

# Grupo de Estudos Climáticos: 25 anos de história e produção científica

## CLIMATE STUDIES GROUP: 25 YEARS OF HISTORY AND SCIENTIFIC PRODUCTION

PAOLA GIMENES BUENO<sup>1,2</sup>, AMANDA REHBEIN<sup>1,2,3</sup>, NATÁLIA MACHADO CRESPO<sup>1,2,3</sup>, ANDRESSA ANDRADE CARDOSO<sup>1,2</sup>, LUIZ FELIPPE GOZZO<sup>1,3,5</sup>, ANA CAROLINA NÓBILE TOMAZIELLO<sup>1,3,6</sup>, MARIA LUIZA KOVALSKI<sup>1,7</sup>, HUGO ALVES BRAGA<sup>1,3,8</sup>, IURI VALÉRIO GRACIANO BORGES<sup>1,2</sup>, HENRI ROSSI PINHEIRO<sup>1,3</sup>, CAMILA BERTOLETTI CARPENEDO<sup>1,3,8</sup>, MICHELLE SIMÕES REBOITA<sup>1,3,9</sup>, ANITA RODRIGUES DE MORAES DRUMOND<sup>1,3</sup>, LUANA ALBERTANI PAMPUCH<sup>1,3,10</sup>, GYRLENE APARECIDA MENDES DA SILVA<sup>1,3,11</sup>, ALEXANDRE PEZZA<sup>1,3,12</sup>, MARIA DE SOUZA CUSTODIO<sup>1,3,13</sup>, MARTA PEREIRA LLOPART<sup>1,3,13</sup>, TERCIO AMBRIZZI<sup>1</sup>, LÍVIA MÁRCIA MOSSO DUTRA<sup>1,13</sup>, ROSMERI PORFÍRIO DA ROCHA<sup>1,14</sup>

1 - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS, DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS, SÃO PAULO, SP, BRASIL.

2 - DOUTORANDO/A EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS.

3 - DOUTOR/A EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS.

4 - PÓS-DOUTORANDO/A EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS.

5 - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP), CURSO DE METEOROLOGIA, PROFESSOR ASSISTENTE, BAURU, SP, BRASIL.

6 - RAÍZEN ENERGIA, METEOROLOGISTA COORDENADORA DE INTELIGÊNCIA DE MERCADO, SÃO PAULO, SP, BRASIL.

7 - MESTRANDO/A EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS.

8 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR), DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA, PROFESSORA ASSISTENTE, CURITIBA, PR, BRASIL.

9 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ (UNIFEI), INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS, PROFESSORA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS, ITAJUBÁ, MG, BRASIL.

10 - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO", INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP, BRASIL.

11 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO (UNIFESP), INSTITUTO DO MAR, PROFESSORA ADJUNTA, SÃO PAULO, SP, BRASIL.

12 - CONSELHO REGIONAL DE WELLINGTON, DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE, CIENTISTA SÊNIOR, AUCKLAND, NOVA ZELÂNDIA.

13 - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP), DEPARTAMENTO DE FÍSICA E METEOROLOGIA, FACULDADE DE CIÊNCIAS, PROFESSORA ASSISTENTE, BAURU, SP, BRASIL.

E-MAIL: PAOLA.BUENO@IAG.USP.BR, AMANDA.REHBEIN@USP.BR, NATALIA.CRESPO@ALUMNI.USP.BR, LUIZ.GOZZO@UNESP.BR, CAROLNOBILE@ALUMNI.USP.BR, MALUKOVALSKI@USP.BR, HUGO.BRAGA@ALUMNI.USP.BR, IURIVALERIO@USP.BR, HENRI.PINHEIRO@USP.BR, CAMILA.CARPENEDO@UFPR.BR, REBOITA@UNIFEI.EDU.BR, ANITA.DRUMOND@USP.BR, GYRLENE@GMAIL.COM, ALEX.PEZZA@GW.GOV.TZ, M.CUSTODIO@UNESP.BR, M.LLOPART@UNESP.BR, AMBRIZZI@IAG.USP.BR.

**Abstract: Introduction.** The Climate Studies Group (GrEC) of the University of São Paulo was created in 1997 by undergraduate and graduate students of Atmospheric Sciences. **Objective.** The GrEC aims to hold monthly discussions about climate and its variability, with a special focus on Brazil. It summarizes the discussions as monthly reports. **Methodology.** Along the years, GrEC made available the monthly discussions and reports to the academic community and the general public. **Results and Conclusion.** The group also started to provide products for climate monitoring and forecasting, in addition to promoting extension activities and scientific dissemination at the service of society. This paper presents the evolution of the group over the years, as well as an appraisal of the scientific production, aiming to propagate its activities and honor all students and researchers who participated in the 25 years of GrEC's history.

**Resumo: Introdução.** O Grupo de Estudos Climáticos (GrEC) da Universidade de São Paulo foi criado em 1997 por alunos de graduação e pós-graduação de Ciências Atmosféricas. **Objetivo.** O intuito do GrEC é realizar discussões mensais sobre o clima e sua variabilidade, com foco especial sobre o Brasil, sintetizando as discussões em relatórios mensais. **Metodologia.** Com o passar dos anos o GrEC manteve as discussões mensais e a elaboração dos relatórios que passaram a ser disponibilizados à comunidade acadêmica e ao público em geral. **Resultados e Conclusão.** O grupo também passou a disponibilizar produtos para o monitoramento e previsão do clima, além de promover atividades de extensão e divulgação científica a serviço da sociedade. Este trabalho apresenta a evolução do grupo ao longo dos anos, bem como toda sua produção científica, com o objetivo de divulgar as atividades e homenagear todos os alunos e pesquisadores que participaram dos 25 anos de história do GrEC.

**Citation/Citação:** Bueno, P. G., Rehbein, A., Crespo, N. M., Cardoso, A. A., Gozzo, L. F., Tomaziello, A. C. N., Kovalski, M. L., ... & Ambrizzi, T. (2023). Grupo de Estudos Climáticos: 25 anos de história e produção científica. *Terrae Didática*, 19(Publ. Contínua), 1-12, e023013. doi: 10.20396/td.v19i00.8671983.



Artigo submetido ao sistema de similaridade

**Keywords:** Climatology, Climate Forecast, Tools and techniques, Scientific divulgation.

**Palavras-chave:** Climatologia, Previsão Climática, Ferramentas e técnicas, Divulgação científica.

**Manuscript/Manuscrito:**

Received/Recebido: 13/01/2023

Revised/Corrigido: 25/02/2023

Accepted/Aceito: 18/05/2023

Editor responsável: Celso Dal Ré Carneiro 

Revisão de idioma (Inglês): Hernani Aquini Fernandes Chaves 



# Introdução

Em 1997 foi criado o Grupo de Estudos Climáticos (GrEC) da Universidade de São Paulo (USP) pela necessidade de informativos climáticos mensais sobre o mês precedente e de previsões climáticas para a próxima estação do ano. O grupo foi constituído inicialmente apenas por alunos de graduação e pós-graduação com o intuito de motivá-los a realizarem discussões sobre clima e dinâmica da atmosfera, tendo como coordenador o jovem pesquisador recém-chegado de seu doutorado junto a Universidade de Reading, Inglaterra, o Prof. Dr. Tércio Ambrizzi. Com a criação do GrEC notou-se um aumento no interesse dos alunos do curso de Meteorologia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP (IAG/USP) pelos temas mencionados.

