

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA E BIOGEOGRAFIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

GABRIELA DOS SANTOS LASTRA

Linguagem computacional como ferramenta didática no ensino de climatologia do curso de Geografia da Universidade de São Paulo

São Paulo
2021

GABRIELA DOS SANTOS LASTRA

Linguagem computacional como ferramenta didática no ensino de climatologia do curso de Geografia da Universidade de São Paulo

Versão Original

Trabalho apresentado para obtenção do Bacharelado em Geografia, trabalho de graduação celebrado pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas na Universidade de São Paulo.

Orientadora:

Profa. Dr. Maria Elisa Siqueira Silva

São Paulo

2021

Nome: LASTRA, Gabriela dos Santos

Título: Linguagem computacional como ferramenta didática no ensino de climatologia do curso de Geografia da Universidade de São Paulo.

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço às qualidades que adquiri durante minha vivência na universidade que tornaram possíveis a realização deste trabalho. Agradeço à orientação e comprometimento da Profa. Dra. Maria Elisa Siqueira e ao doutorando André Medeiros pela assistência imprescindível.

Agradeço às minhas amigas e, em especial, a Samanta Gasparim, uma parceira que deixou todo o processo da universidade mais prazeroso e colorido, agradeço ao Guilherme Frutuoso por ser o refugio onde minha mente inquieta tem companhia e acalanto. Sou grata pelas aulas e elucidações proporcionadas pelo Prof. Dr. Carlos Almeida e pela amizade entre nós.

Agradeço à minha avó Irani, ao meu falecido avô Dorval e aos meus padrinhos e tios que torceram por mim. Agradeço ao suporte e acolhimento que meu padrasto Adneusar Barbosa me ofereceu.

Agradeço, neste trabalho e em todos os dias da minha vida, ao imenso amor construído entre eu e minha mãe Creuzenir Faustino dos Santos, e dedico este trabalho a ela. Nossa relação de amor foi a base para minha identidade e vida acadêmica, sou grata por sua presença em minha vida.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Comando de entrada na nuvem de dados da FFLCH

Figura 02 – Acesso remoto do servidor da FFLCH a partir de computador individual.

Figura 03 – Resultados obtidos com os comandos “q file” e “q dims” operados no software GrADS, referente ao banco de dados de temperatura superficial dos oceanos, “sst.mon.mean.nc”.

Figura 04 – Script elaborado para visualização de duas variáveis: “air” para a América do Sul e “sst” em escala global, ambas definidas para janeiro de 1970.

Figura 05 – Resultado do script 01 referente à variável “air” para América do Sul, em janeiro de 1970. Dados da Reanalysis I do NCEP-NCAR.

Figura 06 – Resultado do script 01 referente à variável “sst” para escala global em janeiro de 1970. Dados de Reanalysis I do NCEP-NCAR.

Figura 07 – Script elaborado para o cálculo da média global da temperatura da superfície do mar, “sst”, entre 1901 e 2000, e as anomalias de “sst” dos períodos 1970-1979 e 1997-1998 relativas à média secular.

Figura 08 – Resultado do script 02. Média global da variável “sst” no século XX (1901-2000). Dados da Reanalysis I do NCEP-NCAR.

Figura 09 – Resultado do script 02. Anomalia média da TSM em 1970-1979 em relação à média secular de 1901-2000. Dados da Reanalysis I do NCEP-NCAR.

Figura 10 – Resultado do script 02. Anomalia da TSM para o período 1997-1998 em relação à média secular de 1901-2000 . Dados de Reanalysis I do NCEP-NCAR.

Figura 11 – Script elaborado para alinhar dois mapas referentes à variável “sst” durante 1997-1998, apresentando média global e desvio padrão da TSM.

Figura 12 – Resultados do script 03: (a) Desvio padrão em relação a média de 1997-1998 e (b) média da variável “sst” entre 1997-1998. Dados de Reanalysis I do NCEP-NCAR.

Figura 13 – Script interativo elaborado para a visualização da variável “sst” entre os meses da década de 1970, com recortes espaciais definidos pelo usuário, sem alterar o algoritmo

do script.

Figura 14 – Resultados do script 4. Evolução mensal da variável “sst” entre 1970 e 1979, com o recorte espacial definido para o continente europeu. Dados de Reanalysis I NCEP-NCAR.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Relação dos scripts desenvolvidos e objetivos didáticos

Tabela A1 – Glossário de comandos básicos para *Shell Bash*

LISTA DE SIGLAS

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration - Instituição de Pesquisa responsável pela base de dados utilizada neste trabalho.

TSM : Temperatura superficial do mar – variável em análise

SST : Sea Surface Temperature – variável disponível no banco de dados

AIR : Air Surface Temperature – variável disponível no banco de dados

PPGGF : Programa de Pós-Graduação em Geografia Física

SUMÁRIO

Resumo	08
Abstract	08
Objetivo	15
Introdução	09
Dados e Método	16
Resultados	18
Discussão	35
Conclusão	38
Bibliográficas	39
Anexo	42

RESUMO

Neste trabalho de graduação advoga-se o uso da programação computacional como ferramenta didática nas disciplinas de Climatologia. Com base no pensamento exposto de Neil Smith e Claus Ortlieb entre outras referências bibliográficas que apresentam o desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico desde o século XVII, apresenta-se a decodificação dos processos naturais pela linguagem matemática como uma percepção social desenvolvida em grande parte pelo advento da Revolução Iluminista e da ciência laboratorial. De forma a ilustrar o emprego da programação computacional nas disciplinas de graduação, desenvolve-se quatro algoritmos em linguagem GrADS para apresentar exemplos de automatização na manipulação de banco de dados, destacando-se os comandos necessários para aplicar recortes e cálculos com a base de dados usada, apresentando-os de forma georreferenciada e auxiliando a visualização do comportamento de variáveis físicas dos oceanos e atmosfera terrestres, procedimentos necessários aos estudos de Climatologia. Portanto, neste trabalho de graduação conclui-se que a programação computacional pode atuar como ferramenta didática auxiliar nas disciplinas de Climatologia ofertadas no curso de Graduação em Geografia, na Universidade de São Paulo.

ABSTRACT

This undergraduation research advocates the use of computer programming as a teaching and learning tool for disciplines focused on Climatology. Based on the exposed thinking of Neil Smith and Claus Ortlieb among other bibliographic references that present the development of scientific and technological knowledge since the 17th century, the decoding of natural processes through mathematical language as a social perception developed largely by the advent of the Illuminist Revolution and the laboratory science. In order to

illustrate the use of computer programming in undergraduate courses, four algorithms are developed in GrADS language to present examples of automation in database manipulation, highlighting the commands needed to apply cutouts and calculations with the database used and present them in a georeferenced way, helping to visualize the behavior of oceanic and the atmospheric variables, procedures necessary in the studies of Climatology. Therefore, in this undergraduate work it is concluded that computation programming can act as an auxiliary didactic tool in the Climatology disciplines offered in the Geography graduation course at the University of Sao Paulo.

INTRODUÇÃO

Dedica-se à introdução o percurso histórico que culminou na percepção social moderna da natureza que decodifica os movimentos naturais através da linguagem matemática, destacando os eventos históricos que se mostraram determinantes para a construção desta perspectiva social e para o desenvolvimento tecnológico utilizado neste trabalho.

A natureza está no homem e o homem está na natureza, porque o homem é produto da história natural e a natureza é condição concreta da existencialidade humana.

MOREIRA, 1985

A busca pelo entendimento acerca da natureza é premissa que norteia a humanidade desde os antigos filósofos gregos até a ciência moderna. A ciência natural na Antiguidade e na Idade Média partia da observação direta e percepção empírica da natureza. Com a Revolução Iluminista, no século XVI, as ciências caminharam para o laboratório do cientista, onde a manipulação dos recursos naturais em ambiente controlado permitiu determinar um novo leque de leis e teorias possíveis de serem testadas (ORTLIEB, 1998).

Um marco dessa passagem – da observação para a experimentação – foram as leis de Galileu Galilei (1564-1642). Na *Lei da Queda dos Corpos*, Galileu afirma que os corpos chegam com mesma velocidade ao chão, sendo a diferença observada devido à resistência do ar; em um ambiente controlado capaz de criar vácuo, comprovamos que chegam juntos ao chão (ORTLIEB, 2018).

O caminho das ciências naturais para o laboratório não esteve dissociado da forma social de sua época; o movimento Iluminista do século XVII e as intenções respectivas da classe burguesa direcionaram as ciências naturais para descrever o comportamento dos recursos naturais em ambiente controlado, como a manipulação do carvão e outros combustíveis, possibilitando o desenvolvimento tecnológico e culminando nas Revoluções Industriais (ORTLIEB, 2018).

Segundo Neil Smith (1988), em *A Ideologia da Natureza*, a concepção social da natureza tem acumulado camadas de significados no decorrer da história e o capitalismo moldou uma nova perspectiva. A natureza inclui o ser humano e o mundo material, mas em muitos momentos da história autores como Francis Bacon, no século XVII, e Adam Smith, no século XVIII, referenciam a natureza como o mundo exterior onde estão os recursos naturais passíveis de dominação mecânica (SMITH, 1988). Assim como esses autores, mas com outro enfoque, Darwin¹ também se refere à *natureza exterior* no livro *Origem das Espécies* lançado em 1859, onde o pensamento sobre a biologia como um resultado sistemático e histórico é evidenciado frente à biologia acidental. No século XIX, os conceitos descritos por Darwin atingiram as políticas econômicas e sociais² e permitiram o

¹ Mais informações sobre o lançamento da obra original no prefácio da edição brasileira: DARWIN, C. *A origem das espécies*. São Paulo: Hemus, 2003.

