39	0,68	0,78	0,84	0,87	0,95	1,00	-0,91	0,26	-0,88	0,46	0,10	0,72	-0,35	0,36	-0,5	
set	11	0,14	0,16	-0,21	-0,61	-0,91	-0,96	-0,98	-0,99	-0,97	-0,91	1,00	0,12	0,99	-0,06	0,03	-0,79	0,42	-0,40	-0,5	
out	12	0,93	0,88	-0,80	-0,40	-0,46	-0,35	-0,25	-0,19	0,10	0,26	0,12	1,00	0,17	0,92	-0,13	-0,06	0,12	-0,07	-0,6	
	PC1	0,19	0,22	-0,27	-0,63	-0,94	-0,98	-1,00	-1,00	-0,95	-0,88	0,99	0,17	1,00	0,00	0,00	-0,79	0,43	-0,40		
	PC2	0,95	0,95	-0,85	-0,36	-0,34	-0,19	-0,09	-0,03	0,26	0,46	-0,06	0,92	0,00	1,00	0,00	0,06	0,08	0,00		
	PC3	0,15	0,16	-0,25	-0,21	0,02	0,03	0,02	0,00	-0,14	0,10	0,03	-0,13	0,00	0,00	1,00	-0,03	-0,05	0,07		
	COB.	-0,09	-0,10	0,13	0,51	0,73	0,75	0,77	0,78	0,77	0,72	-0,79	-0,06	-0,79	0,06	-0,03	1,00	-0,43	0,31		
	DEC.	0,14	0,17	-0,13	-0,29	-0,43	-0,43	-0,44	-0,43	-0,38	-0,35	0,42	0,12	0,43	0,08	-0,05	-0,43	1,00	-0,34		
	SOL.	-0,05	-0,08	0,05	0,20	0,38	0,39	0,40	0,40	0,37	0,36	-0,40	-0,07	-0,40	0,00	0,07	0,31	-0,34	1,00		
2005		nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	VARIÁVEIS							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PC1	PC2	PC3	COB.	DEC.	SOL.	ENOS	
nov	1	1,00	-0,36	-0,61	0,19	-0,04	0,11	0,77	-0,02	-0,08	0,18	0,10	-0,14	-0,02	0,21	-0,86	-0,05	0,12	-0,03	-0,6	
dez	2	-0,36	1,00	0,88	-0,13	0,02	-0,12	-0,29	-0,11	-0,15	-0,43	0,04	0,51	0,12	-0,57	0,46	-0,09	0,11	-0,14	-0,8	
jan	3	-0,61	0,88	1,00	-0,08	0,14	-0,02	-0,34	-0,05	-0,07	-0,42	-0,07	0,69	0,02	-0,71	0,57	-0,01	-0,05	-0,03	0,6	
fev	4	0,19	-0,13	-0,08	1,00	0,70	0,72	0,34	0,76	0,78	0,64	-0,67	0,16	-0,73	0,09	-0,13	0,57	-0,20	0,14	0,6	
mar	5	-0,04	0,02	0,14	0,70	1,00	0,98	0,22	0,41	0,85	0,73	-0,98	0,32	-0,98	-0,20	0,02	0,67	-0,34	0,29	0,4	