Antes da criação formal do GrEC, o então aluno de graduação Alexandre Bernardes Pezza (atualmente pesquisador na Nova Zelândia), enviava e-mails a todos os membros do Departamento de Meteorologia (chamado de Departamento de Ciências Atmosféricas, DCA, desde 1991) com um resumo do tempo e clima mensal. Na época, os precursores do grupo eram alunos que se reuniam mensalmente para discutir, principalmente, a previsão climática e redigir relatórios informativos. Originalmente, o relatório era divulgado somente para o DCA do IAG/USP e a eventuais interessados por meio de uma lista de e-mails. A partir de 1998, com a incorporação de novos estudantes de graduação e pós-graduação, foi possível a ampliação do seu conteúdo por meio da inclusão de novos produtos, atualização do seu formato e dos meios de divulgação. Em 2000, o conteúdo do relatório passou a ser disponibilizado em um sítio da internet e, desde 2013, a interface está disponível para a sociedade em <http://www.grec.iag.usp.br>.

À medida que os membros do GrEC vão se alterando em função de terem concluído seus estudos no IAG/USP, o coordenador discente é substituído. O GrEC coordenadores discentes – até o momento foram sete coordenadores – e em 2002, a Profª. Dra. Rosmeri Porfirio da Rocha ingressou no grupo, coordenando-o em conjunto com o Prof. Dr. Tércio Ambrizzi. Em 2003, as sínteses das discussões dos principais padrões climáticos observados durante o mês passaram a ser apresentadas para a comunidade acadêmica por meio do ciclo de seminários promovido pelo DCA, com o nome de *Seminário do GrEC*. Vários outros grupos de pesquisa do DCA e externos foram convidados a contribuir nas discussões cli-

máticas, como o Grupo de Estudos de Multi-Escala (GEM/USP) a partir de 2004, tornando o seminário mais completo e informativo.

Considerando a importância da comunicação multimídia para abranger um maior número de pessoas, a partir de 2018, os seminários do GrEC passaram a ser transmitidos publicamente no Youtube e na página do Facebook do DCA do IAG/USP. Tendo em vista que a transmissão dos seminários passou a ocorrer na forma de Webinar, particularmente após o início da pandemia da Covid-19, os seminários passaram a ser gravados e disponibilizados na página do DCA do IAG/USP no Youtube (<https://www.youtube.com/c/DepartamentodeCienciasAtmosfericasIAGUSP>).

No final do ano de 2021, o GrEC fez uma parceria com o Centro de Previsão e Estudos de Tempo e Clima de Minas Gerais (CEPreMG) da Universidade Federal de Itajubá, onde a integrante do grupo Profª. Dra. Michelle Reboita é docente e, desta forma, o GrEC passou a utilizar a ferramenta *online* (<https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/>) para monitoramento dos índices indicativos dos padrões de teleconexão (Souza & Reboita, 2021) como, por exemplo, o padrão El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Os usuários podem consultar a série temporal dos índices climáticos, os dados em forma tabular e realizar o *download* dos mesmos. O site também apresenta um Atlas (<https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/atlas/>) que mostra o impacto dos modos de variabilidade da atmosfera em diferentes escalas temporais na chuva da América do Sul (Reboita et al., 2021) e possui uma interface interativa para geração de médias mensais e anomalias de diferentes reanálises, que consistem em grandes conjuntos de dados com cobertura global gerados a partir da combinação de dados observados e modelos numéricos, disponibilizadas por grandes centros internacionais, como, por exemplo, a reanálise ERA5 (Hersbach et al., 2020) do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF).

Diante dessa breve retrospectiva, o objetivo do trabalho é apresentar os produtos desenvolvidos pelo GrEC e a sua importância para a sociedade ao longo de seus 25 anos de atuação. Destaca-se que a maioria dos ex-alunos do curso de Meteorologia da USP que integraram o GrEC, continuam sendo colaboradores ativos. Desta forma, o GrEC atualmente não é mais um grupo de estudos limitado às paredes da USP, mas possui colaboradores que fazem parte de instituições privadas bem como de ensino, pesquisa e extensão no Brasil e no exterior.

## Produtos desenvolvidos

Os produtos desenvolvidos pelo GrEC ao longo dos anos foram criados a partir das demandas que surgiam nas discussões climáticas mensais. Inclusive, muitos desses produtos foram frutos de trabalhos de pós-graduação de colaboradores do grupo. O primeiro produto criado logo no início do grupo foi o Relatório Climático Mensal, que apresenta uma síntese das principais informações climáticas do mês decorrido e previsões para os meses seguintes. Posteriormente foram criados produtos específicos para monitoramento e previsão climática, muitos dos quais foram incorporados aos relatórios e atualmente são disponibilizados no website do GrEC, como: mapas de médias climatológicas e anomalias de variáveis meteorológicas; monitoramento de frentes frias, ciclones e anticiclones; Índice de Precipitação Padronizado (SPI) para diferentes localidades; mapas de previsões mensais e sazonais de variáveis atmosféricas e oceânicas. Todos estes produtos serão apresentados e descritos a seguir.

## Website

O uso de fontes digitais tem ganho cada vez mais importância para a comunicação e disseminação de conteúdo, proporcionando o acesso à informação de forma rápida e acessível. Neste contexto, o GrEC criou um *website* em 2007 ([http://www.grec.iag.usp.br/link\\_grec\\_old/](http://www.grec.iag.usp.br/link_grec_old/)), tendo desenvolvido uma nova versão da página em 2013 (<http://www.grec.iag.usp.br/>), para divulgar diversas informações, como produtos para monitoramento e previsão climática, relatórios mensais, publicações (artigos, dissertações, teses etc.), projetos envolvendo alunos e pesquisadores do grupo etc.

Entre os produtos de monitoramento disponibilizados estão os Relatórios Climáticos Mensais, disponíveis de 1998 a 2013 no *website* antigo, e a partir de 2014 no novo *website*. Os relatórios apresentam campos brutos e anomalias observadas mensais de diversas variáveis meteorológicas acompanhados de breve descrição. Mapas de acumulados, climatologias e anomalias mensais e sazonais de precipitação e temperatura do ar observados são disponibilizados desde 2010 até o presente, sendo atualizados mensalmente.

O monitoramento de frentes frias sobre a América do Sul e Oceano Atlântico Sul (Pampuch & Ambrizzi, 2015 a,b) e de ciclones/anticiclones no Hemisfério Sul (Reboita & Marrafon, 2021) são disponibilizados mensalmente desde 2015 e 2011,

respectivamente. Adicionalmente, o *website* fornece o monitoramento mensal da posição da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) desde 2010 até o presente, com a opção de escolha do período da climatologia. Outro produto de monitoramento climático fornecido pelo GrEC é o Índice Padronizado de Precipitação (SPI, do inglês *Standard Precipitation Index*), disponível mensalmente a partir de 2020 para a região da Bacia do Rio São Francisco e duas estações localizadas no Estado de São Paulo.

Além dos produtos de monitoramento descritos anteriormente, também são disponibilizados mapas de anomalias mensais e sazonais previstas de precipitação, temperatura do ar a 2 metros e de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) para o Brasil, oceano adjacente e domínio global. Essas previsões são do modelo *Coupled Forecast System Model Version 2* (CFSv2) (Saha et al., 2014) para até seis meses à frente (ou para até quatro trimestres à frente, para o caso das previsões sazonais).