² Eduardo Soja (1993) destaca o papel da geografia e o subcampo da geografia política, que incorporou muitos conceitos das ciências naturais para compor suas teorias. Como a teoria de Sir Harford Mackinder de “Coração eurasiático, como sendo o *pivô geográfico da história*” (1904); Mackinder desenvolveu os mapas da Europa depois da I Guerra Mundial, estabelecendo e legitimando a geopolítica como foco prático e teórico primordial da geografia humana, que se desenvolve até o episódio aberrante da *Geopolitik* alemã,

desenvolvimento de vertentes teóricas como o darwinismo social e a sociobiologia³ (SMITH, 1988).

Para Marx, a separação da natureza em *natureza humana interior* e *natureza exterior* é um dualismo conceitual da sociedade burguesa. Na sociedade capitalista a relação natureza-sociedade é intermediada pelo processo do trabalho, que distingue força de trabalho (sujeito) e matéria-prima (natureza). Para o autor, a relação natureza-sociedade é dialética uma vez que a natureza é transformada pela sociedade e as condições naturais são premissas para a existência da sociedade (MARX apud SMITH, 1988). O movimento natural subsiste independentemente da consciência e desejos humanos, porém a interação do homem com a natureza produz uma relação dialética entre ambos (SMITH, 1988).

A natureza se torna dialética produzindo os homens, tanto como sujeitos transformadores que agem conscientemente em confronto com a própria natureza, quanto como forças da natureza. O homem constitui-se no elo de ligação entre o instrumento do trabalho e o objeto do trabalho. A natureza é o Sujeito-Objeto do trabalho. Sua dialética consiste nisso: que os homens modificam sua própria natureza à medida em que eles progressivamente eliminam a natureza exterior de sua exterioridade, à medida em que mediatizam a natureza através de si próprios e à medida em que fazem a própria natureza trabalhar para seus próprios objetivos.

SCHMIDT 1971 apud SMITH, 1988

A perspectiva dialética entre sociedade e natureza faz lembrar ao homem que ele é um organismo vivo e interage com a natureza como condição de existência recorrendo à natureza para suprir necessidades básicas de abrigo, alimentação e moradia. As históricas teorias e ferramentas desenvolvidas para “dominar a natureza”, mesmo que referente à

quando os geógrafos não fascistas pensaram duas vezes antes de se aventurar nas teorias políticas.

³ Darwinismo social é um termo moderno usado para classificar teorias da sociedade que surgiram no Reino Unido, América do Norte e Europa Ocidental, na década de 1870, objetivando aplicar os conceitos da biologia nas teorias sociais. A corrente teórica ficou conhecida devido a aplicação feita na Alemanha nazista entre 1933 e 1945.

natureza exterior, foram estendidas à sociedade como ideologias e políticas sociais⁴, como coloca Neil Smith (1988). O desenvolvimento tecnológico no contexto histórico-social foi resultado das finalidades políticas e econômicas em dominar os recursos naturais e aperfeiçoar o modo de produção de mercadorias atingindo conseqüentemente as relações sociais.

A percepção da natureza na sociedade moderna é a percepção divulgada pela comunidade científica⁵ (ORTLIEB, 2018). Até o século XIX, a matemática foi moldada no seu entendimento enquanto razão lógica e linguagem; no século XX, eleva-se a “disciplina régia” com o pressuposto de que todo resultado pode ser codificado como um sistema formal e independente de seu conteúdo (ORTLIEB, 1998). A estatística é um exemplo de como a matemática pode ser aplicada em diversas áreas científicas, possibilitando que o cientista (social, antropólogo, geógrafo, psicólogo, médico, etc) aprenda a fragmentar um conjunto de dados, a quantificar as qualidades importantes de uma amostra e a desenvolver relações estatísticas com dados de sua pesquisa.

Nas análises meteorológicas, a utilização de instrumentos como termômetro, pluviômetro, barômetro proporcionaram medições das condições do tempo e comportamento climático em diferentes partes do globo, que podem ser usadas para análises pontuais e apresentam registros suficientemente abrangentes para uma análise espacialmente global e ao longo de series temporais relativamente longas. Além da análise direta dos dados coletados em estações meteorológicas, as pesquisas em climatologia têm se apoiado, no decorrer do tempo, na aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para a interpretação dos processos atmosféricos (WILKS, 2011), o que ocorre pelo uso de programação

⁴ Visível nos planos de desenvolvimento regionais, como, no Brasil, a SUDENE, que determinam regiões a serem povoadas ou industrializadas com incentivos à população migrante, e, em cada necessidade político-social evidencia-se uma ideologia diferente sobre a natureza.

⁵ O cientista é socialmente percebido como porta-voz da natureza, e, legitimado por ter suas conclusões embasadas em teorias e metodologias científicas.

computacional. Tais métodos geram, muitas vezes, muitos conjuntos de dados a serem analisados, como no caso de fenômenos de frequências harmônicas distintas. A programação computacional passa a ser utilizada na leitura e tratamento de dados obtidos em estações meteorológicas, por radares e satélites, e ainda no desenvolvimento de modelos numéricos para a previsão e estudo da atmosfera (JUNIOR, 1994). A programação computacional é uma ferramenta útil em diferentes áreas da ciência, como, por exemplo, no planejamento urbano e monitoramento ambiental, permitindo a interpretação interdisciplinar dos fenômenos naturais.

Os bancos de dados usados em estudos da atmosfera e do oceano são disponibilizados por instituições operacionais e de pesquisa, como a NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), GHRSSST (*The Group for High Resolution Sea Surface Temperature*), ECMWF (*European Center for Medium-Range Weather Forecast*), JMA (*Japan Meteorological Agency*) (FASULLO, 2012), para citar alguns exemplos. Os grupos classificados como “conjuntos de reanálise” constituem dados gerados por modelos numéricos (por exemplo, Reanalysis I e II do NCEP-NCAR, Era-Interim, Era5, JRA-55, dentre outros), gerados a partir dados observados em estações meteorológicas, pontos de coleta⁶, e sensoriamento remoto. No caso de conjuntos de reanálise, os dados observados em todo o globo são consistidos, interpolados e aplicados a um modelo numérico global de um determinado centro meteorológico, com o objetivo de ajustá-los às equações dinâmicas e termodinâmicas do modelo, gerando então as condições atmosféricas iniciais necessárias à efetivação da previsão através da integração numérica⁷. A execução deste procedimento para séries de dados pretéritos, com um mesmo modelo numérico, permite a construção de um conjunto de dados disponíveis para todo o globo, com resolução espacial específica,

⁶ Obtidos por estações meteorológicas convencionais e automáticas, sondagem vertical, boias no oceano, rotas de aeronaves e satélites (LIMBERGER e SILVA, 2018).

⁷ Integração numérica é o método matemático pelo qual se faz a previsão do comportamento dos fluidos. Com a condição inicial da atmosfera, é possível, a partir da integração de uma função matemática, que varie no tempo, calcular o valor desta função em um tempo futuro. No site www.meted.ucar.gov.edu (*Numerical Modeling*) é possível aprender mais sobre modelagem numérica.

para vários níveis atmosféricos, chamado de reanálise. Desta forma, é possível analisar a atmosfera para períodos e localidades onde comumente não se tem dados, o que antes da década de 1990 não se podia fazer (LIMBERGER e SILVA, 2018). Assim, a execução do modelo numérico para uma série temporal pretérita permite gerar um conjunto de dados associados a cada instante temporal das condições atmosféricas condizentes com a realidade observada no passado (KALNAY et al., 1996), gerando informações para regiões pouco povoadas, onde há pouca informação meteorológica. A construção de conjuntos de reanálise com resolução espacial maior e séries temporais mais extensas só é possível devido ao aumento exponencial da capacidade computacional ao longo das últimas décadas. Atualmente, centros meteorológicos de várias partes do globo (Europa, EUA, Japão, entre outros) fornecem diversas reanálises, atualizadas sistematicamente, que apresentam resolução espacial crescente com o aumento da capacidade computacional.

Nos estudos dos fenômenos atmosféricos, a programação computacional é desenvolvida principalmente através da linguagem Fortran, que é uma linguagem compilada e rápida, como Java e C++, que passam os comandos do usuário para o código binário possibilitando que o computador execute os procedimentos (SCOTT, 2009); linguagens como Python e GrADS são classificadas como linguagens interpretadas, são mais amigáveis ao usuário iniciante e mais demoradas que as linguagens compiladas pois executam o programa sem conferi-lo previamente, interrompendo a execução ao encontrar um erro (SCOTT, 2009). É possível desenvolver modelos de visualização em duas ou três dimensões dos aspectos naturais da atmosfera e superfície e aplicar sobre esses dados cálculos estatísticos, como média, desvio em relação à média e desvio padrão. Em geral, os softwares de visualização possibilitam a geração de vídeos em evolução temporal da variável georreferenciada. Neste trabalho foi utilizado o software GrADS. Entretanto, a manipulação dos dados pode ser feita em diversos softwares, como MATLAB, *NCAR COMAND LANGUAGE* (NCL) , Delft3D e outros.

Através dos conjuntos de previsões ou análises geradas por modelos atmosféricos (ou oceânicos), pode-se analisar a evolução de um fenômeno durante o tempo passado ou futuro. O Laboratório de Imagens da NASA gerou a visualização, em três dimensões, do desenvolvimento do furacão Seymour⁸, ocorrido em outubro de 2016, no dia 11 de outubro, a partir do desenvolvimento de ondas tropicais atmosféricas na costa da África, que atravessaram o oceano Atlântico sem muito desenvolvimento e, em 20 de outubro, o distúrbio atinge a costa do México, no oceano Pacífico, onde se desenvolve. O recurso elaborado pelo Laboratório da NASA evidencia a importância da visualização dos fenômenos naturais para sua análise e compreensão, permitindo investigar o ciclo de ocorrências e suas características físicas, contribuindo, em última instância, para minimizar os impactos sociais.