abr	6	0,11	-0,12	-0,02	0,72	0,98	1,00	0,34	0,41	0,84	0,78	-0,96	0,24	-0,98	-0,11	-0,13	0,66	-0,33	0,29	0,4
mai	7	0,77	-0,29	-0,34	0,34	0,22	0,34	1,00	0,02	0,00	0,10	-0,07	0,31	-0,20	-0,22	-0,93	0,06	-0,12	0,12	0,3
jun	8	-0,02	-0,11	-0,05	0,76	0,41	0,41	0,02	1,00	0,59	0,47	-0,43	-0,02	-0,46	0,21	0,10	0,37	-0,09	0,04	0,1
jul	9	-0,08	-0,15	-0,07	0,78	0,85	0,84	0,00	0,59	1,00	0,89	-0,89	-0,03	-0,91	0,27	0,20	0,74	-0,26	0,20	-0,1
ago	10	0,18	-0,43	-0,42	0,64	0,73	0,78	0,10	0,47	0,89	1,00	-0,81	-0,33	-0,85	0,52	-0,06	0,63	-0,19	0,19	-0,1
set	11	0,10	0,04	-0,07	-0,67	-0,98	-0,96	-0,07	-0,43	-0,89	-0,81	1,00	-0,16	0,99	0,05	-0,12	-0,68	0,31	-0,27	-0,1
out	12	-0,14	0,51	0,69	0,16	0,32	0,24	0,31	-0,02	-0,03	-0,33	-0,16	1,00	-0,14	-0,85	-0,03	0,07	-0,16	0,10	-0,3
	PC1	-0,02	0,12	0,02	-0,73	-0,98	-0,98	-0,20	-0,46	-0,91	-0,85	0,99	-0,14	1,00	0,00	0,00	-0,70	0,31	-0,28	
	PC2	0,21	-0,57	-0,71	0,09	-0,20	-0,11	-0,22	0,21	0,27	0,52	0,05	-0,85	0,00	1,00	0,00	0,11	0,14	-0,10	
	PC3	-0,86	0,46	0,57	-0,13	0,02	-0,13	-0,93	0,10	0,20	-0,06	-0,12	-0,03	0,00	0,00	1,00	0,11	0,00	-0,05	
	COB.	-0,05	-0,09	-0,01	0,57	0,67	0,66	0,06	0,37	0,74	0,63	-0,68	0,07	-0,70	0,11	0,11	1,00	-0,31	0,18	
	DEC.	0,12	0,11	-0,05	-0,20	-0,34	-0,33	-0,12	-0,09	-0,26	-0,19	0,31	-0,16	0,31	0,14	0,00	-0,31	1,00	-0,34	
	SOL.	-0,03	-0,14	-0,03	0,14	0,29	0,29	0,12	0,04	0,20	0,19	-0,27	0,10	-0,28	-0,10	-0,05	0,18	-0,34	1,00	
2010		out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	VARIÁVEIS						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PC1	PC2	PC3	COB.	DEC.	SOL.	ENOS
out	1	1,00	-0,50	0,09	0,71	0,30	0,53	0,18	0,21	0,31	0,21	0,98	0,73	-0,17	-0,76	-0,30	-0,11	0,24	-0,14	-1,6
nov	2	-0,50	1,00	0,52	-0,72	-0,24	-0,35	-0,13	-0,12	-0,21	-0,27	-0,59	-0,73	0,08	0,72	0,44	0,17	0,06	-0,13	-1,6
dez	3	0,09	0,52	1,00	-0,26	-0,27	-0,26	-0,37	-0,37	-0,37	0,24	-0,07	-0,30	0,36	0,14	0,18	-0,22	0,35	-0,33	-1,6
jan	4	0,71	-0,72	-0,26	1,00	0,73	0,80	0,44	0,43	0,52	0,08	0,75	0,99	-0,39	-0,90	-0,03	-0,01	0,05	0,03	1,5
fev	5	0,30	-0,24	-0,27	0,73	1,00	0,95	0,68	0,66	0,69	-0,34	0,35	0,71	-0,64	-0,54	0,52	0,31	-0,08	0,09	1,2
mar	6	0,53	-0,35	-0,26	0,80	0,95	1,00	0,70	0,70	0,75	-0,33	0,58	0,80	-0,68	-0,63	0,36	0,32	-0,05	0,07	0,8
abr	7	0,18	-0,13	-0,37	0,44	0,68	0,70	1,00	1,00	0,99	-0,86	0,25	0,44	-1,00	-0,05	0,01	0,64	-0,25	0,25	0,4
mai	8	0,21	-0,12	-0,37	0,43	0,66	0,70	1,00	1,00	0,99	-0,86	0,28	0,43	-1,00	-0,05	-0,02	0,64	-0,24	0,24	-0,2
jun	9	0,31	-0,21	-0,37	0,52	0,69	0,75	0,99	0,99	1,00	-0,80	0,39	0,52	-0,99	-0,15	-0,05	0,59	-0,21	0,22	-0,7