A relevância dos produtos disponibilizados pelo GrEC para a comunidade acadêmica e científica, órgãos públicos e privados e sociedade civil em geral pode ser ilustrada por meio da estatística de acessos aos produtos da página. Entre 2013 e 2022, o número de acessos foi de 10.959 visitantes e 49.152 visualizações, sendo acessadas, em média, 3 páginas por sessão, aproximadamente. Os produtos com maior número de acessos são, em ordem decrescente: monitoramento de frentes frias, previsão de anomalias mensais, relatórios mensais e previsão de anomalias sazonais (Fig. 1a).

O Brasil é o país com maior número de acessos ao site (50,4%), seguido dos Estados Unidos (14,8%), China (4,5%) e Reino Unido (3,2%), sendo que o portal foi visitado por 120 países (Fig. 1b). Desde o início da criação do *website*, tem-se observado um aumento expressivo de acessos, principalmente a partir de 2018, quando o número de acessos diários passou de 9,4 (no período de 2014-2017) para 21,5 (no período de 2018-2021). O aumento nos acessos a partir de 2018 provavelmente está relacionado à transmissão *on-line* dos seminários do grupo pelo DCA, gerando assim maior visibilidade.

As médias mensais de acessos do ano de 2014 a 2021 (Fig. 2) mostram que esses são superiores a 300 por mês, com os meses de janeiro e dezembro apresentando médias ligeiramente menores e os meses de maio, agosto e novembro se destacando com as maiores médias de acessos. Uma possível

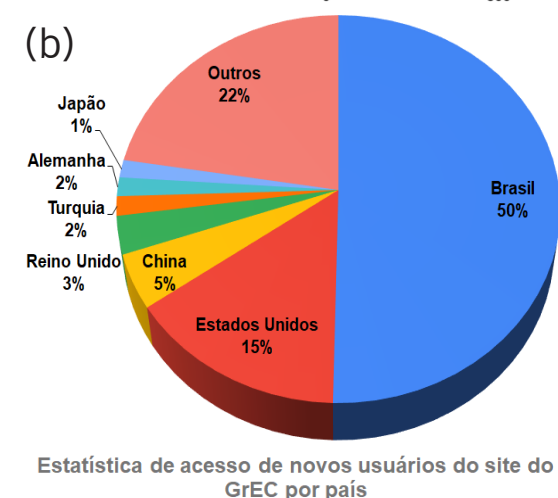
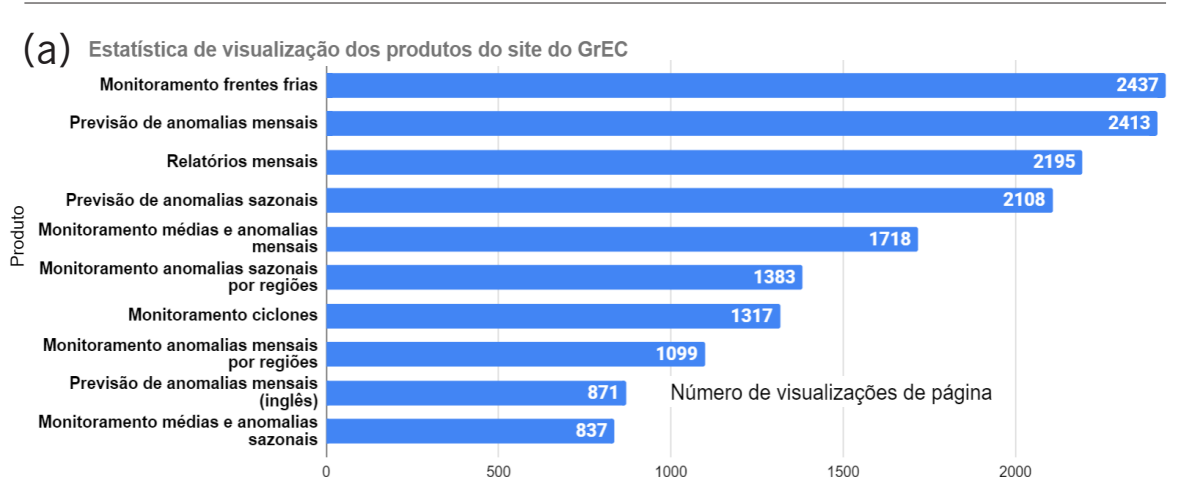


Figura 1. (a) Número de visualizações dos 10 produtos mais acessados no website do GrEC entre 01/11/2013 e 25/06/2022. (b) Número de novos usuários do website GrEC por país entre 01/11/2013 e 25/06/2022

explicação para os meses com menor número de acessos é o período de férias, uma vez que o *website* é bastante utilizado pela comunidade acadêmica. O motivo para o maior número de acessos nos meses de maio, agosto e novembro pode estar relacionado com o interesse do público nas previsões sazonais que são realizadas e divulgadas pelo grupo no último mês de cada estação meteorológica.

### a) Médias e anomalias

Os mapas observados de médias climatológicas e anomalias (valores mensais observados menos as médias climatológicas) disponibilizados no site são divididos mensalmente e sazonalmente, onde para os mapas sazonais são consideradas médias móveis de três meses (por exemplo, janeiro-fevereiro-março, fevereiro-março-abril e assim por diante). As variáveis divulgadas são temperatura do ar próximo

à superfície, da Reanálise 1 do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP; Kalnay et al., 1996) e acumulado de precipitação, do conjunto de dados de estações em superfície do *Climate Prediction Center* (CPC; Xie et al., 2010) para todo o Brasil a partir do ano de 2010. Adicionalmente, são fornecidos os valores da climatologia e das anomalias médias para as cinco regiões do país.

### b) Frentes Frias

O monitoramento mensal de frentes frias sobre a América do Sul e Oceano Atlântico Sul vem sendo realizado desde janeiro de 2015. Este produto utiliza médias diárias de temperatura e vento meridional em 925 hPa e Pressão ao Nível Médio do Mar (PNMM) da Reanálise 1 do NCEP. O monitoramento das frentes frias é feito em ponto de grade na área entre 12,5°S-60°S e 90°W-2,5°W, em que são gerados mapas do número total e anomalia mensal de frentes frias (Fig. 3). São analisados também alguns pontos de grade específicos no litoral, interior e centro da América do Sul, para identificar como os sistemas avançaram sobre o continente (Fig. 3). As frentes frias são identifica-

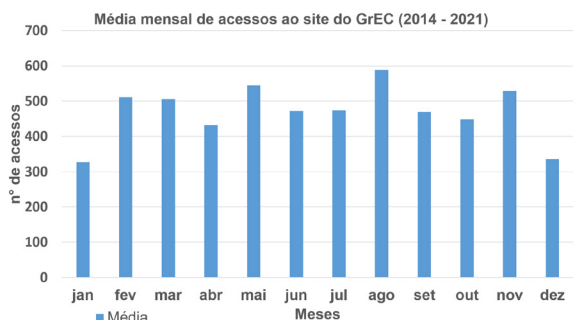


Figura 2. Médias mensais de acessos ao website do GrEC de 2014 a 2021

das com um algoritmo automático, que considera a ocorrência de três condições simultâneas de um dia para o outro: declínio da temperatura em 925 hPa; mudança na direção do vento meridional em 925 hPa do quadrante norte para o quadrante sul; e aumento na PNMM, semelhante ao empregado em Andrade (2005). Em Pampuch & Ambrizzi (2015 a,b) é mostrado como foi realizada a climatologia das frentes frias (anual, sazonal e mensal) para o período de 1981-2010; como é identificado o intervalo de passagem das frentes frias, ou seja, o número de dias entre a ocorrência de um sistema frontal e seu subsequente; e detalhado como o GrEC realiza o monitoramento das frentes frias.