Por permitir trabalhar com uma base de dados volumosa, definir funções estatísticas e visualizar campos georreferenciados da variável climática analisada, a programação computacional é defendida como ferramenta didática apropriada para o uso em disciplinas referentes à Climatologia, na graduação em Geografia. Na seção seguinte explicita-se⁹ a maneira pela qual os programas computacionais podem ser construídos na linguagem do software GrADS.

OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é defender o uso da linguagem computacional, especificamente a usada para a manipulação do software GrADS, na elaboração de programas que permitam ao aluno a construção de mapas e gráficos como apoio às atividades didáticas

⁸ A animação está disponível no link <https://globalnews.ca/video/3028843/nasa-releases-3d-animation-showing-the-size-and-scale-of-hurricane-seymour/>, acessado em dezembro de 2020.

⁹ A apostila desenvolvida pelo IAG, em 2004, ainda pode ser útil para o usuário iniciante. Disponível em: <http://www.dca.iag.usp.br/material/ritaynoue/aca-0522/referencias/apostilagrads.pdf>. Acessado em dezembro de 2020.

desenvolvidas nas disciplinas de Climatologia do curso de Bacharelado em Geografia da USP, para auxiliar o profissional da Geografia a disputar outros espaços de trabalho e as narrativas sobre o uso da programação com responsabilidade social.

DADOS E MÉTODO

O percurso histórico apresentado na Introdução é resultado de um resgate das temáticas acerca da produção social da natureza apresentadas na disciplina de Teoria e Método II do curso de Geografia da Universidade de São Paulo, somado às concepções de autores, com o mesmo enfoque teórico-metodológico correspondente ao materialismo histórico e discorrem sobre a inserção da linguagem matemática nas ciências da natureza e as consequências sociais da automatização.

O desenvolvimento dos programas em linguagem GrADS, neste trabalho de graduação, teve como suporte o material online disponível sobre tal software, scripts colocados à disposição da comunidade em fóruns virtuais de discussão relacionados ao software e o auxílio da professora Maria Elisa Siqueira Silva e do doutorando André Medeiros, aluno do Laboratório de Climatologia e Biogeografia do PPGGF. Os passos para obter os resultados apresentados são descritos a seguir. Incluo, adicionalmente, informações sobre outras instituições de pesquisa que colocam à disposição bancos de dados climáticos e outros softwares que permitem trabalhar com banco de dados georreferenciados e produzem resultados similares àqueles produzidos com software GrADS.

O banco de dados usado nesta pesquisa constituem conjuntos de valores mensais de temperatura superficial do mar (TSM) e do ar, obtidos no site da NOAA¹⁰, especificamente o banco de dados de reanálise numérica Reanalysis I do NCEP-NCAR, primeiro conjunto de

¹⁰ Os dados de reanálise estão listados e separados por categorias como altitude e pressão, através do link: <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html> . Acessado em dezembro de 2020.

reanálises colocado à disposição da comunidade científica, em 1996, e usado em importantes publicações científicas.

A construção de programas para a visualização e manipulação dos dados atmosféricos e oceânicos foi realizada com o uso do software GrADS, instalado em computador multiusuário da FFLCH-USP com o sistema operacional Linux e *shell bash*¹¹, que media o acesso para diferentes hardwares e possibilita operar os softwares ali instalados através das linhas de comando, uma alternativa com maior velocidade de processamento, sendo possível, também, utilizar interface gráfica.

É possível operar o GrADS a cada comando ou desenvolver um script e automatizar o procedimento. Dentro do software, a linguagem utilizada é a do próprio GrADS, por onde é possível manipular qualquer conjunto de dados. Os scripts desenvolvidos neste trabalho utilizam algoritmos específicos para a leitura de bancos de dados em formato NetCDF. O software GrADS tem o código aberto (*open source*) e pode ser aprimorado por qualquer interessado.

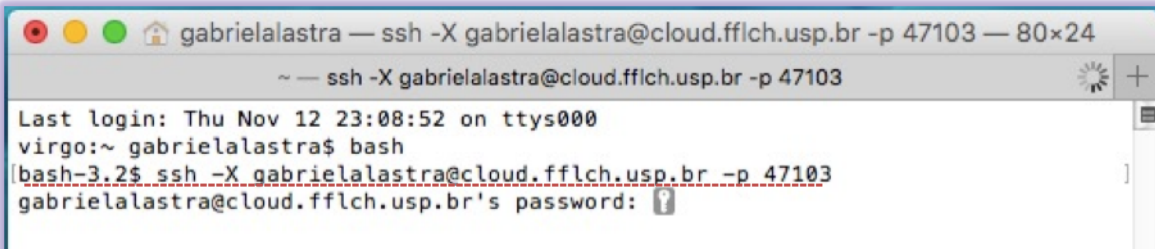
A elaboração de scripts permite que o software execute comandos, tanto para o tratamento dos dados como para a elaboração de gráficos e mapas, conforme a temática abordada, a partir de um banco de dados com a variável de análise georreferenciada. Os programas podem ser alterados para mostrar aspectos da realidade em diferentes formatos nos planos cartesianos XY, XZ, e YZ (adotando-se o sistema cartesiano de referência, com as dimensões zonal, x, meridional, y, e vertical, altitude, z), em saídas gráficas com dimensão de espaço e tempo, séries temporais, histogramas, representação em isolinhas e diferentes projeções espaciais (polar, mercator, cônica e outras). Neste trabalho, os comandos usados nos scripts ressaltam os procedimentos básicos para recortes no tempo e espaço, tratamento estatístico e formas de visualização gráfica.

¹¹ *Bash* é o nome da linguagem interpretativa dos comandos do usuário, executada a partir do terminal/tela de comando, chamado de *shell*, onde o usuário se conecta ao hardware e utiliza os programas ali instalados.

RESULTADOS

As condições restritivas atípicas do ano de 2020 referentes à pandemia da COVID-19, fez com que o desenvolvimento desse trabalho ocorresse exclusivamente de forma remota. Essa prática mostrou-se uma alternativa social viável, sendo aplicada em diferentes setores da sociedade. Nesse contexto, os scripts foram operados remotamente no software GrADS pelo acesso à nuvem da FFLCH-USP, do Laboratório de Climatologia e Biogeografia, acessível pelo terminal *shell* do computador individual. Como os comandos usados para o acesso à nuvem foram essenciais para a pesquisa, e o contexto da educação à distância mostra-se uma alternativa social, desenvolvi um glossário dos comandos iniciais em *bash* e alguns comandos específicos que me foram úteis, comuns para Linux e OS X, listados no anexo 1, Tabela A1.

No terminal do meu computador individual utilizo o comando SSH (*Secure Socket Shell*) para acessar e gerenciar outros servidores na Internet. Depois de ter solicitado *login* na Superintendência de Tecnologia da USP, STI-USP, o acesso ao computador do laboratório é feito através de linha de comando, tal como apresentado na Figura 01, que após a informação de usuário e senha, retorna uma confirmação de entrada em outro IP, conforme destaque na Figura 02.



```
gabrielalastra — ssh -X gabrielalastra@cloud.fflch.usp.br -p 47103 — 80x24
~ — ssh -X gabrielalastra@cloud.fflch.usp.br -p 47103
Last login: Thu Nov 12 23:08:52 on ttys000
virgo:~ gabrielalastra$ bash
bash-3.2$ ssh -X gabrielalastra@cloud.fflch.usp.br -p 47103
gabrielalastra@cloud.fflch.usp.br's password: ?
```

Figura 01: Comando de entrada na nuvem de dados da FFLCH.

```
gabrielalastra — gabrielalastra@sakura: ~ — ssh -X gabrielalastra@clou
~ — gabrielalastra@sakura: ~ — ssh -X gabrielalastra@cloud.fflch.usp.br -p 47103
Last login: Thu Nov 12 23:08:52 on ttys000
virgo:~ gabrielalastra$ bash
[bash-3.2$ ssh -X gabrielalastra@cloud.fflch.usp.br -p 47103
[gabrielalastra@cloud.fflch.usp.br's password:
Welcome to Ubuntu 12.04.5 LTS (GNU/Linux 3.2.0-58-virtual x86_64)

* Documentation:  https://help.ubuntu.com/

System information as of Fri Nov 13 00:00:41 BRST 2020

System load:      0.0                Processes:         140
Usage of /home:  93.4% of 9.69TB      Users logged in:   0
Memory usage:    7%                  IP address for eth0: 10.2.2.159
Swap usage:      92%

=> /home is using 93.4% of 9.69TB

Graph this data and manage this system at:
  https://landscape.canonical.com/

155 packages can be updated.
136 updates are security updates.

New release '14.04.1 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.

You have mail.
Last login: Wed Nov 11 20:44:27 2020 from 177.80.124.199
gabrielalastra@sakura:~$ █
```

Figura 02: Acesso remoto do servidor da FFLCH a partir de computador individual.

É possível abrir o GrADS estando no diretório em que está salvo o script e o banco de dados, ou abrir o software em um diretório diferente e escrever o respectivo caminho em que estão salvos os arquivos. O comando “sdfopen” é usado para abrir o banco de dados em formato NetCDF. Para verificar as características da base de dados, utilizamos os comandos “q dims” e “q file”, como mostra na Figura 03. No retorno a estes comandos recebemos as informações de cobertura espacial, temporal, altimétrica, número de variáveis e a forma como os dados estão agrupados. Essas informações são essenciais para determinar os recortes do arquivo e alterar o script que se deseja aplicar.