jul	10	0,21	-0,27	0,24	0,08	-0,34	-0,33	-0,86	-0,86	-0,80	1,00	0,16	0,08	0,89	-0,46	-0,04	-0,70	0,30	-0,25	-1
ago	11	0,98	-0,59	-0,07	0,75	0,35	0,58	0,25	0,28	0,39	0,16	1,00	0,78	-0,24	-0,78	-0,33	-0,06	0,17	-0,09	-1,3
set	12	0,73	-0,73	-0,30	0,99	0,71	0,80	0,44	0,43	0,52	0,08	0,78	1,00	-0,39	-0,90	-0,07	0,00	0,04	0,02	-1,6
	PC1	-0,17	0,08	0,36	-0,39	-0,64	-0,68	-1,00	-1,00	-0,99	0,89	-0,24	-0,39	1,00	0,00	0,00	-0,65	0,25	-0,24	
	PC2	-0,76	0,72	0,14	-0,90	-0,54	-0,63	-0,05	-0,05	-0,15	-0,46	-0,78	-0,90	0,00	1,00	-0,01	0,27	-0,17	0,09	
	PC3	-0,30	0,44	0,18	-0,03	0,52	0,36	0,01	-0,02	-0,05	-0,04	-0,33	-0,07	0,00	-0,01	1,00	0,10	0,02	-0,07	
	COB.	-0,11	0,17	-0,22	-0,01	0,31	0,32	0,64	0,64	0,59	-0,70	-0,06	0,00	-0,65	0,27	0,10	1,00	-0,30	0,18	
	DEC.	0,24	0,06	0,35	0,05	-0,08	-0,05	-0,25	-0,24	-0,21	0,30	0,17	0,04	0,25	-0,17	0,02	-0,30	1,00	-0,34	
	SOL.	-0,14	-0,13	-0,33	0,03	0,09	0,07	0,25	0,24	0,22	-0,25	-0,09	0,02	-0,24	0,09	-0,07	0,18	-0,34	1,00	
2015		fev	mar	abr	mai	jun	jun	ago	set	out	nov	dez	jan	VARIÁVEIS						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PC1	PC2	PC3	COB.	DEC.	SOL.	ENOS
fev	1	1,00	-0,64	0,68	0,77	0,71	0,87	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	1,00	-0,99	-0,07	0,05	0,55	-0,08	0,13	0,5
mar	2	-0,64	1,00	0,00	-0,02	-0,56	-0,79	-0,70	-0,73	-0,69	-0,64	-0,59	-0,69	0,70	-0,70	0,14	-0,77	0,23	-0,24	0,5
abr	3	0,68	0,00	1,00	0,88	0,56	0,49	0,62	0,61	0,62	0,59	0,66	0,65	-0,62	-0,52	0,45	0,07	0,07	-0,01	0,7
mai	4	0,77	-0,02	0,88	1,00	0,45	0,49	0,71	0,69	0,73	0,75	0,80	0,72	-0,72	-0,67	0,15	0,09	0,09	-0,01	0,9
jun	5	0,71	-0,56	0,56	0,45	1,00	0,84	0,73	0,71	0,69	0,62	0,64	0,73	-0,70	0,20	0,50	0,54	-0,11	0,10	1,2
jul	6	0,87	-0,79	0,49	0,49	0,84	1,00	0,93	0,90	0,88	0,84	0,83	0,90	-0,90	0,30	0,29	0,74	-0,18	0,19	1,5
ago	7	0,98	-0,70	0,62	0,71	0,73	0,93	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,98	-0,99	0,03	0,09	0,62	-0,11	0,16	1,9
set	8	0,99	-0,73	0,61	0,69	0,71	0,90	0,99	1,00	1,00	0,98	0,98	0,99	-1,00	0,05	0,00	0,61	-0,11	0,16	2,2
out	9	0,99	-0,69	0,62	0,73	0,69	0,88	0,98	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	-1,00	-0,01	-0,03	0,58	-0,08	0,14	2,4
nov	10	0,98	-0,64	0,59	0,75	0,62	0,84	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	0,97	-0,99	-0,08	-0,12	0,55	-0,05	0,11	2,6
dez	11	0,99	-0,59	0,66	0,80	0,64	0,83	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	0,97	-0,99	-0,14	-0,05	0,52	-0,05	0,11	2,6
jan	12	1,00	-0,69	0,65	0,72	0,73	0,90	0,98	0,99	0,99	0,97	0,97	1,00	-0,99	0,01	0,06	0,59	-0,11	0,16	0,5