### c) Ciclones, anticiclones migratórios e Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

Desde 2004 o GrEC realiza o monitoramento mensal de ciclones e anticiclones de escala sinótica no Hemisfério Sul e disponibiliza no *website* para os usuários interessados. A metodologia usada para a identificação e rastreamento dos sistemas de alta e baixa pressão é baseada no método do vizinho mais próximo, ou seja, cada ponto de grade é comparado com os oito pontos vizinhos a fim de verificar se é o que contém o menor (maior) valor da PNMM no caso dos ciclones (anticiclones). Para isso, é utilizado um algoritmo desenvolvido na Universidade de Melbourne (Austrália) por Murray & Simmonds (1991). O processo de monitoramento de ciclones e anticiclones tem passado por melhorias como: utilização do algoritmo mais atualizado quando disponibilizado pelos autores citados, troca da frequência temporal dos dados, que no início era a cada 12 horas e depois passou a ser a cada 6 horas (seguindo os horários sinóticos padrão) e mudança da base de dados da reanálise NCEP para ERA5 (Hersbach et al., 2020). Uma descrição detalhada do algoritmo e dos dados utilizados atualmente para a elaboração do monitoramento é apresentada em Reboita & Marrafon (2021).

No site do GrEC, o usuário encontra o mapa com a trajetória dos ciclones e anticiclones ocorridos no Hemisfério Sul para o mês de interesse e outro com a densidade da trajetória dos sistemas, que é o número de sistemas que passam por uma região dividido pela área da mesma (Fig. 3). Além disso, são disponibilizados mapas com a anomalia da densidade das trajetórias dos sistemas para todo o Hemisfério Sul (sendo usado o período de 1991 a 2020 como climatológico) e outro com enfoque nas

cercanias da América do Sul. Para a América do Sul, em particular, também é indicada a data de gênese dos ciclones que ocorrem na costa continental.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é um sistema de grande escala que afeta o clima do Brasil. Durante o verão, seu centro encontra-se mais para leste, mais afastado do continente sul-americano, contribuindo para o transporte de umidade do oceano para o continente, ao passo que no inverno, ao se expandir sobre o continente, dificulta a convecção (Reboita et al., 2019). A fim de monitorar a área de atuação da ASAS, a cada mês é gerado um mapa com a média da PNMM do referido mês e a climatológica (período 1991-2020), usando como referência a isóbara de 1018 hPa. Os dados utilizados são da Reanálise 1 do NCEP.

### d) Índice de Precipitação Padronizado (SPI)

O SPI é calculado pela comparação entre a precipitação acumulada por um dado período e a distribuição de probabilidade climatológica de precipitação de um local (Edwards, 1997). Valores negativos (positivos) indicam chuva mensal abaixo (acima) da mediana, e a magnitude do índice está relacionada à probabilidade daquela acumulação de chuva observada sendo, portanto, um indicador de períodos extremos secos (chuvosos). O SPI foi desenvolvido para contabilizar os efeitos cumulativos de períodos secos ao longo de diferentes escalas de tempo de acumulação, como 1, 3, 6 e 12 meses (WMO, 2012).

O GrEC disponibiliza mensalmente os valores de SPI para os municípios de São Paulo e Bauru/SP e para quatro regiões ao longo da Bacia do Rio São Francisco, calculados a partir de dados de estações meteorológicas (em São Paulo e Bauru) e da análise do CPC (Xie et al., 2010). Também são disponibilizadas as séries temporais do índice para essas localidades, desde 2001 até o presente. Para documentar a distribuição espacial de regiões mais secas e úmidas sobre todo o Brasil, mapas de SPI fornecidos pelo CPTEC/INPE são agregados a este produto no *website* e no Relatório Climático Mensal.

### e) Previsões mensais e sazonais do modelo CFSv2

As previsões mensais e sazonais de anomalias de precipitação, temperatura do ar e TSM do modelo NCEP *Coupled Forecast System model version 2* (CFSv2) são médias de conjuntos de 40 rodadas consecutivas



do modelo geradas durante 10 dias, entre os dias 01 e 10, 06 e 15, 11 e 20 e 16 e 25 do mês atual. O produto é apresentado por meio de duas categorias de gráficos: anomalia simples, exemplificada na Fig. 3, e anomalia padronizada, ou seja, dividida pelo desvio padrão climatológico. A climatologia e os desvios padrão são calculados a partir das simulações do próprio modelo (*hindcasts*), no período 1999-2010.

f) Relatórios Climáticos Mensais

A elaboração de relatórios climáticos mensais teve início em setembro de 1998, por uma iniciativa do aluno de graduação Alexandre Bernardes Pezza, que resultou na formação do GrEC. Desde então, são realizados os diagnósticos da temperatura do ar, precipitação, SPI (este a partir de setembro/2020), umidade relativa e pressão atmosférica para a capital paulista, utilizando dados oriundos da Estação Meteorológica do IAG (<http://www.estacao.iag.usp.br/>). Adicionalmente, é feita a avaliação da anomalia de temperatura do ar e precipitação para o Brasil e América do Sul, sendo realizado também nesta seção a análise da posição e intensidade média dos centros semi-permanentes de alta pressão ao nível médio do mar, anomalias de PNMM, anomalias de vento em 850 hPa e 200 hPa, anomalias de geopotencial em 500 hPa e da anomalia de temperatura e precipitação para a Argentina. Para o Hemisfério Sul, desde dezembro de 2004 é realizado o monitoramento de ciclones e anticiclones. O relatório contém outros produtos pertinentes disponibilizados pelos principais centros de monitoramento climático, como, por exemplo, o *Climate Prediction Center* (CPC/NOAA) e o *Commonwealth Bureau of Meteorology* (BOM), utilizados para o diagnóstico de anomalias de temperatura e precipitação para a Austrália, com início em maio de 2004, e identificação das anomalias de TSM e prognóstico dos eventos de ENOS.