Os scripts desenvolvidos nessa pesquisa constituem uma ferramenta alternativa para a visualização de dados atmosféricos e oceânicos oriundos de conjuntos da Reanalysis I do NCEP-NCAR. Ao todo foram elaborados quatro scripts cujas funções principais estão listadas na Tabela 01.

```

gabrielastra@sakura:~/TGI2020/one$ grads
Grid Analysis and Display System (GrADS) Version 2.0.a9
Copyright (c) 1988-2010 by Brian Doty and the
Institute for Global Environment and Society (IGES)
GrADS comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY
See file COPYRIGHT for more information

Config: v2.0.a9 little-endian readline printim grib2 netcdf hdf4-sds hdf5 opendap-grids geotiff shap
efile
Issue 'q config' command for more detailed configuration information
[Landscape mode? ('n' for portrait): y
GX Package Initialization: Size = 11 8.5
]
ga-> sdfopen sst.mon.mean.nc
Scanning self-describing file: sst.mon.mean.nc
SDF file sst.mon.mean.nc is open as file 1
LON set to 0 360
LAT set to -89.5 89.5
LEV set to 0 0
Time values set: 1891:1:1:0 1891:1:1:0
E set to 1 1
]
ga-> q file
File 1 : COBE Sea Surface Temperature Analysis
Descriptor: sst.mon.mean.nc
Binary: sst.mon.mean.nc
Type = Gridded
Xsize = 360 Ysize = 180 Zsize = 1 Tsize = 1552 Esize = 1
Number of Variables = 1
sst 0 t,y,x Monthly Means of Global Sea Surface Temperature
]
ga-> q dims
Default file number is: 1
X is varying Lon = 0 to 360 X = 0.5 to 360.5
Y is varying Lat = -89.5 to 89.5 Y = 1 to 180
Z is fixed Lev = 0 Z = 1
T is fixed Time = 00Z01JAN1891 T = 1
E is fixed Ens = 1 E = 1
ga->
ga->

```

Figura 03: Resultados obtidos com os comandos “q file” e “q dims” operados no software GrADS, referente ao banco de dados de temperatura superficial dos oceanos, “sst.mon, mean,nc”.

Tabela 01: Scripts desenvolvidos e objetivos didáticos

Nome do script (* .gs)/ Nome dos arquivos de saída (* .png)	Resultado do script	Objetivo didático
---	---------------------	-------------------

<p>SCRIPT 01</p> <p>one-duasvar.gs sst.01011970.png air.01011970.pgn</p>	<p>Temperatura do ar para o domínio espacial da América do Sul.</p> <p>temperatura superficial dos oceanos (TSM) para o domínio global. Ambas variáveis são plotadas para janeiro de 1970, primeiro mês da série.</p>	<p>Proposto como script inicial, evidencia os comandos necessários para abrir um banco de dados, determinar coordenadas e escala temporal, escrita de títulos e legenda de cores. O procedimento abre dois bancos de dados, para variáveis distintas, imprimindo dois mapas em formato PNG.</p>
<p>SCRIPT 02</p> <p>two-anomalia.gs sst.anomalia70.png sst.anomaliaEN.png sst.mediaXX.png</p>	<p>Média global da TSM no século XX (1901-2000); anomalia da TSM para a década de 1970 e anomalia da TSM durante o El Niño de 1997-1998.</p>	<p>Script intermediário, explicita como definir uma variável matemática, com as operações estatísticas relacionadas à média e anomalia e produzir três mapas não agrupados, no formato PNG. Com base nos cálculos de anomalias para períodos distintos é notável a diferença que os resultados expressam.</p>
<p>SCRIPT 03</p> <p>three-subplot.gs media_desvip_sst.png</p>	<p>Resulta em dois mapas alinhados horizontalmente, imprimindo média global e desvio-padrão da TSM durante o El Niño de 1997-1998.</p>	<p>Script de dificuldade intermediária, explicita a definição da variável matemática com o cálculo estatístico referente ao desvio-padrão e à média aritmética para todo o globo, imprimindo os dois mapas alinhados horizontalmente.</p> <p>Nesse programa há uma descrição mais complexa referente ao uso de <i>strings</i> (texto inserido na figura), informando as respectivas coordenadas, cor, alinhamento, espessura e rotação da <i>string</i>.</p>
<p>SCRIPT 04</p> <p>four-interativo.gs sst.gif</p>	<p>Esse programa resulta em uma animação com os dados diários de TSM para o recorte espacial definido pelo usuário durante a execução do programa.</p>	<p>Script de dificuldade avançada, mostra como permitir que um recorte seja definido pelo usuário durante a execução do script. Salva a animação no formato GIF.</p>

Proposto como inicial, o script 01 (Figura 04), "one-duasvar.gs", foi elaborado com o objetivo de apresentar os comandos necessários para abrir um banco de dados, recortar os dados para determinada dimensão temporal e espacial, definir limites dos eixos, títulos, legenda de cores e salvar a figura gerada. Na elaboração do mapa, selecionado o mês de janeiro de 1970 e o domínio da América Latina para mostrar a média da temperatura do ar próximo à superfície (variável denominada "air", no arquivo de dados).

O mapa mostrado na Figura 05 indica o comportamento da variável "air" na América Latina, em janeiro de 1970, quando o tempo do arquivo de dados é igual 265. Depreende-se do mapa a polarização térmica entre as médias mais baixas na fronteira tripla entre Chile, Bolívia e Peru, atingindo 9 °C, associada à proximidade da Cordilheira dos Andes, e, médias mais altas na fronteira tripla entre Bolívia, Paraguai e Mato Grosso do Sul, que atingem 27 °C. A altitude da Cordilheira demarca o limite entre os giros da circulação atmosférica em áreas mais a leste e mais a oeste. O escoamento a leste da Cordilheira recebe a influência dos ventos alísios de nordeste e das correntes equatoriais quentes em contraposição ao ar a oeste da Cordilheira, que recebe a influência das correntes oceânicas e atmosférica de sul, frias, com destaque para a corrente oceânica do Peru. Esta seria uma breve análise que se pode fazer a partir da imagem mostrada na Figura 05 e que está no contexto do que pode ser usado como material didático em disciplinas de Climatologia.

O mapa da Figura 06 refere-se ao comportamento da temperatura da superfície dos oceanos, variável denominada "sst" (sea surface temperature), em janeiro de 1970, a mesma data selecionada para o conjunto de dados anterior, temperatura do ar próximo à superfície, usado para gerar a Figura 05. No arquivo da TSM, "sst.mon.mean.nc", o mês de janeiro de 1970 é encontrado no tempo igual a 949, tal como indicado no script. A elaboração do script resulta no mapa da variável "sst", definido para todo o globo, mostrando o padrão de gradiente térmico na direção meridional, entre os pólos e o equador, simétricos nos dois hemisférios. Esse gradiente térmico revela a maior concentração de calor nos trópicos.

SCRIPT 1

```
#UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
#LABORATORIO DE CLIMATOLOGIA E BIOGEOGRAFIA
#PROFA DRA MARIA ELISA SIQUEIRA
#GABRIELA LASTRA

#Esse script considera os dados de Temperatura Superficial dos
Oceanos
#e Temperatura do ar Continental
#recortados para a America do Sul, em janeiro de 1948.

#Comandos iniciais
#reiniciando
'reinit'
#fundo branco
'set display color white'
'c'

#abrindo dados de temperatura do ar
'sdfopen air.mon.mean.nc'

#definindo coordenadas da America do Sul
'set lat -60 15'
'set lon -85 -30'

#definindo tempo em janeiro de 1970
'set t 265'

#definindo eixos lat e lon
'set xlint 20'
'set ylint 20'

#modelo de grafico preenchido
'set gxout shaded'

#exibir variavel georreferenciada
'd air'

#titulos e barra de cores
'draw title Temp. Superficial em 1970'

#se nao especificar a funcao encontra o encaixe
'xbar'

#salvando mapa da america latina
'printim air.americalatina.1970.png '
```

```

#limpando o display
'c'
#limpando o banco de dados
'reinit'
#display branco
'set display color white'
'c'

#abrindo arquivo de temperatura superficial dos oceanos
'sdfopen sst.mon.mean.nc'

#para um grafico horizontal com legendas
#fazse necessario definir uma area para o grafico e outra para
legenda

#selecionando area xmin xmax ymin ymax
'set parea 1.2 10.2 2.3 7.0'

#grafico preenchido
'set gxout shaded'

#recorte temporal em janeiro de 1970
'set t 949'

#distancia entre os eixos
'set xlint 60'
'set ylint 60'

#display da variavel
'd sst'

#titulos
'draw title Temperatura Superficial dos Oceanos janeiro/1970'
'draw xlab longitude'
'draw ylab latitude'

#saindo da area do mapa
'set parea off'
#barra de cores
'xcbar -dir h 1.6 1.4'
'draw string 1.0 1.4 (`ao`nC)'

#salvar o mapa
'printim sst.global.1970.png'

```

Figura 04. Script elaborado para visualização de duas variáveis: “air” para a América do Sul e “sst” em escala global, ambas definidas para janeiro de 1970.

Temperatura Superficial em jan 1970

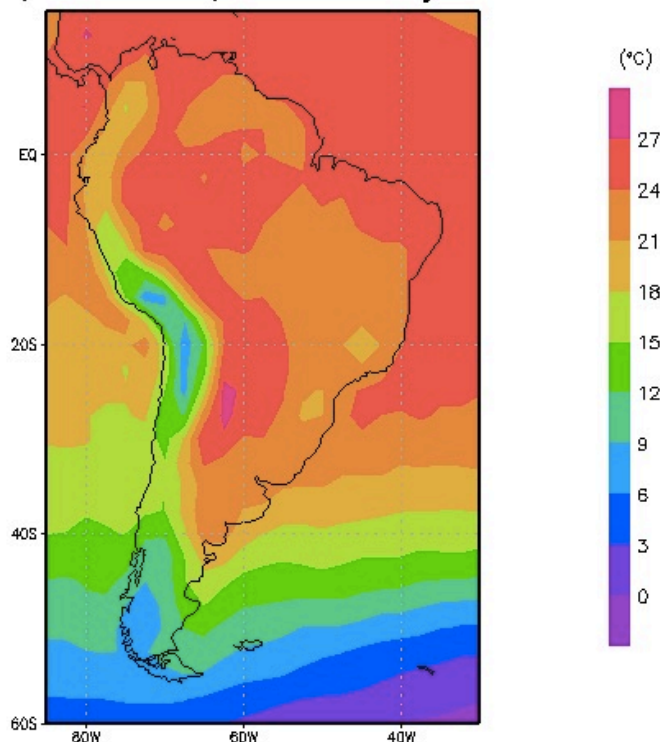


Figura 05: Resultado do script 01 referente à variável “air” para América do Sul em janeiro de 1970. Dados da Reanalysis I do NCEP-NCAR.