		PC1	PC2	PC3	COB.	DEC.	SOL.	VARIÁVEIS												
2020		out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	PC1	PC2	PC3	COB.	DEC.	SOL.	ENOS
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
	PC1	-0,99	0,70	-0,62	-0,72	-0,70	-0,90	-0,99	-1,00	-1,00	-0,99	-0,99	-0,99	1,00	0,00	0,00	-0,60	0,09	-0,15	
	PC2	-0,07	-0,70	-0,52	-0,67	0,20	0,30	0,03	0,05	-0,01	-0,08	-0,14	0,01	0,00	1,00	0,00	0,52	-0,26	0,20	
	PC3	0,05	0,14	0,45	0,15	0,50	0,29	0,09	0,00	-0,03	-0,12	-0,05	0,06	0,00	0,00	1,00	0,07	-0,10	0,06	
	COB.	0,55	-0,77	0,07	0,09	0,54	0,74	0,62	0,61	0,58	0,55	0,52	0,59	-0,60	0,52	0,07	1,00	-0,24	0,16	
	DEC.	-0,08	0,23	0,07	0,09	-0,11	-0,18	-0,11	-0,11	-0,08	-0,05	-0,05	-0,11	0,09	-0,26	-0,10	-0,24	1,00	-0,34	
	SOL.	0,13	-0,24	-0,01	-0,01	0,10	0,19	0,16	0,16	0,14	0,11	0,11	0,16	-0,15	0,20	0,06	0,16	-0,34	1,00	
out	1	1,00	-0,86	-0,82	0,46	0,22	0,16	0,19	0,49	-0,68	-0,10	-0,85	-0,89	0,16	-0,64	0,63	0,11	0,20	-0,08	-1,2
nov	2	-0,86	1,00	0,97	-0,61	-0,36	-0,24	-0,26	-0,68	0,80	0,12	0,77	0,79	-0,21	0,70	-0,49	-0,09	-0,07	0,01	-1,3
dez	3	-0,82	0,97	1,00	-0,69	-0,40	-0,26	-0,29	-0,71	0,81	0,14	0,72	0,74	-0,23	0,69	-0,44	-0,08	-0,05	-0,03	-1,2
jan	4	0,46	-0,61	-0,69	1,00	0,80	0,40	0,42	0,96	-0,81	-0,16	-0,65	-0,60	0,31	-0,78	0,05	0,08	-0,02	0,05	0,5
fev	5	0,22	-0,36	-0,40	0,80	1,00	0,63	0,62	0,80	-0,48	-0,37	-0,50	-0,42	0,53	-0,63	-0,21	0,27	-0,13	0,14	0,5
mar	6	0,16	-0,24	-0,26	0,40	0,63	1,00	0,99	0,41	-0,15	-0,88	-0,26	-0,19	0,97	-0,17	-0,19	0,73	-0,20	0,18	0,4
abr	7	0,19	-0,26	-0,29	0,42	0,62	0,99	1,00	0,43	-0,18	-0,90	-0,29	-0,21	0,98	-0,16	-0,12	0,73	-0,20	0,19	0,2
mai	8	0,49	-0,68	-0,71	0,96	0,80	0,41	0,43	1,00	-0,84	-0,16	-0,71	-0,64	0,32	-0,82	0,07	0,09	-0,04	0,07	-0,1
jun	9	-0,68	0,80	0,81	-0,81	-0,48	-0,15	-0,18	-0,84	1,00	-0,02	0,79	0,77	-0,10	0,81	-0,36	0,04	-0,07	0,02	-0,3
jul	10	-0,10	0,12	0,14	-0,16	-0,37	-0,88	-0,90	-0,16	-0,02	1,00	0,11	0,06	-0,97	-0,20	-0,12	-0,74	0,18	-0,19	-0,4
ago	11	-0,85	0,77	0,72	-0,65	-0,50	-0,26	-0,29	-0,71	0,79	0,11	1,00	0,95	-0,22	0,80	-0,48	-0,12	-0,09	-0,01	-0,6
set	12	-0,89	0,79	0,74	-0,60	-0,42	-0,19	-0,21	-0,64	0,77	0,06	0,95	1,00	-0,15	0,78	-0,57	-0,08	-0,20	0,09	-0,9
	PC1	0,16	-0,21	-0,23	0,31	0,53	0,97	0,98	0,32	-0,10	-0,97	-0,22	-0,15	1,00	0,00	-0,01	0,75	-0,19	0,19	
	PC2	-0,64	0,70	0,69	-0,78	-0,63	-0,17	-0,16	-0,82	0,81	-0,20	0,80	0,78	0,00	1,00	-0,02	0,07	-0,09	0,05	
	PC3	0,63	-0,49	-0,44	0,05	-0,21	-0,19	-0,12	0,07	-0,36	-0,12	-0,48	-0,57	-0,01	-0,02	1,00	-0,04	0,21	-0,08	
	COB.	0,11	-0,09	-0,08	0,08	0,27	0,73	0,73	0,09	0,04	-0,74	-0,12	-0,08	0,75	0,07	-0,04	1,00	-0,16	0,08	
	DEC.	0,20	-0,07	-0,05	-0,02	-0,13	-0,20	-0,20	-0,04	-0,07	0,18	-0,09	-0,20	-0,19	-0,09	0,21	-0,16	1,00	-0,34	
	SOL.	-0,08	0,01	-0,03	0,05	0,14	0,18	0,19	0,07	0,02	-0,19	-0,01	0,09	0,19	0,05	-0,08	0,08	-0,34	1,00	