Monitoramento Climático, Previsões Sazonais e Seminários do Grupo

Os colaboradores e pesquisadores do GrEC reúnem-se mensalmente, até 2019 nas dependên-

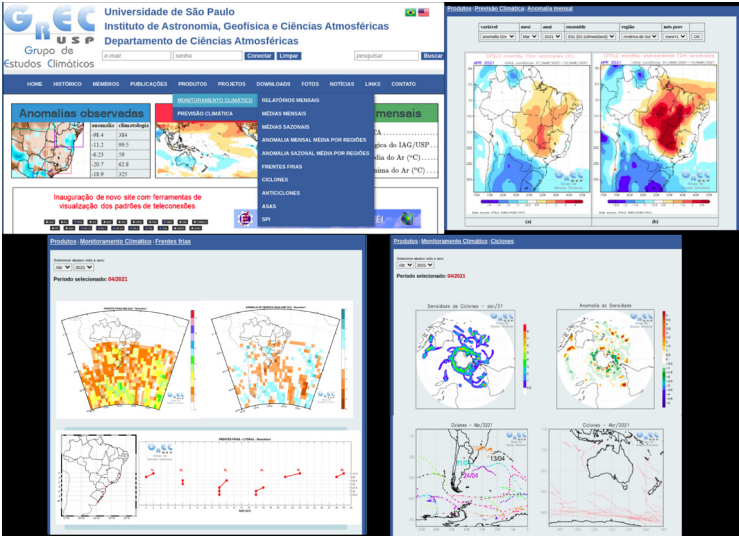


Figura 3. Website do GrEC exemplificando a seleção dos seguintes produtos para o mês de abril de 2021: parte superior direita – anomalia mensal de temperatura a 2 metros de altura (K) previstas pelo CFSv2 considerando um conjunto de 40 membros do modelo (ou seja, 4 rodadas ao dia por 10 dias consecutivos; as anomalias são calculadas em relação à climatologia de 1999-2010); parte inferior esquerda – monitoramento de frentes frias (número mensal de frentes frias, anomalia mensal de frentes frias baseado na climatologia de 1981-2010) e avanço das frentes frias pelo litoral, respectivamente; parte inferior direita – densidade de ciclones no Hemisfério Sul, anomalia da densidade e trajetórias para o domínio da América do Sul e Austrália

cias do IAG/USP e atualmente em formato *on-line*, para realizar o monitoramento climático do mês anterior, com a avaliação das condições registradas. A cada três meses, também é realizada a previsão para a estação seguinte, com foco principal no Brasil (Fig. 4). Nesta reunião, o conjunto de dados observados, as análises diagnósticas e as previsões climáticas são discutidos, levando em conta modelos conceituais do clima e o conhecimento prático dos integrantes do grupo, até chegar a uma previsão em consenso. O prognóstico resultante indica regiões com probabilidade de ser mais seca ou chuvosa do que a média climatológica e mais quente ou fria em termos de temperatura do ar, sempre acompanhado das bases físicas que levaram ao consenso. Uma descrição mais completa do processo de diagnóstico e previsão praticado pelo GrEC pode ser encontrada em Silva et al. (2021).

Todos os meses, a divulgação do monitoramento e previsão é feita publicamente em um seminário realizado nas dependências do IAG/USP e transmitido ao vivo pelas plataformas *on-line* do Youtube e Facebook nos perfis do DCA do IAG/USP. Os seminários são realizados desde 2003, e as gravações estão arquivadas nas plataformas *on-line* desde

## Previsão anomalia de precipitação para JJA/2021



## JUSTIFICATIVAS (Previsão JJA/2021)

Região	Precipitação	Temperatura
Sul	Média a abaixo: TSM quente no Atlântico levaria as frentes a ficarem mais oceânicas. TSM fria no Pacífico pode levar a um padrão de precipitação de média a abaixo (via teleconexão).	Média. Mesmo com as frentes mais oceânicas as altas trazem incursões de ar frio pro Sul.
Sudeste	Sul do SE - Média a abaixo: TSM quente no Atlântico levaria as frentes a ficarem mais oceânicas. TSM fria no Pacífico pode levar a um padrão de precipitação de média a abaixo. Restante: média. Modelos e estação seca da região.	Média a acima. Coerente com a chuva e modelos. Com as TSM quentes no cinturão ao longo da costa argentina e mais frias ao norte no Atlântico o ar frio não consegue atingir latitudes mais baixas.
Centro-oeste	Média a abaixo: acompanha o que ocorrerá no Sudeste.	Média a acima: modelos e coerente com a previsão de chuva.

Figura 4. Exemplo do resultado da previsão de consenso para o trimestre de junho, julho e agosto de 2021, acompanhada da correspondente justificativa. O mapa de previsão é divulgado ao final dos seminários que ocorrem no último mês de cada estação (fevereiro, maio, agosto e novembro)

abril de 2018 até o presente. Avaliando o número de visualizações dos seminários do GrEC no canal do Youtube, até o dia 27/07/2022 (Fig. 5), observou-se expressivo aumento nas visualizações de cada seminário entre 2018-2019 e 2020-2021, passando de um valor médio de  $61 \pm 34$  visualizações por seminário (mínimo de 19 e máximo de 160) para  $169 \pm 53$  (mínimo de 100 e máximo de 265), ou seja, um aumento de 178%. Este aumento pode ter sido parcialmente influenciado pela pandemia da Covid-19, durante a qual as atividades presenciais na USP foram adaptadas para o formato virtual.

## Importância para a comunidade

A importância do GrEC pode ser verificada em diferentes esferas da sociedade como a comunidade acadêmica, órgãos públicos e privados, e sociedade civil. O grupo contribui com a comunidade acadêmica por meio da formação de alunos de graduação e pós-graduação em Meteorologia do IAG/USP e de diversas instituições nacionais e estrangeiras. Esta contribuição realiza-se, principalmente, por meio de informações técnicas para trabalhos acadêmicos por meio dos Relatórios de Monitoramento Climático Mensal para o Brasil e dos artigos científicos produzidos pelo grupo, bem como a partir das discussões climáticas prévias e durante os seminários do GrEC.

Os seminários e as respectivas discussões climáticas prévias permitem aos alunos compreenderem como os diversos fenômenos meteorológicos, em diferentes escalas espaciais e temporais, atuam conjuntamente, de modo a influenciar os padrões atmosféricos anômalos sobre o país. Além disso, propiciam um momento de aprendizagem por meio da interação entre alunos em diferentes níveis de formação, pós-doutorandos e professores.

O GrEC também contribui com a comunidade acadêmica

por meio da interação dos seus alunos de graduação e pós-graduação com pesquisadores de diferentes instituições nacionais (e.g., Unifei, UNESP-Bauru/SJC, Unifesp, UFPR, UFSM, UFRN, UFAL, CPTEC, Funceme, INMET, LNCC etc.) e estrangeiras (por exemplo, Instituto Geofísico do Peru/Peru, Universidade de Melbourne/Austrália), permitindo a troca de conhecimento, experiências e parcerias científico-acadêmicas.

Os Relatórios Climáticos Mensais são fontes importantes de informações meteorológicas para a Defesa Civil, setores elétrico e de abastecimento de água, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), seguradoras, produtores agrícolas, empresas do agronegócio, mídias, dentre outros, auxiliando no planejamento urbano e rural. Fornecem ferramentas fundamentais para os tomadores de decisão do Brasil.