Temperatura Superficial dos Oceanos janeiro/1970

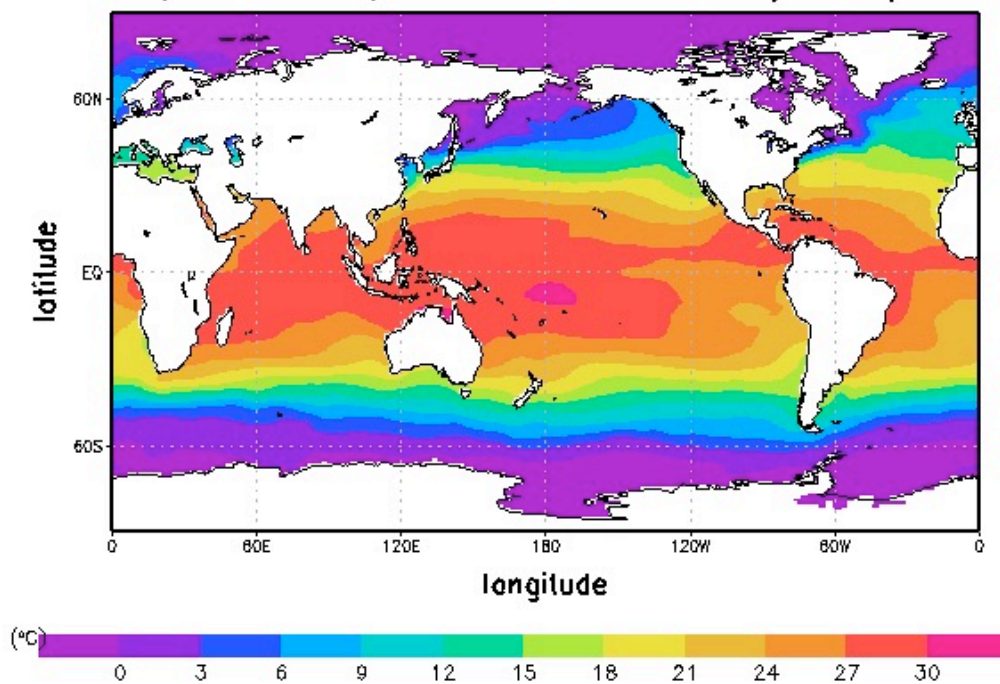


Figura 06: Resultado do script 01 referente à variável “sst” para escala global em janeiro de 1970. Dados de Reanalysis I do NCEP-NCAR.

O script 02 (Figura 07), chamado de “two-anomalia.gs”, classificado como intermediário, mostra os comandos necessários para definir uma variável depois de alguma manipulação estatística, aplicando o procedimento a todo o banco de dados; neste caso, são calculadas a média da variável “sst”, para o século XX, mostrada na Figura 08, e as anomalias referentes à década de 1970 (Figura 09) e ao período do evento El Niño de 1997-1998 (Figura 10). Ambas anomalias foram calculadas em relação à média para o século XX. Os resultados da média climatológica da TSM para o período 1900-1999 (Figura 08) e para as anomalias relativas aos períodos 1970-1979 (Figura 09) e 1997-1998 (evento de EN forte) (Figura 10) são mostrados em três mapas, exportados com extensão png.

O mapa de anomalias da temperatura superficial dos oceanos calculada para a década de 1970 em relação à média para o século XX, Figura 09, mostra que os dados do grupo amostral da década de 70 não são muito distantes da média secular, o que revela a alta capacidade térmica dos oceanos; os valores de anomalia são, em geral, inferiores a 1 °C em relação à média secular.

A Figura 10, que representa a anomalia de TSM para o período 1997-1998, revela, por outro lado, a anomalia para o período em que ocorreu um forte El Niño¹² no Pacífico equatorial¹³. A temperatura está mais alta no Pacífico equatorial centro-leste, como característico do evento (SETTE e TARIFA, 2002), próximo à costa do Peru, Equador e Colômbia, com valores de anomalia de até 2,5 °C. As anomalias de TSM diminuem na direção oeste, noroeste e sudoeste do Pacífico. Anomalias menores, mas ainda positivas, entre 1 °C e 2 °C, são observadas na costa da Califórnia e nas geleiras da costa sudoeste da Groenlândia.

¹² O El Niño 1997-1998 começou em abril e teve uma rápida evolução e se prolongou até maio de 1998. Até janeiro de 1997 era observado o prolongamento do fenômeno La Niña que começou em outubro de 1995 e tem o predomínio de anomalias térmicas negativas no Oceano Pacífico Equatorial (SETTE e TARIFA, 2002).

¹³ Disponível no link <https://www.pmel.noaa.gov/pubs/outstand/mcph2029/abstract.shtml>, acessado em dezembro de 2020.

SCRIPT 2

```
#UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
#LABORATORIO DE CLIMATOLOGIA E BIOGEOGRAFIA
#PROFA DRA MARIA ELISA SIQUEIRA
#GABRIELA LASTRA

#Esse script calcula a anomalia da temperatura superficial dos
oceanos
#na decada de 1970 em relacao a media global do seculo XX
#e a anomalia durante o evento El Nino em 1997-1998
#imprimindo tambem a media global do seculo XX
#gerando tres arquivos em extensao png

#Os primeiros comandos garantem que o programa nao execute outro
simultaneamente e troca o fundo do display para branco
'reinit'
'set display color white'
'c'

#abrindo o banco de dados
'sdfopen sst.mon.mean.nc'

#Calculando a media dos anos 70, que comeca com o tempo=949 e
termina em t=1069
'define media70=ave(sst,t=949,t=1069)''

#calculando a media global do seculo, que comeca com t=121 e termina
em t=1309
'define mediaXX=ave(sst,t=121,t=1309)''

#Anomalia da decada de 70 em relacao a media do seculo
'define anom70=media70-mediaXX'

#Anomalia durante o El Nino 1997-98, que comeca com t=1273 e termina
em t=1296
'define mediaEN=ave(sst, t=1273,t=1296)''
'define anomEN=mediaEN-mediaXX'

#Escolhendo os detalhes da visualizacao
#grafico preenchido
'set gxout shaded'
#com intervalos de coordenadas de 60 graus
'set xlint 60'
'set ylint 60'

#display anomalia na decada de 70
```

```

'd anom70'
'xbar'
'draw string 1.2 0.75 (`ao`nC)'
#titulo
'draw title Anomalia da TSM na decada de 70 em relacao a media do
secXX'
#salvando o mapa em png
'printim sst.anomalia70.png'
#limpando o display para novo plot
'c'

#display media
'd mediaXX'
'xbar'
'draw string 0.8 0.75 (`ao`nC)'
#titulo
'draw title Media Global da TSM no seculo XX'
#salvando em png
'printim sst.mediaXX.png'
#limpando o display
'c'

#display anomalia El Nino
'd anomEN'
'xbar'
'draw string 0.8 0.75 (`ao`nC)'
#titulo
'draw title Anomalia da TSM durante 1997-1998\em relacao a media do
secXX'
#salvando em png
'printim sst.anomaliaEN.png'

```

Figura 07. Script elaborado para o cálculo da média global da temperatura da superfície do mar, “sst”, entre 1901 a 2000, e as anomalias de “sst” dos períodos 1970-1979 e 1997-1998 relativas à média secular.

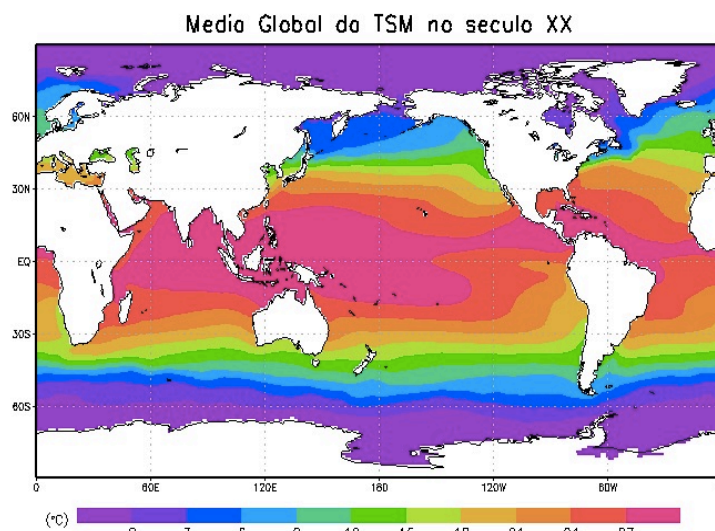


Figura 08: Resultado do script 02. Média global da variável “sst” no século XX (1901-2000). Dados da Reanalysis I do NCEP-NCAR.