Fonte: adaptado de SOUZA, 2023. Elaboração: os autores, 2023.

Entre todos os anos estudados, o parâmetro de cobertura da terra foi o elemento analisado que obteve uma maior correlação com os valores de BHC mensais e de componentes principais comparados, com correlação predominantemente moderada na maioria dos anos, exceto durante o ano de 1995, que predominou uma correlação muito fraca, e ao decorrer do ano de 2000, que predominou forte correlação (Tabela 3). Nos anos de 1985, 1990 e 2000, as variáveis declividade e solos atingiram correlação de fraca a muito fraca com os demais componentes em análise, e nos demais anos a correlação se manteve predominantemente muito fraca, com as variações muito próximas entre os dois parâmetros.

Ressalta-se que as alterações no uso e cobertura da terra geram mudanças na dinâmica superficial das paisagens, resultando em estabilização ou intensificação de processos erosivos, não obstante, o município de Cacequi, além de acolher muitos processos erosivos, possui litologias muito friáveis (RADEMANN; TRENTIN; ROBAINA, 2018; 2019). E, embora os resultados de correlação apresentem fraca correlação, observa-se que nestas mesmas regiões em que há oscilação entre os extremos hídricos e predomínio de cultivo de soja, a classe de solo Planossolo Hidromórfico Eutrófico Arênico é predominante e todos estes processos estão situados em áreas de várzea e em regiões de menor declividade. Ainda, quanto a classe de solo, esta classe representa solos planos e mal drenados, que possuem muito baixa resistência a impactos ambientais, com risco de inundação de ocasional a frequente (STRECK et al., 2002; FEPAM; FAURGS, 2005).

Além disso, o ano em que o parâmetro de cobertura da terra apresentou menor correlação foi 1995, o mesmo período em que ocorreu uma estagnação da silvicultura e uma diminuição de áreas destinadas ao cultivo de soja (MAPBIOMAS, 2022). Neste ano, o IOS apresentou variação de *El Niño* durante os três primeiros meses de BHC, os quatro meses seguintes foram considerados normais e os demais meses apresentaram variação *La Niña*. Com isso, pressupõe-se que o PC2 deste ano está relacionado aos padrões de cobertura da terra, enquanto o PC3 expressa as variáveis climáticas e o principal componente do BHC (PC1) expressa uma combinação de fatores relacionados à cobertura da terra e clima.

Diante os resultados, destaca-se que a variabilidade do BHC pode ser explicada principalmente pelas alterações na cobertura de terra, em que as áreas agrícolas oscilam entre os dois extremos hídricos (déficit e excedente), enquanto as áreas de vegetação nativa trabalham promovendo a regularização no sistema hídrico e os efeitos de ENOS atuaram principalmente com o agravamento de reações extremas dentro do BHC em déficit hídrico (*La Niña*) e excedente hídrico (*El Niño*).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo, foi possível analisar o impacto das mudanças nas classes de cobertura da terra no BHC do município de Cacequi/RS e a sua correlação com o fenômeno ENOS. A partir do cálculo do BHC para o município, para os anos de 1985 a 2020, em intervalos de 5 anos, foi possível analisar os diferentes padrões de disponibilidade hídrica.