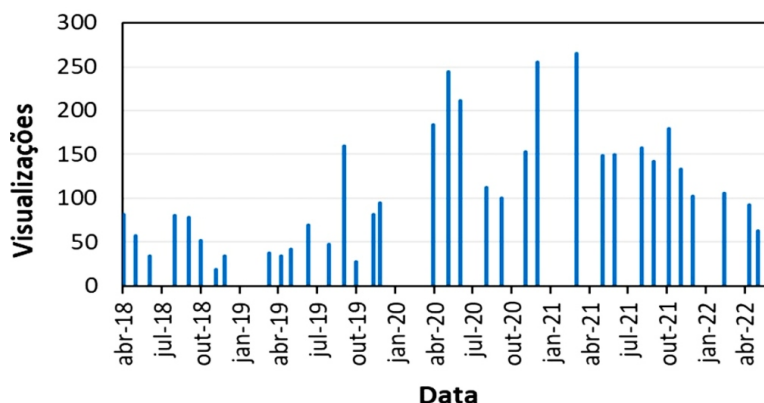


Figura 5. Número de visualizações dos seminários do GrEC no Youtube do DCA do IAG/USP, até o dia 27/07/2022. Nos meses com zero visualizações não houve apresentação de seminário pelo grupo

O grupo ainda contribui com a alfabetização científica, por meio da divulgação de conhecimento especializado em linguagem simples. Por exemplo, a Cartilha e o *website* interativo Mudanças Climáticas e a Sociedade (<https://www.clima-esociedade.iag.usp.br>) trazem conceitos básicos sobre tempo e clima, bem como as suas mudanças e impactos associados, possibilitando que a sociedade civil tenha subsídios para se posicionar em relação a estas questões sócio-científicas. Em 2015, o GrEC participou do evento de extensão, a Virada Científica, com um estande dentro do IAG/USP. A Virada Científica é um evento promovido pela USP (<https://www5.usp.br/tag/virada-cientifica/>), com o objetivo de aproximar a sociedade da ciência produzida na universidade. Nesse sentido, o GrEC apresentou os Relatórios de Monitoramento Climático desenvolvidos pelo Grupo, o funcionamento de instrumentos meteorológicos, a influência de teleconexões no clima do Brasil etc. (Fig. 6). Os membros do GrEC elaboraram cadernetas e panfletos para a divulgação do Grupo no evento, sendo distribuídos cerca de 800 cadernetas, o que mostra o número aproximado de pessoas que visitaram o estande do GrEC durante as 24 horas do evento.

O GrEC atende às mídias locais, nacionais e estrangeiras (e.g., Jornal da USP, SBT News, Superinteressante, Veja, *National Geographic*, *The Guardian*), dando suporte com informações meteorológicas e explicações de fenômenos climáticos específicos. As entrevistas são meios importantes para a divulgação e alfabetização científica, aproximando a comunidade da universidade.

Com a finalidade de avaliar como a comunidade do IAG/USP, alunos e ex-alunos de graduação e pós-graduação, percebem a importância do GrEC, aplicamos um questionário virtual separadamente para membros/ex-membros do GrEC e para alunos/ex-alunos do IAG/USP. Um total de 58 indivíduos responderam ao questionário, sendo 31 correspondentes a membros/ex-membros do GrEC e 27 a alunos/ex-alunos do IAG/USP. Dentre os alunos/ex-alunos do IAG/USP, 11,1% desconheciam o GrEC. Em relação à importância das prévias e das apresentações dos seminários do grupo para um melhor entendimento sobre o clima, 100% dos membros/ex-membros do GrEC as consideram importantes, contra 88,9% dos alunos/ex-alunos do IAG/USP. No que se refere à utilização de algum produto do grupo na própria pesquisa e/ou em alguma disciplina, apenas 29% dos



Figura 6. Participação do GrEC na Virada Científica da USP em 2015

membros/ex-membros do GrEC utilizam/utilizaram, em oposição à 55,6% dos alunos e ex-alunos do IAG/USP, o que revela a importância dos produtos desenvolvidos pelo grupo como fontes de informações técnicas para trabalhos acadêmicos desenvolvidos no IAG/USP.

### Produção científica

Esta seção apresenta, de forma sucinta, os principais aspectos relacionados à componente produção científica, a qual é realizada nos âmbitos individual e coletivo. Desta forma, pode-se dividi-la em duas vias principais: a que os membros desenvolvem na forma de pesquisas individuais, de onde derivam dissertações, teses e artigos científicos, podendo envolver um ou mais pesquisadores do grupo; e a que o grupo realiza em conjunto para investigar algum tema ou evento meteorológico surgido ao longo das discussões mensais.

Os dados para a análise da seção foram obtidos pelo *website* do GrEC e da lista de *e-mails* da qual foram coletados os nomes dos atuais membros e ex-membros, o período de participação e analisado



seus currículos Lattes a fim de obter-se os títulos de suas dissertações, teses e palavras-chaves relacionadas às publicações advindas das mesmas. Foram incluídas somente as palavras-chaves disponibilizadas nas dissertações e teses em que houve um registro da participação efetiva dos alunos no GrEC. As palavras-chave foram transcritas de forma que iniciem com letra maiúscula e padronizadas, obtendo-se, por exemplo, Oceano Atlântico Sul ao invés de Atlântico Sul; Oceano Atlântico Tropical Norte ao invés de Atlântico Tropical Norte; ForTraCC ao invés de Fortracc; LI Amazônica ao invés de Linha de Instabilidade Tropical Amazônica; GOAmazon2014/5 ao invés de GOAmazon; Nordeste do Brasil ao invés de Nordeste; e assim sucessivamente. Abreviações amplamente conhecidas dos nomes de fenômenos climáticos e/ou meteorológicos (por exemplo, ENOS, ODP, JBN, JNBN, SCMs, CCM, ZCIT, ZCAS, MJO) foram utilizados ao invés da escrita por extenso, facilitando a leitura e compilação dos resultados. Das dissertações e teses escritas em inglês, foram extraídas as palavras-chaves em português. Os dados foram organizados em quinquênios (5 anos) com um intervalo fechado no início de cada período.

O GrEC iniciou com 10 membros ativos aumentando gradativamente ao longo dos anos (Fig. 7, haste cinza) até chegar aos atuais 34 membros (Fig. 7, haste dourada). O número de dissertações e teses também aumentou ao longo dos anos, acumulando 35 dissertações (Fig. 7, haste laranja) e 22 teses (Fig. 7, haste verde), contribuindo com 12% e 16%, respectivamente, do total de formação em nível de pós-graduação do DCA do IAG/USP no período de aproximadamente 25 anos. A partir do quinquênio de 2012, o grupo iniciou chamadas de publicações conjuntas, tendo publicado até o momento três artigos em revistas internacionais (Fig. 7, haste marrom). Também houve um crescente aumento no número de palavras-chave por produção científica ao longo dos anos, passando de uma média de 1,5 ( $\pm 0,7$ ) para 4,6 ( $\pm 1,8$ ) desde a formação do grupo, considerando o quinquênio 1997-2002, até o presente, 2017-2022 (Fig. 7, haste vermelha). Estes números demonstram claramente a evolução e expansão científica do GrEC por meio do aumento dos diferentes tópicos envolvidos nos temas de pesquisa, enfatizando principalmente a modelagem numérica, bastante frequente a partir de 2012 (Fig. 8). Com a evolução tecnológica, também houve a implantação da atual versão do *website* do GrEC no quinquênio 2012-2017, onde