Anomalia da TSM na decada de 70 em relacao a media do secXX

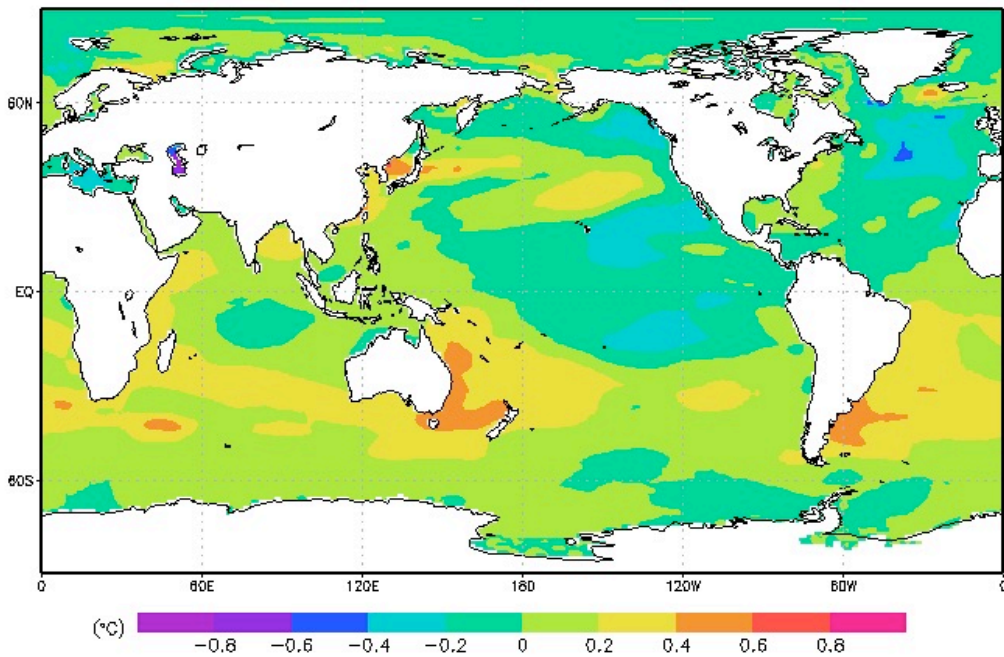


Figura 09: Resultado do script 02. Anomalia média da TSM em 1970-1979 em relação à média secular de 1901-2000. Dados da Reanalysis I do NCEP-NCAR.

Anomalia da TSM durante 1997-1998 em relacao a media do secXX

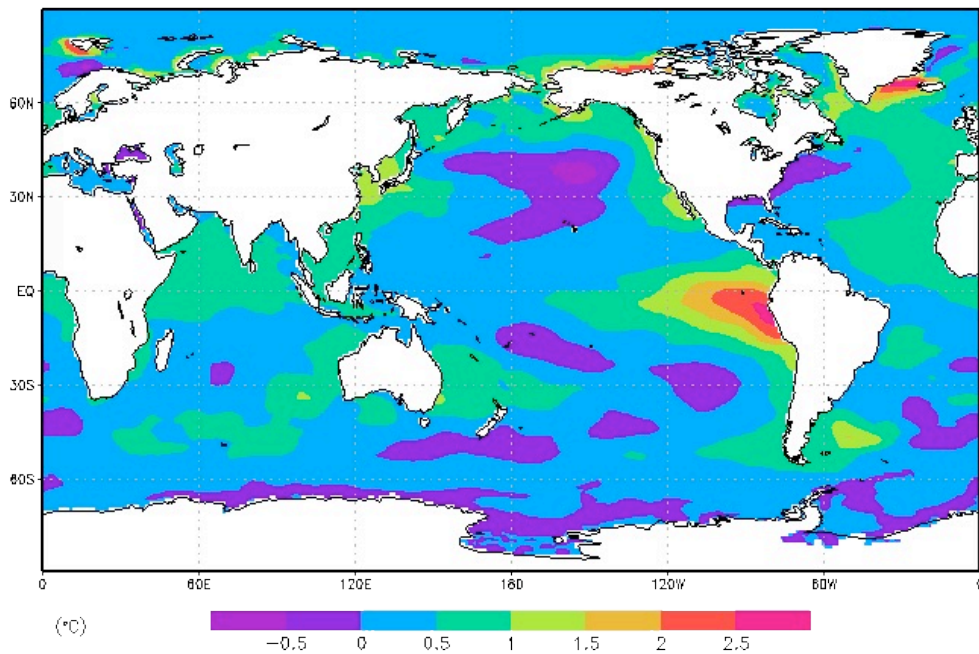


Figura 10: Resultado do script 02. Anomalia da TSM para o período 1997-1998 em relação à média secular de 1901-2000. Dados de Reanalysis I do NCEP-NCAR.

O script 03 (Figura 11), denominado “three-subplot.gs”, classificado com nível de dificuldade intermediário, explicita o cálculo do desvio padrão e da média para os dados mensais de temperatura superficial global dos oceanos. Os dois mapas, de desvio padrão e média, são alinhados horizontalmente, com o padrão de apresentação detalhado nas coordenadas do display do GrADS e estão definidos para uma amostra temporal durante o evento do El Niño 1997-1998 (Figura 12). Os principais objetivos do script 03 são: apresentar nova possibilidade de cálculo estatístico e um formato de apresentação gráfica mais detalhado.

Na Figura 12b o comportamento médio da variável “sst” no período 1997-1998, com as faixas de temperatura em degrade do Equador aos polos. Na Figura 12a, observamos os pontos que desviam em relação a média, evidenciando pontos com valores variando entre 1 e 3 °C, exceto nas regiões oceânicas que bordejam o leste dos continentes asiático e norte-americano, espalhando em leque um desvio padrão com valores variando entre 3 e 6 °C. Estas regiões extratropicais são conhecidas na climatologia como áreas com energia cinética elevada, por onde passam muitos sistemas atmosféricos transientes (HARTMANN, 2015).

SCRIPT 3

```
#UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
#LABORATORIO DE CLIMATOLOGIA E BIOGEOGRAFIA
#PROFA DRA MARIA ELISA SIQUEIRA
#GABRIELA LASTRA

#Esse programa desenvolve dois mapas alinhados horizontalmente
#sobre a media e o desvio padrao em relacao a media
# entre 1997-1998
#utilizando o banco de dados de Temperatura Superficial dos Oceanos

#comandos iniciais
'reinit'
'set display color white'
'c'

#abrindo arquivo de Temperatura Superficial dos Oceanos
'sdfopen sst.mon.mean.nc'

#definindo variaveis de media e desvio padrao para 1997-98 t=1273 e
```

```

t=1296
'define media1=ave(sst, t=1273,t=1296)'
'define desvp=sqrt(ave(pow(sst-media1,2),t=1273,t=1296))'

#plot desvio padrao
#definindo coordenadas para o plot
'set parea 0.5 5.5 0 8.5'
#tirando linhas da projecao
'set grads off'
'set grids off'
#mapa preenchido
'set gxout shaded'
#intervalo entre coordenadas
'set xlint 60'
'set ylint 60'
'd desvp'
#titulo
'draw title Desvio Padrao'

#legenda
'xcbar 0.8 5.5 2.1 2.3'
'draw string 6.0 2.3 (`ao`nC)'

#saindo desse recorte
'set parea off'

#plot media
#definindo coordenadas para o plot
'set parea 5.9 10.9 0 8.5'
'set grads off'
'set grids off'
'set gxout shaded'
'set xlint 60'
'set ylint 60'
'd media1'
'draw title Media'
'xcbar 6.2 10.9 2.1 2.3'
'draw string 6.0 2.3 (`ao`nc)'
'set parea off'

#definindo a string cor preta =1; alinhamento centro=c;
espessura=10; rotacao 0
'set string 1 c 10 0'
#definindo tamanho da string horizontal e vertical
'set strsiz 0.35 0.35'
#coordenadas do titulo
'draw string 5.2 7.5 TSM em 1997/98'

#salvando

```

```
'printim media_desvp_sst.png'
```

Figura 11: Script elaborado para alinhar dois mapas referentes à variável “sst” durante 1997-1998, apresentando média global e desvio padrão da TSM.

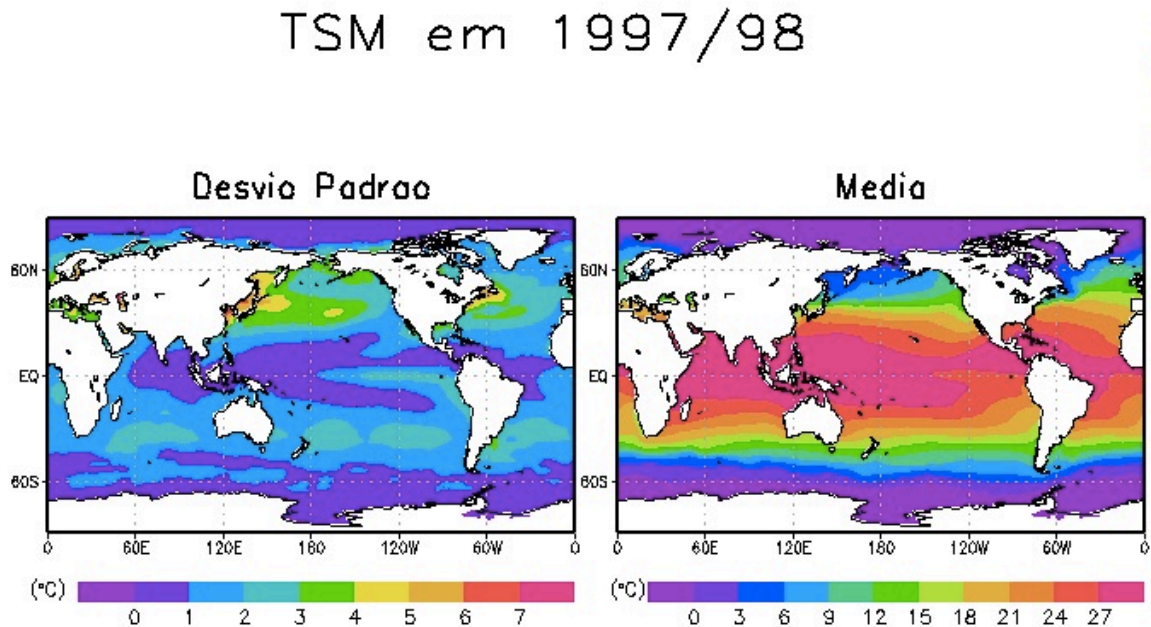


Figura 12: Resultados do script 03: (a) Desvio padrão de “sst” em relação à média de 1997-1998 e (b) média da variável “sst” para o mesmo período. Dados de Reanalysis I do NCEP-NCAR.