Os resultados demonstraram que o BHC do município está relacionado, na maior parte do tempo, com as alterações na cobertura da terra. Observou-se ao longo do período estudado uma maior variabilidade do BHC sobre áreas agrícolas, o que demonstra a importância das áreas de vegetação nativa para uma maior regularidade na disponibilidade hídrica. Os efeitos de ENOS atuaram principalmente com o agravamento de reações extremas dentro do BHC em déficit hídrico (*La Niña*) e excedente hídrico (*El Niño*).

Também, este agravamento de eventos extremos identificado pode ter sinergia com os efeitos da mudança climática, o que justifica a importância para que maiores estudos sobre os efeitos da mudança climática sobre o BHC sejam efetuados, combinado com diferentes cenários de alterações da cobertura da terra, com vista no assessoramento de políticas públicas para mitigação dos efeitos da mudança climática e para o planejamento e reordenamento territorial e ambiental.

Nesta pesquisa, não foram encontrados padrões de correlação entre os parâmetros de declividade e classificação de solos com o BHC. Contudo, foi possível constatar que a ação combinada das taxas de substituição para o cultivo agrícola, principalmente para a classe de soja, potencializou os efeitos do déficit hídrico. Também, ao verificar a hipótese de pesquisa, foi possível confirmar que a suscetibilidade ao déficit hídrico nesta região está correlacionada principalmente com as transformações nas classes de cobertura da terra impulsionadas pelo setor agrícola, entretanto, quanto ao fenômeno ENOS de anomalia climática, somente foi possível identificar o agravamento de comportamentos extremos.

Ainda, recomenda-se, em função da não estacionariedade das séries climáticas, que estudos futuros do BHC sejam efetuados de forma sequencial, especialmente para reduzir os níveis de incerteza quanto aos resultados e abordar a complexidade das paisagens e sistemas ambientais em uma constância de escalas temporais.

REFERÊNCIAS

- ABATZOGLOU, J.T. **Terraclimate**, Climatology Lab, University of California, Merced, 2022. Disponível em: https://climate.northwestknowledge.net/TERRACLIMATE/index_directDownloads.php. Acesso em: 10 set. 2022.
- BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. 7 ed. 3 reimp. Florianópolis/SC: Editora UFSC, 2011. 320 p. ISBN: 978-85-328-0396-2.
- BECKER, D. F. Desenvolvimento regional: Abordagens interdisciplinares. In: BECKER, D. F.; WITTMANN, M. L. (orgs.). **Desenvolvimento regional: Abordagens interdisciplinares**. 2. ed. 1. reimp. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2010. 396 p.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 112 p. ISBN 85-7025-687-6.

BRASIL. **Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm. Acesso em: 26 maio 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. D.O.U. de 9 jan. 1997.

BRASIL. **Portaria nº 585, de 2 de fevereiro de 2023**. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional/Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil-MIDR. Brasília/DF, 2 fev. 2023, ed. 25, seção 1, p. 17. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-585-de-2-de-fevereiro-de-2023-462025445>. Acesso em: 1 jul. 2023.

CARVALHO NETO, R. M. **Uso do Balanço Hídrico Climatológico para Subsidiar Tomadas de Decisão Quanto ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Santa Maria, RS, Brasil, 26 ago. 2011.

CARVALHO NETO, R. M. **Análise de incertezas do Balanço Hídrico Climatológico especializado**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Santa Maria, RS, Brasil, 05 ago. 2016.