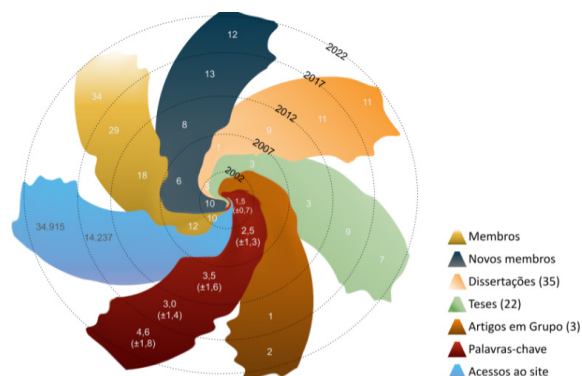


Figura 7. Evolução temporal das publicações científicas (dissertações, teses e artigos) realizados no grupo. “Membros” refletem o número de membros totais em cada quinquênio; “Novos Membros” são contabilizados apenas uma vez no quinquênio que iniciou suas atividades no GrEC; Para contabilizar a produção científica, foram usados os anos de publicação das dissertações e teses; “Artigos em Grupo” são aqueles desenvolvidos em conjunto cujo convite foi enviado para a lista de membros do GrEC; “Palavras-chave” são a média (e desvio padrão entre parênteses) das palavras-chave encontradas nas publicações por quinquênio e; “Acessos ao site” apresenta o número de acessos ao novo *site* do GrEC por quinquênio desde sua publicação *on-line*. A largura das hastes é meramente ilustrativa e não corresponde necessariamente aos valores indicados na figura

foi possível iniciar o monitoramento do número de acessos, conforme descrito na seção “Website”, onde claramente tem tido uma boa aceitação pública por meio de seu crescente aumento.

Nas discussões realizadas em reuniões mensais, são enfatizados os dados e destaques climáticos ocorridos, buscando explicações científicas para o entendimento de determinados eventos observados, em particular os eventos extremos que causam impacto imediato à sociedade. Tendo em vista que o GrEC é composto por estudantes e pesquisadores com diferentes conhecimentos sobre o clima do nosso planeta, as discussões são muito ricas, havendo a complementação dos conhecimentos e agregação de novas questões. Quando não é possível explicar como acontece um determinado evento e não existe uma definição clara na literatura (por exemplo, artigos científicos, notas técnicas, boletins, notícias etc.) ou também não sendo possível explicar com os dados e análises realizadas durante as reuniões, o grupo formula uma pergunta científica. Eventualmente, por meio de discussões por *e-mail* ou reuniões esporádicas, realiza-se um estudo mais aprofundado para a preparação de um manuscrito científico, que é submetido para publicação.

Até o momento foram publicados três artigos neste formato, tendo um total de mais de 250 citações segundo a plataforma *Google Scholar*. A seguir é realizada uma breve contextualização destes artigos.

A primeira publicação conjunta foi sobre a grande seca no Sudeste do Brasil em 2013/2014 (Coelho et al., 2016). Neste artigo foram demonstrados os impactos desta seca e os fenômenos climáticos associados. Alguns anos mais tarde, foram investigados os agentes associados ao período extremamente chuvoso ocorrido durante a estação seca em São Paulo (Rehbein et al., 2018). Este período também foi acompanhado por três sucessivos eventos severos de tempo (uma micro-explosão em Campinas e dois tornados, um em Jarinu e outro em São Roque, no interior do estado de São Paulo). Finalmente, Gozzo et al. (2022) investigaram as condições climáticas de grande escala que resultaram em um período extremamente seco sobre São Paulo em 2018, com ênfase nas forçantes intrassazonais. É importante mencionar que a participação nas publicações coletivas é voluntária, onde os autores possuem livre arbítrio para a escolha da sua contribuição de acordo com sua área de especialização, garantindo a possibilidade de participação ativa no artigo, critério adotado pelo grupo para a coautoria.

Com relação aos temas, regiões ou ferramentas utilizadas e estudados no GrEC, os tópicos: América do Sul, ForTraCC, Nordeste do Brasil, Precipitação, SCMs e Vorticidade Potencial foram os que mais se repetiram desde 2007 (Fig. 8). Também é possível notar, dentro de um mesmo quinquênio, quais foram as palavras-chaves que mais se repetiram, sendo enfatizadas por meio do tamanho da letra. Por exemplo, em 1997-2002 e 2002-2007, todas as palavras-chaves possuem o mesmo tamanho. Já em 2007-2012 a palavra-chave ciclones extratropicais foi a que mais ocorreu, seguida de El Niño, TSM e RegCM3. Já em 2012-2017, a palavra-chave RegCM4 liderou as ocorrências, com pelo menos quatro vezes, seguida de Oceano Atlântico Sul, com três vezes. Em 2017-2022, Amazônia, América do Sul, ciclones, ciclones subtropicais, Nordeste do Brasil, precipitação e RegCM4 ocorreram duas vezes cada.

Outra forma de visualização destes dados é por macro-tópicos, reunindo palavras-chaves referente a modelagem e modelos em um único grupo, SCM ao invés de CCM e LI etc. Dessa forma, modelagem, ciclones e variabilidade climática são os tópicos mais pesquisados no GrEC. Curiosamente,

nas discussões mensais, o grupo aborda muito os temas ENOS e previsão sazonal, contudo, este não tem sido um tema de pesquisa muito frequente nas dissertações e teses (Fig. 8; por exemplo, Rehbein e Ambrizzi, 2022). Por meio da persistência de palavras-chave, fenômenos de mesoescala como os SCMs, além do artigo conjunto Rehbein et al. (2018), é possível notar que há uma tendência do grupo em pesquisas com interação entre escalas nestes últimos anos.

## Considerações Finais

Atualmente a discussão do clima e sua importância está na pauta de todas as nações, tendo em vista o aquecimento global que vem sendo observado há mais de dois séculos e que tem influenciado variações de tempo e clima no mundo todo. Um melhor conhecimento das variações climáticas e seus impactos na sociedade é fundamental para a humanidade.

Há 25 anos o GrEC foi criado com a missão



Figura 8. Palavras-chaves encontradas nas dissertações e teses do GrEC por quinquênio até julho de 2022. As cores indicam a frequência de repetição da palavra-chave com relação a todos os períodos. O tamanho indica a frequência de repetição da palavra-chave no mesmo período

de discutir mensalmente o clima e sua variabilidade com um foco sobre o Brasil, mas abordando também fenômenos meteorológicos em escala mundial. O GrEC, por ter sido criado dentro da universidade, tem um objetivo muito maior do que simplesmente prover um informativo mensal do clima, ele está inserido dentro do tripé da universidade que é ensino, pesquisa e extensão. Pelo grupo ser constituído por alunos de graduação, pós-graduação, professores e pesquisadores do DCA do IAG-USP e externos, esse tripé torna-se ainda mais importante. Os alunos participantes têm suas pesquisas voltadas para estudos do clima, portanto, no avanço do conhecimento científico da área. Ao fazer parte das discussões mensais, auxiliar na montagem do relatório e participar das reuniões, estão aprendendo e ensinando uns aos outros, experimentando o espírito de cooperação que fortalece a universidade. Por último, todo o trabalho desenvolvido acaba sendo útil para a sociedade que necessita de um conhecimento mais detalhado do que está acontecendo em seu estado, país ou mundo em termos do clima e suas mudanças.

A evolução e o crescimento do GrEC destacam a importância de se investir naquilo que se

acredita, mesmo quando não se sabe ao certo no que resultará o investimento, e quais benefícios poderiam resultar para a sociedade. O então aluno Pezza, quando idealizou a criação do grupo, não tinha ideia e nem vislumbrava o quanto o projeto poderia crescer, no contexto da época.