O objetivo do script 04, denominado “four-interativo.gs”, é apresentar um procedimento interativo com o usuário, considerando a evolução mensal da variável “sst”. Durante a execução do programa, o usuário tem a opção de recortar o mapa para as coordenadas geográficas de preferência com alguns recortes usuais apresentados na tela do software, sem alterar o recorte no script. Selecionadas as coordenadas da amostragem espacial, o script retorna a progressão temporal, para os meses de 1970 a 1979, da variável “sst” no recorte espacial selecionado pelo usuário.

SCRIPT 4

```

#UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
#LABORATORIO DE CLIMATOLOGIA E BIOGEOGRAFIA
#PROFA DRA MARIA ELISA SIQUEIRA
#GABRIELA LASTRA

#Esse programa interativo resulta na Temperatura Superficial nos
Oceanos para
#os valores de lat e lon que o usuario desejar
#no periodo da decada de 1970

#comandos iniciais
'reinit'
'set display color white'
'c'

#abrindo banco de dados
'sdfopen sst.mon.mean.nc'

#aplicando recorte temporal para decada de 70 com t=949 e t=1309
'set t 949 1309'

#opcoes que apareceram antes da pergunta
say '-> LAT LON sugeridos'
say ' '
say 'mapa global lat -90 90 lon 0 360'
say 'mapa europa lat 25 90 lon -30 60'
say 'mapa america do norte lat 15 95 lon -170 -15'
say 'mapa america central lat 3 27 lon -120 -50'
say 'mapa america do sul lat -60 15 lon -85 -30'
say 'mapa africa lat -40 40 lon -20 55'
say 'mapa asia lat -20 90 lon 20 180'
say 'mapa oceania lat -60 0 lon 100 180'
say ' '
#processo interativo para fazer questionamentos ao usuario via
terminal grads
prompt 'quais latitudes?'
#carrega a informacao vinda do usuario e define as lat inicial e
final
pull minlat maxlat

#questionamento ao usuario para lon
prompt 'quais longitudes?'
#definindo lon inicial e final
pull minlon maxlon

#aplicando os recortes
'set lat 'minlat%' '%maxlat'
'set lon 'minlon%' '%maxlon'

#display
#projecao em mapa preenchido
'set gxout shaded'
#distancia entre as coordenadas

```

```
'set xlint 60'
'set ylint 60'
'd sst'

#informacoes do mapa
'xcbar'
'draw title Temperatura Superficial dos Oceanos'

#salvando mapa
'printim sst.gif'
```

Figura 13. Script interativo elaborado para a visualização da variável “sst” entre os meses da década de 1970, com recortes espaciais definidos pelo usuário, sem alterar o algoritmo do script.

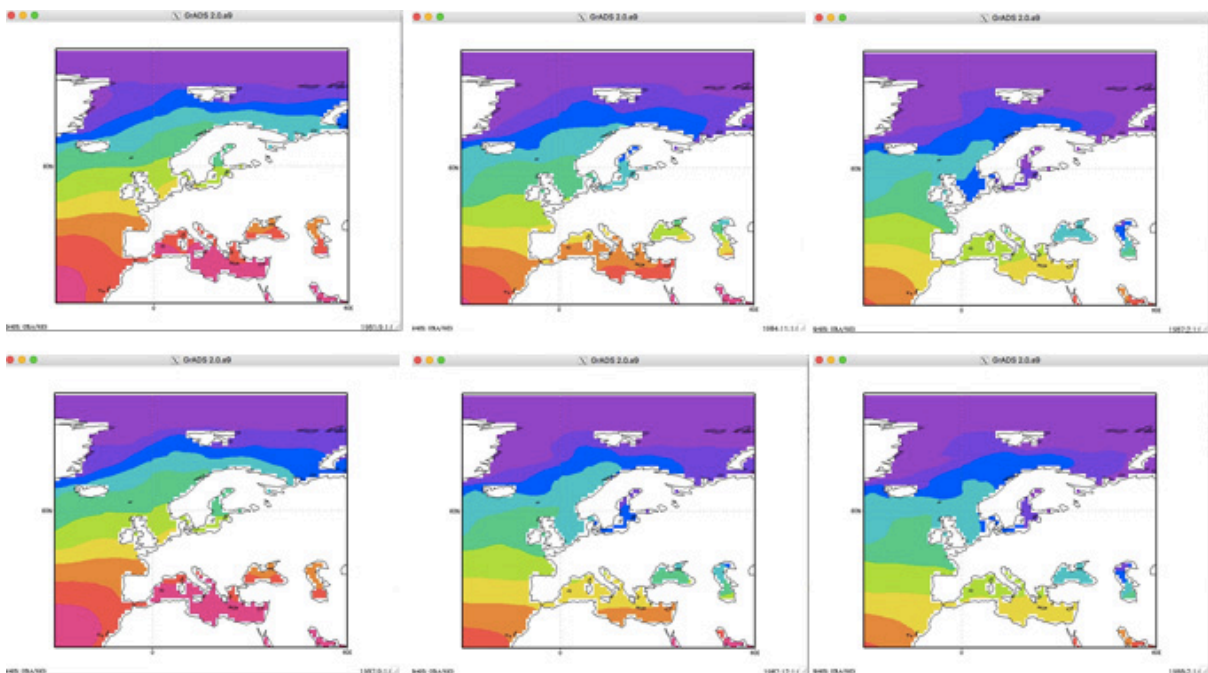


Figura 14: Resultados do script 4. Evolução mensal da variável “sst” entre 1970 e 1979, com o recorte espacial definido para o continente europeu. Dados de Reanalysis I NCEP-NCAR.

DISCUSSÃO

Este trabalho de graduação foi motivado durante a vivência na Universidade de São Paulo, partindo de uma necessidade notada entre os discentes de graduação em Geografia por ferramentas que permitissem trabalhar com banco de dados georreferenciados. Pensando em agregar conhecimento e ferramenta de análise ao curso de geografia, este trabalho foi desenvolvido sob a orientação da professora Dra. Maria Elisa Siqueira Silva, partindo-se de conceitos aprendidos em programação computacional no curso de Oceanografia, no Instituto Oceanográfico da USP (curso frequentado anteriormente ao de Geografia). Apresenta-se o desenvolvimento de programas didáticos que têm conexão com as disciplinas da graduação da área de climatologia e possam ajudar alunos e pesquisadores da área a visualizar e manipular diferentes bases de dados utilizando um software gratuito.

O resgate histórico necessário para entendermos o desenvolvimento da programação computacional em relação à percepção da natureza pela sociedade moderna revelou algumas consequências sociais causadas pelo encadeamento tecnológico que se seguiu desde a Revolução Industrial até a contemporaneidade (período da Pós-Grande Indústria¹⁴), quando se observa grande automatização e versatilidade das máquinas industriais, com o uso da programação computacional. O economista Eleutério Prado é um dos pensadores que se debruça para analisar as condições de trabalho e consequências sociais resultantes desse novo modo de produção e afirma que o trabalho humano tende a se reduzir em períodos de supervisão (PRADO, 2018). Por exemplo, empresas como a Ui Path¹⁵ apostam em formas mais amigáveis de automatização dos processos e apresentam soluções para empresas e indústrias que utilizam a inteligência artificial e outros meios de

¹⁴ Terminologia para designar o período histórico da grande indústria, que se inicia no fim da manufatura no último quartel do século XVIII e termina na década de 70 do século XX, quando se inicia o período da pós-grande indústria.

¹⁵ Ui Path (Robotic Process Automation) é uma empresa de tecnologia que busca solucionar problemas do ambiente de trabalho através da automação de processo. Site da empresa: <https://www.uipath.com/pt/>

automatizar. A Ui Path e outras empresas propõem facilitar a entrada do processo de automação em diversos setores sociais, advogando que este é um meio que reduz o tempo de execução e as chances de erro sobre o processo repetitivo.

Além dos serviços e facilidades que a automatização oferece, o economista Prado (2018) põe em evidência que esse novo modo de produção permitiu criar novas formas de monetizar os sujeitos através do *cyber espaço* e de redes sociais privadas. A programação por trás de cada tela recolhe dados fornecidos pelo usuário, categorizando-o através de sua interação com o sistema virtual e agrupando os usuários em nichos de mercado para receber uma publicidade direcionada. A programação pode ser usada de forma antiética, mostrando seu potencial catastrófico, como a disseminação direcionada de propaganda ideológica proporcionada, por exemplo, pela Cambridge Analytic¹⁶ durante a eleição dos Estados Unidos da América, em 2016, onde a empresa participou da comissão de campanha de Donald Trump, promovendo cerca de 5 mil pontos de dados¹⁷ sobre cada usuário americano do facebook, que serviam para classificar seu perfil de comportamento e enviar propaganda política direcionada, interferindo nas eleições sem compromisso com a verdade dos fatos e de forma antiética, como explícito no documentário *The Great Hack* (2019). Por se viver as consequências do uso dessa ferramenta de automação, é preciso determinar os limites de sua aplicabilidade. As pesquisas em ciências sociais e humanas têm muito a contribuir ao considerar a programação computacional como objeto de estudo.

“Na base da discussão sobre a relação entre pensamento e linguagem está a questão de como o sujeito lida com a alteridade do mundo exterior, ou seja, como tratar a dicotomia entre sujeito e o mundo.”

VOLÓCHINOV, 2018

¹⁶ O documentário *The Great Hack* (em português, foi traduzido como *Privacidade Hackeada*) (2019) aborda as denúncias feitas à empresa *Cambridge Analytic* por usar informações dos usuários para induzir ideologicamente os sujeitos em assuntos políticos.

¹⁷ Os pontos de dados coletados para caracterizar os usuários incluem documentos pessoais, compras na internet e interação do usuário com as publicações que aparecem na timeline das redes sociais.