CONRAD, O. et al. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. **Geoscientific Model Development**, 7 ed., v. 8, Munique, Alemanha, 2015. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>

FARINA, A. **Principles and Methods in Landscape Ecology** - Toward a Science of Landscape. Springer: Landscape Series. v. 3. Dordrecht, Holanda, 2006.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental. FAURGS - Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Relatório Final**: Classificação taxonômica dos solos do Estado do Rio Grande do Sul segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e Avaliação da classe de resistência a impactos ambientais. (Não publicado). 2005.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: FLORENZANO, T. G (org.). **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GLANTZ, M. H. **Currentes of change**: El Niño impacts on climate and society. 2ª reimp. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 1997. 208 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rio Grande do Sul** - Malha municipal 2016. Divisão político-administrativa, 2017. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2016/UFs/RS/rs_municipios.zip. Acesso em: 25 mar. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas Urbanizadas do Brasil 2019**. Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **BC250 - Base Cartográfica Contínua do Brasil - 1:250 000 - 2019**. Diretoria de Geociências - DGC / Coordenação de Geodésia e Cartografia - CGC. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial brasileira 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021a.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2021**. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. Rio de Janeiro: IBGE, 2021b.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rio Grande do Sul** - Malha municipal 2022. Divisão político-administrativa, 2022. Disponível em:

https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2022/UFs/RS/RS_Municipios_2022.zip. Acesso em: 25 mar. 2023.

LANNA, A. E.; DORFMAN, R. Sistemas de gerenciamento de recursos hídricos: críticas a algumas propostas. **Revista De Administração Pública**, v. 27, n. 2, 1993. p. 63-73. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/8666>. Acesso em 20 jun. 2023.

LANNA, A. E. Gestão dos Recursos Hídricos. In: **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 3 ed. TUCCI, C. E. M. (org.). Porto Alegre: ABRH, 2002.

LATERRA, P. et al. *Jerarquización y mapeo de pastizales según su provisión de servicios ecosistémicos*. In: PILLAR, V.P. et al. (ed). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. 403p.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas** – Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de cobertura e uso da Terra do Brasil, 2022. Disponível em: [https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-71/lcl/coverage/brasil_coverage_\[ano\].tif](https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-71/lcl/coverage/brasil_coverage_[ano].tif). Acesso em: 30 abr. 2023.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. S. **Landscape Ecology: theory and application**. Nova York: Springer-Verlag, 1984. 356 p.

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*. **El Niño / Southern Oscillation (ENSO), Historical El Niño / La Niña episodes (1950-present)**. *Cold & Warm Episodes by Season*. University Research Court College Park, Maryland, Estados Unidos, 2023. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 01 jun. 2023.

PILLAR V. P. et al. **Estado atual e desafios para a conservação dos campos**. (Workshop). In: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. 24 p. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=15673. Acesso em: 01 jun. 2023.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Desktop User Guide/Manual (QGIS 3.28)**, 2023. Disponível em: https://docs.qgis.org/3.28/pt_BR/docs/server_manual/. Acesso em: 24 jun. 2023.

RADEMANN, L. K.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Relação das Variáveis Ambientais com os Processos Erosivos no Município de Cacequi, Rio Grande do Sul. **Revista Georaguaiá**, v. 8, n. 2. p. 32-48. Barra do Garças/MT, 2018. ISSN: 2236-9716. Disponível em <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/7675>. Acesso em: 20 jun. 2023.

RADEMANN, L. K.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. **Série Histórica do Uso e Ocupação da Terra no Município de Cacequi - RS de 1986 a 2016**. Revista de Geografia, v. 9, n. 1, Juiz de Fora/MG. Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo, Departamento de Geociências, Instituto de Ciências Humanas da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2019.v9.29256>

RSTUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, PBC, Boston, Massachusetts. RStudio versão 2023.06.0+421, 08 jun. 2023. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit Hídrico e os Processos Morfológico e Fisiológico das Plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 1998, v.2, n.3, p.287-294. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p287-294>.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p. ISBN: 978-85-86238-62-8.

SOUZA, C. E. L. D. **Balanço Hídrico Climatológico do Município de Cacequi: Efeitos do Fenômeno ENOS e da Mudança na Cobertura da Terra**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pampa Campus São Gabriel, Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental. (Não Publicado). São Gabriel, RS, 2023. 84 p.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. ISBN: 85-7025-648-5.

TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Planos de Informação em GeoTiff, Declividade numérica. São José dos Campos/SP, Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 01 jun. 2023.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Guia metodologica para la elaboracion del balance hídrico de América del Sur**. Montevideo, Uruguai, 1982. 130p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000051960>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Recebido em: 03/10/2023

Aceito para publicação em: 15/12/2023