Sendo assim, apesar do GrEC atingir a sua maturidade e comemorar suas bodas de prata, espera-se que daqui a vinte e cinco anos, na celebração de sua boda de ouro, todos os alunos formados estejam contribuindo ainda mais para a ciência do clima e que os novos integrantes possam se inspirar em todos eles. Este artigo é uma homenagem aos ex-alunos, atuais alunos e aos futuros pesquisadores que farão parte do GrEC.

## Agradecimentos

Os autores agradecem: à Professora Titular Maria de Fatima Andrade por providenciar os dados de publicações de teses e dissertações. Ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo; às instituições fornecedoras dos dados e figuras utilizadas em nossos produtos e ao público que utiliza as informações divulgadas pelo GrEC.

**Taxonomia CRediT:** • Contribuição dos autores: Conceitualização; Curadoria de dados; Investigação; Administração do projeto; Supervisão; Validação; Visualização; Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição – Paola Gimenes Bueno. Conceitualização; Curadoria de dados; Análise formal; Investigação; Administração do projeto; Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição – Amanda Rehbein. Conceitualização; Curadoria de dados; Administração do projeto; Escrita – rascunho original – Natália Machado Crespo. Conceitualização; Curadoria de dados; Administração do projeto; Escrita – rascunho original – Luiz Felipe Gozzo. Curadoria de dados; Análise formal; Escrita – rascunho original – Ana Carolina Nóbile Tomaziello. Escrita – rascunho original – Maria Luiza Kovalski. Análise formal; Investigação; Escrita – rascunho original – Hugo Alves Braga. Curadoria de dados; Análise formal; Escrita – rascunho original; Iuri Valério Graciano Borges. Escrita – rascunho original – Henri Rossi Pinheiro. Escrita – rascunho original – Camila Bertoletti Carpenedo. Conceitualização; Escrita – rascunho original – Michelle Simões Reboita. Conceitualização; Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição – Anita Rodrigues de Moraes Drumond. Escrita – rascunho original – Luana Albertani Pampuch. Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição – Gyrlene Aparecida Mendes da Silva. Escrita – revisão & edição – Alexandre Pezza. Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição – Maria Custodio. Escrita – revisão & edição – Marta Llopart. Conceitualização; Supervisão; Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição – Tercio Ambrizzi. Curadoria de dados; Investigação – Livia Márcia Mosso Dutra. Supervisão; Escrita – revisão & edição – Rosmeri Porfírio da Rocha. • Conflitos de interesse: Os autores certificam que não têm interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em relação ao manuscrito. • Aprovação ética: Não aplicável. • Disponibilidade de dados e material: Disponível no próprio texto. • Reconhecimentos: Consignam-se agradecimentos à Professora Titular Maria de Fatima Andrade por providenciar os dados de publicações de teses e dissertações, ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo e às instituições fornecedoras dos dados e figuras utilizadas nos produtos. • Financiamento: Não aplicável.

## Referências

- Andrade, K. M. (2005). *Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 185p. (Dissert. Mestrado).
- Coelho, C. A., de Oliveira, C. P., Ambrizzi, T., Reboita, M. S., Carpenedo, C. B., Campos, J. L. P. S., ... & Rehbein, A. (2016). The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Climate Dynamics*, 46(11-12), 3737-3752. doi: 10.1007/s00382-015-2800-1.
- Edwards, D. C. (1997). *Characteristics of 20<sup>th</sup> century drought in the United States at multiple time scales*, Colorado: Colorado State University. 155p. (Master's Thesis).
- Gozzo, L. F., Drumond, A., Pampuch, L. A., Ambrizzi, T., Crespo, N. M., Reboita, M. S., ... & Pimentel, R. D. M. (2022) Intraseasonal

- Drivers of the 2018 Drought Over São Paulo, Brazil. *Frontiers in Climate*, 4, 1-19. doi: 10.3389/fclim.2022.852824.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... & Thépaut, J. N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146 (730), 1999-2049. doi:10.1002/qj.3803.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., ... & Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 437-471. doi:10.1175/1520-0477(1996)077<0437:T-NYRP>2.0.CO;2.
- Murray, R. J. & Simmonds, I. (1991). A numerical scheme for tracking cyclone centres from digital data. Part I: Development and operation of the scheme. *Australian Meteorological Magazine*, 39 (3), 155-166.
- Pampuch, L. A. & Ambrizzi, T. (2015a). *Sistemas Frontais sobre a América do Sul Parte I: Climatologia e intervalo de passagem em dados da Reanálise I do NCEP/NCAR*. Santa Maria: Anais do IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia.
- Pampuch, L. A. & Ambrizzi, T. (2015b). *Sistemas Frontais sobre a América do Sul Parte II: Monitoramento Mensal em dados da Reanálise I do NCEP/NCAR*. Ciência e Natura, Edição Especial do IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia.
- Reboita, M. S., & Marrafon, V. H. (2021). Ciclones extratropicais: o que são, climatologia e impactos no Brasil. *Terræ Didática*, 17(Publ. Contínua), e021032. doi: 10.20396/td.v17i00.8666028.
- Reboita, M. S., Ambrizzi, T., Crespo, N. M., Dutra, L. M. M., Ferreira, G. W. d. S., Rehbein, A., ... & Souza, C. A. D. (2021). Impacts of teleconnection patterns on South America climate. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1504(1), 116-153. doi: 10.1111/nyas.14592.
- Reboita, M. S., Ambrizzi, T., Silva, B. A., Pinheiro, R. F. & Da Rocha, R. P. (2019). The South Atlantic subtropical anticyclone: present and future climate. *Frontiers in Earth Science*, 7, 1-15. doi: 10.3389/feart.2019.00008.
- Rehbein, A. & Ambrizzi, T. (2022). ENSO teleconnections pathways in South America. *Climate Dynamics*, 1-16. doi: 10.1007/s00382-022-06624-3.
- Rehbein, A., Dutra, L. M. M., Ambrizzi, T., da Rocha, R. P., Reboita, M. S., da Silva, G. A. M., ... & Carpenedo, C. B. (2018). Severe Weather Events over Southeastern Brazil during the 2016 Dry Season. *Advances in Meteorology*, 1-15. doi: 10.1155/2018/4878503.
- Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., ... & Becker, E. (2014). The NCEP climate forecast system version 2. *Journal of Climate*, 27(6), 2185-2208. doi:10.1175/JCLI-D-12-00823.1.
- Silva, G. M. de C., Gozzo, L. F., & Reboita, M. S. (2021). Etapas de uma previsão climática sazonal. *Terræ Didática*, 17(00), e021026. doi: 10.20396/td.v17i00.8665050
- Souza, C. A. de, & Reboita, M. S. (2021). Ferramenta para o monitoramento dos padrões de teleconexão na América do Sul. *Terræ Didática*, 17(Publ. Contínua), e021009. doi: 10.20396/td.v17i00.8663474.
- World Meteorological Organization (WMO). (2012). *Standardized Precipitation Index User Guide* (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood). Geneva: WMO. (WMO-No. 1090), ISBN: 978-92-63-11091-6. URL: <https://public.wmo.int/en/resources/library/standardized-precipitation-index-user-guide>. Acesso 28.09.2022.
- Xie, P., Chen, M., & Shi, W. (2010). CPC unified gauge-based analysis of global daily precipitation. *Amer. Meteor. Soc.*, v.2. Atlanta: In Preprints, 24<sup>th</sup> Conf. on Hydrology, Atlanta, GA.