A programação computacional quando observada como linguagem tem potencial de agir socialmente atuando na interface entre o discurso externo social e o discurso interno dos sujeitos, dito de outro modo é através da linguagem que codificamos o mundo e construímos nossa percepção individual sobre a materialidade que nos cerca (VOLÓCHINOV, 2018). Assim, a linguagem pode, por exemplo, direcionar a perspectiva social sobre determinada temática, condizente com o período histórico e as diretrizes políticas vigentes.

Advoga-se que a programação é uma ferramenta necessária ao profissional da geografia e desenvolve-se sua aplicabilidade inicial em climatologia, alertando que ela pode gerar impactos desastrosos como a polarização política e o conseqüente desenvolvimento do fascismo. Ainda, que a ciência se depara com problemas de um universo ético que não parecia tocar objetivamente, tal como Michel Serres¹⁸ argumenta em relação aos estudos de física após os eventos de bomba atômica: "Que tenhamos Hiroshima como espectro da filosofia."

Como Lacoste ressalta, a Geografia que se debruça sobre a paisagem sabe que esses dados naturais são determinantes para questões sociais e, por isso, são do interesse de uma minoria dirigente. Seguindo essa perspectiva, defende-se que a tecnologia deve ser usada com responsabilidade social para servir como ferramenta auxiliar nas diversas áreas da ciência.

Esse conjunto de representações cartográficas e de conhecimentos bem variados, visto em sua relação com o espaço terrestre e nas diferentes formas de práticas do poder, forma um saber claramente percebido como estratégico por uma minoria dirigente, que os utiliza como instrumento de poder.

LACOSTE, 1988

¹⁸ "Hiroshima constitui o único objetivo de minha filosofia."
SERRES, Michel. *Paysages des sciences*. **Editions le Pommier**, 1999, pag.25.

CONCLUSÃO

O conhecimento do uso não ético da linguagem computacional destinado à manipulação do comportamento social é um debate sério que precisa de limites jurídicos, entretanto não impede o uso da programação computacional como ferramenta auxiliadora do profissional em geografia, contribuindo para ampliar a perspectiva profissional, uma vez que possibilita trabalhar rapidamente com volumosos bancos de dados, bancos mais abrangentes, espacial e temporalmente, fazer uso da modelagem numérica em regiões com poucos dados e analisar o comportamento futuro ou pretérito da atmosfera e oceanos.

Neste trabalho, apresenta-se a manipulação de dados climáticos em softwares gratuitos, com os programas iniciais desenvolvidos para aprender os comandos de execução na linguagem GrADS, facilitando o processo de ensino-aprendizagem dos fenômenos naturais devido à velocidade de processamento que permite trabalhar com as variáveis georreferenciadas, a aplicação de cálculos estatísticos e observação do comportamento da variável em estudo através da impressão gráfica.

A abrangência de procedimentos usados nos algoritmos do GrADS auxiliam o desenvolvimento dos processos humanos cognitivos, como a abstração matemática e ordem lógica de execução dos algoritmos, por exemplo. Adicionalmente, permite o melhor entendimento dos fenômenos naturais através das múltiplas formas de visualização, a construção de mapas e gráficos em diferentes dimensões no espaço e tempo, além de permitir a consideração das várias escalas de análise. Sendo assim, destaca-se a programação como ferramenta complementar ao profissional da Geografia, apresentando neste trabalho sua utilização como veículo didático para os estudos em Climatologia.

BIBLIOGRÁFIAS

As bibliografias utilizadas no trabalho, e outras complementares que auxiliaram o desenvolvimento da narrativa crítica, dos algoritmos e da ordem lógica da programação e estatística, encontram-se listadas a seguir.

CLASTRES, P. Arqueologia da violência: ensaio de antropologia política. São Paulo: **Brasiliense**, 1982.

DARWIN, C. A origem das espécies. São Paulo: Hemus, 2003.

FANI, A.C.(Org.). A geografia na sala de aula. São Paulo: **Contexto**, 2006.

FASULLO, J. A mechanism for land-ocean contrasts in global monsoon trends in a warming climate. **Climate dynamics**, v.39, n.5, p.1137-1147, 2012.

FOUCAULT, M. Vigiar e punir. **Leya**, 2014.

HARTMANN, D. L. Global Physical Climatology. **Newnes**, v13, 2015

HOFMANN, C. Smog im Hirn. Von der notwendigen Aufhebung der herrschenden Wissenschaft [Somg no cérebro. Da necessária superação da ciência dominante], **Päd Buchverl**, 1982

HUFF, D. Como mentir com estatística. **Editora Intrinseca**, 2016.

JUNIOR, Z. J. Correções Atmosférica de Imagens de Satélite e Aplicações. 23 de setembro de 1994. 204p. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1994.

KALNAY, E. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. **Bulletin of the American Meteorological Society**. V. 77, n.3, p 437-472, 1996.

MOREIRA, R. O que é Geografia. Coleção Primeiros Passos, São Paulo: **Brasiliense**, 1985.

LACOSTE, Y. A Geografia, isso serve em primeiro lugar, para fazer a guerra. Tradução de Maria Cecília França. Campinas: **Papirus**, 1988.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação observada na Amazônia brasileira: comparação entre os dados das redes convencionais e dados da Renálise I do NCEP/NCAP, CRU e GPCC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, p 20-37, 2018.

ORTLIEB, C.P. Bewusstlose Objektivität. Aspekte einer Kritik der mathematischen Naturwissenschaft. [Objetividade Inconsciente: Aspectos da Crítica das Ciências Matemáticas da Natureza]. **Krisis**. 21,1998. Tradução de Boaventura Antunes (12/2019). Disponível em: <www.obeco-online.org/cpo_pt.htm> Acesso em: junho, 2020.

ORTLIEB, C. P. Mathematikwahn. [lusão Matemática]. **Exit!**. Abril 2018, p.26-48. Tradução de Boaventura Antunes. Disponível em: <http://www.obeco-online.org/claus_ortlieb19.pdf> Acesso em: junho, 2020.

PRADO, E.F.S. Subsunção financeira do trabalho no capital. **Economia e Complexidade**. 2018. Disponível em: <<https://eleuterioprado.blog/2018/04/17/subsuncao-financeira/subsuncao-financeira-do-trabalho-ao-capital/>> Acesso em: junho, 2020.

SCOTT, M. Programming Language Pragmatics. **Elsevier**. 3ª edição. 2009

SERRES, Michel. Paysages des sciences. **Editions le Pommier**, 1999, pag.25.

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R. El Niño 97/98, rhythm and repercussion in the genesis of the climates in Mato Grosso (Brasil). **GEOUSP Espaço e Tempo**. V,6. N,1. P 51-67, 2002.

SILVA, M; SILVA, C. Variabilidade Climática – processos físicos e dinâmicos nos oceanos e atmosfera. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 372-406, 2012.

SOJA, E. Geografias pós-modernas: a reafirmação do espaço na teoria social crítica. Editora Schwarcz-**Companhia das Letras**, 1993.

SMITH, N. Desenvolvimento desigual: natureza capital e a produção do espaço. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, 1988.

SCHMIDT, A. The Concepto of Nature in Marx. London 7 Carlisie ST. W1: **NLB**, 1971

THE GREAT Hack. Direção de Karim Amer e Jehane Noujaim. Estados Unidos: **The Othrs.** Netflix.. 2019.

VOLÓCHINOV, V. N., & Bakhtin, M. Marxismo e filosofia da linguagem. São Paulo: **Editora 34**, 2017.

WILKS, D. S. Statistical methods in the atmospheric. **Academic press**, 2011

ANEXO

Tabela A1: Glossário de comandos básicos para <i>Shell Bash</i>		
Comando	Nome do comando	Descrição
man (comando)	Format and display the on-line manual pages	O comando man mostra informações sobre o comando selecionado
q	Quit	Sair de respostas a comandos e da tela em exibição, como no caso do comando man
ls	List directory contents	Comando para visualizar os arquivos presentes no respectivo diretório
cd	Change directory	Entrar no diretório citado
cd ..	Change directory	Voltar para o diretório anterior
pwd	Return working directory name	O terminal informa o caminho até o diretório atual
mkdir (dir)	Make directories	Cria um diretório (pasta) com o nome indicado na frente do comando
rmdir (dir)	Remove directories	Deleta o diretório citado
cp (file)	Copy files	Copiar o arquivo file1 como file2
Clear	Clear the terminal screen	Limpa a lista de comandos no terminal sem apagar o histórico
mv (file)	Move files	Move um arquivo ou diretório para o diretório indicado, ex: mv arquivo.pdf /home/gabriela/pasta1
rm	Remove directory entries	Remove arquivo citado
date	Display or set date and time	Terminal retorna dia e hora
history	History	Últimos comandos usados no terminal
pico	Nano's another editor, an enhanced free Pico clone	Abre um simples editor
vi	Vi Improved, a programmers text editor	Abre o editor vi, útil para escrever programas. Informar ao criar o arquivo a extensão, ex: vi arquivo.gs Para começar a escrever, i Para sair e salvar, :x

		Para sair sem salvar, :q!
cal	Display a calendar date	Retorna o calendário do mês vigente
bc	An arbitrary precision calculator language	Retorna uma calculadora no terminal
ps	Process status	Retorna as operações em andamento
sudo	Execute a command as another user	Executar comandos que precisam de senha do usuário administrador
curl	Transfer a URL	Transferir arquivos de um servidor para outro
locate	Find filenames quickly	Para encontrar arquivo citado
zip	Package and compress (archive) files	Compactar arquivos, ex: zip nomedapasta.zip /home/gabriela/pasta1*
unzip	List, test and extract compressed files in a ZIP archive	Descompacta pasta, ex: unzip nomedapasta.zip
htop	Interactive process viewer	Mostra os programas ativos no servidor